

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Укладачі: Гур'євська О.М., Ковальов С.Г.

Збірник задач з фізики Частина 1. Механіка. Електрика. Магнетизм.
Коливання.

Навчальний посібник

Кропивницький 2025

УДК 53 (075.8)

ББК 22.2я73

Затверджено Вченою радою ЦНТУ (протокол №10 від 26.06.2025), як навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей.

Укладачі: Гур'євська О.М., кандидат педагогічних наук, доцент кафедри вищої математики та фізики; Ковальов С.Г., кандидат педагогічних наук, викладач кафедри вищої математики та фізики

Гур'євська, О. М., Ковальов, С. Г. (2025). *Збірник задач з фізики. Частина 1. Механіка. Електрика. Магнетизм. Коливання*: навчальний посібник [Електронне видання]. Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет. – 144 с.

Даний навчальний посібник містить збірник задач з фізики, що охоплює розділи механіки, електрики, магнетизму та коливань. Його мета – допомогти студентам у засвоєнні основних фізичних понять, законів та розвитку навичок розв'язання типових задач. Посібник рекомендований для студентів вищих навчальних закладів, що вивчають загальний курс фізики. Електронне видання

Зміст

Кінематика	4
Динаміка та сили	13
Закони збереження в механіці	20
Механіка твердого тіла	29
Механіка рідин і газів	37
Неінерціальні системи відліку. Сили інерції.	42
Елементи спеціальної теорії відносності	45
Пружні властивості тіл	48
Закон всесвітнього тяжіння	52
Електростатика	54
Електричний струм	66
Магнітне поле	83
Механічні коливання та хвилі	101
Звукові коливання	128
Електричні коливання. Змінний струм.	135
Література.	144

Кінематика

Середня швидкість тіла чи матеріальної точки:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$\Delta \vec{r}$ - зміна радіус-вектору за час Δt .

Миттєва швидкість:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Модуль вектора швидкості:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \frac{ds}{dt}$$

ds – миттєве значення пройденого шляху.

Середня прискорення тіла чи матеріальної точки:

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$\Delta \vec{v}$ - зміна вектору швидкості за час Δt .

Миттєве прискорення:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Модуль вектора прискорення:

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_z}{dt}\right)^2} = \frac{dv}{dt} = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2}$$

Повне прискорення матеріальної точки при криволінійному русі:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau = \vec{n} \frac{v^2}{R} + \vec{\tau} \frac{dv}{dt}$$

\vec{a}_n та \vec{a}_τ – нормальне та тангенціальне прискорення матеріальної точки відповідно. \vec{n} - одиничний вектор перпендикулярний до траєкторії в розглядуваній точці. $\vec{\tau}$ – одиничний вектор перпендикулярний до траєкторії в розглядуваній точці. R – Радіус кола, частина якого описує траєкторію в розглядуваній точці.

Напрямок вектору прискорення визначається за формулою:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{a_n}{a_\tau}$$

α – кут між векторами повного та тангенціального прискорення.

Кутова швидкість та прискорення

Кутова швидкість та кутове прискорення визначаються за формулами:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

Між векторами швидкості, кутової швидкості тіла та радіусом кола по якому рухається тіло існує зв'язок, який визначається відповідним векторним добутком:

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$$

Період обертання тіла T що рухається по коловій траєкторії визначається як:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$$

ν – частота обертання.

Тіло, що обертається рівномірно має нормальне та тангенціальне прискорення, що описується за формулою:

$$a_n = \omega^2 R, \quad a_\tau = \varepsilon R$$

1. У якому випадку пройдений матеріальною точкою шлях і модуль вектора переміщення збігаються?
2. Положення деякої точки в просторі описується наступними рівняннями координат: $x=4t$, $y=3t$, $z=0$. Необхідно встановити функціональну залежність пройденого цієї точкою шляху від часу, враховуючи її стартову позицію. Додатково потрібно обчислити повну відстань, яку подолає точка протягом 5 секунд.
3. Мотоцикліст подолав першу чверть шляху зі швидкістю $v_1 = 10$ м/с, другу — $v_2 = 15$ м/с, третю — $v_3 = 20$ м/с, а останню — $v_4 = 5,0$ м/с. Визначити його середню швидкість на всьому маршруті.

4. Автомобіль рухався четверту частину часу зі швидкістю 16 м/с, а решту часу — 8 м/с. Знайти середню швидкість руху автомобіля.
5. Пасажир, який перебуває в електропоїзді, що рухається зі швидкістю 15 м/с, спостерігає проходження зустрічного потягу. Відомо, що довжина зустрічного складу складає 210 метрів, і він проїхав повз пасажирів за 6,0 секунд. Потрібно обчислити швидкість зустрічного потягу.
6. Визначити швидкість велосипедиста та пішохода, якщо при русі в одному напрямку пішохід відстає на $s_1 = 210$ м за кожну хвилину, а при русі назустріч один одному за 2 хвилини відстань між ними зменшується на $s_2 = 780$ м.
7. Розглянемо ситуацію з ескалатором метро. Якщо ескалатор нерухомий, пасажир долає його довжину за $t_1=120$ секунд, рухаючись своїм звичайним темпом. Коли ж ескалатор рухається, і пасажир йде по ньому з тією ж власною швидкістю, загальний час підйому скорочується до $t_2=30$ секунд. Необхідно розрахувати, скільки часу займе підйом для пасажирів, який стоїть нерухомо на рухомому ескалаторі.
8. Човен пливе річкою з одного пункту в інший і назад. У скільки разів час руху човна проти течії буде більшим, ніж по течії, якщо швидкість течії $v_1 = 2,0$ м/с, а швидкість човна відносно води $v_2 = 10$ м/с?
9. Визначити швидкість моторного човна відносно води, якщо при русі за течією його швидкість 10 м/с, а проти течії — 6,0 м/с. Яка швидкість течії річки?
10. Літак здійснює переліт між двома містами, відстань між якими становить 1000 км. Необхідно розрахувати загальний час польоту, якщо відомо, що швидкість зустрічного вітру складає 25 м/с, а середня швидкість літака відносно нерухомого повітря — 250 м/с. Додатково потрібно визначити, скільки часу займе той самий політ за умови попутного вітру.?
11. Під час руху автобуса зі швидкістю $v_1=15$ м/с спостерігається, що краплі дощу залишають сліди на його вікнах під кутом $\alpha=30^\circ$. Відомо, що

вертикальна складова швидкості падіння крапель дощу (відносно землі) дорівнює $v_2=10\text{ м/с}$

12. Літак здійснює переліт між двома пунктами, розташованими на відстані $S=500\text{ км}$. Швидкість літака відносно повітря $v_1=100\text{ м/с}$. Вітер дме назустріч літаку під кутом $\alpha=30^\circ$ до напрямку його руху, і швидкість вітру становить $v_2=30\text{ м/с}$. Розрахуйте час польоту літака.

13. Якою має бути максимальна швидкість людини, яка йде під дощем, щоб краплі не потрапляли на її ноги, якщо парасольку вона тримає на висоті $2,0\text{ м}$, а край парасольки виступає вперед на $0,30\text{ м}$? Краплі дощу падають вертикально зі швидкістю $8,0\text{ м/с}$.

14. Турбогвинтовий літак за $1,5$ години польоту подолав відстань 700 км . Визначити швидкість вітру, якщо його напрям становить кут $\alpha=90^\circ$ з напрямом руху літака, швидкість якого відносно повітря дорівнює 200 м/с .

15. Два підводні човни пливуть назустріч один одному, кожен зі швидкістю v . З першого човна був посланий ультразвуковий сигнал, який, відбившись від другого човна, повернувся назад через час t . Швидкість сигналу c . На якій відстані перебували човни в момент, коли був посланий сигнал?

16. Два веслувальники мають переплисти річку з пункту А в пункт В. Один з них направляє човен прямо до пункту В, але досягає протилежного берега в пункті D. Щоб потрапити до пункту В, він рухається проти течії уздовж берега від пункту С. Другий веслувальник спрямовує човен так, що, досягнувши протилежного берега, одразу опиняється в пункті В. Хто з них дістався пункту В швидше і у скільки разів, якщо швидкість човна відносно води в обох випадках однакова й становить $v_1 = 2,0\text{ м/с}$, а швидкість течії води — $v_2 = 1,2\text{ м/с}$? Вважати, що швидкість течії однакова по всій ширині річки:

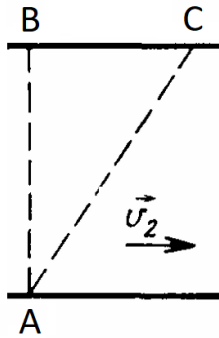


Рисунок 1.

17. Рух матеріальної точки задано рівнянням $x = a + bt + ct^2$, де $a = 5,0$ м, $b = 0,20$ м/с, $c = 0,01$ м/с². Визначити швидкість точки в моменти часу $t_1 = 2,0$ с та $t_2 = 5,0$ с, а також середню швидкість точки в інтервалі часу від t_1 до t_2 .

18. Визначити траєкторію руху точки, задану рівняннями: $x = 4t^2 - 3$; $z = 0$. Побудувати графік руху точки в площині (x, y, z) , позначити координати точки в моменти часу $t = 0$ і $t = 1$ с.

19. Рух матеріальної точки описується рівняннями: $x = 2t^2 - 2t + 2$; $z = 4t^2 - t + 3$. Визначити шлях, пройдений точкою в момент часу $t = 2$ с, якщо в початковий момент $t = 0$ точка перебувала в початку координат.

20. Рух двох тіл А і В відповідає графікам, що показано на рисунку. Тіла рухаються по прямій лінії і їх початкове положення співпадає. Через який час ці тіла знову матимуть однакове переміщення:

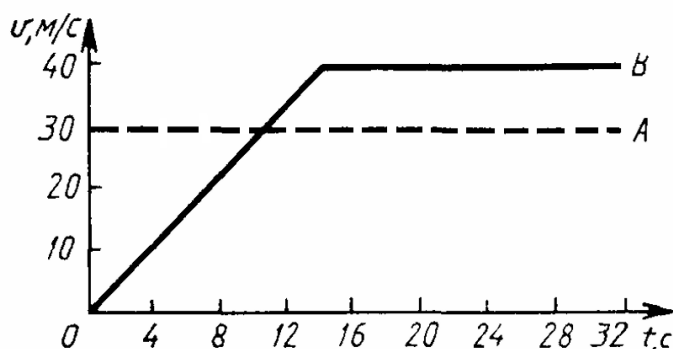


Рисунок 2.

21. Прямолінійний рух точки описується рівнянням $\vec{r} = 3t^3 \vec{j} + 8t \vec{k}$. Визначити шлях, пройдений точкою за перші 4 секунди руху.

22. Певний об'єкт рухається по прямій лінії, і його швидкість, що змінюється з часом, задається виразом: $v_x = 0,2 - 0,1t$. Якщо на старті відліку

часу ($t=0$) об'єкт знаходився на позначці $x=1$, розрахуйте, яку координату він матиме через 10 секунд.

23. На рисунку представлено графік залежності вертикальної проекції швидкості руху кабіни ліфта від часу. Визначити прискорення кабіни ліфта та побудувати графік залежності її прискорення від часу:

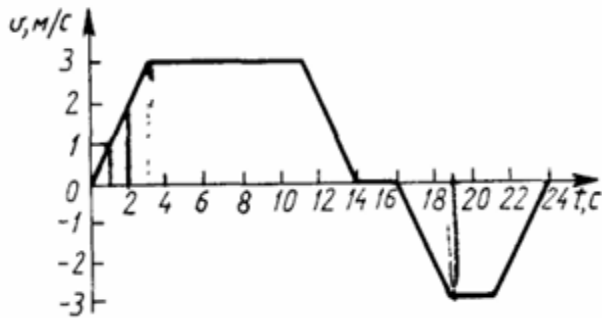


Рисунок 3.

24. Літак рухається рівномірно зі швидкістю 100 м/с. Визначити шлях, пройдений літаком за 600 секунд, якщо рух вважати рівномірним.

25. Автомобіль рухається зі швидкістю 20 м/с. На шляху $s = 40$ м відбувається гальмування, після якого швидкість зменшується до 10 м/с. Визначити час гальмування, якщо воно є рівномірним. Знайти модуль прискорення та час гальмування, якщо автомобіль спочатку рухався рівномірно, а потім рівномірно сповільнювався на ділянці довжиною $s = 10$ м.

26. Автомобіль рухається рівномірно зі швидкістю 20 м/с. Визначити модуль прискорення та час гальмування, якщо автомобіль спочатку рухався рівномірно, а потім рівномірно сповільнювався на ділянці довжиною $s = 10$ м.

27. Визначити шлях, пройдений точкою при рівномірному русі по колу радіусом $r = 10$ м за $t = 10$ с, якщо швидкість точки $v = 2$ м/с.

28. Вантаж, призначений для забивання паль, рівномірно підіймається ліфтом зі швидкістю $v = 2$ м/с, після чого падає на палю. Визначити висоту підйому h .

29. Вантаж, призначений для забивання палів, рівномірно підіймається ліфтом зі швидкістю $v = 2$ м/с. Визначити висоту підйому h , якщо вантаж падає на палю.
30. Тіло кинуте вертикально вгору. Відмітку 45 м воно пройшло двічі з інтервалом 5,5 с. Визначити швидкість тіла в початковий момент часу. Опором повітря знехтувати.
31. Визначити швидкість кулі, якщо при пострілі з пістолета в горизонтальному напрямку пробоїна на другому з двох вертикально закріплених тонких аркушів паперу, розташованих на відстані $l = 20$ м, виявилася на $h = 5$ см нижче, ніж на першому.
32. Деякий снаряд, чи ракета, був випущений з поверхні землі зі швидкістю 90,4 м/с під кутом 60° відносно горизонту. Активна фаза його руху (горіння заряду) тривала рівно до того моменту, поки снаряд не опинився у найвищій точці своєї польотної траєкторії. Яким був часовий інтервал цієї активної фази?
33. Під яким кутом до горизонту потрібно направити струмінь води, щоб висота її підйому дорівнювала відстані, на яку вона потрапляє?
34. Доведено, що при відсутності опору повітря максимальна дальність польоту тіла, кинутого під кутом до горизонту, буде при $\alpha = 45^\circ$.
35. Під яким кутом до горизонту кинуте тіло, якщо відомо, що максимальна висота підйому становить $\frac{1}{4}$ дальності польоту? Опором повітря знехтувати.
36. З вежі висотою 19,6 м в горизонтальному напрямку кинуте тіло зі швидкістю 10 м/с. Записати рівняння траєкторії тіла. На яку висоту піднялося тіло в момент падіння? Який кут утворює ця швидкість з горизонтальним напрямком? Опором повітря знехтувати.
37. Два тіла одночасно кидають з однієї точки. Початкова швидкість для обох однакова: 10 м/с. Проте, кути кидка до горизонту різні: 30° для першого і 60° для другого. Знайдіть відстань між ними через 2,0 с після старту

38. Тіло кинуто з початковою швидкістю 20 м/с під кутом 45° до горизонту. На якій висоті його швидкість буде спрямована під кутом 30° до горизонту? Опором повітря можна знехтувати.
39. . Через який час вектор швидкості тіла, кинутого під кутом $\alpha = 60^\circ$ до горизонту з початковою швидкістю 20 м/с , утворюватиме з горизонтом кут $\beta = 30^\circ$? Опором повітря знехтувати.
40. З вершини гори кинуто тіло в горизонтальному напрямку зі швидкістю $19,6\text{ м/с}$. Визначити тангенціальне та нормальне прискорення тіла через $2,0\text{ с}$ після початку руху. Який кут утворює вектор повного прискорення з вектором швидкості?
41. Матеріальна точка рухається у площині XU , її рух описується рівняннями $x = 3\sin(\omega t)$, $y = 3\cos(\omega t)$. Записати рівняння траєкторії точки. Знайти залежність пройденого шляху від часу, враховуючи, що при $t = 0$, $s = 0$.
42. Матеріальна точка рухається у площині XU . Визначити траєкторію точки та її переміщення за заданий проміжок часу $x = 3\sin(\omega t)$, $y = 2\cos(\omega t)$.
43. Визначити середню швидкість польоту літака, якщо він вилетів з Києва о $6:00$ за місцевим часом і прибув до Парижу о $6:00$ за місцевим часом. Вважати, що Київ і Париж знаходяться на широті 40° .
44. Два тонкі диски закріплені на горизонтальному валу, що обертається зі швидкістю 2000 об/с , на відстані 20 см один від одного. Куля, пролітаючи крізь них, залишає отвори на однаковій відстані від осі обертання. Визначте швидкість кулі, якщо кут між пробоїнами на дисках складає 18°
45. При повороті трактора, що рухається зі швидкістю 24 км/год , його центр мас описує дугу радіусом $R = 9,0\text{ м}$. Визначити відстань між колесами трактора, якщо мінімальний радіус повороту становить $1,5\text{ м}$.
46. . На візку, що рухається по рівній поверхні вздовж осі X зі швидкістю $v = 5,0\text{ м/с}$, встановлено двигун, на вал якого насаджено диск діаметром $D = 20\text{ см}$, що здійснює 10 об/с . Напрямок обертання диска такий, що лінійна швидкість його нижньої точки збігається з напрямком руху візка. Як буде

направлена лінійна швидкість верхньої точки диска відносно поверхні? Вважати, що початкова швидкість ковзання по поверхні відсутня. Тертя не враховувати.

47. З якою швидкістю рухалася повозка під час кінозйомки, якщо відомо, що на кіноплівці зображення коліс із 10 або 12 спицями здається нерухомим? Діаметр коліс — 1,0 м. Частота кадрів кінозйомки — 30 кадрів за секунду.

48. Колесо автомобіля зупинилося після гальмування, якщо до його початку автомобіль мав швидкість $v = 60$ км/год і зупинився через $t = 3,0$ с після початку гальмування. Діаметр коліс — 0,6 м. Визначити середнє кутове прискорення коліс під час гальмування.

49. Під час руху всередині каналу ствола куля робить один повний оберт. Визначити її середню кутову швидкість та кутове прискорення, якщо під час вильоту її швидкість $v = 860$ м/с, а довжина ствола $l = 1,0$ м.

50. Тверде тіло обертається навколо нерухомої осі Z , і його кутове положення ϕ описується законом руху: $\phi(t) = at - bt^2$. Тут $a = 20$ с⁻¹, а $b = 1$ с⁻². Знайти вирази для кутової швидкості та кутового прискорення цього тіла як функцій часу. Описати, яким є характер цього обертального руху. Зобразити на графіках, як змінюються кутова швидкість та кутове прискорення протягом часу.

Динаміка та сили

Імпульс тіла:

$$\vec{P} = m v$$

Другий закон Ньютона:

$$\vec{F} = m \vec{a} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

де P – імпульс тіла, m – маса, a – прискорення, t – час, F – результуюча сила яка діє на тіло:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Центр мас системи частинок:

$$r_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$$

Рівняння тіла, що рухається зі змінною масою:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{u} \frac{dm}{dt}$$

u – швидкість маси, що відділяється.

Формула Цілковського:

$$v = u \ln\left(\frac{M_0}{M}\right)$$

u – швидкість газу, що виривається з сопла ракети, M_0 – початкова маса ракети, M – поточна маса ракети.

Сила тертя ковзання:

$$F = \mu N$$

μ – коефіцієнт тертя, N – сила нормального тиску.

1. Тіло, маса якого становить 3 кг, рухається прямолінійно під впливом деякої сили. Його положення в просторі описується рівнянням $x(t) = 2t^3 + 5t + 4$. Завдання: Визначити силу, що діє на тіло, у момент часу $t = 5$ с. Побудувати графік, який ілюструє, як змінюється ця сила з часом.

2. Визначте швидкість кулі в момент її вильоту з духової рушниці. Відомі наступні параметри: маса кулі становить 2.5 г, довжина ствола рушниці —

0.70 м, калібр (діаметр) ствола — 5.0 мм, а середній тиск повітря, що діє на кулю під час пострілу, дорівнює 9.8 МПа.

3. Вагон, маса якого складає 1000 кг, від'єднався від рухомого потяга. Він продовжував рухатися рівномірно протягом 70 м за 20 с, після чого повністю зупинився. Ваше завдання: Розрахувати силу тертя, що діяла на вагон. Визначити коефіцієнт тертя. Знайти початкову швидкість вагона в момент його від'єднання.

4. Чому люди, рухаючись слизькою дорогою, роблять маленькі кроки? Визначити максимальну ширину кроку, якщо довжина ніг людини дорівнює 1 м, а коефіцієнт тертя підошви з дорогою $\mu = 0,1$.

5. Автомобіль рухається вгору похилою дорогою зі швидкістю $v = 10$ м/с. Визначити шлях до повної зупинки та час його руху, якщо коефіцієнт тертя $\mu = 0,5$, а кут нахилу $\alpha = 10^\circ$.

6. Визначити коефіцієнт тертя між похилою площиною та тілом, що по ній рухається, якщо воно стартувало з початковою швидкістю $v_0 = 5,0$ м/с та пройшло $s = 2,0$ м. Кут нахилу площини $\alpha = 30^\circ$.

7. Тіло піднімається похилою площиною з початковою швидкістю, потім спускається назад. Визначити співвідношення між шляхом підйому та спуску, а також порівняти час руху у двох випадках, якщо тіло повертається з початковою швидкістю. Чи буде кінцева швидкість при спуску рівною початковій швидкості при підйомі? Коефіцієнт тертя $\mu = 0,20$, кут нахилу $\alpha = 45^\circ$.

8. Визначте коефіцієнт тертя між колесами автомобіля та дорожнім покриттям, якщо відомо, що автомобіль, рухаючись зі швидкістю 10 м/с, зміг повністю зупинитися на гальмівному шляху довжиною 8,0 м

9. . На візку, маса якого становить 10 кг, розміщено вантаж масою 5 кг. До цього вантажу прикладають певну силу F , що спричиняє рух візка з прискоренням 2 м/с². Тертя між візком і дорожньою поверхнею можна знехтувати. Відомо, що коефіцієнт тертя між вантажем та візком дорівнює 0,20, і при цьому вантаж залишається нерухомим відносно візка.

10. Тіло масою $m_1 = 2$ кг та візок масою $m_2 = 1$ кг з'єднані нерозтяжною ниткою та знаходяться на похилій площині з кутом $\mu = 30^\circ$. Визначити прискорення візка та силу натягу нитки, якщо тіло m_1 прикріплене до блока та рухається з прискоренням $a = 2$ м/с². Коефіцієнт тертя між візком і похилою площиною $\mu = 0,15$.

11. . Вантаж масою $m = 10$ кг піднімається вгору за допомогою системи рухомого і нерухомого блока. Визначити його прискорення, якщо до кінця нитки, перекинutoї через нерухомий блок, прикладено силу $F = 60$ Н. Маса нитки та блоків не враховується.

12. . Однорідний стрижень довжиною $L=5.0$ м піднімається вертикально вгору. До одного з його кінців прикладена сила $F=500$ Н. Визначте величину сили розтягу в поперечному перерізі стрижня, розташованому на відстані $l=1.0$ м від його нижнього кінця..

13. . Матеріальне тіло масою m розташоване на похилій площині, кут нахилу якої до горизонту становить $\alpha=30^\circ$. Коефіцієнт кінетичного тертя між тілом та площиною дорівнює $\mu=0.20$. Площині надають прискорення $a=3.8$ м/с², спрямоване вертикально вниз. Визначте шлях, який пройде тіло по похилій площині за час $t=10$ с від початку руху. (Припустіть, що тіло починає рух з початковою швидкістю 0 відносно площини).

14. Два вантажі, маси яких $m_1=4.0$ кг та $m_2=1.0$ кг, з'єднані нерозтяжною невагомою ниткою, перекинutoю через ідеальний невагомий блок, закріплений на вершині призми. Призма має дві похилі грані з кутами нахилу до горизонту $\alpha=60^\circ$ (для m_1) та $\beta=30^\circ$ (для m_2). Коефіцієнт кінетичного тертя між кожним вантажем та відповідною похилою площиною становить $\mu=0.20$.

15. . Яке найбільше прискорення може розвинути автомобіль при русі вгору по похилій дорозі з кутом нахилу $\alpha= 20^\circ$, якщо коефіцієнт тертя коліс із покриттям дороги $\mu= 0,5$? Який шлях пройде автомобіль за $t = 10$ с, якщо його початкова швидкість $v_0 = 10$ м/с?

16. На горизонтальній площині знаходиться тіло масою $m=5$ кг. До цього тіла прикладена сила F величиною 50Н, яка діє під кутом $\alpha=60^\circ$ відносно

горизонту. Коефіцієнт кінетичного тертя між тілом та поверхнею становить $\mu=0.20$. Визначте шлях, який пройде тіло за час $t=10\text{с}$ від початку руху. (Припустіть, що тіло починає рух з нульовою початковою швидкістю)

17. . Тіло масою $m=0.7\text{кг}$ перебуває на горизонтальній поверхні. До нього прикладена сила F величиною 5.0Н , спрямована під кутом $\alpha=45^\circ$ до горизонту. Коефіцієнт тертя між тілом та поверхнею дорівнює $\mu=0.20$. Визначте прискорення, з яким тіло буде рухатися в горизонтальному напрямку.

18. Однорідна важка гнучка нитка довжиною l лежить на шорсткій горизонтальній поверхні, розташованій під кутом α до горизонту, і один її кінець звисає вниз уздовж вертикальної грані поверхні. Визначити прискорення нитки, якщо коефіцієнт тертя між нею і поверхнею дорівнює μ .

19. Однорідний ланцюг лежить на горизонтальній поверхні стола, один його кінець звисає. Визначити коефіцієнт тертя, якщо ланцюг починає зісковзувати, коли довжина звисаючого кінця становить $1/6$ загальної довжини ланцюга.

20. . До динамометра, закріпленого у кабіні ліфта, підвішено вантаж масою $5,0\text{ кг}$. Ліфт рухається вгору. Визначити його прискорення, якщо під час розгону показання динамометра перевищує показання при гальмуванні на 15 Н .

21. У ліфті закріплений динамометр, на якому висить блок. Через блок перекинута нерозтяжна нитка з вантажами $m_1 = 1,0\text{ кг}$ та $m_2 = 2,0\text{ кг}$. Визначити показання динамометра, якщо ліфт стоїть нерухомо або рухається вгору з прискоренням $3,0\text{ м/с}^2$. Маса блока та нитки не враховується.

22. Розгляньмо механічну систему, що складається з трьох вантажів і двох ідеальних (невагомих та без тертя) блоків. Невагома нерозтяжна нитка перекинута через нерухомий блок А. До одного кінця цієї нитки підвішений вантаж масою $m_1=3.0\text{кг}$, а до іншого — рухомий блок В. Через рухомий блок В, своєю чергою, перекинута друга невагома нерозтяжна нитка, до кінців якої прикріплені вантажі масами $m_2=1.0\text{кг}$ та $m_3=2.0\text{кг}$. Визначте

прискорення кожного з вантажів (m_1, m_2, m_3) та рухомого блоку В відносно земної системи відліку, якщо систему звільнити.

23. . На горизонтальній поверхні рухомого візка знаходиться вантаж масою $m_1=2.0\text{кг}$. Цей вантаж з'єднаний нерозтяжною невагомою ниткою, перекинутаю через ідеальний нерухомий блок, з вантажем масою $m_2=1.0\text{кг}$, що вільно звисає. Коефіцієнт кінетичного тертя між вантажем m_1 та поверхнею візка становить 0.2. Тертя кочення візка та опір повітря знехтувати.

24. . На похилій площині з кутом нахилу $\alpha=30^\circ$ розташований вантаж масою 1,0 кг. Визначити його прискорення при русі вниз, якщо коефіцієнт тертя між вантажем і площиною становить 0,1.

25. До стелі ліфта прикріплений блок, через який проходить нитка. На одному кінці нитки підвішений вантаж $m_1 = 1,0$ кг, а на іншому — $m_2 = 0,5$ кг. Визначити їх прискорення та силу натягу нитки, якщо ліфт стоїть нерухомо або рухається вгору з прискоренням $2,0 \text{ м/с}^2$. Маса блока та нитки не враховується.

26. . Тіло масою $m = 1,0$ кг ковзає по боковій поверхні клина масою $M = 2,0\text{кг}$, що стоїть на гладкій горизонтальній поверхні. Бокові грані клина утворюють кут $\alpha=45^\circ$. Визначити його прискорення при русі по столу, якщо тертя між тілом і клином, а також між клином і столом відсутнє.

27. . На кінці дошки довжиною l і масою M , що лежить на гладкій поверхні столу, знаходиться короткий брусок масою m . Яку швидкість v необхідно надати дошці, щоб вона вислизнула з-під бруска? Коефіцієнт тертя ковзання між бруском і дошкою — μ . Тертя дошки об стіл не враховувати.

28. . Через невелику нерозтяжну нитку перекинтий блок, на кінцях якого підвішені вантажі масами $m_1 = 1,0$ кг і $m_2 = 2,0$ кг. На початку обидва вантажі знаходяться на однаковій висоті. Визначити, на яку відстань зміститься центр мас вантажів через $t = 1,0\text{с}$ від початку руху. Вважати, що тертя немає, а масою блока й нитки можна знехтувати. Знайти прискорення центру мас.

29. . На яку відстань зміститься нерухомо стояча лодка, якщо вантаж масою $m_1 = 70$ кг переміститься з носа лодки на корму? Довжина лодки — 2,5 м, її маса — $m_2 = 100$ кг. Супротив води не враховувати.

30. Кубики масами $m_1 = 0,1$ кг, $m_2 = 0,2$ кг і $m_3 = 0,3$ кг знаходяться на гладкій горизонтальній поверхні. Кубик масою m_3 утримують на висоті $h = 30$ см над поверхнею столу. Якщо його звільнити, чи зміниться положення інших кубиків і в якому напрямку? Тертя між кубиками не враховувати.

31. Дві ракети масами $m_1 = 1,0$ кг і $m_2 = 2,0$ кг з'єднані легкою нерозтяжною ниткою й лежать на гладкій горизонтальній поверхні. Одна з ракет починає рухатися під дією постійної сили $F = 15 \cdot 10^3$ Н. Визначити прискорення ракети. Уважати, що $g = 10$ м/с², а тертя відсутнє.

32. Розгляньмо платформу масою $M_0 = 20 \cdot 10^3$ кг, яка спочатку перебуває в стані спокою ($v_0 = 0$). Через отвори в її днищі відбувається постійне висипання піску з масовою швидкістю $q = 10$ кг/с. У момент початку руху на платформу починає діяти постійна горизонтальна сила тяги $F = 1500$ Н. Тертя та опір повітря знехтувати. Визначте швидкість платформи через $t = 2$ хв після початку її руху.

33. . Горизонтальний диск обертається навколо нерухомої вертикальної осі, що проходить через його геометричний центр. На поверхні диска, на відстані $R = 10$ см від осі обертання, розміщено вантаж. Визначте мінімальний коефіцієнт статичного тертя між диском і вантажем, якщо відомо, що вантаж починає ковзати по поверхні диска, коли частота його обертання досягає $n = 0,5$ об/с.

34. . Визначте максимально допустиму швидкість, з якою автомобіль може безпечно рухатися по горизонтальному заокругленню асфальтованої дороги радіусом $R = 100$ м. Коефіцієнт статичного тертя між шинами автомобіля та асфальтом становить $\mu = 0,6$.

35. З якою швидкістю повинен рухатися автомобіль по дорозі, щоб тиск, який він чинить на поверхню увігнутого мосту, був у два рази більшим, ніж

тиск на поверхню опуклого мосту? Радіус кривизни обох мостів є однаковим і становить $R=60\text{м}$. (Припустіть, що рух автомобіля є рівномірним по колу).

36. Визначте період обертання конічного маятника, що рухається по горизонтальному колу. Довжина нитки маятника становить $l=65\text{см}$, а кут, який нитка утворює з вертикаллю, дорівнює $\alpha=30^\circ$.

37. Тіло масою $m=300\text{г}$ підвішене на нерозтяжній нитці довжиною $l=90\text{см}$. Його відхилили від положення рівноваги до такої висоти, що тіло опинилося на рівні точки підвісу, і потім відпустили. Під час наступного руху нитка обірвалася. Визначте висоту, на якій знаходилося тіло в момент розриву нитки, якщо відомо, що нитка витримує максимальну силу натягу $F_{\text{max}}=4.9\text{Н}$.

38. Судина з водою, підвішена на мотузці довжиною $l=2\text{м}$, обертається у вертикальній площині, описуючи коло. Визначте максимально можливе значення періоду обертання, за якого вода не буде вилитися із судини в найвищій точці траєкторії. (Припустіть, що судина відкритою стороною спрямована до центру кола).

39. Тіло розташоване на внутрішній поверхні вертикально орієнтованого конуса, який обертається навколо своєї осі з кутовою швидкістю $\omega=6.0\text{рад/с}$. Кут при вершині конуса становить $\alpha=90^\circ$. Коефіцієнт статичного тертя між тілом та поверхнею конуса дорівнює $\mu=0.23$.? Визначте: Мінімальну відстань від вершини конуса, на якій тіло може стабільно перебувати, не сповзаючи вниз. Максимальну відстань від вершини конуса, на якій тіло може стабільно перебувати, не піднімаючись вгору.

Закони збереження в механіці

Робота A , яку виконує сила при переміщенні тіла дорівнює:

$$dA = \vec{F} d\vec{r}$$

Потужність сили, яку виконує роботу:

$$dA = \vec{F} \vec{v}$$

Кінетична енергія тіла:

$$E_k = \frac{m v^2}{2}$$

Кінетична енергія тіла:

$$E_n = mgh$$

Імпульс тіла:

$$P = m v$$

Закон збереження енергії в замкненій системі тіл:

$$E_{nos} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i v_i^2}{2} + m_i g h_i \right) = const$$

Закон збереження імпульсу в замкненій системі тіл:

$$P_{nos} = \sum_{i=1}^n (m_i v_i) = const$$

Момент сили відносно деякої точки O :

$$\vec{M} = [\vec{r} \vec{F}] = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Момент імпульсу тіла відносно деякої точки O :

$$\vec{L} = [\vec{r} \vec{p}]$$

Закон збереження імпульсу в замкненій системі тіл:

$$\vec{L}_{nos} = \sum_{i=1}^n (\vec{L}_i) = const$$

1. Вантаж масою $m=10\text{кг}$ піднімають по похилій площині, нахилений під кутом $\alpha=60^\circ$ до горизонту. Вантаж переміщується на відстань $s=3\text{м}$ уздовж

площини за час $t=2.0\text{с}$. Коефіцієнт кінетичного тертя між вантажем і площиною дорівнює $\mu=0.20$. Визначте загальну роботу, виконану над вантажем під час цього підйому.

2. Парашутист масою $m=65\text{кг}$ виконує зтяжний стрибок. Через $t=15\text{с}$ від початку руху його швидкість досягає $v=50\text{м/с}$. Припускаючи, що рух парашутиста є рівноприскореним, **розрахуйте роботу**, виконану для подолання опору повітря протягом цього часового інтервалу..

3. Яку мінімальну потужність повинен розвивати трактор, щоб переміщувати причеп масою $m=5\cdot 10^3\text{кг}$ по горизонтальній поверхні з постійною швидкістю? Коефіцієнт тертя ковзання між причепом та поверхнею становить $\mu=0.20$.?

4. Тіло масою $m=1.0\text{кг}$ було кинуте з поверхні Землі з початковою швидкістю $v_0=8.0\text{м/с}$ під кутом $\alpha=30^\circ$ до горизонту. Опором повітря знехтувати. Визначте миттєву потужність, яку розвиває сила тяжіння, у момент часу $t=5.0\text{с}$ після кидка. Розрахуйте роботу, виконану силою тяжіння над тілом протягом цього ж проміжку часу ($t=5.0\text{с}$).

5. Яку роботу виконують двигуни електротяга на відстані 100 м при розгоні з прискоренням $1,5\text{ м/с}^2$ вгору по похилій площині з кутом нахилу 10° , якщо маса потяга $1,2 \times 10^3\text{ кг}$, а коефіцієнт тертя $0,05$?

6. Визначити потужність двигуна шахтного підйомника, який піднімає вантаж масою $1,0 \times 10^4\text{ кг}$ із шахти глибиною 200 м за 30 с , якщо ККД становить 75% .

7. Потяг загальною масою $M=2.0 \times 10^6\text{ кг}$ рухається вгору по схилу, що має кут нахилу $\alpha=15^\circ$ до горизонту. Рух відбувається з постійною швидкістю $v=10\text{м/с}$, і потяг проходить відстань $S=1.0\text{км}$ уздовж схилу. Коефіцієнт тертя кочення між колесами потяга та рейками становить $\mu=0.04$. Визначте повну роботу, виконану двигунами електровоза за час руху по схилу. Розрахуйте середню потужність, розвинену електровозом під час цього руху.

8. Електротяг складається з $n=6$ вагонів, кожен з яких має масу $m=4.0 \times 10^3\text{ кг}$. Потяг починає рух з місця і через $t=8\text{с}$ досягає швидкості $v=7,5\text{м/с}$.

Коефіцієнт тертя кочення між колесами потяга та рейками становить $\mu=0.15$. Визначте загальну потужність, розвинену двигунами електротяга в момент досягнення вказаної швидкості. (Припустіть, що рух є рівноприскореним)

9. Визначте мінімальну роботу, яку необхідно виконати, щоб перевернути однорідний куб масою $m=4\text{кг}$ і довжиною ребра $a=0.2\text{м}$ з однієї грані на іншу, що є суміжною. (Припустіть, що перевертання відбувається навколо одного з ребер)

10. Яку роботу необхідно виконати, щоб перевести однорідний телеграфний стовп масою $M=400\text{кг}$ та довжиною $L=12.0\text{м}$ з горизонтального положення у вертикальне?

11. Камінь кидають двічі з однаковою початковою кінетичною енергією. У першому випадку його кидають горизонтально по льоду, а в другому — під кутом 45° до горизонту (у повітрі). Припускаючи, що опір повітря знехтовується, а коефіцієнт тертя між каменем та льодом становить $\mu=0.2$. Визначте, в якому з цих випадків початкова швидкість каменю була більшою, і у скільки разів, якщо горизонтальне переміщення (дальність польоту або шлях по льоду) в обох випадках виявилось однаковим..

12. Тіло масою $m=2.0\text{кг}$ піднімається вгору по похилій площині, нахиленій під кутом 30° до горизонту. Підйом здійснюється під дією зовнішньої сили $F=50\text{Н}$, і тіло досягає висоти $h=1.0\text{м}$ над початковим рівнем. Коефіцієнт кінетичного тертя між тілом та площиною становить $\mu=0.20$. □ Визначте повну роботу, виконану зовнішньою силою F . Проаналізуйте, на що саме витрачається ця виконана робота (тобто, на які види енергії чи подолання яких сил)

13. Пружинний пістолет масою $M=250\text{г}$ підвішений на легкій нерозтяжній нитці довжиною $L=0.60\text{м}$ таким чином, що його ствол розташований горизонтально. Після пострілу куля масою $m=15\text{г}$ вилітає з пістолета з горизонтальною швидкістю $v=13\text{м/с}$. Визначте максимальний кут, на який відхилиться нитка від вертикалі після пострілу. (Припустіть, що система

"пістолет-нитка" є маятником, і застосуйте закон збереження імпульсу та енергії)

14. Визначте середню гідроенергетичну потужність водоспаду, якщо його висота падіння води становить $h=50\text{м}$, а середньорічний об'ємний потік води через нього дорівнює $Q=5900\text{м}^3/\text{с}$. (Припустіть, що вся потенціальна енергія води перетворюється на кінетичну енергію та потім розсіюється, а також, що густина води є сталою).

15. Тіло масою $m=1.8\text{кг}$ піднімається по похилій площині, нахиленій під кутом 30° до горизонту, досягаючи висоти $h=2.0\text{м}$ над початковим рівнем. Коефіцієнт кінетичного тертя між тілом та площиною становить $\mu=0.20$. Визначте кінетичну енергію тіла в момент досягнення вказаної висоти, якщо відомо, що воно рухається з постійною швидкістю. (

16. Куля масою m здійснює абсолютно непружний удар об нерухомий балістичний маятник масою M , після чого залишається всередині нього, і система "куля-маятник" рухається як єдине ціле. Визначте, яка частка початкової кінетичної енергії кулі перетвориться на тепло (розсіється) в процесі цього зіткнення.

17. Дві кулі, маси яких $m_1=0.3\text{кг}$ та $m_2=0.90\text{кг}$, підвішені на двох паралельних нерозтяжних нитках однакової довжини $L=2.2\text{м}$. У стані рівноваги кулі торкаються одна одної. Меншу кулю (m_1) відхиляють на кут 90° від її початкового положення (до горизонтального рівня) і відпускають. Припускається, що зіткнення куль є абсолютно непружним. Визначити швидкості обох куль відразу після зіткнення. Розрахувати, яка частка початкової кінетичної енергії системи перейде в тепло (на нагрівання куль та навколишнього середовища) внаслідок цього зіткнення.

19. Визначити енергію, яка пішла на деформацію двох куль масами ($m_1 = 4,0\text{ кг}$, якщо вони рухалися назустріч один одному зі швидкостями ($v_1 = 3,0\text{ м/с}$ і ($v_2 = 8,0\text{ м/с}$, а удар був абсолютно непружним.

20. Дві кулі, підвішені на паралельних нитках однакової довжини, торкаються одна одної в положенні рівноваги. Маса більшої кулі становить

$M=1.0\text{кг}$. Меншу кулю відхиляють на 90° від її початкового положення (до горизонтального рівня) і відпускають. Після абсолютно непружного зіткнення обидві кулі починають рухатися як єдине ціле. Визначте масу меншої кулі, якщо після удару вони відхиляються на певний кут

21. Молоток масою 0.80кг , що рухається зі швидкістю 1.5м/с безпосередньо перед ударом, забиває цвях у дерев'яну колоду на глибину 5.0мм . Визначте масу вантажу, який необхідно розмістити на капелюшку цього ж цвяха (без ударної дії), щоб він занурився в колоду на ту саму глибину. (Припустіть, що середня сила опору деревини є сталою для обох випадків).

22. Розрахуйте миттєву потужність, яку розвиває сила тяжіння, що діє на тіло масою 1.0кг , у момент завершення першої секунди його вільного падіння. Опором повітря знехтуйте. (Припустіть, що тіло починає падати з початковою швидкістю, рівною нулю)

23. Маленька кулька лежить на поверхні великої кулі радіусом $1,0\text{ м}$ (рис. 3.1). Яку початкову швидкість потрібно надати маленькій кульці, щоб вона відірвалася від поверхні великої кулі у точці M , розташованій так, що кут $\alpha=60^\circ$? Тертя не враховувати. Вважати, що коефіцієнт тертя малої кульки об поверхню великої $\mu=0,30$.

24. Кулька для настільного тенісу, радіус якої становить $r=15\text{мм}$ та маса $m=5.0\text{г}$, занурена у воду на глибину $h=30\text{см}$. Після звільнення кулька вириває з води та піднімається на висоту $h_1=10\text{см}$ над рівнем води. Визначте кількість теплоти, що виділилася внаслідок дисипації енергії через тертя кульки об воду протягом всього її руху (занурення та виривання).

25. Вантаж масою 5.0кг починає рухатися з початковою швидкістю, рівною нулю, вгору по похилій площині, нахиленій під кутом $\alpha=30^\circ$ до горизонту. На вантаж діє сила $F=40\text{Н}$, що утворює кут $\beta=30^\circ$ з напрямком його переміщення (уздовж площини). Коефіцієнт тертя між вантажем та площиною становить $\mu=0.10$. На яку відстань зміститься вантаж уздовж похилої площини до моменту, коли його швидкість досягне 1.0м/с ?

26. М'яч кинуто вертикально вгору. Порівняйте часові інтервали: час його підйому до найвищої точки та час падіння з цієї найвищої точки назад до початкового рівня. Аргументуйте свою відповідь, знехтувавши опором повітря.

27. З вершини вежі було кинуто великий надутий шарик. У першому випадку йому надали початкову швидкість, спрямовану вертикально вгору, а в другому — таку саму за модулем початкову швидкість, але спрямовану вертикально вниз. У якому з цих випадків вертикальна складова швидкості шарика буде більшою в момент його удару об землю? Обґрунтуйте свою відповідь, знехтувавши опором повітря.

28. Вантаж масою m підіймається вгору за допомогою підйомного механізму. Чи залежить при цьому загальна робота, виконана підйомним механізмом, від швидкості підйому вантажу? Поясніть свою відповідь.

29. Однорідний брусок масою m і довжиною $L=0.60\text{м}$ лежить на горизонтальній поверхні столу. Коефіцієнт тертя бруска об стіл становить $\mu=0.15$. Брусок обертається навколо свого центру мас у горизонтальній площині. Визначте роботу, яку необхідно виконати, щоб повернути брусок на кут $\phi=0.1\text{рад}$, якщо відомо, що швидкість його обертання є сталою і дорівнює 0.6м/с (швидкість точки на кінці сторони довжиною $L=0.60\text{м}$).

30. З пожежного рукава з площею поперечного перерізу $S=5.0\text{см}^2$ витікає горизонтальний струмінь води зі швидкістю $v=10\text{м/с}$. Цей струмінь вдаряє у вертикальну стінку вагонетки, яка стоїть на рейках, і вільно стікає вниз. Маса вагонетки становить $m=200\text{кг}$, а опір її руху дорівнює $r=0.01$ від величини її сили тяжіння. Визначте прискорення, з яким буде рухатися вагонетка.

31. Визначте початкову швидкість хокейної шайби, яка ковзає по льоду, якщо до удару об борт вона пройшла шлях $s_1=5.0\text{м}$. Після удару, який можна вважати абсолютно пружним, шайба продовжувала рух і зупинилася через $t=2.0\text{с}$. Коефіцієнт тертя шайби об лід становить 0.10 .

32. На підніжку вагонетки масою $m_1=240\text{кг}$, яка рухається прямолінійно зі швидкістю 2.0м/с , стрибає людина масою $m_2=60\text{кг}$. Швидкість людини

спрямована перпендикулярно до напрямку руху вагонетки. Визначте швидкість системи "вагонетка + людина" відразу після стрибка.

33. З гармати масою $M=1.0 \times 10^3 \text{ кг}$ здійснено постріл у горизонтальному напрямку. Маса снаряда становить $m=54 \text{ кг}$. Швидкість снаряда відносно Землі $u=900 \text{ м/с}$. Визначте швидкість вільного відкоту гармати в момент вильоту снаряда.

34. На платформі масою $M=2.0 \times 10^3 \text{ кг}$ встановлена безвідкотна гармата. З неї здійснюється постріл уздовж залізничної колії під кутом 45° до горизонту. Після пострілу платформа відкотилася на відстань $S=3.0 \text{ м}$. Маса снаряда становить $m=10 \text{ кг}$, а коефіцієнт тертя кочення між колесами платформи та рейками $\mu=0.002$. Визначте початкову швидкість снаряда.

35. Гранату кинули під кутом 45° до горизонту з початковою швидкістю $v_0=20 \text{ м/с}$. Через $t_0=3.0 \text{ с}$ після кидка граната вибухає на висоті h . Маси уламків гранати відносяться як 1:2. Визначте швидкість більшого уламка (v_2) відразу після вибуху, якщо його початкова швидкість (мається на увазі швидкість гранати перед вибухом) була спрямована горизонтально уздовж напрямку кидка. Ударну хвилю та тиск газу на уламки не враховувати.

36. Три човни, кожен масою $M=250 \text{ кг}$, рухаються один за одним з однаковою швидкістю $v=5.0 \text{ м/с}$. З другого човна одночасно кидають два однакові тіла масою $m=20 \text{ кг}$ кожне зі швидкістю $u=20 \text{ м/с}$ відносно другого човна: одне тіло в напрямку першого човна, інше — у напрямку третього човна. Визначте швидкості кожного з трьох човнів після перекидання вантажів.

37. Кувалда масою 20 кг падає з висоти $h=1.2 \text{ м}$ на ковадло. Зіткнення є непружним і триває $\Delta t=0.005 \text{ с}$. Якою буде середня сила удару, що діє на ковадло?

38. Матеріальна точка розташована у просторі і її радіус-вектор відносно початку координат задається як $\mathbf{r}=3\mathbf{i}+2\mathbf{j}+4\mathbf{k}$ (у метрах). На цю точку діє сила $\mathbf{F}=5\mathbf{i}+4\mathbf{j}+3\mathbf{k}$ (у Ньютонах). Визначте вектор моменту сили \mathbf{M} відносно початку

координат. Обчисліть модуль цього моменту сили. Знайдіть компоненту моменту сили M_z відносно осі Z .

39. Тіло масою 100г кинуте з поверхні Землі під кутом $\alpha=45^\circ$ до горизонту з початковою швидкістю $v_0=20\text{м/с}$. Опором повітря знехтувати. Знайдіть модуль моменту імпульсу цього тіла відносно точки кидка, коли воно перебуває у найвищій точці своєї траєкторії.

40. Доведіть, що момент імпульсу тіла, яке рухається під дією центральної сили відносно полюса поля (точки, до якої спрямована сила), залишається постійним.

41. Продемонструйте, що орбіти планет, які рухаються під дією центральних сил (наприклад, гравітаційної сили Сонця), є плоскими. Опором руху знехтувати.

42. На ідеально гладкій горизонтальній поверхні лежить однорідний стрижень завдовжки $L=0.50\text{м}$ та масою $M=1.0\text{кг}$. По цій же поверхні ковзає кулька масою $m=0.30\text{кг}$ зі швидкістю $v=10\text{м/с}$, напрямком якої перпендикулярний до стрижня. Кулька ударяється об стрижень і зупиняється (абсолютно непружний удар). Точка удару знаходиться на відстані $l_1=20\text{см}$ від середини стрижня. Діаметри кульки та стрижня є однаковими. Визначте: Поступальну швидкість стрижня (швидкість його центра мас) після удару. Його кутову швидкість відносно центра мас після удару.

43. Доведіть, що людина, яка стоїть на ідеально гладкій горизонтальній поверхні (без тертя), може повернутися навколо вертикальної осі, якщо почне обертати руки над головою.

44. Покажіть, що другий закон Кеплера, який стверджує, що радіус-вектор, проведений від Сонця до планети, за рівні інтервали часу описує рівні площі, є прямим наслідком закону збереження моменту імпульсу.

45. Тіло масою $m=0.5\text{кг}$ кинуте під кутом $\alpha=30^\circ$ до горизонту з початковою швидкістю v_0 . Опором повітря знехтувати. Знайдіть функціональну залежність модуля моменту імпульсу цього тіла відносно точки кидка від часу.

46. Тіло масою $m=0.5\text{кг}$ кинуто вертикально вгору з точки з координатами $(0,3,0)\text{м}$ з початковою швидкістю $v_0=5\text{м/с}$. Вісь Y спрямована вертикально вгору. Опором повітря знехтувати. Визначте приріст моменту імпульсу тіла відносно початку координат за повний час його руху вгору та повернення до початкової точки.

Механіка твердого тіла

Рівняння динаміки твердого тіла, що обертається навколо нерухомої осі X :

$$M_x = \mathcal{E} I$$

де M_x — алгебраїчна сума моментів зовнішніх сил відносно осі X .

Моменти інерції деяких тіл:

Точка масою m на відстані R від осі обертання:

$$I = mR^2$$

Момент інерції для однорідного стержня довжиною l , якщо вісь проходить через центр перпендикулярно до стержня:

$$I = \frac{m l^2}{12}$$

m – маса тіла.

Якщо вісь проходить через край стержня і перпендикулярно йому:

$$I = \frac{m l^2}{3}$$

Однорідний диск або циліндр масою m і радіусом R , відносно осі симетрії (перпендикулярно основи циліндра):

$$I = \frac{m R^2}{2}$$

Тонкостінне коло або труба масою m і радіусом R , вісь проходить через центр і співпадає з трубою:

$$I = m R^2$$

Однорідна куля радіусом R , і масою m , вісь проходить через діаметр:

$$I = \frac{2 m R^2}{5}$$

Однорідний диск масою m і радіусом R , відносно осі, що проходить через діаметр:

$$I = \frac{m R^2}{4}$$

Момент інерції тіла відносно довільної осі визначається за теоремою Штейнера (Гюйгенса–Штейнера):

$$I = I_0 + m a^2$$

I_0 – момент інерції тіла відносно осі, що проходить через центр мас тіла,
 a – відстань між осями.

Кінетична енергія твердого тіла при плоскому русі, рівна сумі кінетичних енергій поступального та обертового руху відповідно:

$$E_k = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2}$$

Умова рівноваги тіл

Рівнодійна усіх сил, що діють на тіло рівна нулю:

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0$$

Рівнодійна моментів сил, що діють на тіло рівна нулю:

$$\vec{M} = \sum \vec{M}_i = 0$$

1. Визначте момент інерції кулі відносно осі, що збігається з дотичною до її поверхні. Радіус кулі — 0,1 м, маса — 5 кг.
2. Чому дорівнює момент інерції тонкого прямого стрижня завдовжки 0,5 м і масою 0,2 кг відносно осі, перпендикулярної до його довжини та розташованої на відстані 0,15 м від одного з його кінців?
3. Визначте момент інерції Землі відносно осі обертання, вважаючи її кулею радіусом 6,4 Мм і масою $6 \cdot 10^{21}$ кг.
4. До барабана радіусом $R = 10$ см прив'язана нитка, на кінці якої підвішений вантаж масою $m = 0,50$ кг. Знайдіть момент інерції барабана, якщо вантаж опускається з прискоренням $a = 1,0$ м/с².
5. Маховик у вигляді диска масою $m = 10$ кг і радіусом $R = 10$ см обертається навколо осі, що проходить через його центр, з кутовою швидкістю 6 рад/с. При гальмуванні маховик зупиняється через $t = 5$ с. Визначте гальмівний момент.
6. Однорідний блок радіус 6 см і масою $m = 10$ кг, використовують як шків, що може обертатись без тертя (рис.3). Через тонкунерозтяжну нитку на блок підвісилидва вантажі масою $m_1 = 200$ г і $m_2 = 300$ г. Спочатку

вантажі утримують у нерухомому стані, щоб диск не обертався. З яким прискоренням буде рухатися вантаж m_1 , якщо перестати утримувати блок?

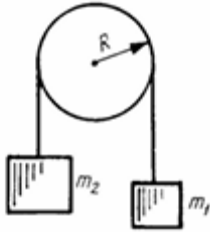


Рис 3

7. З колодязя піднімають відро з водою масою $m = 10$ кг. Коли воно знаходиться на висоті $h = 5,0$ м над поверхнею води, ручка ворота відпускається, і відро починає опускатися вниз. Визначте лінійну швидкість відра в момент удару об воду, якщо радіус ручки $R = 30$ см, радіус вала ворота $r = 10$ см, його маса $m_1 = 20$ кг. Нехтувати тертям і масою троса

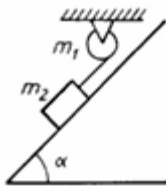


рис.4

8. До маховика (рис.4) масою $m_1 = 1,0$ кг, закріпленого на валу з моментом інерції $J = 500$ г·см², прив'язана нитка. До її кінця підвішений вантаж масою $m_2 = 200$ г, який утримується нерухомо. Скільки часу знадобиться, щоб маховик досяг кутової швидкості 10 рад/с після відпускання вантажу?

9. Вантаж масою $m = 10$ кг рухається по похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 45^\circ$. Нитка, до якої він підвішений, перекинута через блок і утримується нерухомо. Визначте силу тертя ковзання на похилій площині, якщо вантаж рухається з прискоренням $a = 2$ м/с².

10. Вантаж масою $m = 10$ кг переміщується похилою площиною, нахиленою під кутом $\alpha = 30^\circ$. Визначте силу тертя ковзання, якщо вантаж рухається з прискоренням $a = 2$ м/с².

11. Куля скочується по похилій площині з кутом нахилу 30° . Яку швидкість матиме центр кулі відносно похилої площини через 1,5 с, якщо її початкова швидкість була нульовою?
12. Яку потужність має розвивати двигун, що приводить у рух стабілізуючий гіроскоп, який має форму диска радіусом $R = 1,0$ м і масою $m = 1000$ кг, якщо за 1 хв його кутова швидкість досягає $\omega = 31$ рад/с? Тертьові втрати і опір повітря знехтувати.
13. Обчисліть кінетичну енергію диска масою 2 кг, що котиться без ковзання по горизонтальній поверхні зі швидкістю 2 м/с.
14. Яку роботу потрібно виконати, щоб маховик у вигляді диска масою 100 кг і радіусом 0,4 м набув частоти обертання $n = 10$ об/с, якщо спочатку він був у стані спокою?
15. Визначте гальмівний момент, що можна створити на махове колесо масою $m = 50$ кг і радіусом $R = 0,30$ м, яке обертається з частотою $n = 20$ об/с, протягом $t = 20$ с. Масу можна вважати рівномірно розподіленою по ободу. Чому дорівнює робота, виконана гальмівним моментом?
16. Знайдіть корисну потужність двигуна, що приводить у рух платформу у формі диска масою $m = 280$ кг і радіусом $R = 1$ м, на краю якої стоїть людина масою $m = 60$ кг, якщо через $t = 30$ с платформа набуває швидкості, що відповідає кутовій частоті $\omega = 1,2$ об/с.
17. Диск масою $m = 5$ кг і радіусом $R = 5$ см, що обертається з частотою $n = 10$ об/с, стикається з нерухомим диском масою $m = 10$ кг і радіусом $R = 5$ см. Визначте кількість енергії, що піде на нагрівання дисків, якщо після їх контакту ковзання відсутнє.
18. У двох випадках тіло спускається похилою площиною: в першому випадку воно ковзає, а в другому котиться. У якому випадку кінцева швидкість тіла буде більшою і на скільки разів?
19. Куля, що скочується без ковзання по похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 30^\circ$, падає з горизонтального столу висотою $h = 1$ м. Визначте горизонтальне

переміщення кулі до моменту падіння з висоти $h = 12,5$ см. Опором руху знехтувати.

20. Диск масою m і радіусом r обертається навколо вертикальної осі з кутовою швидкістю ω . Платформа у вигляді диска масою M і радіусом R обертається навколо вертикальної осі з кутовою швидкістю Ω . Визначте нову кутову швидкість платформи після того, як диск впаде на неї.

22. Однорідний стрижень завдовжки $1,0$ м і масою $5,0$ кг підвішений горизонтально на двох паралельних мотузках однакової довжини. До стрижня прикріплено вантаж масою 10 кг на відстані $0,25$ м від одного з його кінців. Визначте натяг мотузок.

23. Через блок, прикріплений до динамометра (рис. 5), перекинута мотузку. Один її кінець закріплений так, що утворює кут $\alpha = 60^\circ$ із вертикаллю. До другого кінця підвішено вантаж масою $m = 5,0$ кг. Визначте показання динамометра рис. 5.

24. На горизонтальній площині лежить вантаж масою $m = 10$ кг, до якого прикріплені мотузки, перекинуті через блоки. До кінців мотузок підвішені вантажі масою m_1 і m_2 . Визначте найбільше значення маси вантажу m_1 , за якого система ще перебуватиме в рівновазі, якщо $m_2 = 5,0$ кг, $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, а коефіцієнт тертя вантажу об горизонтальну площину становить $\mu = 0,50$. Маси блоків і мотузок, а також тертя в блоках вважати незначними рис. 6.

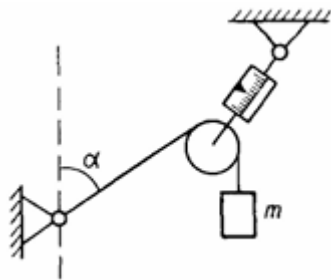


рис. 5

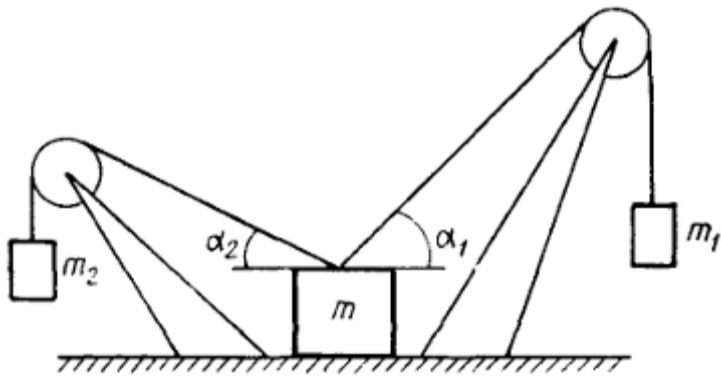


Рис. 6

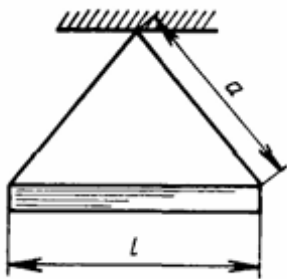


Рис. 7. 1

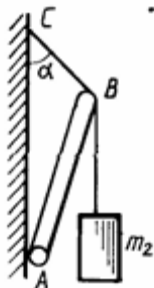


Рис. 7.2

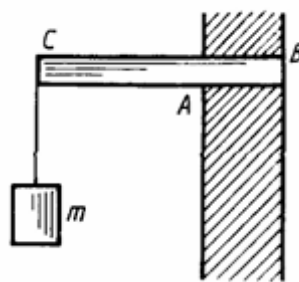


Рис. 7.3

25. Однорідний стрижень масою $m = 2,0$ кг підвішений на двох мотузках однакової довжини $a = 50$ см. Визначте довжину стрижня, якщо натяг мотузок становить $T = 30$ Н (рис. 7.1).

26. Стрижень AB масою $m = 5$, кг прикріплений нижнім кінцем до вертикальної стінки шарніром. До верхнього кінця стрижня, який прив'язаний до стінки мотузкою SV , підвішений вантаж масою $m = 3,0$ кг. Визначте натяг мотузки SV , якщо її довжина вдвічі менша за довжину стрижня AB (рис. 7.2).

27. На похилій площині з кутом нахилу 35° стоїть однорідний прямий циліндр радіусом 10 см. Якою є найбільша сила тертя, якщо маса циліндра становить 1 кг і він не ковзає (рис.7.3)?

28. Однорідна горизонтальна балка довжиною $1,5$ м і масою 50 кг закріплена на стіні та підтримується вертикальною стійкою у точках A і B . На вільному кінці балки підвішений вантаж масою 100 кг. Визначте сили реакції в опорах A і B .

29. Однорідна куля масою 2 кг прикріплена до вертикальної стінки на мотузках довжиною 1 м. Якою буде сила тиску кулі на стінку, якщо мотузка утворює з нею кут $= 30^\circ$? Тертя не враховувати.

30. Яким є найменше значення коефіцієнта тертя між стінкою та кулею, щоб точка А, в якій закріплена мотузка, і центр кулі залишалися на одній вертикалі?

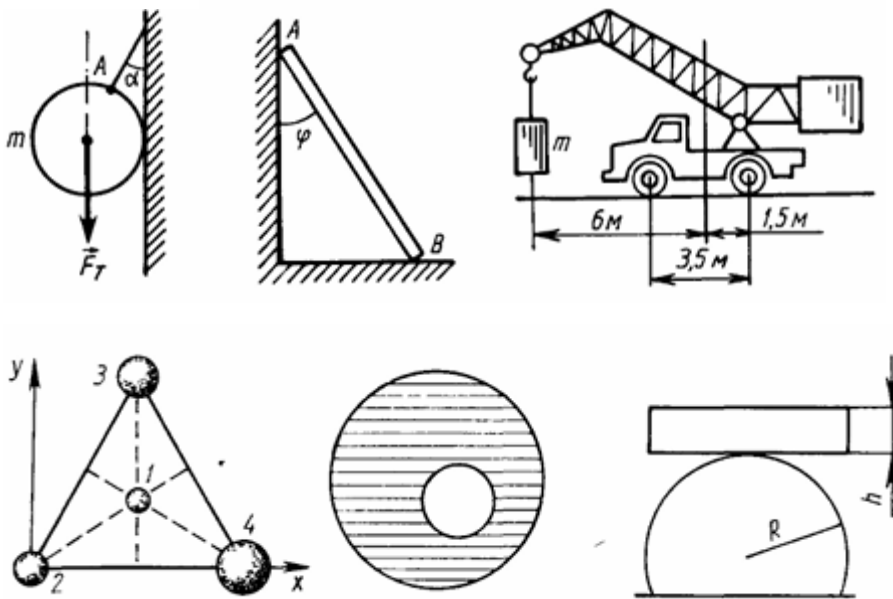


Рис.8.

31. Драбина АВ спирається одним кінцем А на вертикальну гладку стіну, а другим кінцем В — на підлогу. Коефіцієнт тертя драбини об підлогу $\mu = 0,3$. Яке найбільше значення кута θ , утвореного драбиною зі стіною, при якому вона ще залишатиметься в рівновазі?

32. На вантажівці встановлено підйомний кран. Маса вантажівки разом із краном складає $3 \cdot 10^3$ кг. Відстань між осями передніх і задніх коліс — 3,5 м. Який максимальний вантаж може підняти цей кран, якщо задня вісь залишається опорою і точка, в якій прикріплено трос, знаходиться на висоті 1,5 м над площиною, що проходить через центр мас вантажівки?

33. Визначте координати центра мас системи, яка складається з чотирьох кульок масами $m_1 = 200$ г, $m_2 = 300$ г, $m_3 = 400$ г та $m_4 = 100$ г, розташованих у вершинах і центрі рівностороннього трикутника зі стороною 20 см.

34. Визначте положення центра мас стрижня, що складається з двох частин однакової довжини і поперечного перерізу, одна з яких свинцева, а друга — залізна, якщо загальна довжина стрижня становить 0,5 м.

35. В однорідному диску діаметром 60 см вирізано круглий отвір діаметром 20 см, центр якого знаходиться на відстані 5 см від центра диска. Визначте положення центра мас диска.

36. Брусок масою m лежить на горизонтальному циліндрі радіусом R . При якому співвідношенні між m і R брусок буде знаходитись у стійкій рівновазі? Вважати, що тертя між бруском і циліндром достатньо велике.

Механіка рідин і газів

Для стаціонарних потоків рідини, є справедливим рівняння нерозривності струменя:

$$vS = \text{const}$$

де v — швидкість рідини, S — площа поперечного перерізу трубки струму.

Об'єм рідини, що протікає за одиницю часу через будь-який переріз трубки струму (витрата):

$$Q = vS$$

Швидкість витікання ідеальної рідини через невеликий отвір у широкій посудині:

$$v = \sqrt{2gh},$$

де h — глибина отвору відносно рівня рідини в посудині. Рівняння Бернуллі:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const},$$

де ρ — густина рідини, p — статичний тиск, v — швидкість потоку, h — висота перерізу трубки над певним рівнем. Під час переходу об'єму V рідини із зони з тиском p_1 у зону з тиском p_2 зовнішнім тиском виконується робота:

$$A = (p_2 - p_1)V$$

При ламінарному потоці тіло у рідині зазнає лобового опору:

$$F = \gamma \eta v,$$

де γ — коефіцієнт, що залежить від форми та розмірів тіла, η — в'язкість, v — швидкість потоку. Опір руху кулі у в'язкому середовищі (формула Стокса):

$$F = 6\pi\eta Rv,$$

де R — радіус кулі. Об'єм V рідини, що протікає через трубу довжиною l і радіусом R при ламінарному потоці за час t (формула Пуазейля):

$$V = (1/8) \pi R^4 / \eta l \Delta p t,$$

де Δp — різниця тисків на кінцях трубки.

У разі турбулентного потоку за не дуже великих швидкостей лобовий опір визначається як:

$$F = C \chi S \rho v^2,$$

де C_x — коефіцієнт лобового опору (залежить від форми тіла й числа Рейнольдса), S — площа проєкції тіла на площину, перпендикулярну до напрямку потоку, ρ — густина рідини.

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{l\rho v}{\eta}$$

де l — лінійні розміри посуду через які протікає вода

1. Визначте глибину занурення у воду пневматичного пістолета калібру $d = 7,0$ мм, при якій при натисканні на спусковий гачок постріл не відбудеться. Довжина ствола $l = 22$ см. Маса кулі $m = 7,0$ г, а її швидкість у момент вильоту зі ствола при пострілі в повітрі $v = 27$ м/с.
2. Визначте натяг троса під час підйому залізобетонної плити об'ємом $2,4$ м³ з води з прискоренням $0,50$ м/с². Будь-який опір не враховувати. Вважати густину залізобетону $\gamma = 2,2 \cdot 10^3$ кг/м³.
3. Який ККД двигуна, що приводить у дію гідравлічний прес, площі поршнів якого відносяться як 1:100, якщо при підйомі вантажу масою $m = 5 \cdot 10^3$ кг малий поршень за $t = 1,5$ хв зробив $n = 100$ ходів? Хід малого поршня $h_1 = 20$ см. Потужність двигуна $N_1 = 2,0$ кВт.
4. Дві кулі алюмінієва та мідна, одна з яких з порожниною, а інша суцільна, підвішені до кінців нерівноплечого важеля та врівноважені в повітрі. Встановіть, яка з куль є порожнистою, якщо після занурення їх у посудину з водою рівновага не порушується. Який об'єм порожнини, якщо маса мідної кулі $0,4$ кг?

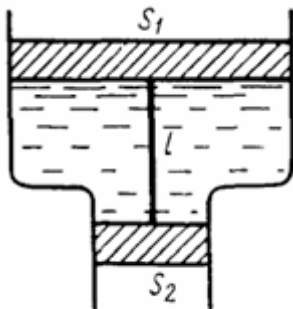


Рис.9.

5. У посудину з ртуттю та водою кинули сталеву кульку. Яка частина її об'єму буде перебувати у воді?
6. Визначте масу коркового пояса, здатного утримати людину масою $m_1 = 60$ кг у воді так, щоб голова та плечі $1/8$ об'єму тіла залишались над водою. Густина тіла людини прийнята рівною $\rho_1 = 1007$ кг/м³.
7. Посудина з водою рухається вертикально з прискоренням $a_1 = 1,2$ м/с², направленим вгору. Визначте тиск на глибині $h_1 = 0,20$ м.
8. До плаваючого у воді коркового поясу об'ємом $V_1 = 50$ дм³ прив'язали на нитці залізне гирю. Визначте масу гирі та натяг нитки, якщо у воду занурено половину об'єму поясу.
9. Дві вертикально розташовані труби з перерізами S_1 і S_2 з'єднані між собою і закриті невагомими поршнями, що з'єднані тонкою невагомою ниткою довжиною l . Простір між поршнями заповнено водою з густиною ρ . Визначте натяг нитки, якщо кінці посудин відкриті до атмосфери.
10. Бензовоз із заповненою бензином цистерною рухається зі швидкістю $v = 36$ км/год і зупиняється через $t = 10$ с внаслідок гальмування. У скільки разів тиск на передню стінку цистерни під час гальмування перевищує тиск на задню, якщо цистерну можна вважати прямокутним паралелепіпедом довжиною $l = 3,0$ м? Висота заповнення бензином — $h = 0,50$ м.
11. У широкому циліндричному резервуарі з водою (рівень рідини — 75 см) є два отвори, через які витікають струмені. Нижній отвір знаходиться на висоті 25 см. На якій висоті розташований верхній отвір, якщо обидва струмені перетинаються на горизонтальній площині, що збігається з рівнем дна резервуара?
12. Бак у тендері паровоза, завдовжки $l = 4,0$ м, заповнений водою. У задній стінці бака на висоті $h = 1,0$ м від верхнього рівня утворився отвір, через який витікає струмінь води. Визначте швидкість витікання струменя, якщо паровоз рухається з прискоренням $a = 0,50$ м/с². Якою буде швидкість струменя при гальмуванні з таким самим прискоренням?

13. У широкому резервуарі, заповненому водою, на висоті $h = 0,1$ м є отвір площею $S = 2$ см², через який витікає струмінь води. До резервуара зверху підведена труба, через яку вода поступає так, що її рівень залишається незмінним. Скільки води потрібно щосекунди вливати в резервуар, щоб струмінь, що витікає через отвір, досягнув дна на відстані $l = 0,5$ м від краю резервуара?
14. Відро з водою підвішене до пружини і здійснює вертикальні гармонійні коливання з періодом $2,0$ с та амплітудою 10 см. Через малий отвір у відрі витікає струмінь води. Визначте максимальні та мінімальні значення швидкості витікання води крізь отвір, якщо рівень води у відрі — 10 см.
15. По трубі перерізом $S = 4,0$ см², зігнутій під прямим кутом, тече вода. З якою силою вода діє на трубу, якщо секундний витік води $Q = 2,0$ л/с?
16. Яку силу необхідно прикласти до поршня горизонтально розташованої циліндричної трубки, щоб витикаючи з неї струмінь мав швидкість $v = 1,0$ м/с? Радіус поршня $R = 2,0$ см, довжина трубки $l = 1,0$ м.
17. Який опір чинить потік повітря, спрямований назустріч руху автомобіля? Автомобіль рухається зі швидкістю 144 км/год, площа лобової поверхні — $3,0$ м². Коефіцієнт лобового опору — $0,27$.
19. Визначте потужність потоку повітря, що набігає на електропоїзд, який рухається зі швидкістю 100 км/год, якщо площа його лобової поверхні становить 10 м².
20. Через горизонтальну трубу зі змінним перерізом щохвилини проходить вода об'ємом 2 м³. Визначте різницю рівнів води в манометричних трубках у точках з діаметрами перерізу $0,3$ м та $0,1$ м.
21. Визначте швидкість течії води у широкій частині горизонтальної труби зі змінним перерізом, якщо радіус вузької частини у 3 рази менший за радіус широкої частини, а різниця тисків між ними становить $\Delta p = 10$ кПа.
22. Яку потужність розвиває лівий шлуночок серця, якщо під час кожного скорочення він викидає в аорту кров масою 70 г під тиском 26 кПа, а за одну хвилину відбувається приблизно 75 скорочень?

23. Визначте роботу, що виконується під час переміщення води об'ємом 2 м^3 у горизонтальній трубі зі змінним перерізом при зміні тиску з 50 до 20 кПа.
24. Скляна кулька радіусом 0,50 мм падає у великій ємності з гліцерином із сталою швидкістю 5,0 см/с. Визначте в'язкість гліцерину, якщо густина скла становить $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, а густина гліцерину — $1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
25. Чаша об'ємом $2,0 \text{ м}^3$ повинна бути заповнена водою за 5,0 хв. Визначте мінімальний радіус труби, через яку можна наповнювати чашу, якщо висота напору забезпечує швидкість течії води $v = 1,50 \text{ м/с}$.
26. Яка кількість теплоти необхідна для нагрівання води об'ємом 2 м^3 від температури 10 до 20°C ? Вважати, що питома теплоємність води дорівнює $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.
27. Визначте швидкість течії води в трубі радіусом $r = 0,50 \text{ м}$, якщо різниця тисків у двох її перерізах становить $\Delta p = 0,20 \text{ кПа}$, а в'язкість води $\eta = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.
28. Вода рухається трубою радіусом $r = 0,50 \text{ м}$ зі швидкістю $v = 0,50 \text{ м/с}$. Визначте різницю тисків у двох перерізах труби, якщо її в'язкість $\eta = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Неінерціальні системи відліку. Сили інерції.

Якщо тіло перебуває у системі відліку, що рухається поступально і прямолінійно з прискоренням a відносно інерціальної системи, то на тіло діє інерційна сила:

$$F_n = -ma$$

У системі, яка обертається з постійною кутовою швидкістю ω відносно інерціальної, на тіло діє центробіжна інерційна сила:

$$F_n = m\omega^2 R$$

де R — радіус-вектор від осі обертання до тіла. Окрім того, в такій системі діє також сила Коріоліса:

$$F_k = 2m[v \times \omega]$$

де v — швидкість тіла у системі, що обертається, \times означає векторний добуток.

1. Визначте початкову швидкість електропоїзда перед початком гальмування, якщо його рух був рівносповільненим, він зупинився після проходження шляху $s = 200$ м, а маятник, підвішений у вагоні, при гальмуванні відхилився на кут $\alpha = 5^\circ$ від вертикалі.
2. З яким прискоренням має рухатися горизонтально похила площина з кутом нахилу $\alpha = 30^\circ$, щоб тіло, що знаходиться на ній, залишалось нерухомим відносно площини за умови відсутності тертя?
3. Яке найменше горизонтально спрямоване прискорення повинна мати похила площина з кутом нахилу α , щоб тіло, що лежить на ній, почало підніматися по її поверхні? Коефіцієнт тертя між тілом і площиною μ .

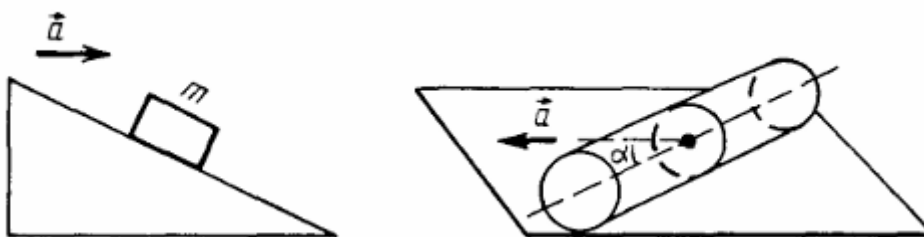


Рис.10

4. На похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 10^\circ$ знаходиться тіло. Похилу площину рухають із прискоренням $a = 3 \text{ м/с}^2$ у горизонтальному напрямку (як показано на рисунку 6.1). Визначте коефіцієнт тертя μ між тілом і похилою площиною, за якого тіло залишатиметься нерухомим щодо площини.
5. У горизонтальній трубці рухається кулька (рис. 6.2). Кожна кулька має масу $m = 1,0 \text{ г}$. Кульки можуть рухатися горизонтально з прискоренням $a = 2 \text{ м/с}^2$, яке спрямоване під кутом $\alpha = 45^\circ$ до труби. Визначте силу взаємодії між кулькою та трубою.
6. На горизонтальному диску, що обертається з кутовою швидкістю ω , на відстані $R = 8 \text{ см}$ від осі обертання лежить тіло. Визначте коефіцієнт тертя між диском і тілом, якщо тіло не ковзає по диску.
7. Велосипедист їде рівномірно по горизонтальній ділянці дороги зі швидкістю $v = 6 \text{ м/с}$. Коефіцієнт тертя між шинами велосипеда та дорогою становить $\mu = 0,2$. Визначте роботу, яку велосипедист виконує на ділянці дороги завдовжки $l = 100 \text{ м}$.
8. Яка мінімальна швидкість потрібна велосипедисту на горизонтальній ділянці дороги, щоб він зміг подолати підйом висотою $h = 1 \text{ м}$, якщо коефіцієнт тертя між шинами і дорогою $\mu = 0,2$?
9. Визначте поведінку тіла, що вільно падає з висоти $h = 10 \text{ м}$. Визначте швидкість тіла перед ударом об землю.
10. Кулька рухається похилою площиною під кутом $\alpha = 60^\circ$. На відстані $l = 1 \text{ м}$ від основи площини її швидкість становить $v = 5 \text{ м/с}$. Визначте прискорення кульки.
11. У центрі горизонтального диска радіусом $R = 10 \text{ см}$ знаходиться мішень, а на його краю — пневматичний пістолет. Куля з пістолета летить вздовж радіуса диска і влучає в мішень. Якщо диск обертається навколо вертикальної осі, що проходить через його центр, зі сталою кутовою швидкістю $\omega = 60 \text{ рад/с}$, визначте швидкість кулі в точці удару, якщо відстань від центра диска до мішені дорівнює $r = 10 \text{ см}$.

12. Електропоїзд масою $1 \cdot 10^{-10}$ кг рухається з півночі на південь під кутом 60° до горизонталі. Визначте силу, з якою електрон взаємодіє з поверхнею Землі.
13. Визначте, наскільки зміниться сила, що діє на поверхню Землі, якщо тіло масою m , рухаючись уздовж екватора зі сходу на захід із швидкістю v , змінить напрямок руху на протилежний.
14. Тіло вільно падає на Землю з висоти $h = 200$ м на географічній широті $\varphi = 60^\circ$. Визначте його відхилення під впливом сили Коріоліса, спричиненої обертанням Землі.
15. У точці на широті $\varphi = 60^\circ$ здійснено вертикальний постріл із рушниці. Через певний час куля падає на Землю. Визначте, наскільки змістилася точка падіння кулі від місця пострілу, якщо її початкова швидкість $v_0 = 200$ м/с. Опором повітря знехтувати.
16. У соборі встановлено маятник Фуко завдовжки 98 м. На який кут повернеться площина його коливань за 10 хвилин? Географічна широта місця встановлення маятника — $\varphi = 60^\circ$. Розв'яжіть задачу в двох системах відліку: неінерційній та геліоцентричній.

Елементи спеціальної теорії відносності

Перетворення Лоренца:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v^2}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

де c — швидкість світла у вакуумі.

Скорочення довжини рухомого тіла:

$$l' = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

де l' — довжина тіла у русі, l — власна довжина (у стані спокою).

Уповільнення ходу годинника, що рухається:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

де $\Delta t'$ — інтервал часу між подіями у рухомій системі, Δt — інтервал у нерухомій.

Релятивістський закон додавання швидкостей:

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v u'_x}{c^2}}, \quad u_y = \frac{u'_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v u'_x}{c^2}}, \quad u_z = \frac{u'_z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v u'_x}{c^2}}$$

де u_x, u_y, u_z — проекції швидкості у нерухомій системі,

u'_x, u'_y, u'_z — проекції швидкості у системі, що рухається зі швидкістю v .

Релятивістська маса та імпульс:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad \vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

де m_0 — маса спокою.

Повна енергія тіла:

$$E = m c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

де $E_0 = m_0 c^2$ — енергія спокою.

Кінетична енергія тіла, що рухається:

$$E_k = E - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

1. Отримати зворотні перетворення Лоренца.
2. Стержень рухається з певною сталою швидкістю v . Його довжина у системі, яка перебуває у спокої, становить $l_1 = 3,0$ м, а у системі відліку, пов'язаній зі стрижнем, $l_2 = 6,0$ м. Визначте власну довжину стрижня та його швидкість відносно нерухомої системи відліку.
3. Швидкість руху Землі навколо Сонця $v = 30$ км/с. Визначте скорочення діаметра Землі у системі координат, пов'язаній із Сонцем.
4. Реактивний літак летить із швидкістю 1000 м/с. На скільки години на борту літака відстали від годинників на Землі?
5. Один із братів-близнюків у віці 20 років вирушає в далеку космічну подорож до зірки Арктур на кораблі зі швидкістю $v = 0,99c$. Для жителів Землі відстань до зірки Арктур становить 40 світлових років (тобто така, що світло від зірки доходить до Землі за 40 років). На скільки років космічний мандрівник буде молодшим за свого брата, який залишився на Землі?
6. Використовуючи перетворення Лоренца, виведіть релятивістський закон додавання швидкостей.
7. Використовуючи формули додавання швидкостей у релятивістській механіці, доведіть, що підсумкова швидкість об'єкта ніколи не перевищує швидкість світла.
8. Покажіть, що фотон, який випромінюється у напрямку Землі зіркою, що наближається до неї зі швидкістю v , має швидкість c , а не $c + v$.

9. Дві ракети віддаляються від Землі в протилежних напрямках зі швидкістю $0,8c$ відносно Землі. Знайдіть швидкість однієї ракети в системі відліку, пов'язаній із другою ракетою.
10. Прискорювач надав радіоактивному ядру швидкість $v = 0,4c$. У момент виходу з прискорювача ядро випустило β -частинку в напрямку свого руху зі швидкістю $0,75c$ відносно прискорювача. Визначте швидкість частинки відносно ядра.
11. Який вік космонавта за земним часом, якщо він вирушив у космічну подорож у 30 років і пролетів до місця, що знаходиться на відстані 20 світлових років? Вважати його вік за власним годинником 35 років.
12. У скільки разів релятивістська маса електрона, що рухається зі швидкістю $v = 0,999c$, перевищує його масу спокою?
13. Релятивістська маса тіла, що рухається, зросла порівняно з його масою спокою на 200%. У скільки разів при цьому скоротилася його довжина?
- 7.14. Релятивістська маса протона, що рухається, у 10^2 разів перевищує його масу спокою. Знайдіть швидкість рухомого протона.
15. Тіло рухається зі швидкістю $200,0$ Мм/с. У скільки разів збільшилася його густина порівняно із густиною того ж тіла в стані спокою? Вважати, що розміри тіла, перпендикулярні до напрямку руху, не змінюються.
16. Електрон рухається зі швидкістю $200,0$ Мм/с. Визначте його кінетичну енергію за класичною та релятивістською формулами. Порівняйте результати.
17. Знайдіть відношення кінетичної енергії до енергії спокою, якщо швидкість електрона 150 Мм/с. Який релятивістський імпульс електрона?
18. Повна енергія мезона у 8 разів перевищує його енергію спокою. Яка швидкість мезона?
19. У скільки разів зміна маси відповідає зміні енергії на 10 Дж?

Пружні властивості тіл

Відносне поздовжнє деформування:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$$

де Δl — приріст довжини при розтягненні або стисненні, l_0 —довжина тіла до деформації

Відносне деформування кручення:

$$\varepsilon_\varphi = \frac{\varphi}{l}$$

де φ — кут закручування, l — довжина стрижня.

Відносна зміна об'єму під час поздовжньої деформації:

$$\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_i (1 - 2\mu)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона, який рівний відношенню поперечної та поздовжньої відносної деформації:

$$\mu = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_i}$$

Напруга при пружній деформації:

$$\sigma = \frac{dF}{dS}$$

де dF — сила, що діє на елементарну ділянку перерізу.

Закон Гука (зв'язок між силою і деформацією):

$$\varepsilon_l = \alpha \frac{F}{S} = \frac{1}{E} \frac{F}{S}$$

де α — коефіцієнт пружності, E — модуль Юнга.

Руйнівна сила:

$$F_m = \sigma_m S$$

де σ_m — руйнівна напруга.

Відносна зміна товщини:

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \beta \sigma$$

де β — коефіцієнт поперечного стиснення при повздовжньому розтягу,

Деформація зсуву характеризується кутом зсуву:

$$\psi = n \frac{F_\tau}{S} = n p_\tau = \frac{\sigma_\tau}{G}$$

де n — коефіцієнт зсуву, F_τ — сила зсуву, σ_τ — дотичне напруження, G — модуль зсуву.

Зв'язок між модулем Юнга E , модулем зсуву G та коефіцієнтом Пуассона μ :

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Кут закручування стрижня:

$$\varphi = \frac{2 M l}{\pi G R}$$

де M — крутильний момент, l — довжина стрижня, R — його радіус.

Потенціальна енергія пружно деформованого стрижня:

$$E_p = \frac{E \varepsilon_l^2 V}{2}$$

де V — об'єм стрижня.

Густина енергії пружної деформації:

$$\omega = \frac{E \varepsilon_l^2}{2}$$

1 Вантаж, підвішений на гумовому шнурі довжиною 50 см, обертається в горизонтальній площині з постійною швидкістю так, що шнур утворює конус з кутом при вершині 120° . Визначте відносне подовження шнура під час обертання, якщо при статичному навантаженні його подовження становить 1 см. Вважати, що подовження пропорційне прикладеній силі.

2. Яке навантаження потрібно прикласти до алюмінієвого стержня, щоб його довжина при температурі 10°C залишалась такою ж, як при 0°C ? Площа поперечного перерізу стержня $S = 1,5 \text{ см}^2$, модуль Юнга $E = 70 \text{ ГПа}$.

3. Гумовий шнур розтягнутий так, що його довжина збільшилась у 2 рази. Який буде діаметр розтягнутого шнура, якщо до розтягнення він мав діаметр 1 см, а коефіцієнт Пуассона для гуми дорівнює 0,5?
4. Визначте відносне зміну об'єму сталевого дроту діаметром 2 мм при його розтягуванні силою 1 кН. Коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$.
5. При якій довжині вертикально підвішений сталевий дріт почне розриватися під дією власної ваги? Межа міцності сталі $p_m = 0,69$ ГПа.
6. Відносне зміну об'єму при поздовжній деформації стержня дорівнює нулю. Визначте коефіцієнт Пуассона матеріалу стержня.
7. Прямий дріт довжиною 1 піднімається вертикально вгору під дією сили, прикладеної до його верхнього кінця. При якому зусиллі почнеться розрив дроту?
10. Визначте товщину нитки, на якій підвішена рамка дзеркального гальванометра, якщо під дією обертового моменту $M = 0,3$ Н·м вона повертається на кут $\varphi = 2^\circ$. Довжина нитки $l = 10$ см. Модуль зсуву матеріалу нитки $G = 6,5$ ГПа.
11. Визначте відносне подовження мідного стрижня, якщо під час його розтягування виконується робота 0,12 Дж. Довжина стрижня 2 м, площа його поперечного перерізу 1 мм².
12. Чому дорівнює густина пружної енергії розтягнутого сталевого стрижня, якщо відносне подовження 0,001?
13. Два вагони масами $m = 2,0 \cdot 10^4$ кг, що рухаються назустріч один одному зі швидкостями $v = 2$ м/с, стикаються. Визначте стиснення пружини буферів вагонів, якщо під дією сили $F = 40$ кН пружина стискається на $x_0 = 1$ см. Вважати, що стиснення пружини пропорційне силі.
14. Визначте силу, з якою гімнаст масою $m = 60$ кг діє на пружну сітку під час стрибка з висоти $h = 8,0$ м, якщо під дією сили тяжіння гімнаста сітка прогинається на $x_0 = 16$ см.

15. Яку силу необхідно розвинути при натягуванні лука на $x = 0,20$ м, якщо вся виконана робота передається стрілі як кінетична енергія, а найбільша дальність польоту стріли $s = 36$ м? Маса стріли $m = 50$ г.

16. На яку висоту піднімається камінь масою $m = 30$ г, випущений вертикально вгору із рогатки, гумовий джгут якої має поперечний переріз $S = 0,20$ см² і довжину $l = 30$ см та був розтягнутий на $\Delta l = 20$ см? Опором повітря знехтувати. Модуль Юнга для гуми $E = 7,8$ МПа.

17. Літак здійснює посадку на палубу авіаносця зі швидкістю 100 км/год. Захопившись за трос гальмування, літак проходить по палубі 50 м до повної зупинки. Визначте масу літака, якщо перевантаження становить $3g$.

Закон всесвітнього тяжіння

Два тіла масами m_1 та m_2 що знаходяться на відстані R притягаються з силою F :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

При русі планет навколо Сонця і супутників навколо планет, куби великих пів осей еліпсів пропорційні квадрату часу обертання навколо планет (третій закон Кеплера):

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

1. Перший штучний супутник Землі мав період обертання 1 год 36 хв. Вважаючи орбіту супутника круговою, а рух рівномірним, визначте висоту польоту супутника над поверхнею Землі.
2. На яку висоту потрібно запустити штучний супутник Землі, щоб він здавався нерухомим із Землі, а його орбіта була круговою і лежала в площині екватора? Радіус Землі $R = 6,37$ Мм, а період добового обертання $T = 24$ год.
3. Яку швидкість потрібно надати тілу, щоб воно могло покинути поверхню Місяця і піти в нескінченність? Маса Місяця $M_{\text{д}} = 7,3 \cdot 10^{22}$ кг, радіус Місяця $R_{\text{д}} = 1,74$ Мм.
4. Визначте швидкість руху Місяця навколо Землі, вважаючи, що його орбіта кругова. Прийняти масу Землі $M_{\text{з}} = 5,96 \cdot 10^{24}$ кг, а відстань між центрами Землі та Місяця $R = 384,4$ Мм.
5. На якій відстані від центру Землі космічна ракета, що рухається до Місяця, буде притягуватися Землею і Місяцем з однаковою силою? Маса Місяця у 81 раз менша за масу Землі, а відстань між їх центрами у 60 разів більша за радіус Землі.
6. З якою швидкістю Земля рухається навколо Сонця, якщо відстань між ними приблизно 150 Мм, а маса Сонця $1,97 \cdot 10^{30}$ кг?

7. Визначте середню густину Землі, якщо її радіус $6,37$ Мм, а прискорення вільного падіння $9,8$ м/с².
8. Визначте масу Землі, якщо відомо, що прискорення вільного падіння на висоті 1 мм зменшується на 10% .
9. Визначте першу космічну швидкість на орбіті, радіус якої дорівнює сумі радіусів Землі та 384 Мм, якщо маса Землі $5,96 \cdot 10^{24}$ кг.
10. Визначте другу космічну швидкість, тобто мінімальну швидкість, яку потрібно надати тілу, щоб воно могло покинути поверхню Землі і піти в нескінченність.
11. Наскільки зменшиться маса тіла на вершині Ельбрусу ($h = 6$ км) порівняно з її значенням на рівні моря?
12. На якій висоті прискорення сили тяжіння буде вдвічі меншим, ніж на поверхні Землі?
13. Яке прискорення отримує Земля під дією сили гравітаційного притягання з боку Сонця?
14. Космічна ракета, що стала штучною планетою, рухається навколо Сонця з періодом обертання 450 діб. Визначте середню відстань цієї штучної планети від Сонця, якщо відомо, що середня відстань Землі від Сонця становить $149,5$ млн км, а її період обертання — 365 діб. Вважати орбіту круговою.
15. Яка лінійна швидкість руху Землі навколо Сонця у точках, де найбільша та найменша відстань від Землі до Сонця відповідно $r_1 = 147$ млн км і $r_2 = 152$ млн км, якщо середня швидкість руху Землі по орбіті $\langle v \rangle = 29,8$ км/с?
16. Визначте роботу, необхідну для того, щоб тіло масою 5×10^3 кг, що знаходиться на поверхні Землі, було відправлене у міжпланетний простір. Опором повітря знехтувати.
17. Відомо, що зі збільшенням радіуса орбіти швидкість штучного супутника Землі зменшується. Чи означає це, що при запуску супутника на орбіту більшого радіуса двигуни ракети повинні виконати меншу роботу?

Електростатика

Закон Кулона

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2},$$

де q_1, q_2 -електричні заряди тіл, що взаємодіють між собою;

ϵ - відносна діелектрична проникність середовища;

$\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ (Ф/м), електрична стала;

r - відстань між зарядами.

Напруженість електричного поля

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

Де F -сила, що діє на заряд q .

Напруженість поля точкового заряду

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

Теорема Гаусса для електричного поля: Потік вектора напруженості електричного поля через замкнену

поверхню прямо пропорційний алгебраїчній сумі електричних зарядів, які охоплює ця поверхня.

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S \vec{E}_n d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^N q_i.$$

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$ - напруженість поля від нескінченної зарядженої площини, з поверхневою густиною заряду σ .

$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0 a}$ - напруженість поля від нескінченно довгої зарядженої нитки з лінійною густиною заряду τ .

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} -$$

$W = q\varphi$; $A = -q\Delta\varphi \equiv q(\varphi_1 - \varphi_2) \equiv qU$. Потенціальна енергія заряду в

електричному полі та робота поля

$C = \frac{q}{\varphi}$; $C = \frac{q}{U}$. Електрична ємність відокремленого провідника

$C = \sum C_i$; загальна ємність при паралельному з'єднанні конденсаторів

$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$; загальна ємність при паралельному з'єднанні конденсаторів

$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}$. - енергія зарядженого конденсатора

1. Обчислити силу притягання N між ядром атома водню та електроном, якщо радіус атома водню $r=0.5 \cdot 10^{-10}$ м. Відомо, що заряд ядра за модулем дорівнює заряду електрона, але протилежний йому за знаком.
2. . Визначити силу електростатичної взаємодії між двома точковими зарядами $q_1=2 \cdot 10^{-9}$ Кл та $q_2=-3 \cdot 10^{-9}$ Кл, що знаходяться на відстані $r=5$ см один від одного у вакуумі.
3. Два точкових заряди $q_1=4 \cdot 10^{-8}$ Кл і $q_2=6 \cdot 10^{-8}$ Кл розташовані на відстані $r=10$ см. Яка сила діє на третій заряд $q_3=-2 \cdot 10^{-8}$ Кл, поміщений посередині між ними?
4. З якою силою притягуються ядро атома гелію (заряд ядра дорівнює двом елементарним зарядам) та електрон, що обертається навколо нього на відстані $r=0.3 \cdot 10^{-10}$ м?
5. Обчислити відстань між двома точковими зарядами $q_1=1 \cdot 10^{-7}$ Кл та $q_2=-4 \cdot 10^{-7}$ Кл, якщо сила їх взаємодії становить $N=0.036$ Н.
6. Який заряд повинен мати точковий об'єкт, щоб на відстані $r=1$ м від нього сила, що діє на інший точковий заряд $q_2=5 \cdot 10^{-9}$ Кл, дорівнювала $N=4.5 \cdot 10^{-5}$ Н?
7. Електрон і протон знаходяться на відстані r . У скільки разів зміниться сила їхньої електростатичної взаємодії, якщо відстань між ними зменшити вдвічі?
8. Визначити напруженість E електричного поля в точці, розташованій посередині між двома точковими зарядами $q_1=8$ нКл та $q_2=-6$ нКл. Відстань між зарядами $r=10$ см. Середовище — вакуум ($\epsilon=1$).
9. Обчислити напруженість електричного поля в точці, що знаходиться на відстані 3 см від точкового заряду $q=5$ нКл. Середовище — повітря ($\epsilon \approx 1$).

10. Два точкові заряди $q_1=10$ нКл та $q_2=15$ нКл розташовані на відстані 20 см один від одного. Знайти напруженість електричного поля в точці, що лежить на прямій, яка з'єднує заряди, на відстані 5 см від заряду q_1 (між зарядами).
11. Визначити напруженість електричного поля у вершині квадрата зі стороною $a=10$ см, якщо в трьох інших вершинах знаходяться точкові заряди $q_1=2$ нКл, $q_2=-2$ нКл, $q_3=4$ нКл.
12. Заряд $q=4$ нКл створює електричне поле. На якій відстані напруженість цього поля дорівнює $E=3600$ В/м?
13. У центрі квадрата зі стороною $a=20$ см розташований точковий заряд $q=10$ нКл. Знайти напруженість електричного поля в одній з вершин квадрата.
14. Два точкові заряди $q_1=7$ нКл та $q_2=-7$ нКл розташовані на відстані 14 см. Визначити напруженість електричного поля в точці, розташованій на перпендикулярі до лінії, що з'єднує заряди, на відстані 7 см від середини цієї лінії.
15. У центрі квадрата, в кожній вершині якого знаходиться заряд $q=2.33$ нКл, поміщено від'ємний заряд q_0 . Знайти значення цього заряду q_0 , якщо результуюча сила, що діє на кожен із зарядів q , дорівнює нулю.
16. У вершинах рівностороннього трикутника зі стороною a розташовані однакові позитивні заряди q . Який заряд q_0 потрібно помістити в центр трикутника, щоб результуюча сила, що діє на кожен із зарядів q , дорівнювала нулю?
17. . Чотири однакові позитивні заряди q розташовані у вершинах квадрата зі стороною a . Яку силу створює ця система зарядів у центрі квадрата?
18. Три однакові за модулем, але різні за знаком заряди $q_1=q$, $q_2=-q$, $q_3=q$ розташовані у вершинах рівнобедреного прямокутного трикутника. Знайти напруженість електричного поля в середині гіпотенузи.
19. У вершинах квадрата зі стороною a розташовані заряди $q_1=q$, $q_2=-q$, $q_3=q$, $q_4=-q$. Знайти результуючу силу, що діє на заряд q_1 .

20. На одній прямій розташовані три заряди: $q_1=5$ нКл, $q_2=-3$ нКл, $q_3=8$ нКл. Відстань між q_1 і q_2 дорівнює 10 см, а між q_2 і q_3 — 15 см. Знайти силу, що діє на заряд q_2 .
21. У вершинах квадрата зі стороною $a=1$ м знаходяться заряди $q_A=2$ нКл, $q_B=-2$ нКл, $q_C=2$ нКл, $q_D=-2$ нКл. Визначити напруженість електричного поля в центрі квадрата.
22. . Два точкові заряди $q_1=7.5$ нКл та $q_2=-14.7$ нКл розташовані на відстані $r=5$ см один від одного. Знайти напруженість E електричного поля в точці, що знаходиться на відстанях $a=3$ см від позитивного заряду (q_1) та $b=4$ см від від'ємного заряду (q_2).
23. Два точкові заряди $q_1=6$ нКл та $q_2=-8$ нКл знаходяться на відстані 10 см. Визначити напруженість електричного поля в точці, що лежить на прямій, яка з'єднує заряди, на відстані 4 см від заряду q_1 (поза зарядами, з боку q_1).
24. . Напруженість електричного поля в точці, розташованій на відстані 5 см від одного точкового заряду, дорівнює 1000 В/м. Якщо в цій точці розмістити інший точковий заряд, що дорівнює за модулем першому, але протилежний за знаком, і на відстані 5 см від нього, то яка буде результуюча напруженість електричного поля в цій точці?
25. Три точкові заряди $q_1=1$ нКл, $q_2=2$ нКл та $q_3=-3$ нКл розташовані у вершинах рівностороннього трикутника зі стороною 10 см. Знайти напруженість електричного поля в центрі цього трикутника.
26. . Два точкові заряди $q_1=5$ нКл та $q_2=12$ нКл розташовані на відстані 13 см. Знайти напруженість електричного поля в точці, яка утворює прямокутний трикутник з зарядами, причому катети цього трикутника дорівнюють 5 см і 12 см.
27. . Визначити напруженість електричного поля в центрі правильного шестикутника зі стороною $a=20$ см, якщо у чотирьох його вершинах розташовані однакові заряди $q=2$ нКл, а дві інші вершини вільні.

28. . На якій відстані від точкового заряду $q=9$ нКл напруженість електричного поля буде дорівнювати 8100 В/м?
29. . Два кульки однакових радіусів та мас підвішені на нитках однакової довжини так, що їхні поверхні дотикаються. Після повідомлення кулькам заряду $q_0=0.4$ мкКл вони відштовхнулися одна від одної та розійшлися на кут $2\alpha=60^\circ$. Знайти масу m кожного кульки, якщо відстань від центру кульки до точки підвісу (довжина нитки) $l=20$ см.
30. . Дві однакові маленькі кульки масою по $m=10$ г кожна, підвішені на нитках довжиною $l=50$ см, несуть однакові заряди. Визначити заряд кожної кульки, якщо в положенні рівноваги нитки розійшлися на кут $2\alpha=90^\circ$.
31. . Дві однакові кульки, кожна з яких має масу $m=20$ г, підвішені на нитках довжиною $l=30$ см. Після надання кулькам однакових зарядів вони розійшлися так, що відстань між ними стала $d=10$ см. Знайти заряд кожної кульки.
32. . Маленька кулька масою $m=5$ г і зарядом $q=1$ мкКл підвішена на нитці. Яку напруженість електричного поля потрібно створити, щоб нитка відхилилася від вертикалі на кут 30° ?
33. . Дві однакові заряджені кульки підвішені на нитках однакової довжини $l=40$ см. У рівновазі нитки утворюють кут $2\alpha=70^\circ$. Знайти масу кожної кульки, якщо заряд кожної кульки $q=0.5$ мкКл.
34. . Дві маленькі кульки однакових мас $m=15$ г і зарядів $q_1=0.3$ мкКл та $q_2=0.6$ мкКл підвішені на нитках однакової довжини. Визначити кут розходження ниток, якщо довжина кожної нитки $l=25$ см.
35. . Одна з двох однакових заряджених кульок, підвішених на нитках, має заряд q_1 . Друга кулька незаряджена. Після дотику кульок вони розійшлися на кут $2\alpha=45^\circ$. Знайти початковий заряд q_1 , якщо маса кожної кульки $m=12$ г, а довжина нитки $l=35$ см.
36. . З якою силою N_L електричне поле зарядженої нескінченної площини діє на одиницю довжини зарядженої нескінченно довгої нитки, поміщеної в

це поле? Лінійна густина заряду на нитці $\tau=3$ мкКл/м, а поверхнева густина заряду на площині $\sigma=20$ мкКл/м².

37. . Нескінченна площина заряджена з поверхневою густиною $\sigma=15$ нКл/м². Визначити напруженість електричного поля, створеного цією площиною.

38. Нескінченно довга нитка має лінійну густина заряду $\tau=5$ нКл/м. З якою силою електричне поле цієї нитки діє на точковий заряд $q=2$ нКл, що знаходиться на відстані $r=2$ см від нитки?

39. Визначити силу, що діє на одиницю площі дуже великої зарядженої площини, якщо поверхнева густина заряду на ній $\sigma=10$ мкКл/м².

40. . У полі нескінченної зарядженої площини з поверхневою густиною заряду $\sigma=25$ нКл/м² розміщено точковий заряд $q=0.5$ нКл. Яка сила діє на цей заряд?

41. Нескінченно довга нитка з лінійною густиною заряду $\tau=4$ мкКл/м знаходиться паралельно нескінченній зарядженій площині з поверхневою густиною заряду $\sigma=30$ мкКл/м². Знайти силу, що діє на одиницю довжини нитки.

42. Дві паралельні нескінченні площини заряджені з поверхневими густинами $\sigma_1=10$ нКл/м² та $\sigma_2=-5$ нКл/м². Визначити напруженість електричного поля в просторі між площинами та зовні них.

43. Два кульки із зарядами $q_1=6.66$ нКл та $q_2=-13.33$ нКл знаходяться на відстані $r_1=40$ см. Яку роботу A необхідно здійснити, щоб зблизити їх до відстані $r_2=25$ см?

44. . Обчислити роботу, яку необхідно затратити для переміщення точкового заряду $q=5$ нКл в електричному полі іншого точкового заряду $Q=10$ нКл з відстані $r_1=20$ см до відстані $r_2=5$ см.

45. Два точкові заряди $q_1=8$ нКл та $q_2=-4$ нКл спочатку знаходяться на нескінченно великій відстані один від одного. Яку роботу виконає електричне поле, якщо їх зблизити до відстані $r=10$ см?

46. . Точковий заряд $q=2$ нКл переміщується в однорідному електричному полі напруженістю $E=500$ В/м на відстань $d=10$ см за напрямком силових ліній. Яку роботу при цьому виконує поле?
47. . Який потенціал має електричне поле точкового заряду $q=12$ нКл на відстані $r=30$ см від нього? Яку роботу необхідно виконати, щоб перемістити заряд $q_0=1$ нКл з цієї точки до точки з потенціалом $\varphi=0$?
48. Два точкові заряди $q_1=15$ нКл та $q_2=20$ нКл знаходяться на відстані $r=50$ см. Яку роботу потрібно виконати, щоб віддалити їх один від одного до відстані $r'=1$ м?
49. . Електрон переміщується в електричному полі з точки з потенціалом $\varphi_1=100$ В у точку з потенціалом $\varphi_2=250$ В. Яку роботу при цьому виконує електричне поле? Заряд електрона $e=-1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
50. . Кулька масою $m=1$ г та зарядом $q=10$ нКл переміщується з точки 1, потенціал якої $\varphi_1=600$ В, у точку 2, потенціал якої $\varphi_2=0$. Знайти її швидкість у точці 1, якщо в точці 2 вона стала дорівнювати $v_2=20$ см/с.
51. Електрон рухається в електричному полі з точки з потенціалом $\varphi_1=300$ В у точку з потенціалом $\varphi_2=100$ В. Яку швидкість набуде електрон у точці 2, якщо в точці 1 його швидкість дорівнювала нулю? Маса електрона $m_e=9.11 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд електрона $e=-1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
52. . Протон починає рух без початкової швидкості з точки з потенціалом $\varphi_1=500$ В. Визначити його швидкість у точці з потенціалом $\varphi_2=0$. Маса протона $m_p=1.67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд протона $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
53. Кулька масою $m=5$ г і зарядом $q=20$ нКл рухається зі швидкістю $v_1=50$ см/с у точці з потенціалом $\varphi_1=200$ В. Якою буде швидкість кульки в точці, потенціал якої $\varphi_2=100$ В?
54. Частинка масою $m=0.1$ мг та зарядом $q=-5$ нКл влітає в однорідне електричне поле перпендикулярно до силових ліній зі швидкістю $v_0=10$ м/с. Напруженість поля $E=100$ В/м. Визначити швидкість частинки після проходження шляху $s=20$ см у напрямку поля. (Врахувати, що початкова швидкість перпендикулярна до силових ліній).

55. Заряджена частинка масою $m=2$ г, що має заряд $q=15$ нКл, рухається в електричному полі. Якщо її швидкість у точці 1 дорівнює $v_1=1$ м/с, а потенціал у цій точці $\phi_1=400$ В, то яка буде швидкість частинки в точці 2, де потенціал $\phi_2=600$ В?
56. Яку мінімальну швидкість необхідно надати електрону в точці з потенціалом $\phi_1=0$, щоб він міг досягти точки з потенціалом $\phi_2=-50$ В?
57. У плоскому горизонтально розташованому конденсаторі, відстань між пластинами якого $d=1$ см, знаходиться заряджена крапелька масою $m=5 \cdot 10^{-11}$ г. За відсутності електричного поля крапелька внаслідок опору повітря падає з деякою сталою швидкістю. Якщо до пластин конденсатора прикладена різниця потенціалів $U=600$ В, то крапелька падає вдвічі повільніше. Знайти заряд q крапельки.
58. Між горизонтальними пластинами плоского конденсатора, відстань між якими $d=5$ мм, зависає заряджена крапелька масою $m=2 \cdot 10^{-10}$ г. Яка різниця потенціалів прикладена до пластин, якщо заряд крапельки $q=3.2 \cdot 10^{-19}$ Кл?
59. Заряджена частинка масою $m=10^{-14}$ кг влітає в однорідне електричне поле напруженістю $E=200$ В/м перпендикулярно до силових ліній. Визначити заряд частинки, якщо відомо, що через 10 мс її вертикальне відхилення становило 2 см. (Знехтувати силою тяжіння).
60. Заряджена крапелька масою $m=10^{-11}$ кг падає у в'язкому середовищі з постійною швидкістю v_0 . При вмиканні вертикального електричного поля напруженістю $E=105$ В/м крапелька починає рухатися вгору з тією ж сталою швидкістю v_0 . Визначити заряд крапельки.
61. В електричному полі плоского конденсатора, що створюється різницею потенціалів $U=400$ В між пластинами, відстань між якими $d=2$ см, рухається пилінка масою $m=10^{-9}$ кг. Який заряд має пилінка, якщо вона рухається з прискоренням $a=2$ м/с² вгору? (Врахувати силу тяжіння).
62. Дві пластини плоского конденсатора розташовані горизонтально. Відстань між ними $d=1.5$ см. Напруженість поля між пластинами $E=500$ В/м.

Між пластинами зависає заряджена крапелька. Який заряд має крапелька, якщо її маса $m=1.6 \cdot 10^{-10}$ г?

63. . Між пластинами плоского горизонтального конденсатора, відстань між якими $d=8$ мм, знаходиться заряджена кулька. За відсутності напруги на пластинах кулька падає з постійною швидкістю v_0 . Якщо на пластини подати напругу $U=800$ В, то кулька зависає. Знайти швидкість v_0 , якщо коефіцієнт опору повітря $k=3 \cdot 10^{-8}$ Нс/м, а маса кульки $m=4 \cdot 10^{-10}$ кг. (Врахувати, що сила опору пропорційна швидкості: $N_{\text{оп}}=kv$).

64. Електрон влітає в плоский горизонтально розташований конденсатор паралельно пластинам зі швидкістю $v_0=9 \cdot 10^6$ м/с. Різниця потенціалів між пластинами $U=100$ В, відстань між пластинами $d=1$ см. Знайти повне a , нормальне a_n і тангенціальне a_t прискорення електрона через час $t=10$ нс після початку його руху в конденсаторі.

65. Протон влітає в однорідне електричне поле напруженістю $E=5 \cdot 10^4$ В/м перпендикулярно до силових ліній зі швидкістю $v_0=10^6$ м/с. Визначити його швидкість та кут відхилення від початкового напрямку руху через $t=5$ нс.

66. Електрон влітає в плоский горизонтально розташований конденсатор паралельно пластинам зі швидкістю $v_0=5 \cdot 10^6$ м/с. Довжина пластин конденсатора $L=5$ см, напруженість електричного поля в конденсаторі $E=1000$ В/м. На яку відстань зміститься електрон перпендикулярно до початкового напрямку руху при вильоті з конденсатора?

67. Заряджена частинка масою $m=10^{-12}$ кг і зарядом $q=2 \cdot 10^{-10}$ Кл влітає в однорідне електричне поле зі швидкістю $v_0=2 \cdot 10^5$ м/с. Напруженість поля $E=500$ В/м, напрямок швидкості складає кут 30° з напрямком поля. Визначити швидкість частинки через $t=20$ нс.

68. . Між пластинами плоского конденсатора, відстань між якими $d=2$ см, підтримується різниця потенціалів $U=200$ В. Електрон влітає в конденсатор паралельно пластинам, рухаючись уздовж осі симетрії. Яка початкова швидкість електрона, якщо при вильоті з конденсатора він відхилився від осі симетрії на $y=0.5$ см, а довжина пластин $L=4$ см?

69. Альфа-частинка (заряд $2e$, маса $4m_p$) влітає в однорідне електричне поле напруженістю $E=10^3$ В/м паралельно силовим лініям зі швидкістю $v_0=104$ м/с. Визначити час, за який її швидкість зменшиться вдвічі, якщо вона рухається проти напрямку поля.
70. Електрон влітає в плоский конденсатор перпендикулярно до силових ліній зі швидкістю v_0 . Довжина пластин конденсатора L , відстань між пластинами d . Яку мінімальну напругу потрібно прикласти до пластин, щоб електрон не вилетів з конденсатора?
71. Знайти ємність C земної кулі. Вважати радіус земної кулі $R=6400$ км. На скільки зміниться потенціал ϕ земної кулі, якщо їй повідомити заряд $q=1$ Кл?
72. . Обчислити ємність металевій кулі радіусом $R=10$ см, що знаходиться у вакуумі. Який заряд необхідно повідомити цій кулі, щоб її потенціал дорівнював 1000 В?
73. У скільки разів зміниться ємність відокремленого провідника, якщо його занурити в рідкий діелектрик з діелектричною проникністю $\epsilon=4$?
74. . Куля радіусом $R=20$ см заряджена до потенціалу $\phi=500$ В. Знайти заряд кулі.
75. Дві концентричні провідні сфери мають радіуси $R_1=5$ см і $R_2=10$ см. Знайти ємність такої системи.
76. . Який заряд необхідно повідомити металевій кулі радіусом $R=1$ м, щоб її потенціал відносно нескінченності дорівнював $9 \cdot 10^5$ В?
77. . Визначити потенціал поверхні Землі, якщо вважати її відокремленим провідним кулею, якій повідомили заряд $q=-5 \cdot 10^5$ Кл. Радіус Землі $R=6400$ км.
78. . Площа пластин плоского повітряного конденсатора $S=1$ м², відстань між ними $d=1.5$ мм. Знайти ємність C цього конденсатора.
79. . Плоский конденсатор має пластини площею $S=0.5$ м², розташовані на відстані $d=2$ мм одна від одної. Простір між пластинами заповнено

діелектриком з діелектричною проникністю $\epsilon=5$. Знайти ємність цього конденсатора.

80. . Яку площу повинні мати пластини плоского повітряного конденсатора, щоб при відстані між ними $d=0.1$ мм його ємність дорівнювала 1 мкФ?

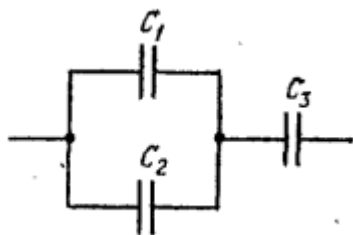
81. Ємність плоского конденсатора дорівнює $C=200$ пФ. Відстань між його пластинами $d=1$ мм. Визначити площу пластин, якщо діелектриком є скло з діелектричною проникністю $\epsilon=7$.

82. Плоский конденсатор з ємністю $C=100$ пФ заряджений до напруги $U=100$ В. Який заряд накопичився на обкладках конденсатора?

83. . Яку відстань необхідно встановити між пластинами плоского конденсатора площею $S=0.2$ м², щоб його ємність у повітрі становила $C=1$ нФ?

84. . Плоский конденсатор складається з двох пластин площею $S=0.8$ м² кожна. Простір між пластинами товщиною $d=3$ мм заповнений шаром парафіну ($\epsilon=2.1$). Знайти ємність цього конденсатора.

85. . Знайти загальну ємність C системи конденсаторів, зображеної на рисунку 17. Ємність кожного конденсатора $C_i=0.5$ мкФ.



86. . Три конденсатори ємностями $C_1=2$ мкФ, $C_2=3$ мкФ і $C_3=6$ мкФ з'єднані послідовно. Обчислити загальну ємність батареї.

87. Два конденсатори ємностями $C_1=4$ мкФ та $C_2=6$ мкФ з'єднані паралельно. Знайти їхню загальну ємність.

88. . Система конденсаторів складається з двох послідовно з'єднаних конденсаторів $C_1=1$ мкФ і $C_2=2$ мкФ, до яких паралельно підключено третій конденсатор $C_3=3$ мкФ. Знайти загальну ємність системи.

89. . Чотири однакові конденсатори ємністю $C_0=1$ мкФ кожен з'єднані таким чином: два паралельно, а потім ця пара послідовно з двома іншими конденсаторами, з'єднаними теж паралельно. Знайти загальну ємність такої схеми.

90. Визначити загальну ємність схеми, що складається з трьох конденсаторів, якщо $C_1=0.2$ мкФ, $C_2=0.3$ мкФ, $C_3=0.5$ мкФ. Конденсатори C_1 і C_2 з'єднані послідовно, а C_3 підключений до них паралельно.

91. Скільки однакових конденсаторів ємністю $C_0=0.1$ мкФ потрібно з'єднати послідовно, щоб отримати загальну ємність $C=0.02$ мкФ?

Електричний струм

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R};$$
 - закон Ома для довільної ділянки кола (узагальнений)

$$I = \frac{\varepsilon}{R_0} = \frac{\varepsilon}{R+r}.$$
 - закон Ома для замкненого кола

$$R = \rho \frac{l}{S};$$
 - електричний опір однорідного провідника сталого перерізу

$$R_{\text{noc}} = \sum R_i;$$
 - загальний опір при послідовному з'єднанні провідників

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \sum \frac{1}{R_i}.$$
 - загальний опір при паралельному з'єднанні провідників

$$\sum I_i = 0;$$
$$\sum \varepsilon_i = \sum I_i R_i.$$
 - правила Кірхгофа для розгалужених кіл

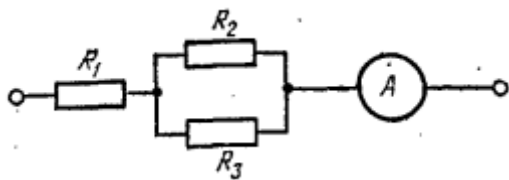
$$P = \frac{\delta A}{dt} = UI$$
 - повна потужність струму на довільній ділянці кола

$$P_q = \frac{\delta Q}{dt} = I^2 R;$$
 - закон Джоуля - Ленца

1. Скільки витків ніхромового дроту діаметром $d=1$ мм потрібно навити на фарфоровий циліндр радіусом $a=2.5$ см, щоб отримати піч опором $R=40$ Ом? (Питомий опір ніхрому $\rho_{\text{ніхрому}} \approx 1.1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м).
3. Якої довжини ніхромовий дріт діаметром $d=0.5$ мм потрібен для виготовлення нагрівача опором $R=25$ Ом?
4. Визначити опір мідного дроту довжиною $L=100$ м і діаметром $d=0.8$ мм. (Питомий опір міді $\rho_{\text{міді}}=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
5. На яку довжину потрібно розтягнути алюмінієвий дріт діаметром $d=0.3$ мм, щоб його опір становив $R=10$ Ом? (Питомий опір алюмінію $\rho_{\text{алюмінію}}=2.8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
6. Який діаметр повинен мати ніхромовий дріт довжиною $L=5$ м, щоб його опір був $R=50$ Ом?
7. Обчислити опір котушки, що складається зі 100 витків ніхромового дроту діаметром $d=0.6$ мм, навитого на циліндричний каркас радіусом $a=3$ см.

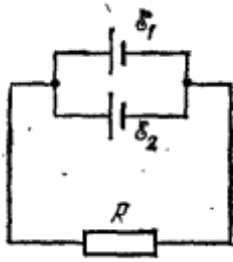
8. На фарфоровий циліндр радіусом $a=2$ см навили 200 витків ніхромового дроту. Визначити діаметр дроту, якщо опір нагрівача становить $R=30$ Ом.
9. Котушка з мідного дроту має опір $R=10^8$ Ом. Маса мідного дроту $m=3.41$ кг. Якої довжини l і якого діаметра d дріт намотано на котушку? (Питомий опір міді $\rho_{\text{міді}}=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, густина міді $\rho=8900$ кг/м³).
10. Скільки метрів мідного дроту діаметром $d=0.5$ мм міститься в котушці, якщо її опір $R=4.2$ Ом?
11. Алюмінієвий дріт довжиною $L=200$ м має опір $R=5.6$ Ом. Визначити його діаметр. Яка маса цього дроту? (Густина алюмінію $\rho=2700$ кг/м³).
12. Ніхромовий дріт довжиною $L=10$ м має опір $R=11$ Ом. Визначити площу його поперечного перерізу та діаметр.
13. Визначити масу мідного дроту довжиною $L=50$ м і діаметром $d=0.3$ мм. Який опір має цей дріт?
14. Який опір має залізна котушка масою $m=1$ кг, якщо діаметр залізного дроту $d=0.2$ мм? (Питомий опір заліза $\rho_{\text{заліза}}=9.8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, густина заліза $\rho_{\text{г}}=7800$ кг/м³).
15. Для нагрівального елемента використовується ніхромовий дріт. Якщо його довжина $L=8$ м, а діаметр $d=0.7$ мм, то яка маса цього дроту? Який опір цього дроту?
16. Знайти падіння потенціалу U на мідному проводі довжиною $l=500$ м і діаметром $d=2$ мм, якщо струм у ньому $I=2$ А. (Питомий опір міді $\rho_{\text{міді}}=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
17. Яку силу струму потрібно пропустити через ніхромовий провід довжиною $l=20$ м і діаметром $d=0.5$ мм, щоб падіння напруги на ньому становило $U=12$ В? (Питомий опір ніхрому $\rho_{\text{ніхрому}}=1.1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м).
18. Мідний провідник довжиною $L=150$ м і площею поперечного перерізу $S=0.785$ мм² підключений до джерела напруги $U=5$ В. Визначити силу струму, що протікає через провідник.

19. Алюмінієвий провід довжиною $l=100$ м має опір $R=2.8$ Ом. Яке падіння напруги буде на цьому проводі, якщо через нього пропускати струм $I=1.5$ А?
20. Нагрівальний елемент має опір $R=20$ Ом. При підключенні до джерела напруги $U=220$ В, який струм буде протікати через елемент і яке падіння потенціалу на ньому?
21. Якої довжини має бути мідний дріт діаметром $d=0.4$ мм, щоб при протіканні струму $I=0.5$ А падіння напруги на ньому становило $U=0.1$ В?
22. Скільки електричної енергії виділиться в ніхромовому нагрівачі опором $R=30$ Ом за 5 хвилин, якщо через нього протікає струм $I=3$ А?
23. Знайти падіння потенціалу U в опорах $R_1=4$ Ом, $R_2=2$ Ом і $R_3=4$ Ом (рис. 19), якщо амперметр показує струм $I_1=3$ А. Знайти також струми I_2 і I_3 в опорах R_2 і R_3 .



24. Три опори $R_1=5$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=15$ Ом з'єднані послідовно. До батареї підключено амперметр, який показує струм $I=2$ А. Знайти падіння напруги на кожному опорі та загальну напругу на всій ділянці кола.
25. Два опори $R_1=6$ Ом і $R_2=12$ Ом з'єднані паралельно. Загальний струм у нерозгалуженій частині кола $I=3$ А. Знайти струми, що протікають через кожен опір, та загальну напругу на цій ділянці кола.
26. Дано схему: опір $R_1=3$ Ом послідовно з'єднаний з двома паралельно з'єднаними опорами $R_2=6$ Ом і $R_3=4$ Ом. Загальна напруга на схемі $U=30$ В. Знайти струм, що протікає через кожен опір, та падіння напруги на R_1 .
27. У схемі, що складається з трьох опорів $R_1=2$ Ом, $R_2=3$ Ом і $R_3=5$ Ом, підключених послідовно до джерела струму, падіння напруги на R_2 становить $U_2=6$ В. Знайти загальну силу струму в колі та падіння напруги на R_1 і R_3 .
28. Два опори $R_1=8$ Ом і $R_2=4$ Ом з'єднані паралельно. До цієї паралельної ділянки послідовно підключено опір $R_3=6$ Ом. Якщо струм через R_3 дорівнює $I_3=2$ А, знайти струми через R_1 і R_2 , а також загальну напругу на всій схемі.

29. Схема складається з трьох опорів, з'єднаних паралельно: $R_1=12$ Ом, $R_2=6$ Ом, $R_3=4$ Ом. Якщо загальний струм у нерозгалуженій частині кола $I=6$ А, знайти струм, що протікає через кожен опір, та загальну напругу.
30. Є два однакові елементи з ЕРС $E=2$ В і внутрішнім опором $r=0.3$ Ом. Як слід з'єднати ці елементи (попередньо чи паралельно), щоб отримати більший струм, якщо зовнішній опір: а) $R=0.2$ Ом; б) $R=16$ Ом? Знайти струм I у кожному з цих випадків.
31. Два однакові джерела струму з ЕРС $E=1.5$ В і внутрішнім опором $r=0.4$ Ом з'єднані попередньо. До батареї підключено зовнішній опір $R=1.2$ Ом. Знайти силу струму в колі.
32. Три однакові елементи з ЕРС $E=1.1$ В і внутрішнім опором $r=0.6$ Ом з'єднані паралельно. Обчислити струм у зовнішньому колі, якщо зовнішній опір $R=0.5$ Ом.
33. Чотири однакові батареї з ЕРС $E=12$ В і внутрішнім опором $r=0.1$ Ом з'єднані: а) попередньо; б) паралельно. Обчислити загальний струм у колі в обох випадках, якщо зовнішній опір $R=2$ Ом.
34. Два різні елементи з ЕРС $E_1=2$ В, $r_1=0.5$ Ом та $E_2=1.5$ В, $r_2=0.3$ Ом з'єднані попередньо. Знайти струм у зовнішньому колі, якщо зовнішній опір $R=1.2$ Ом.
35. Для отримання більшого струму джерела з ЕРС $E=4$ В і внутрішнім опором $r=1$ Ом з'єднують у батарею. Яке з'єднання (попереднє чи паралельне) буде ефективнішим для зовнішнього опору $R=0.8$ Ом? Обґрунтувати відповідь.
36. Є 6 однакових елементів, кожен з яких має ЕРС $E_0=1.2$ В і внутрішній опір $r_0=0.2$ Ом. Як їх потрібно з'єднати (комбінація попереднього та паралельного з'єднань), щоб отримати максимальний струм на зовнішньому опорі $R=0.1$ Ом? Знайти цей максимальний струм.
37. Два паралельно з'єднаних елементи з однаковими ЕРС: $E_1=E_2=2$ В і внутрішніми опорами $r_1=1$ Ом та $r_2=1.5$ Ом замкнуті на зовнішній опір $R=1.4$ Ом (рис. 22). Знайти струм I в кожному з елементів та в усьому колі.



38. Два паралельно з'єднаних джерела струму з ЕРС $E_1=6$ В, $r_1=0.5$ Ом та $E_2=4$ В, $r_2=0.3$ Ом замкнуті на зовнішній опір $R=2$ Ом. Визначити струм у зовнішньому колі та струми, що протікають через кожне джерело.
39. Три однакові елементи з ЕРС $E=1.5$ В і внутрішнім опором $r=0.2$ Ом з'єднані паралельно. Обчислити струм, який протікає через зовнішній опір $R=0.8$ Ом.
40. Джерела струму з ЕРС $E_1=12$ В, $r_1=1$ Ом та $E_2=8$ В, $r_2=0.5$ Ом з'єднані послідовно і замкнуті на зовнішній опір $R=3$ Ом. Знайти струм в колі та напругу на зовнішньому опорі.
41. Батарея складається з двох елементів, з'єднаних паралельно: $E_1=2$ В, $r_1=0.5$ Ом; $E_2=2$ В, $r_2=0.5$ Ом. Який струм буде протікати через зовнішній опір $R=0.2$ Ом?
42. Два елементи з ЕРС $E_1=3$ В, $r_1=0.6$ Ом та $E_2=2$ В, $r_2=0.4$ Ом з'єднані паралельно. До них підключений зовнішній опір. Якщо струм через перший елемент дорівнює $I_1=0.5$ А, знайти струм через другий елемент та величину зовнішнього опорю.
43. Визначити струми, що протікають через кожне джерело та зовнішній опір $R=1$ Ом, якщо три елементи з ЕРС $E_1=4$ В, $r_1=0.2$ Ом; $E_2=3$ В, $r_2=0.3$ Ом; $E_3=5$ В, $r_3=0.1$ Ом з'єднані паралельно.
44. ЕРС батареї $E=100$ В, опори $R_1=R_3=40$ Ом, $R_2=80$ Ом і $R_4=34$ Ом (рис. 27). Знайти струм I_2 , що тече через опір R_2 , та падіння потенціалу U_2 на ньому.

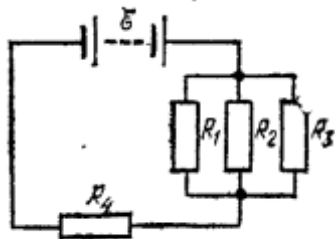


Рис. 27.

45. Батарея з ЕРС $E=60$ В і внутрішнім опором $r=2$ Ом підключена до зовнішнього кола, що складається з трьох опорів $R_1=10$ Ом, $R_2=15$ Ом і $R_3=20$ Ом. Опори R_1 і R_2 з'єднані паралельно, а R_3 послідовно до них. Знайти струм через R_1 та напругу на R_3 .
46. У схемі, де джерело з ЕРС $E=50$ В ігноруємо внутрішній опір, підключено до $R_1=20$ Ом послідовно, а потім паралельно з'єднані $R_2=30$ Ом і $R_3=60$ Ом. Знайти струм у R_2 та напругу на R_3 .
47. Електричне коло складається з джерела ЕРС $E=24$ В, внутрішній опір якого $r=1$ Ом, та зовнішнього кола, що включає опір $R_1=5$ Ом, послідовно з'єднаний з паралельно з'єднаними опорами $R_2=8$ Ом і $R_3=8$ Ом. Знайти загальний струм у колі та падіння напруги на R_1 .
48. До джерела ЕРС $E=80$ В підключені опори $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=40$ Ом, $R_4=5$ Ом. Опори R_1 та R_2 з'єднані паралельно, а R_3 та R_4 послідовно до них. Знайти струм через R_1 та загальну потужність, що виділяється у зовнішньому колі, якщо внутрішній опір джерела $r=1$ Ом.
49. Схема складається з джерела ЕРС $E=120$ В, опору $R_1=25$ Ом, який послідовно з'єднаний з паралельним з'єднанням трьох опорів $R_2=50$ Ом, $R_3=50$ Ом, $R_4=100$ Ом. Внутрішній опір джерела $r=5$ Ом. Знайти струм через R_3 та напругу на R_4 .
50. Батарея з ЕРС $E=36$ В має внутрішній опір $r=0.5$ Ом. Зовнішнє коло складається з опору $R_1=10$ Ом, послідовно з'єданого з паралельним з'єднанням двох опорів $R_2=12$ Ом і $R_3=24$ Ом. Знайти струм, що протікає через R_2 , та потужність, що виділяється на R_1 .
51. Опори $R_1=R_2=R_3=200$ Ом, опір вольтметра $R_V=1$ кОм (рис. 29). Вольтметр показує різницю потенціалів $U=100$ В. Знайти ЕРС E батареї.

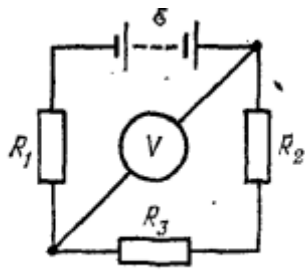


Рис. 29.

52. У мостовій схемі (як на рис. 29) опори $R_1=100$ Ом, $R_2=150$ Ом, $R_3=50$ Ом. Вольтметр, підключений між вузлами, показує $U_V=10$ В. Якщо ЕРС джерела $E=200$ В, а внутрішній опір джерела ігнорується, знайти опір вольтметра R_V .
53. Задано схему, де джерело з ЕРС $E=12$ В підключено до двох послідовних опорів $R_1=4$ Ом і $R_2=6$ Ом. Паралельно до опору R_2 підключено вольтметр з внутрішнім опором $R_V=24$ Ом. Які показання вольтметра?
54. До джерела струму з ЕРС $E=50$ В і внутрішнім опором $r=2$ Ом підключено зовнішнє коло. Це коло складається з опорів $R_1=8$ Ом, $R_2=12$ Ом, з'єднаних послідовно. Вольтметр з внутрішнім опором $R_V=60$ Ом підключений паралельно до опору R_1 . Знайти показання вольтметра.
55. У схемі (як на рис. 29) усі опори $R_1=R_2=R_3=100$ Ом. Вольтметр з дуже великим внутрішнім опором підключений так, як на рисунку. Якщо ЕРС джерела $E=150$ В, яке показання вольтметра? (Вважати $R_V \rightarrow \infty$).
56. Два опори $R_1=300$ Ом і $R_2=600$ Ом з'єднані послідовно. До джерела напруги $U=90$ В підключений вольтметр, який приєднують паралельно до R_1 . Якщо показання вольтметра $U_V=20$ В, знайти внутрішній опір вольтметра.
57. Визначити ЕРС батареї, якщо в схемі (як на рис. 29) $R_1=150$ Ом, $R_2=250$ Ом, $R_3=100$ Ом, а вольтметр з опором $R_V=500$ Ом показує різницю потенціалів $U_V=75$ В. Внутрішній опір джерела вважати нульовим.
58. Є амперметр, призначений для вимірювання струмів до $I=10$ А, з опором $R_A=0.18$ Ом, шкала якого розділена на 100 поділок. Який опір R треба взяти і як його включити, щоб цим амперметром можна було вимірювати струм до $I_0=100$ А? Як зміниться при цьому ціна поділки амперметра?

59. Міліамперметр має максимальний струм $I_{\max}=100$ мА та внутрішній опір $R_A=10$ Ом. Який шунт необхідно підключити і як, щоб цим міліамперметром можна було вимірювати струм до $I_0=1$ А?
60. Амперметр розрахований на максимальний струм $I=5$ А і має опір $R_A=0.05$ Ом. Який опір шунта потрібен, щоб розширити межі вимірювання амперметра до $I_0=25$ А?
61. Гальванометр має опір $R_G=50$ Ом і дає повне відхилення стрілки при струмі $I_G=2$ мА. Який шунт потрібно підключити, щоб за його допомогою вимірювати струми до $I=100$ мА?
62. Є амперметр з опором $R_A=0.2$ Ом, шкала якого проградуєвана до $I=5$ А. Скільки коштує одна поділка амперметра, якщо шкала розділена на 50 поділок? Який опір шунта потрібно підключити, щоб ціна поділки стала вдвічі більшою?
63. Амперметр з внутрішнім опором $R_A=0.1$ Ом вимірює струми до $I=20$ А. Яке значення має опір шунта, якщо з його допомогою необхідно збільшити межу вимірювання в 10 разів?
64. Який струм показує амперметр, якщо його внутрішній опір $R_A=0.02$ Ом, а шунт має опір $R_{\text{ш}}=0.005$ Ом, і струм через шунт дорівнює $I_{\text{ш}}=1$ А?
65. Є вольтметр, призначений для вимірювання різниці потенціалів до $U=30$ В з опором $R_V=2$ кОм, шкала якого розділена на 150 поділок. Який опір R треба взяти і як його включити, щоб цим вольтметром можна було вимірювати різниці потенціалів до $U_0=75$ В? Як зміниться при цьому ціна поділки вольтметра?
66. Мілівольтметр має максимальну напругу $U_{\max}=100$ мВ та внутрішній опір $R_V=100$ Ом. Який додатковий опір необхідно підключити і як, щоб цим мілівольтметром можна було вимірювати напруги до $U_0=10$ В?
67. . Вольтметр розрахований на максимальну напругу $U=100$ В і має опір $R_V=5$ кОм. Який додатковий опір потрібен, щоб розширити межі вимірювання вольтметра до $U_0=500$ В?

68. Гальванометр має опір $R_G=50$ Ом і дає повне відхилення стрілки при напрузі $U_G=100$ мВ. Який додатковий опір потрібно підключити, щоб за його допомогою вимірювати напруги до $U=50$ В?
69. Є вольтметр з опором $R_V=1$ кОм, шкала якого проградуєвана до $U=15$ В. Скільки коштує одна поділка вольтметра, якщо шкала розділена на 75 поділок? Який додатковий опір потрібно підключити, щоб ціна поділки стала вдвічі меншою?
70. Вольтметр з внутрішнім опором $R_V=2.5$ кОм вимірює напруги до $U=25$ В. Яке значення має додатковий опір, якщо з його допомогою необхідно збільшити межу вимірювання в 4 рази?
71. Вольтметр підключений паралельно до резистора опором $R=300$ Ом. Показання вольтметра $U_V=12$ В. Якщо внутрішній опір вольтметра $R_V=1.5$ кОм, який струм протікає через резистор?
72. Елемент з ЕРС $E=6$ В дає максимальний струм $I=3$ А. Знайти найбільшу кількість теплоти Q_T , яке може бути виділено у зовнішньому опорі в одиницю часу.
73. Джерело струму має ЕРС $E=12$ В і внутрішній опір $r=1$ Ом. Який зовнішній опір необхідно підключити, щоб потужність, що виділяється на ньому, була максимальною? Чому дорівнює ця максимальна потужність?
74. Акумулятор має ЕРС $E=2.2$ В і внутрішній опір $r=0.1$ Ом. Яка потужність виділяється на зовнішньому опорі $R=0.4$ Ом? Яка потужність виділяється всередині акумулятора?
75. Джерело струму дає максимальний струм короткого замикання $I_{к.з.}=10$ А, а при підключенні зовнішнього опору $R=4$ Ом струм у колі $I=2$ А. Знайти ЕРС джерела та його внутрішній опір.
76. Нагрівач з опором $R=25$ Ом підключений до джерела напруги $U=220$ В. Яка кількість теплоти виділиться в ньому за 10 хвилин?
77. Елемент має ЕРС $E=9$ В. При замиканні на зовнішній опір $R=2$ Ом потужність, що виділяється на ньому, становить $P=8$ Вт. Знайти внутрішній опір елемента.

78. Яка максимальна потужність може бути отримана від батареї з ЕРС $E=4.5$ В і внутрішнім опором $r=0.5$ Ом? При якому значенні зовнішнього опору це досягається?

79. ЕРС батареї $E=120$ В, опори $R_2=30$ Ом, $R_1=60$ Ом (рис. 35). Амперметр показує струм $I=2$ А. Знайти потужність P , що виділяється в опорі R_1 . (Примітка: на рисунку є опір R_3 , але в умові задачі він не згадується, тому ігноруємо його, або вважаємо, що його опір нульовий).

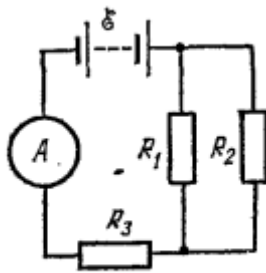


Рис. 35.

80. Джерело ЕРС $E=90$ В підключено до зовнішнього кола, що складається з опорів $R_1=15$ Ом та $R_2=25$ Ом, з'єднаних послідовно. Амперметр, підключений до кола, показує струм $I=2$ А. Знайти потужність, що виділяється на опорі R_2 .

81. Батарея з ЕРС $E=12$ В і внутрішнім опором $r=0.5$ Ом підключена до зовнішнього опору $R=3.5$ Ом. Обчислити потужність, що виділяється на зовнішньому опорі.

82. У схемі, де джерело з ЕРС $E=40$ В (без внутрішнього опору) підключено до паралельно з'єднаних опорів $R_1=20$ Ом і $R_2=30$ Ом. Знайти потужність, що виділяється на опорі R_1 .

83. Електричне коло складається з джерела ЕРС $E=60$ В, внутрішній опір якого $r=1$ Ом, та зовнішнього опору $R_{\text{зовн}}=9$ Ом. Яка потужність споживається зовнішнім колом?

84. До джерела ЕРС $E=220$ В підключено нагрівальний елемент опором $R=50$ Ом. Яку потужність споживає нагрівач?

85. У колі, що складається з джерела ЕРС $E=10$ В, внутрішнього опору $r=1$ Ом та зовнішнього опору $R=4$ Ом, знайти потужність, що виділяється на зовнішньому опорі та потужність, що розсіюється всередині джерела.

86. ЕРС батареї $E=100$ В, її внутрішній опір $r=2$ Ом, опори $R_1=25$ Ом і $R_2=78$ Ом (рис. 35). На опорі R_1 виділяється потужність $P_1=16$ Вт. Який струм I показує амперметр?

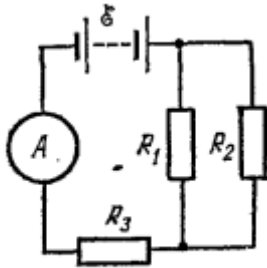


Рис. 35.

87. Джерело ЕРС $E=50$ В і внутрішнім опором $r=1$ Ом підключено до зовнішнього кола. Якщо на зовнішньому опорі виділяється потужність $P=150$ Вт, знайти величину цього зовнішнього опору та струм у колі.

88. Акумулятор має ЕРС $E=12$ В. При підключенні до нього лампи опором $R=10$ Ом, на лампі виділяється потужність $P=12,1$ Вт. Знайти внутрішній опір акумулятора.

89. У колі (як на рис. 35, але з опорами R_1 і R_2 паралельно, а R_3 послідовно до них) ЕРС джерела $E=75$ В, внутрішній опір $r=1,5$ Ом, $R_1=20$ Ом, $R_2=30$ Ом, $R_3=10$ Ом. Знайти потужність, що виділяється на R_2 , та показання амперметра, підключеного послідовно до джерела.

90. До джерела ЕРС $E=24$ В підключено зовнішній опір $R=6$ Ом. Якщо на ньому виділяється потужність $P=72$ Вт, знайти внутрішній опір джерела.

91. Який опір повинен мати резистор, підключений до джерела з ЕРС $E=40$ В і внутрішнім опором $r=3$ Ом, щоб потужність, що виділяється на ньому, становила $P=120$ Вт?

92. При замиканні джерела ЕРС на зовнішній опір $R_1=4$ Ом на ньому виділяється потужність $P_1=9$ Вт. При замиканні на зовнішній опір $R_2=9$ Ом на ньому виділяється потужність $P_2=9$ Вт. Знайти ЕРС джерела та його внутрішній опір.

93. Яку потужність P споживає нагрівач електричного чайника, якщо об'єм $V=1$ л води закипає через час $\tau=5$ хв? Який опір R нагрівача, якщо напруга в мережі $U=120$ В? Початкова температура води $t_0=13,5^\circ$ С.

(Примітка: для розв'язання задачі необхідно використовувати питому теплоємність води $c=4200$ Дж/(кг·С), густину води $\rho=1000$ кг/м³ та вважати, що вся електрична енергія йде на нагрів води).

94. Електричний чайник має потужність $P=2$ кВт. За який час він нагріє 1.5 л води від початкової температури 20° С до кипіння? (ККД вважати 100%).
95. Нагрівальний елемент має опір $R=40$ Ом і підключений до мережі з напругою $U=220$ В. Яка кількість теплоти виділяється в ньому за 10 хвилин?
96. Який струм протікає через нагрівач електричного чайника, якщо його потужність $P=1.5$ кВт, а напруга в мережі $U=220$ В?
97. За 7 хвилин в електричному чайнику об'ємом 0.8 л вода нагрілася від 15° С до 100° С. Визначити потужність нагрівача, якщо ККД чайника становить 85%.
98. Спираль електричного чайника виготовлена з ніхромового дроту. Якщо опір спіралі $R=30$ Ом, а напруга в мережі $U=120$ В, яка маса води може закипіти в цьому чайнику за 6 хвилин, якщо початкова температура води 25° С? (ККД вважати 100%).
99. Який опір повинен мати нагрівальний елемент потужністю $P=1.8$ кВт, призначений для роботи від мережі 220 В? Який струм буде протікати через цей нагрівач?
100. Батареї мають ЕРС $E_1=2$ В, $E_2=4$ В і $E_3=6$ В, опори $R_1=4$ Ом, $R_2=6$ Ом і $R_3=8$ Ом (рис. 46). Знайти струми I_i у всіх ділянках кола.

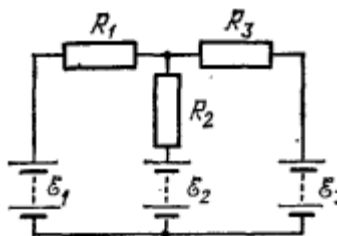


Рис. 46.

101. Джерело струму з ЕРС $E_1=10$ В і внутрішнім опором $r_1=1$ Ом підключено до зовнішнього кола, що складається з опору $R_1=5$ Ом. Паралельно до цієї ділянки підключено друге джерело з ЕРС $E_2=5$ В і

внутрішнім опором $r_2=0.5$ Ом, послідовно з опором $R_2=2$ Ом. Знайти струми в усіх гілках кола.

102. Використовуючи правила Кірхгофа, знайти струми в усіх гілках кола, що містить дві батареї з ЕРС $E_1=6$ В, $r_1=0.5$ Ом та $E_2=4$ В, $r_2=0.3$ Ом, а також зовнішній опір $R=1$ Ом, якщо батареї з'єднані паралельно.

103. У колі, зображеному на рисунку, є три резистори $R_1=2$ Ом, $R_2=3$ Ом, $R_3=4$ Ом і два джерела ЕРС $E_1=8$ В, $E_2=12$ В. Знайти струми в усіх гілках, якщо R_1 і R_2 з'єднані послідовно, а R_3 паралельно до них. Джерела підключені так, що E_1 у вітці з R_1 , а E_2 у вітці з R_2 .

104. Задано схему, що складається з трьох віток, з'єднаних паралельно. У кожній вітці є джерело ЕРС і опір: Вітка 1: $E_1=5$ В, $R_1=2$ Ом; Вітка 2: $E_2=7$ В, $R_2=3$ Ом; Вітка 3: $E_3=4$ В, $R_3=1$ Ом. Знайти струми, що протікають через кожен вітку.

105. Визначити значення струмів у всіх елементах схеми, якщо $E_1=20$ В, $E_2=10$ В, $R_1=5$ Ом, $R_2=10$ Ом. Джерела з'єднані послідовно, а опори R_1 і R_2 паралельно до них.

106. У колі, що містить два джерела ЕРС $E_1=1.5$ В, $E_2=3$ В та три опори $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=30$ Ом, знайти струми в усіх ділянках, якщо джерела і опори з'єднані таким чином: E_1 послідовно з R_1 , E_2 послідовно з R_2 , і ці дві вітки з'єднані паралельно. R_3 підключено паралельно до всього паралельного з'єднання.

107. Батареї мають ЕРС $E_1=E_2=E_3=6$ В, опори $R_1=20$ Ом, $R_2=12$ Ом (рис. 46). При короткому замиканні верхнього вузла схеми з від'ємним затискачем батарей через замикаючий провід тече струм $I=1.6$ А. Знайти струми I_i у всіх ділянках кола і опір R_3 .

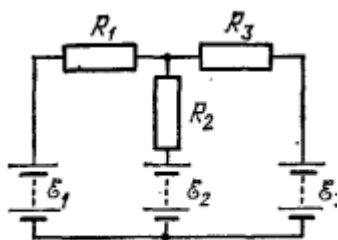


Рис. 46.

108. У схемі, аналогічній рис. 46, ЕРС батарей $E_1=E_2=E_3=4$ В. Опори $R_1=8$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=12$ Ом. Знайти струми в усіх ділянках кола та напругу на кожній гілці.

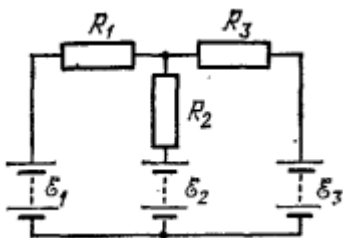
109. Три однакові джерела ЕРС $E=1.5$ В з внутрішніми опорами $r=0.1$ Ом з'єднані паралельно. До них підключений зовнішній опір $R=0.3$ Ом. Знайти струм у зовнішньому колі та струм через кожне джерело.

110. У колі, що містить джерело ЕРС $E=9$ В і два паралельно з'єднаних опори $R_1=18$ Ом та $R_2=9$ Ом. При короткому замиканні джерела (тобто при підключенні до джерела провідника з нульовим опором) струм становить $I_{к.з.}=4.5$ А. Знайти внутрішній опір джерела.

111. Батарея з ЕРС $E=24$ В, внутрішній опір $r=1$ Ом. До неї підключено зовнішнє коло, що складається з двох послідовно з'єднаних резисторів $R_1=5$ Ом і $R_2=8$ Ом. Якщо до точки між R_1 і R_2 підключити провідник з нульовим опором до негативного полюса батареї (коротке замикання частини схеми), який струм буде текти через цей провідник?

112. У схемі з трьома паралельними гілками (як на рис. 46), де $E_1=10$ В, $R_1=5$ Ом; $E_2=10$ В, $R_2=5$ Ом; $E_3=10$ В, $R_3=5$ Ом. Знайти струм у кожній гілці, якщо внутрішній опір джерел враховується як частина відповідних опорів R_i .

113. Визначити значення опору R_3 у схемі (рис. 46), якщо $E_1=3$ В, $E_2=6$ В, $E_3=9$ В, $R_1=15$ Ом, $R_2=10$ Ом. Відомо, що при підключенні до верхнього вузла джерела зовнішнього опору $R_{зовн}=5$ Ом, струм через нього становить $I=0.5$ А.



114. Батареї мають ЕРС $E_1=E_2=100$ В, опори $R_1=20$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=40$ Ом і $R_4=30$ Ом (рис. 47). Знайти показання амперметра.

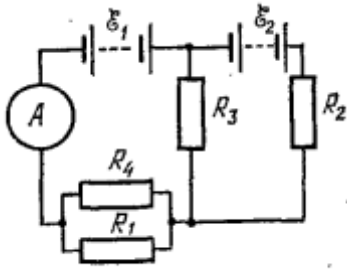


Рис. 47.

115. У колі, зображеному на рис. 47, якщо $E_1=50$ В, $E_2=25$ В, $R_1=15$ Ом, $R_2=5$ Ом, $R_3=20$ Ом, $R_4=10$ Ом. Знайти показання амперметра.
116. Розглянути схему, де два джерела ЕРС $E_1=12$ В і $E_2=8$ В з'єднані зустрічно в послідовності з опором $R_1=10$ Ом. Паралельно до цієї ділянки підключено опір $R_2=20$ Ом. Знайти струм через амперметр, якщо він підключений у головній гілці.
117. У схемі, аналогічній рис. 47, джерела ЕРС $E_1=70$ В і $E_2=30$ В. Опори: $R_1=10$ Ом, $R_2=5$ Ом, $R_3=25$ Ом, $R_4=15$ Ом. Обчислити струм, що протікає через опір R_3 .
118. . Джерело ЕРС $E_1=40$ В підключено до розгалуженого кола. Одна гілка містить опір $R_1=8$ Ом, інша гілка містить опір $R_2=12$ Ом. До першої гілки послідовно підключено друге джерело ЕРС $E_2=20$ В та опір $R_3=4$ Ом. Амперметр підключений у головній гілці. Знайти його показання.
119. У колі, зображеному на рис. 47, якщо $E_1=150$ В, $E_2=150$ В, $R_1=25$ Ом, $R_2=15$ Ом, $R_3=50$ Ом, $R_4=35$ Ом. Визначити напругу на опорі R_1 .
120. . Задано схему, де джерело ЕРС $E=60$ В, до якого підключено опір $R_1=10$ Ом. Паралельно до R_1 підключено два послідовно з'єднані елементи: джерело ЕРС $E_2=30$ В та опір $R_2=5$ Ом. Знайти показання амперметра, якщо він встановлений у гілці з R_1 .
121. Батареї мають ЕРС $E_1=2E_2$, опори $R_1=R_3=20$ Ом, $R_2=15$ Ом і $R_4=30$ Ом (рис. 47). Через амперметр тече струм $I=1.5$ А, напрямлений знизу вгору. Знайти ЕРС E_1 і E_2 , а також струми I_2 і I_3 , що течуть через опори R_2 і R_3 .

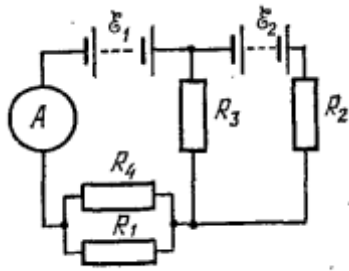


Рис. 47.

122. У схемі (як на рис. 47) задано опори $R_1=10$ Ом, $R_2=5$ Ом, $R_3=20$ Ом, $R_4=10$ Ом. Якщо ЕРС $E_1=25$ В, а $E_2=15$ В, знайти струм, що протікає через амперметр, та напрямок цього струму.

123. До схеми з джерелами ЕРС E_1 та E_2 і опорами R_1, R_2, R_3, R_4 (як на рис. 47) відомі: $R_1=12$ Ом, $R_2=6$ Ом, $R_3=18$ Ом, $R_4=9$ Ом. Якщо амперметр показує струм $I=2$ А, а $E_1=E_2=E$, знайти значення E та струми через R_1 і R_2 .

124. Задано коло з двома джерелами ЕРС $E_1=6$ В, $E_2=4$ В і опорами $R_1=3$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=5$ Ом. Амперметр підключений у головній гілці. Якщо він показує $I=1$ А, знайти внутрішні опори джерел, якщо вони однакові.

125. У схемі, аналогічній рис. 47, відомі опори $R_1=25$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=40$ Ом, $R_4=30$ Ом. Якщо ЕРС $E_1=3E_2$, а амперметр показує струм $I=0.8$ А (напрямок знизу вгору), знайти значення ЕРС.

126. Використовуючи метод контурних струмів, знайти струми в усіх гілках схеми (рис. 47), якщо $E_1=80$ В, $E_2=60$ В, $R_1=10$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=20$ Ом, $R_4=15$ Ом.

127. У схемі, що складається з двох джерел ЕРС E_1 і E_2 та чотирьох опорів $R_1=5$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=15$ Ом, $R_4=20$ Ом, відомо, що $E_1=E_2$. Якщо амперметр, підключений у головній гілці, показує струм $I=0.5$ А, знайти значення ЕРС, та струми, що протікають через R_1 і R_4 .

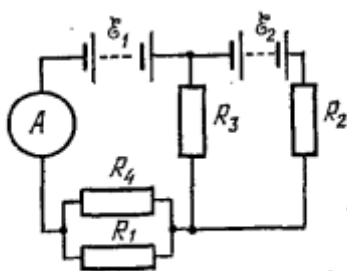


Рис. 47.

Магнітне поле

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i, \quad \text{- принцип суперпозиції}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{[Id\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}, \quad \text{- Закон Біо – Савара-Лапласа}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad \text{- магнітне поле прямого відрізка струму}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{r^2}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \quad \text{- магнітне поле на осі круглого витка зі струмом}$$

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_\Sigma, \quad I_\Sigma = \sum I_i \quad \text{або} \quad I_\Sigma = \int_S \vec{j} d\vec{s}. \quad \text{- циркуляція стаціонарного}$$

магнітного поля у вакуумі

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0. \quad \text{- теорема Гаусса для магнітного поля}$$

$$\vec{F}_m = q[\vec{v}\vec{B}]. \quad \text{- сила Лоренца}$$

$$\vec{F}_A = \int_L d\vec{F}_A. \quad \text{- закон Ампера}$$

$$\delta A = Id\Phi, \quad A = I(\Phi_2 - \Phi_1). \quad \text{- робота по переміщенні провідника та контуру}$$

зі струмом

$$\vec{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad \text{- закон електромагнітної індукції (закон Фарадея)}$$

$$\vec{E}_c = -L \frac{dI}{dt}. \quad \text{- ЕРС самоіндукції (L=const)}$$

$$W_m = \frac{LI^2}{2}. \quad \text{- енергія магнітного поля (L=const)}$$

1. Знайти напруженість H магнітного поля в точці, віддаленій на відстань $a=2$ м від нескінченно довгого провідника, по якому тече струм $I=5$ А.

2. Визначити напруженість магнітного поля на відстані $r=10$ см від довгого прямого провідника, по якому протікає струм $I=20$ А.
3. Який струм повинен текти по нескінченно довгому прямому провіднику, щоб на відстані $a=5$ см від нього напруженість магнітного поля дорівнювала $H=80$ А/м?
4. Знайти індукцію магнітного поля в точці, віддаленій на $r=0.2$ м від прямого провідника, по якому тече струм $I=15$ А. (Магнітна проникність вакууму $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ Н/А²).
5. На якій відстані від прямого довгого провідника зі струмом $I=10$ А напруженість магнітного поля становить $H=25$ А/м?
6. Прямий провідник зі струмом $I=3$ А розташований у вакуумі. Визначити напруженість магнітного поля на відстані $r=1$ м від провідника.
7. Визначити магнітну індукцію в точці, що знаходиться на відстані 5 см від осі нескінченно довгого циліндричного провідника радіусом 2 см, по якому рівномірно розподілений струм $I=4$ А.
8. Знайти напруженість H магнітного поля в центрі кругового проволочного витка радіусом $R=1$ см, по якому тече струм $I=1$ А.
9. Круговий виток радіусом $R=5$ см містить струм $I=0.5$ А. Визначити напруженість магнітного поля в центрі витка.
10. Який струм повинен протікати по круговому витку радіусом $R=2$ см, щоб напруженість магнітного поля в його центрі дорівнювала $H=100$ А/м?
11. . Знайти індукцію магнітного поля в центрі кругового витка радіусом $R=3$ см, по якому тече струм $I=2$ А. (Магнітна проникність вакууму $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ Н/А²).
12. . Соленоїд містить 500 витків на одиницю довжини. Якщо по ньому протікає струм $I=0.2$ А, яка напруженість магнітного поля всередині соленоїда?
13. Круговий виток має напруженість магнітного поля в центрі $H=20$ А/м при струмі $I=0.8$ А. Визначити радіус цього витка.

14. . Визначити магнітну індукцію в центрі котушки діаметром 10 см, що складається зі 100 витків, якщо по ній протікає струм $I=0.1$ А.
15. Два прямолінійних довгих провідника розташовані паралельно на відстані $d=10$ см один від одного. По провідниках течуть струми $I_1=I_2=5$ А в протилежних напрямках. Знайти модуль і напрямок напруженості H магнітного поля в точці, що знаходиться на відстані $a=10$ см від кожного провідника.
16. Два паралельні довгі провідники розташовані на відстані $d=20$ см один від одного. По них течуть струми $I_1=10$ А і $I_2=15$ А в одному напрямку. Визначити напруженість магнітного поля в точці, що знаходиться посередині між провідниками.
17. По двох паралельних довгих провідниках, відстань між якими $d=5$ см, течуть струми $I_1=3$ А і $I_2=7$ А в протилежних напрямках. Знайти індукцію магнітного поля в точці, розташованій на відстані $r=5$ см від першого провідника і $r=10$ см від другого провідника (за межами провідників).
18. На якій відстані від першого з двох паралельних провідників, по яких течуть струми $I_1=6$ А і $I_2=8$ А в одному напрямку, індукція магнітного поля дорівнюватиме нулю? Відстань між провідниками $d=12$ см.
19. Два паралельні довгі провідники зі струмами $I_1=4$ А і $I_2=4$ А розташовані на відстані $d=8$ см. Струми течуть у протилежних напрямках. Знайти напруженість магнітного поля в точці, що лежить на прямій, яка з'єднує провідники, на відстані 4 см від першого провідника.
20. . Визначити силу взаємодії на одиницю довжини між двома паралельними провідниками, якщо по них течуть струми $I_1=2$ А і $I_2=3$ А в одному напрямку. Відстань між провідниками $d=1$ см.
21. Два довгі прямі провідники розташовані перпендикулярно один до одного в одній площині. По першому провіднику тече струм $I_1=5$ А, по другому $I_2=10$ А. Знайти індукцію магнітного поля в точці, що знаходиться на відстані 3 см від першого провідника та 4 см від другого.

22. Знайти напруженість H магнітного поля на осі кругового контуру на відстані $a=3$ см від його площини. Радіус контуру $R=4$ см, струм в контурі $I=2$ А.
23. Круговий виток радіусом $R=5$ см, по якому тече струм $I=1$ А, знаходиться в площині XY . Знайти напруженість магнітного поля на осі витка (осі Z) на відстані $a=12$ см від центру витка.
24. Котушка діаметром $D=10$ см складається з 20 витків, по яких тече струм $I=0.5$ А. Визначити індукцію магнітного поля на осі котушки на відстані $a=6$ см від її центру.
25. . На якій відстані від центру кругового витка радіусом $R=6$ см, по якому тече струм $I=3$ А, напруженість магнітного поля на осі буде дорівнювати $H=10$ А/м?
26. Круговий контур має радіус $R=8$ см. Який струм повинен текти по контуру, щоб напруженість магнітного поля на його осі на відстані $a=6$ см від площини контуру становила $H=15$ А/м?
27. Два кругові витки розташовані паралельно на відстані $d=20$ см один від одного. Радіус кожного витка $R=10$ см. По витках тече однаковий струм $I=4$ А в одному напрямку. Знайти напруженість магнітного поля в точці, розташованій на осі між витками, посередині між ними.
28. Визначити напруженість магнітного поля в центрі кругового контуру радіусом $R=7$ см, якщо на осі контуру на відстані $a=24$ см від площини контуру напруженість становить $H=0.5$ А/м.
29. В однорідному магнітному полі напруженістю $H=79.6$ кА/м поміщена квадратна рамка, площа якої складає з напрямком магнітного поля кут $\alpha=45^\circ$. Сторона рамки $a=4$ см. Знайти магнітний потік Φ , що пронизує рамку.
30. Квадратна рамка зі стороною $a=5$ см знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.2$ Тл. Знайти магнітний потік, що пронизує рамку, якщо вектор магнітної індукції перпендикулярний до площини рамки.
31. Котушка, що містить 100 витків, має площу поперечного перерізу $S=20$ см². Вона розміщена в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.1$ Тл.

Знайти магнітний потік, що пронизує котушку, якщо вісь котушки утворює кут $\alpha=30^\circ$ з напрямком магнітного поля.

32. Магнітний потік, що пронизує прямокутний контур площею $S=0.03 \text{ м}^2$, становить $\Phi=0.006 \text{ Вб}$. Визначити індукцію однорідного магнітного поля, якщо площина контуру перпендикулярна до ліній магнітної індукції.

33. У скільки разів зміниться магнітний потік через круговий виток радіусом $R=10 \text{ см}$, якщо його повернути в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.5 \text{ Тл}$ так, щоб кут між нормаллю до площини витка та напрямком поля змінився від 0° до 90° ?

34. Круговий виток радіусом $R=2 \text{ см}$ знаходиться в однорідному магнітному полі з напруженістю $H=100 \text{ А/м}$. Знайти магнітний потік, що пронизує виток, якщо площина витка паралельна напрямку магнітного поля.

35. Котушка має 200 витків. Кожен виток має площу $S=15 \text{ см}^2$. Яка індукція однорідного магнітного поля, якщо при проходженні магнітного поля під кутом 60° до нормалі до площини витків загальний магнітний потік через котушку становить $\Phi=0.003 \text{ Вб}$?

36. Скільки ампер-витків потрібно для створення магнітного потоку $\Phi=0.42 \text{ мВб}$ в соленоїді з залізним сердечником довжиною $l=120 \text{ см}$ і площею поперечного перерізу $S=3 \text{ см}^2$? (Примітка: для розв'язання задачі необхідно використовувати середнє значення магнітної проникності заліза. Якщо не вказано інше, можна прийняти відносну магнітну проникність заліза $\mu \approx 5000$).

37. Соленоїд довжиною $l=50 \text{ см}$ і площею поперечного перерізу $S=5 \text{ см}^2$ має 200 витків. Який струм потрібно пропустити по обмотці, щоб створити магнітну індукцію $B=0.8 \text{ Тл}$ всередині соленоїда, якщо він не має сердечника?

38. Який магнітний потік виникне в соленоїді з залізним сердечником довжиною $l=80 \text{ см}$ і площею поперечного перерізу $S=2 \text{ см}^2$, якщо обмотка соленоїда містить 400 витків, а струм у ній $I=0.5 \text{ А}$? (Вважати $\mu \approx 2000$).

39. Соленоїд має 300 витків. Для створення магнітного потоку $\Phi=0.2 \text{ мВб}$ у ньому потрібно 500 ампер-витків. Знайти середнє значення відносної

магнітної проникності матеріалу сердечника, якщо довжина соленоїда $l=60$ см, а площа поперечного перерізу $S=4$ см².

40. На залізний сердечник тороїдальної форми намотана обмотка з 1000 витків. Довжина сердечника $l=1.5$ м, площа поперечного перерізу $S=10$ см². Який струм потрібно пропустити по обмотці, щоб створити магнітний потік $\Phi=1$ мВб? (Вважати $\mu \approx 3000$).

41. Визначити кількість витків, які необхідно намотати на тороїдний залізний сердечник довжиною $l=100$ см і площею поперечного перерізу $S=5$ см², щоб при струмі $I=0.2$ А отримати магнітну індукцію $B=1.2$ Тл. (Вважати $\mu \approx 4000$).

42. Соленоїд довжиною $l=40$ см і площею поперечного перерізу $S=6$ см².

43. З якою силою діє магнітне поле з індукцією 10 мТл на провідник, якщо в ньому сила струму 50 А, а довжина активної частини провідника 0.1 м? Лінії індукції поля та струм взаємно перпендикулярні.

44. На провідник довжиною 0.2 м, по якому тече струм 20 А, діє сила 0.05 Н в однорідному магнітному полі. Визначити індукцію магнітного поля, якщо провідник перпендикулярний до ліній індукції.

45. Яка сила діє на провідник довжиною 15 см, розташований в однорідному магнітному полі з індукцією 0.08 Тл, якщо по ньому тече струм 10 А, а кут між напрямком струму і лініями індукції становить 30° ?

46. Провідник довжиною 0.5 м знаходиться в магнітному полі з індукцією 0.02 Тл. Який струм повинен текти по провіднику, щоб на нього діяла сила 0.1 Н, якщо провідник перпендикулярний до ліній індукції?

47. З якою силою діє однорідне магнітне поле з індукцією 25 мТл на прямолінійний провідник довжиною 0.3 м, якщо струм у ньому 15 А, а провідник розташований паралельно лініям магнітного поля?

48. Прямолінійний провідник довжиною 10 см, по якому тече струм 5 А, розміщений в однорідному магнітному полі. Якщо модуль сили, що діє на провідник, становить 0.002 Н, а кут між напрямком струму і вектором магнітної індукції 90°, знайти індукцію магнітного поля.

49. Визначити силу, що діє на електрон, який рухається зі швидкістю 106 м/с перпендикулярно до ліній індукції однорідного магнітного поля 0.5 Тл. (Заряд електрона $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
50. По горизонтально розташованому провіднику завдовжки 20 см і масою 4 г проходить струм силою 10 А. Визначити індукцію (модуль і напрям) магнітного поля, в якому треба розмістити провідник, щоб сила тяжіння зрівноважилася силою Ампера.
51. Провідник довжиною 15 см і масою 3 г розташований горизонтально. Який струм повинен протікати по провіднику, щоб він перебував у рівновазі в однорідному магнітному полі з індукцією 0.03 Тл, напрямленою горизонтально і перпендикулярно до провідника?
52. Горизонтальний провідник довжиною 0.25 м і масою 5 г знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією 0.1 Тл, напрямленою вертикально. Який струм потрібно пропустити по провіднику, щоб сила Ампера компенсувала силу тяжіння?
53. Провідник масою 10 г, по якому тече струм 5 А, поміщено в однорідне магнітне поле з індукцією 0.04 Тл. Якою має бути довжина провідника, якщо він знаходиться в горизонтальному положенні, а сила Ампера врівноважує силу тяжіння? Магнітне поле перпендикулярне до провідника.
54. По горизонтальному провіднику довжиною 0.1 м і масою 2 г тече струм 8 А. Визначити напрямок та мінімальне значення індукції магнітного поля, яке дозволить утримати провідник у рівновазі.
55. Прямий провідник довжиною 30 см і масою 6 г підвішений на двох легких нитках в однорідному горизонтальному магнітному полі з індукцією 0.05 Тл. Якщо по провіднику пропустити струм 12 А, на який кут відхилиться провідник від вертикалі?
56. Яка маса припадає на одиницю довжини горизонтального провідника, якщо при струмі 2 А в однорідному вертикальному магнітному полі 0.06 Тл він перебуває в рівновазі?

57. Електрон влітає в однорідне магнітне поле, напрямком якого перпендикулярний до напрямку його руху. Швидкість електрона $v=4 \cdot 10^7$ м/с. Індукція магнітного поля $B=1$ мТл. Знайти тангенціальне a_τ і нормальне a_n прискорення електрона в магнітному полі.
58. Протон влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції зі швидкістю $v=10^6$ м/с. Індукція магнітного поля $B=0.5$ Тл. Знайти радіус траєкторії протона. (Маса протона $m_p=1.67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд протона $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
59. Електрон рухається по колу радіусом $R=2$ см в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.01$ Тл. Визначити швидкість електрона.
60. Частинка з зарядом $q=3.2 \cdot 10^{-19}$ Кл і масою $m=6.64 \cdot 10^{-27}$ кг рухається в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.2$ Тл. Знайти період обертання частинки, якщо її швидкість перпендикулярна до вектора магнітної індукції.
61. . Електрон влітає в однорідне магнітне поле під кутом 30° до ліній індукції зі швидкістю $v=2 \cdot 10^7$ м/с. Індукція магнітного поля $B=0.1$ Тл. Знайти радіус спіралі, по якій рухається електрон.
62. Яку індукцію повинно мати однорідне магнітне поле, щоб електрон рухався в ньому по колу радіусом $R=5$ см зі швидкістю $v=10^7$ м/с?
63. Протон влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B=0.05$ Тл. Якщо нормальне прискорення протона становить $a_n=5 \cdot 10^{13}$ м/с², знайти його швидкість, припускаючи, що початкова швидкість перпендикулярна до магнітного поля.
64. Заряджена частинка рухається в магнітному полі по окружності зі швидкістю $v=10^6$ м/с. Індукція магнітного поля $B=0.3$ Тл. Радіус окружності $R=4$ см. Знайти заряд q частинки, якщо відомо, що її енергія $W=12$ кеВ.
65. Електрон рухається по колу радіусом $R=5$ см в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.1$ Тл. Визначити кінетичну енергію електрона.

66. Протон рухається в магнітному полі з індукцією $B=0.5$ Тл по окружності. Якщо кінетична енергія протона становить $W_k=10$ кеВ, знайти радіус його траєкторії.
67. Альфа-частинка (заряд $2e$, маса $4m_p$) рухається в магнітному полі з індукцією $B=0.02$ Тл по колу радіусом $R=10$ см. Визначити швидкість частинки.
68. Заряджена частинка масою $m=1.67 \cdot 10^{-27}$ кг рухається в магнітному полі по окружності радіусом $R=20$ см. Якщо індукція магнітного поля $B=0.05$ Тл, а швидкість частинки $v=10^5$ м/с, знайти заряд частинки.
69. Яку індукцію магнітного поля потрібно створити, щоб електрон з кінетичною енергією $W_k=1$ кеВ рухався по колу радіусом $R=1$ см?
70. Заряджена частинка, що має кінетичну енергію $W_k=5$ кеВ, рухається по колу в однорідному магнітному полі. Якщо радіус траєкторії $R=3$ см, а індукція поля $B=0.4$ Тл, знайти відношення заряду до маси частинки q/m .
71. Протон і α -частинка влітають в однорідне магнітне поле, напрямком якого перпендикулярний до напрямку їх руху. У скільки разів період обертання T_1 протона в магнітному полі більший за період обертання T_2 α -частинки?
72. Електрон і протон влітають в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції з однаковою швидкістю. Порівняти радіуси їхніх траєкторій.
73. Дві заряджені частинки з однаковими зарядами і різними масами m_1 та m_2 влітають в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції. Знайти відношення їх періодів обертання.
74. Альфа-частинка і протон рухаються по колах однакового радіуса в одному й тому ж однорідному магнітному полі. Знайти відношення їхніх кінетичних енергій.
75. Електрон і позитрон (частинка з такою ж масою, як електрон, але з позитивним зарядом) влітають в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції. Порівняти їхні періоди обертання.

76. Яку швидкість повинен мати протон, щоб його період обертання в магнітному полі з індукцією $B=0.1$ Тл дорівнював періоду обертання електрона в магнітному полі з індукцією $B=0.5$ Тл?
77. Довести, що період обертання зарядженої частинки в однорідному магнітному полі, напрямок якого перпендикулярний до швидкості частинки, не залежить від її швидкості.
78. 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. Знайти радіус R і крок h гвинтової траєкторії.
79. Протон, прискорений різницею потенціалів $U=5$ кВ, влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції. Індукція магнітного поля $B=0.2$ Тл. Знайти радіус траєкторії протона.
80. Електрон влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B=10$ мТл під кутом 60° до напрямку поля зі швидкістю $v=10^7$ м/с. Знайти радіус і крок гвинтової траєкторії електрона.
81. Іон з зарядом $+e$ і масою $m=1.6 \cdot 10^{-27}$ кг прискорюється різницею потенціалів $U=1$ кВ. Він влітає в магнітне поле з індукцією $B=0.05$ Тл під кутом 45° . Знайти радіус і крок його гвинтової траєкторії.
82. Частинка, прискорена різницею потенціалів $U=2$ кВ, рухається в однорідному магнітному полі по гвинтовій траєкторії з радіусом $R=3$ см і кроком $h=8$ см. Якщо індукція магнітного поля $B=0.1$ Тл, знайти відношення заряду до маси частинки q/m .
83. Визначити, під яким кутом до напрямку однорідного магнітного поля з індукцією $B=20$ мТл влетів протон зі швидкістю $v=5 \cdot 10^6$ м/с, якщо радіус його гвинтової траєкторії становить $R=10$ см.
84. Якою повинна бути індукція магнітного поля, щоб електрон, прискорений різницею потенціалів $U=3$ кВ, рухався по гвинтовій траєкторії з кроком $h=5$ см, якщо кут між швидкістю і полем $\alpha=30^\circ$?

85. Електрон влітає в плоский горизонтальний конденсатор паралельно його пластинам зі швидкістю $v=10^7$ м/с. Довжина конденсатора $l=5$ см. Напруженість електричного поля конденсатора $E=10$ кВ/м. При вильоті з конденсатора електрон потрапляє в магнітне поле, перпендикулярне до електричного поля. Індукція магнітного поля $B=10$ мТл. Знайти радіус R і крок h гвинтової траєкторії електрона в магнітному полі.
86. Електрон, прискорений різницею потенціалів $U=2$ кВ, влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній індукції. Індукція магнітного поля $B=5$ мТл. Знайти радіус траєкторії електрона.
87. Протон влітає в плоский конденсатор паралельно пластинам зі швидкістю $v_0=10^6$ м/с. Довжина пластин $L=10$ см, напруженість електричного поля $E=500$ В/м. Після вильоту з конденсатора протон потрапляє в однорідне магнітне поле з індукцією $B=0.01$ Тл, напрямлене перпендикулярно до його швидкості. Знайти радіус траєкторії протона в магнітному полі.
88. Електрон влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B=15$ мТл під кутом 45° до напрямку поля. Якщо швидкість електрона $v=5 \cdot 10^6$ м/с, знайти радіус і крок гвинтової траєкторії.
89. Заряджена частинка масою $m=3.34 \cdot 10^{-27}$ кг з зарядом $q=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл влітає в плоский конденсатор довжиною $L=8$ см з напруженістю електричного поля $E=2000$ В/м. Початкова швидкість частинки $v_0=2 \cdot 10^5$ м/с, паралельна пластинам. Після конденсатора вона потрапляє в магнітне поле $B=0.02$ Тл, напрямлене перпендикулярно до швидкості частинки. Знайти радіус кривизни траєкторії частинки в магнітному полі.
90. Електрон вилітає з електронної гармати з кінетичною енергією $W_k=1.6 \cdot 10^{-16}$ Дж і потрапляє в однорідне магнітне поле з індукцією $B=20$ мТл під кутом 30° до напрямку поля. Знайти крок гвинтової траєкторії.
91. Між пластинами плоского конденсатора з відстанню $d=2$ см і напругою $U=400$ В влітає протон паралельно пластинам. Після вильоту він потрапляє в магнітне поле з індукцією $B=0.05$ Тл, напрямлене перпендикулярно до площини руху протона. Який радіус траєкторії буде мати протон у

магнітному полі, якщо його початкова швидкість в конденсаторі була $v_0=105$ м/с?

92. В однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.1$ Тл рухається провідник довжиною $l=10$ см. Швидкість руху провідника $v=15$ м/с і направлена перпендикулярно до магнітного поля. Знайти індуквану в провіднику ЕРС.

93. Провідник довжиною 0.5 м рухається зі швидкістю 20 м/с перпендикулярно до ліній однорідного магнітного поля. Яка індукція магнітного поля, якщо в провіднику індукується ЕРС 1.5 В?

94. У провіднику довжиною 25 см, що рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0.05 Тл, виникає індуквана ЕРС 0.8 В. Якою є швидкість руху провідника, якщо вона перпендикулярна до ліній магнітного поля?

95. Прямий провідник довжиною 1.2 м рухається в однорідному магнітному полі з індукцією 0.02 Тл під кутом 30° до вектора магнітної індукції. Знайти швидкість руху провідника, якщо індуквана ЕРС становить 0.12 В.

96. Рамка площею 100 см² обертається в однорідному магнітному полі з індукцією 0.3 Тл з кутовою швидкістю 10 рад/с. Знайти максимальне значення ЕРС індукції, що виникає в рамці.

97. Яку довжину повинен мати провідник, щоб при його русі зі швидкістю 5 м/с перпендикулярно до магнітного поля з індукцією 0.4 Тл в ньому індукувалася ЕРС 2.5 В?

98. Провідник довжиною 0.8 м рухається в однорідному магнітному полі. Якщо швидкість провідника 10 м/с, а індуквана ЕРС 0.4 В, знайти індукцію магнітного поля, припускаючи, що рух перпендикулярний до поля.

99. Котушка діаметром $D=10$ см, що складається з $N=500$ витків дроту, знаходиться в магнітному полі. Знайти середню ЕРС індукції, що виникає в цій котушці, якщо індукція магнітного поля B збільшується протягом часу $t=0.1$ с від 0 до 2 Тл.

100. Соленоїд має 300 витків і площу поперечного перерізу 50 см^2 . Знайти середню ЕРС індукції, що виникає в соленоїді, якщо магнітна індукція всередині нього рівномірно зменшується від 0.4 Тл до 0.1 Тл за час 0.05 с .
101. Котушка індуктивності має 1000 витків. Магнітний потік, що пронизує кожен виток, змінюється на 0.002 Вб за 0.2 с . Яка середня ЕРС індукції виникає в котушці?
102. Рамка площею 200 см^2 , що містить 50 витків, знаходиться в однорідному магнітному полі, перпендикулярному до її площини. Якщо індукція магнітного поля рівномірно зростає від 0.1 Тл до 0.6 Тл за 0.15 с , знайти середню ЕРС індукції в рамці.
103. Визначити кількість витків у котушці, якщо при зміні магнітного потоку, що пронизує її, на 0.001 Вб за 0.01 с в ній виникає середня ЕРС індукції 20 В .
104. Котушка має 200 витків, і її діаметр 12 см . Яка швидкість зміни магнітної індукції повинна бути, щоб в ній виникла середня ЕРС індукції 0.5 В , якщо поле перпендикулярне до площини котушки?
105. Соленоїд має 600 витків, його довжина 40 см , а площа поперечного перерізу 30 см^2 . Яка середня ЕРС індукції виникне в соленоїді, якщо струм у ньому зменшується від 5 А до 0 за 0.08 с ? (Вважати, що сердечника немає).
106. Скільки витків має котушка площею поперечного перерізу 50 см^2 , щоб внаслідок зміни магнітної індукції від 0.2 Тл до 0.3 Тл протягом 4 мс в ній збуджувалась ЕРС 10 В ?
107. Котушка, що містить $N=200$ витків, має площу поперечного перерізу $A=30 \text{ см}^2$. Яка середня ЕРС індукції виникне в котушці, якщо магнітне поле, перпендикулярне до площини витків, зростає від 0.1 Тл до 0.5 Тл за час 0.02 с ?
108. В однорідному магнітному полі знаходиться котушка з 150 витків. Площа поперечного перерізу котушки 25 см^2 . Знайти зміну магнітної індукції, якщо за 0.01 с в котушці виникла середня ЕРС індукції 5 В .

109. Яку площу поперечного перерізу повинна мати котушка з 400 витків, щоб при зміні магнітної індукції від 0.05 Тл до 0.25 Тл за 0.005 с в ній індукувалася ЕРС 12 В?
110. Котушка з 300 витків і площею поперечного перерізу 40 см^2 знаходиться в магнітному полі. За який час повинна змінитися магнітна індукція від 0.3 Тл до 0.7 Тл, щоб середня ЕРС індукції становила 8 В?
111. Внаслідок зміни магнітної індукції від B_1 до B_2 за час Δt в котушці з N витків і площею A виникла ЕРС E . Якщо $N=100$, $A=20 \text{ см}^2$, $E=4 \text{ В}$, $\Delta t=0.01 \text{ с}$, і $B_1=0.1 \text{ Тл}$, знайти B_2 .
112. У скільки разів збільшиться середня ЕРС індукції в котушці, якщо кількість її витків збільшити вдвічі, а швидкість зміни магнітної індукції збільшити в 1.5 рази?
113. У середині витка радіусом 5 см магнітний потік змінився на 18.6 мВб за 5.9 мс. Визначити напруженість вихрового електричного поля у витку.
114. У контурі радіусом 10 см магнітний потік змінився на 25 мВб за 8 мс. Знайти середню напруженість вихрового електричного поля у витку.
115. Магнітний потік через круговий контур радіусом $R=3 \text{ см}$ змінюється зі швидкістю $d\Phi/dt=0.5 \text{ Вб/с}$. Визначити напруженість вихрового електричного поля у витку.
116. Виток радіусом 2 см знаходиться в магнітному полі. Яка швидкість зміни магнітного потоку повинна бути, щоб напруженість вихрового електричного поля по контуру витка становила 1 В/м ?
117. Визначити радіус витка, якщо при зміні магнітного потоку на 0.01 Вб за 0.002 с напруженість вихрового електричного поля у витку становила 2 В/м .
118. У провідному кільці радіусом $R=7 \text{ см}$ індукована ЕРС становить 0.4 В. Знайти середню напруженість вихрового електричного поля, що діє по контуру кільця.
119. Круговий виток розташований в однорідному магнітному полі, перпендикулярно до ліній індукції. Радіус витка $R=4 \text{ см}$. Індукція магнітного

поля рівномірно зростає від 0.1 Тл до 0.6 Тл за 0.01 с. Знайти середню напруженість вихрового електричного поля у витку.

120. Який заряд q пройде через поперечний переріз витка, опір якого $R=0.03$ Ом, при зменшенні магнітного потоку всередині витка на $\Delta\Phi=12$ мВб?

121. Котушка з опором 0.1 Ом містить 500 витків. Який заряд пройде через неї, якщо магнітний потік через один виток зміниться на 0.005 Вб?

122. Через поперечний переріз провідного кільця пройшов заряд 2 Кл. Якщо опір кільця 0.05 Ом, на яку величину змінився магнітний потік через кільце?

123. Магнітний потік через виток змінився на 8 мВб. Знайти опір витка, якщо через нього пройшов заряд 0.2 Кл.

124. Соленоїд має $N=100$ витків і опір $R=0.5$ Ом. Який заряд пройде через соленоїд, якщо магнітне поле, що пронизує його, зміниться так, що магнітний потік через кожен виток зміниться на 10 мВб?

125. Кільце з площею $A=20$ см² і опором $R=0.01$ Ом знаходиться в однорідному магнітному полі, перпендикулярному до площини кільця. На яку величину змінилася індукція магнітного поля, якщо через кільце пройшов заряд 0.5 Кл?

126. Внаслідок вимкнення магнітного поля в контурі з опором 0.02 Ом пройшов заряд 0.1 Кл. Знайти початкове значення магнітного потоку, якщо кінцеве дорівнює нулю.

127. У магнітному полі з індукцією $B=0.1$ Тл вміщено контур, виготовлений у вигляді колового витка радіусом $R=34$ см. Виток зроблено з мідного дроту, площа поперечного перерізу якого $S=1$ мм². Нормаль до площини витка збігається з лініями індукції поля. Який заряд пройде через поперечний переріз витка при зникненні поля?

128. Круговий виток з мідного дроту радіусом $R=5$ см і площею поперечного перерізу $S=0.5$ мм² знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією $B=0.2$ Тл. Магнітне поле перпендикулярне до площини витка. Який заряд пройде через виток при повороті його на 90° ? (Питомий опір міді $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).

129. Алюмінієве кільце радіусом $R=10$ см і площею поперечного перерізу дроту $S=2$ мм² поміщено в однорідне магнітне поле $B=0.05$ Тл, що пронизує його перпендикулярно. Який заряд пройде через кільце, якщо його винести з поля? (Питомий опір алюмінію $\rho=2.8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
130. Виток з опором $R=0.01$ Ом, що має площу $A=100$ см², знаходиться в магнітному полі. Визначити індукцію магнітного поля, якщо при його зникненні через виток пройшов заряд $5 \cdot 10^{-3}$ Кл.
131. Провідне кільце діаметром 20 см виготовлено з дроту з питомим опором $\rho=10^{-7}$ Ом·м і площею поперечного перерізу 1.5 мм². Кільце знаходиться в магнітному полі з індукцією $B=0.3$ Тл. Визначити заряд, що пройде через кільце, якщо магнітне поле зменшиться до нуля.
132. Соленоїд з $N=500$ витків, площею поперечного перерізу $A=20$ см² і опором $R=2$ Ом знаходиться в однорідному магнітному полі, паралельному його осі. Якщо магнітне поле зменшується від 0.8 Тл до 0 за 0.01 с, який заряд пройде через соленоїд?
133. Який радіус повинен мати круговий виток з мідного дроту площею поперечного перерізу $S=0.8$ мм², щоб при його винесенні з магнітного поля $B=0.15$ Тл через нього пройшов заряд 0.01 Кл? (Норма до площини витка паралельна полю).
134. У витку, виготовленому з алюмінієвого проводу довжиною 10 см і площею поперечного перерізу 1.4 мм², швидкість зміни магнітного потоку 10 мВб/с. Знайти силу індукційного струму.
135. Провідний виток має опір 0.02 Ом. Знайти швидкість зміни магнітного потоку через виток, якщо сила індукційного струму становить 0.5 А.
136. У котушці з 200 витків виникає індукційний струм силою 0.1 А. Опір котушки 10 Ом. Яка швидкість зміни магнітного потоку через один виток котушки?
137. Магнітний потік через контур змінюється зі швидкістю 0.03 Вб/с. Яким повинен бути опір контуру, щоб сила індукційного струму дорівнювала 0.6 А?

138. Мідний провід довжиною 20 см і площею поперечного перерізу 1 мм^2 утворює замкнений виток. Якщо магнітний потік через виток змінюється зі швидкістю 5 мВб/с , знайти силу індукційного струму. (Питомий опір міді $\rho = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$).
139. Алюмінієвий провід довжиною $L = 1 \text{ м}$ і площею поперечного перерізу $S = 0.8 \text{ мм}^2$ зігнутий у вигляді кола. З якою швидкістю повинен змінюватися магнітний потік через цей виток, щоб сила індукційного струму була 0.2 А ?
140. Виток з опором 0.15 Ом знаходиться в магнітному полі. Якщо індукція магнітного поля, що пронизує виток площею 50 см^2 , рівномірно зростає від 0.1 Тл до 0.4 Тл за 0.003 с , знайти силу індукційного струму у витку.
141. Скільки витків має котушка, індуктивність якої $L = 1 \text{ мГн}$, якщо при струмі $I = 1 \text{ А}$ магнітний потік крізь котушку $\Phi = 2 \text{ мкВб}$?
142. Котушка індуктивності має $N = 500$ витків. При протіканні струму $I = 0.5 \text{ А}$ магнітний потік крізь котушку становить $\Phi = 1.5 \text{ мкВб}$. Знайти індуктивність котушки.
143. Індуктивність соленоїда $L = 0.2 \text{ Гн}$. Скільки витків має соленоїд, якщо при струмі $I = 2 \text{ А}$ магнітний потік крізь кожен виток становить 10 мкВб ?
144. Визначити індуктивність котушки, що містить $N = 300$ витків, якщо при струмі $I = 0.8 \text{ А}$ магнітний потік крізь кожен виток дорівнює 3 мкВб .
145. Котушка має індуктивність $L = 5 \text{ мГн}$. Який магнітний потік пронизує котушку, якщо по ній тече струм $I = 0.1 \text{ А}$?
146. Струм $I = 0.3 \text{ А}$ створює в котушці з $N = 1000$ витків магнітний потік 0.6 мВб . Знайти індуктивність котушки.
147. В скільки разів зміниться індуктивність котушки, якщо кількість її витків збільшити вдвічі, припускаючи, що інші параметри залишаються незмінними?
148. Площа поперечного перерізу соленоїда із залізним сердечником $S = 10 \text{ см}^2$; довжина соленоїда $l = 1 \text{ м}$. Знайти магнітну проникність μ матеріалу сердечника, якщо магнітний потік, що пронизує поперечний переріз соленоїда, $\Phi = 1.4 \text{ мВб}$. Якому струму I , що тече через соленоїд, відповідає

цей магнітний потік, якщо відомо, що індуктивність соленоїда за цих умов $L=0.44$ Гн?

149. Соленоїд довжиною 50 см має $N=400$ витків і площу поперечного перерізу 5 см^2 . Знайти індуктивність соленоїда, якщо він має осердя з магнітною проникністю $\mu=1000$.

150. Магнітний потік через соленоїд з $N=200$ витків і площею поперечного перерізу 20 см^2 становить 0.5 мВб при струмі 0.5 А. Яка магнітна проникність сердечника, якщо довжина соленоїда 20 см?

151. Визначити струм, який необхідно пропустити через соленоїд з індуктивністю $L=0.1$ Гн, щоб створити магнітний потік 2 мВб, якщо соленоїд має $N=100$ витків.

152. Соленоїд довжиною $l=0.8$ м і площею поперечного перерізу $S=12 \text{ см}^2$ має 600 витків. Який магнітний потік пронизає соленоїд, якщо по ньому тече струм 1.5 А, а сердечник має магнітну проникність $\mu=800$?

153. Індуктивність соленоїда з осердям становить $L=0.3$ Гн. Струм у соленоїді $I=1$ А. Якщо соленоїд має 250 витків, яка площа його поперечного перерізу, якщо довжина соленоїда 0.6 м, а магнітна проникність сердечника $\mu=500$?

154. Якою повинна бути довжина соленоїда з $N=700$ витків і площею поперечного перерізу 8 см^2 , щоб при струмі 0.7 А в ньому створювався магнітний потік 1.2 мВб? Магнітна проникність сердечника $\mu=600$.

Механічні коливання та хвилі

Рівняння гармонічних коливань:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

x – зміщення, A – амплітуда, ω – циклічна частота коливань, φ – початкова фаза.

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

- зв'язок між параметрами гармонічних коливань

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ - період коливань математичного маятника}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ - період коливань пружинного маятника}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}} \text{ - період коливань фізичного маятника}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad \beta = \frac{r}{2m}$$

- циклічна частота та коефіцієнт загасання за наявності гальмівної сили $F = -rv$

$$A(t) = A_0 e^{-\beta t} \text{ - амплітуду загасаючих коливань}$$

Логарифмічний декремент затухання:

$$\Theta = \ln\left(\frac{A_n}{A_{n+1}}\right) = \beta T$$

Період малих коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

де l — довжина маятника, g — прискорення вільного падіння.

Період коливань тіла на пружині:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

де m — маса, k — жорсткість пружини.

Період малих коливань фізичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

де $L = \frac{I}{md}$ - приведена довжина фізичного маятника, I — момент інерції, m — маса, d — відстань від центру мас до осі обертання.

Період крутильних коливань:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k}}$$

де I — момент інерції, $k = \frac{M}{\varphi}$ (M — момент сили, φ кут закручування).

Період затухаючих коливань:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \beta^2}}$$

де $\beta = \frac{r}{2m}$ — коефіцієнт затухання.

Амплітуда вимушених коливань при силі $F = F_0 \cos(\omega t)$

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 - 4\beta^2\omega^2}}$$

де $f_0 = \frac{F_0}{m}$, $\omega_0 = 2\pi\nu_0$.

Період коливань однорідної струни:

$$T = 2l \sqrt{\frac{m}{F}}$$

де l — довжина струни, m — маса одиниці довжини, F — сила натягу.

Повна енергія матеріальної точки, що здійснює гармонічні коливання:

$$E = E_k + E_p = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$$

Швидкість розповсюдження хвилі:

$$v = \lambda \nu$$

Де λ — довжина хвилі.

Швидкість розповсюдження поперечних хвиль в тонких стержнях:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

де E – модуль Юнга середовища, ρ - густина середовища.

Швидкість розповсюдження поперечних хвиль:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

де G – модуль зсуву.

Швидкість повздовжніх хвиль в необмеженому пружному середовищі

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

де k – модуль зтиску.

Рівень гучності звуку, дБ:

$$L_N = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Де I – інтенсивність звуку, I_0 – порогова інтенсивність.

Акустичний ефекти Доплера:

$$\nu' = \frac{c \pm v}{c \pm u} \nu$$

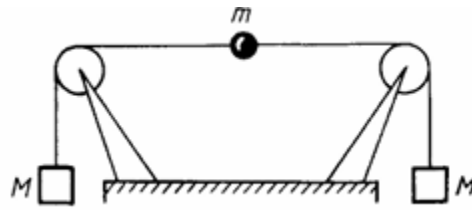
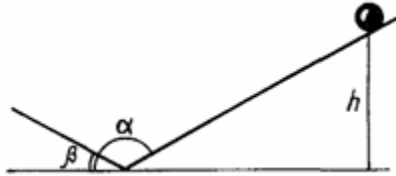
де c – швидкість звуку, v – швидкість слухача, u – швидкість джерела звуку, ν – частота звуку джерела.

1. Тіло масою 5 г здійснює гармонійні коливання згідно з рівнянням. Визначте кінетичну та потенціальну енергію тіла через 20 с від моменту $t = 0$

. Чому дорівнює повна енергія коливань? $x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3}\right)$.

2. Визначте масу тіла, яке коливається гармонійно з амплітудою 0,10 м, частотою 2,0 Гц і початковою фазою 30° , якщо повна енергія коливань 7,7 мДж. Через який час кінетична енергія дорівнюватиме потенціальній?

3. Визначте амплітуду гармонійних коливань матеріальної точки, якщо її повна коливальна енергія становить 40 мДж, а сила, що діє на неї при зміщенні, яке дорівнює половині амплітуди, становить 2,0 Н.
4. Наскільки зменшиться повна енергія коливань секундного маятника за 5 хв, якщо логарифмічний декремент затухання дорівнює 0,031?



5.

Рис. 11

Рис.12

6. Амплітуда коливань камертона зменшилася у 100 разів за 15 секунд. Визначте коефіцієнт загасання коливань.
7. Побудуйте графік загасаючого гармонійного коливання з частотою 10 Гц, початковою амплітудою 6 см і логарифмічним декрементом загасання 0,01.
8. Як зміниться хід маятникового годинника при його піднятті на висоту 20 км над поверхнею Землі?
9. Математичний маятник підвішений до стелі вагона електропоїзда. У скільки разів зміниться його період коливань, якщо вагон рухається з горизонтальним прискоренням a ?
10. Кулька масою $m = 200$ г, підвішена на пружині, коливається з частотою $\nu = 5,0$ Гц. Визначте коефіцієнт пружності пружини.
11. Визначте період коливань вантажу на пружинних вагах, якщо в стані рівноваги він зміщує стрілку вагів на $\Delta x = 2,0$ см від нульового положення, що відповідає ненавантаженій пружині.
12. Визначте мінімальну частоту коливань похилої площини (у поздовжньому напрямку), при якій тіло на ній почне ковзати. Кут нахилу площини $\alpha = 10^\circ$, амплітуда коливань $A = 10$ см, коефіцієнт тертя між тілом і площиною $\mu = 0,4$.

13. Маленька масивна кулька коливається на осі з частотою ω_1 між двома площинами, що перетинаються під кутом $\alpha = 170^\circ$. Одна з площин коливається з частотою $\omega_2 = 5 \text{ с}^{-1}$ та амплітудою $A_2 = 10 \text{ см}$. На якій висоті h над віссю буде знаходитися кулька? (Див. рис. 9.12). Тертя між кулькою та площиною відсутнє.
14. Стакан масою $m_1 = 20 \text{ г}$ з площею поперечного перерізу $S = 5 \text{ см}^2$ опускають у воду масою $m_2 = 80 \text{ г}$, і він плаває на її поверхні. При прикладенні вертикальної сили стакан витісняється з положення рівноваги і відпускається. Визначте період коливань системи.
15. Визначте частоту коливань вантажу масою $m = 0,20 \text{ кг}$, підвішеного на пружині та зануреного в масло, якщо коефіцієнт тертя у маслі $r = 0,50 \text{ кг/с}$, а жорсткість пружини $k = 50 \text{ Н/м}$.
16. Стержень завдовжки $l = 50 \text{ см}$ здійснює коливання навколо горизонтальної осі, розташованої на відстані $d = 12,5 \text{ см}$ від одного з його кінців. Визначте частоту коливань стержня.
17. На кінцях стержня масою $m = 60 \text{ г}$ і довжиною $l = 49 \text{ см}$ закріплені дві кульки масами $m_1 = 70 \text{ г}$ та $m_2 = 90 \text{ г}$, а стержень підвішений так, що може здійснювати коливання навколо горизонтальної осі, що проходить через його середину. Визначте період малих коливань стержня.
18. До товстої пластини підвішений стержень за один з його кінців, так що він може здійснювати коливання. Довжина стержня — 50 см . Визначте період коливань стержня, якщо ліфт рухається з прискоренням $a = 1,2 \text{ м/с}^2$, спрямованим вгору.
19. Однорідний диск радіусом $R = 0,10 \text{ м}$ здійснює коливання навколо горизонтальної осі, що проходить через точку, розташовану на відстані $R/2$ від центра диска, і перпендикулярну до його площини. Визначте частоту коливань диска.
20. Струна, на кінцях якої закріплені вантажі масою $m = 0,40 \text{ кг}$ кожен, перекинута через два нерухомих блоки, відстань між якими становить $1,0 \text{ м}$. У середину струни прикріплено точковий вантаж масою $m' = 9,8 \text{ г}$. Визначте

період малих поперечних коливань вантажу. Масою струни і її початковим натягом, спричиненим вантажем m' , знехтувати.

21. Визначте період крутильних коливань залізної кулі радіусом $R = 0,1$ м, підвешеної на сталевому дроті радіусом $r = 1$ мм і довжиною $l = 1$ м. Модуль зсуву для сталі прийняти рівним $G = 80$ ГПа.

22. Визначте амплітуду вимушених коливань вантажу масою $0,1$ кг, підвешеного на пружині жорсткістю 20 Н/м, якщо на нього діє змушувальна сила амплітудою 2 Н і частотою, що вдвічі перевищує власну частоту коливань вантажу. Коефіцієнт затухання $b = 0,5$ с⁻¹.

23. Іонос-зонд, що має нерозтяжну оболонку, піднявся на максимальну висоту і здійснює малі коливання навколо положення рівноваги. Визначте період цих коливань, якщо відомо, що густина повітря зменшується з висотою за експоненціальним законом $h = 8,1 \cdot 10^2$ м кожні 10 км. Опором повітря знехтувати.

24. Дві кульки масами m_1 і m_2 , з'єднані між собою легкою нерозтяжною ниткою, лежать на горизонтальній площині. Визначте прискорення кульок і силу натягу нитки.

25. Визначте швидкість поширення звукових коливань у повітрі, якщо довжина хвилі становить $1,0$ м, а частота коливань — 340 Гц. Якою буде максимальна швидкість зміщення частинки повітря, якщо амплітуда коливань дорівнює $0,2$ мм?

26. На якій відстані від джерела коливань, що здійснюються за синусоїдальним законом, у момент часу $t = T/2$ зміщення точки від положення рівноваги дорівнює половині амплітуди? Швидкість поширення коливань — 340 м/с, період коливань — 10^{-3} с.

27. Визначте швидкість поширення хвиль у озері, якщо період коливань човна, що знаходиться на поверхні води, становить $4,0$ с, а відстань між найближчими гребенями хвиль — $6,0$ м.

28. У скільки разів змінюється довжина ультразвукової хвилі при переході з хвилі у сталі до хвилі у міді, якщо швидкість поширення ультразвуку в міді та сталі відповідно дорівнює 3600 і 5500 м/с?
29. Визначте швидкість поширення ультразвуку в залізі, якщо модуль Юнга для заліза становить 210 ГПа, а густина — 7800 кг/м³.
30. Визначте швидкість поширення поперечних звукових хвиль у міді. Модуль зсуву для міді — 12,0 ГПа, густина міді — 8900 кг/м³.
31. Визначте швидкість звуку у воді, якщо відомо, що при поширенні хвиль стискання води становить 1,98 ГПа.
32. Визначте довжину звукової хвилі у воді, якщо частота звуку, що випромінюється кораблем при зустрічному течії та відбивається від дна, дорівнює 21 Гц.
33. Визначте натяг сталевий струни довжиною 0,50 м і діаметром 1,0 мм, якщо вона налаштована на звук камертона з частотою 430 Гц.
34. Визначте швидкість поширення поперечних звукових хвиль у сталевій струні діаметром 1,0 мм, натягнутій із силою 100 Н.
35. Визначте швидкість поширення звуку в мідному дроті довжиною 10 м, натягнутому силою 200 Н. Маса дроту — 50 г.
36. Скільки ударів за секунду створює натягнута сталевий струна разом із камертоном, частота коливань якого 430 Гц, якщо натяг струни становить 100 Н, її довжина — 0,5 м, а діаметр — 0,3 мм?
37. В металевому стержні, закріпленому в середині скляної трубки довжиною $L = 0,50$ м, порошок сформував неоднорідний шар щільності. Визначте швидкість звуку в залізі, якщо між двома максимальними густинами порошку відстань $l = 3,0$ см, а швидкість звуку в повітрі становить 340 м/с.
38. Визначте частоту основного тону відкритої труби завдовжки 1,0 м, заповненої повітрям.

39. Визначте частоту основного тону труби довжиною 1,5 м, закритої з одного кінця, якщо вона заповнена водою. Вважати швидкість поширення звуку у воді рівною 1,5 км/с.
40. Рівень шуму літака на відстані 5 м дорівнює 120 дБ, а тихої розмови — 40 дБ. Визначте співвідношення інтенсивностей та абсолютні значення інтенсивності цих звуків.
41. Наскільки у децибелах відрізняється звук, відповідний порогу чутності $I = 10^{-12}$ Вт/м² та порогу больових відчуттів $I = 1$ Вт/м²?
42. Підводний човен, рухаючись зі швидкістю $v = 10$ м/с, надсилає ультразвуковий сигнал частотою $\nu = 30$ кГц, який, відбившись від перешкоди, повертається назад. Визначте різницю між частотами випроміненого і прийнятого сигналів.
43. Два катери рухаються назустріч один одному з однаковою швидкістю $v = 10$ м/с. З першого катера надсилається ультразвуковий сигнал частотою $\nu = 50,0$ кГц, який відбивається від другого катера і приймається на першому. Визначте частоту прийнятого сигналу.
44. Два електропоїзди рухаються назустріч один одному зі швидкостями $v_1 = 30,0$ м/с і $v = 10,0$ м/с. Перший поїзд подає звуковий сигнал, висота якого відповідає частоті $\nu = 500$ Гц. Визначте частоту, яку сприймає пасажир другого поїзда перед зустріччю та після неї. Якою була б сприйнята частота, якби пасажир знаходився у першому поїзді, а сигнал подавав другий?
45. Підводний човен вивчає короткі звукові імпульси гідролокатора, що спрямовані до дна. Тривалість імпульсів $t = 0,1$ с, а швидкість звуку у воді $v = 1500$ м/с. Яка максимальна глибина човна, якщо сигнал відбивається від дна і повертається назад?
46. Написати рівняння гармонічного коливального руху з амплітудою $A = 5$ см, якщо за час $t = 1$ хв здійснюється 150 коливань і початкова фаза коливань $\varphi = \pi/4$. Накреслити графік цього руху.

47. . Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо амплітуда $A=10$ см, частота $\nu=2$ Гц, а початкова фаза коливань $\varphi=\pi/3$. Побудувати графік залежності зміщення від часу.
48. Тіло здійснює гармонічні коливання з амплітудою $A=0.2$ м. За 30 с воно здійснює 60 повних коливань. Початкова фаза коливань дорівнює нулю. Написати рівняння руху тіла.
49. Дано рівняння гармонічного коливального руху $x(t)=0.08\cos(4\pi t+\pi/6)$ м. Визначити амплітуду, кругову частоту, період і початкову фазу коливань.
50. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання з періодом $T=4$ с і амплітудою $A=5$ см. У початковий момент часу зміщення точки дорівнює нулю. Написати рівняння коливань.
51. Написати рівняння гармонічного коливального руху з амплітудою $A=15$ см, якщо відомо, що за 2 хв тіло здійснює 180 коливань, а початкова фаза дорівнює $\pi/2$.
52. Задано рівняння коливань $x(t)=0.05\sin(2t+\pi/4)$ м. Знайти максимальну швидкість і максимальне прискорення коливного руху.
53. Написати рівняння гармонічного коливального руху з амплітудою $A=0.1$ м, періодом $T=4$ с і початковою фазою $\varphi=0$.
54. Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо амплітуда $A=20$ см, період $T=2$ с, а початкова фаза $\varphi=\pi/4$.
55. Тіло здійснює гармонічні коливання з амплітудою 0.05 м і частотою 5 Гц. Початкова фаза коливань становить $-\pi/2$. Записати рівняння зміщення.
56. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=0.1\cos(3\pi t)$ м. Визначити період коливань та амплітуду.
57. Яким буде рівняння гармонічного коливального руху, якщо його амплітуда $A=3$ см, період $T=0.5$ с, а в початковий момент часу зміщення дорівнює амплітуді?
58. Написати рівняння коливань, якщо відомо, що максимальне зміщення від положення рівноваги $A=0.3$ м, коливання є гармонічними, а повний цикл коливань займає 10 с. Початкова фаза 0.

59. Гармонічні коливання описуються рівнянням $x(t)=0.02\sin(6t)$ м. Знайти кругову частоту, період і частоту коливань.
60. Написати рівняння гармонічного коливального руху з амплітудою $A=50$ мм, періодом $T=4$ с і початковою фазою $\varphi=\pi/4$. Знайти зміщення x коливної точки від положення рівноваги при $t=0$ і $t=1.5$ с. Накреслити графік цього руху.
61. Гармонічне коливання задано рівнянням $x(t)=0.05\cos(2\pi t+\pi/3)$ м. Знайти зміщення точки в моменти часу $t=0.25$ с і $t=1$ с.
62. Написати рівняння гармонічного коливального руху з амплітудою $A=0.1$ м, частотою $\nu=0.5$ Гц і початковою фазою $\varphi=\pi/6$. Знайти зміщення точки при $t=0.5$ с.
63. Тіло здійснює коливання за законом $x(t)=0.12\sin(\pi t-\pi/4)$ м. Визначити зміщення тіла в моменти часу $t=0$ і $t=2$ с.
64. Амплітуда гармонічних коливань $A=4$ см, період $T=6$ с, а початкова фаза $-\pi/3$. Написати рівняння коливань і знайти зміщення в момент часу $t=3$ с.
65. Задано рівняння коливань $x(t)=0.03\cos(5t+\pi/2)$ м. Побудувати графік залежності зміщення від часу для першого періоду.
66. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=A\cos(\omega t+\varphi_0)$. Якщо $A=0.07$ м, $\omega=4$ рад/с і $\varphi_0=\pi/4$, знайти зміщення і швидкість точки в момент часу $t=0.5$ с.
67. Накреслити на одному графіку два гармонічних коливання з однаковими амплітудами $A_1=A_2=2$ см і однаковими періодами $T_1=T_2=8$ с, що мають різницю фаз $\varphi_2-\varphi_1$, рівну: а) $\pi/4$; б) $\pi/2$; в) π ; г) 2π .
68. Побудувати графіки двох гармонічних коливань з амплітудами $A_1=3$ см і $A_2=3$ см, періодами $T_1=6$ с і $T_2=6$ с. Початкові фази коливань $\varphi_1=0$ і $\varphi_2=\pi/2$.
69. Дано рівняння двох гармонічних коливань: $x_1(t)=0.04\cos(5t)$ м та $x_2(t)=0.04\cos(5t+\pi)$ м. Накреслити графіки цих коливань на одному рисунку та описати їхню різницю.

70. Два гармонічні коливання мають однакові амплітуди $A=5$ см і однакові частоти $\nu=0.25$ Гц. Початкова фаза першого коливання $\varphi_1=\pi/6$, а другого $\varphi_2=\pi$. Побудувати їхні графіки.
71. Записати рівняння двох гармонічних коливань з амплітудою $A=0.1$ м і періодом $T=10$ с, якщо різниця їх фаз становить $3\pi/4$. Побудувати графіки.
72. Накреслити графіки двох гармонічних коливань з однаковими амплітудами $A=1$ см і періодами $T=4$ с, якщо початкова фаза першого коливання $\varphi_1=0$, а другого $\varphi_2=-\pi/2$.
73. Два гармонічні коливання описуються рівняннями: $x_1(t)=A\sin(\omega t)$ і $x_2(t)=A\sin(\omega t+\Delta\varphi)$. Якщо $A=2$ см, $\omega=\pi/4$ рад/с, і $\Delta\varphi=\pi/3$, накреслити графіки цих коливань.
74. Через який час від початку руху точка, що здійснює гармонічне коливання, зміститься від положення рівноваги на половину амплітуди? Період коливань $T=24$ с, а початкова фаза $\varphi=0$.
75. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання з періодом $T=12$ с і початковою фазою $\varphi=0$. Через який час від початку руху зміщення точки вперше досягне половини амплітуди?
76. Коливний рух описується рівнянням $x(t)=A\cos(\omega t)$. Через який час від початку руху зміщення вперше дорівнюватиме $A/2$?
77. Період гармонічних коливань $T=8$ с. Початкова фаза $\varphi=\pi/2$. Через який час від початку руху зміщення точки дорівнюватиме половині амплітуди?
78. За який час від початку руху точка, що здійснює гармонічні коливання з періодом $T=1$ с і початковою фазою $\varphi=0$, пройде шлях від положення рівноваги до точки з координатою $x = \frac{A}{\sqrt{2}}$?
79. Гармонічні коливання мають період $T=16$ с і початкову фазу 0 . Через який час від початку руху швидкість точки вперше досягне половини максимальної швидкості?
80. Коливний рух описується рівнянням $x(t)=A\sin(\omega t)$. Через який час від початку руху зміщення вперше досягне $A/4$? (Виразити через період T).

81. Початкова фаза гармонічного коливання $\varphi=0$. Через яку частку періоду швидкість точки буде дорівнювати половині її максимальної швидкості?
82. Гармонічне коливання має початкову фазу $\varphi=0$. Через яку частку періоду зміщення точки дорівнюватиме половині амплітуди?
83. У гармонічному коливанні з початковою фазою 0 швидкість точки дорівнює максимальній швидкості. Через яку частку періоду швидкість знову досягне цього значення?
84. Для гармонічного коливання з початковою фазою $\pi/2$, через яку частку періоду зміщення точки дорівнюватиме нулю?
85. Визначити, через яку частку періоду від початку руху (початкова фаза 0) кінетична енергія гармонічно коливної точки вперше буде дорівнювати її потенціальній енергії.
86. Гармонічне коливання задано рівнянням $x(t)=A\cos(\omega t)$. Через яку частку періоду прискорення точки вперше буде дорівнювати половині максимального прискорення?
87. Заряджена частинка здійснює гармонічні коливання. Через яку частку періоду її кінетична енергія буде втричі більшою за потенціальну енергію, якщо початкова фаза 0?
88. Через який час від початку руху точка, що здійснює коливальний рух за рівнянням $x=7\sin\pi/2\cdot t$, проходить шлях від положення рівноваги до максимального зміщення?
89. Коливальний рух задано рівнянням $x(t)=5\cos(3\pi t)$ см. Знайти час, за який точка проходить шлях від положення рівноваги до максимального зміщення.
90. Дано рівняння гармонічного коливання $x(t)=10\sin(\pi t)$ см. Через який час від початку руху точка вперше пройде 5 см?
91. Точка здійснює коливальний рух за рівнянням $x(t)=8\cos(\pi t/4)$ м. Через який час від початку руху точка вперше досягне положення рівноваги?

92. Задано рівняння гармонічного коливання $x(t)=6\sin(2t)$ см. Визначити час, необхідний для того, щоб точка пройшла шлях від максимального зміщення до положення рівноваги.
93. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=A\sin(\omega t)$. За який час точка проходить шлях від $x=A/2$ до $x=A$?
94. Рівняння коливання $x(t)=4\cos(6t)$ см. Визначити мінімальний час, за який точка проходить шлях від $x=0$ до $x=2$ см.
95. Розгляньмо об'єкт, що здійснює гармонічні коливання. Відомо, що амплітуда його коливань дорівнює 5,0 см, а повний період одного коливання становить 4,0 с. Якщо на початку відліку часу ($t=0$) об'єкт перебував у точці найбільшого відхилення від положення рівноваги, визначте його максимальну швидкість та максимальне прискорення під час цих коливань.
96. Тіло здійснює гармонічні коливання з періодом 12 секунд. Рух розпочався з нульової початкової фази (тобто, з положення рівноваги). Через який проміжок часу від початку руху це тіло вперше досягне зміщення, що дорівнює половині амплітуди від положення рівноваги?
97. Сформулюйте математичне рівняння, що описує гармонічний коливальний рух матеріальної точки, якщо її амплітуда становить 5 см, період коливань дорівнює 2 с, а початкова фаза (зміщення у момент $t=0$) складає 45°
98. Рух матеріальної точки описується рівнянням гармонічних коливань: $x(t)=0.03\sin(\pi t+0.5)$. Визначте найбільші можливі значення її швидкості та прискорення. Крім того, обчисліть фазу коливань у момент часу 5.0 секунд від початку руху
99. Тіло здійснює гармонічні коливання, де зміщення змінюється за законом синуса. Його період коливань становить 6.0 секунд. Визначте початкову фазу цього коливання, якщо відомо, що через 0.25 с від початку руху зміщення тіла становило половину амплітуди
100. Припускаючи, що рух поршня в автомобільному двигуні є гармонічним коливанням, розрахуйте його максимальну швидкість та максимальне

прискорення. Відомо, що автомобіль рухається прямолінійно зі швидкістю 72 км/год, радіус його колеса становить 344 мм, а повний хід поршня (від нижньої до верхньої мертвої точки) дорівнює 100 мм.

101. Сформулюйте рівняння результуючого коливального руху матеріальної точки, якщо вона одночасно бере участь у двох гармонічних коливаннях, спрямованих в одному напрямку, які описуються наступними рівняннями: $x_1(t)=5\sin(2\pi t+1/3)$ та $x_2(t)=3\sin(2\pi t+1/2)$

102. Розрахуйте амплітуду та початкову фазу результуючого коливання, що утворюється внаслідок додавання двох гармонічних коливань, які спрямовані однаково, але мають дещо різні частоти: 440 Гц та 440.5 Гц.

103. Виведіть рівняння траєкторії руху матеріальної точки, яка одночасно бере участь у двох взаємно перпендикулярних гармонічних коливаннях, що описуються рівняннями: $x(t)=2\sin(2\pi t+\pi/4)$ та $y(t)=3\sin(2\pi t+\pi/9)$. Вкажіть також напрямок руху точки вздовж цієї траєкторії..

104. . Амплітуда гармонічного коливання $A=5$ см, період $T=4$ с. Знайти максимальну швидкість v_{\max} коливної точки та її максимальне прискорення a_{\max} .

105. Гармонічне коливання має амплітуду $A=10$ см і кругову частоту $\omega=2\pi$ рад/с. Знайти максимальну швидкість і максимальне прискорення коливної точки.

106. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=0.02\cos(10t)$ м. Визначити амплітуду, період, максимальну швидкість і максимальне прискорення коливань.

107. Амплітуда коливань $A=0.08$ м, частота $\nu=0.5$ Гц. Знайти максимальну швидкість і максимальне прискорення коливної точки.

108. Максимальна швидкість гармонічного коливання $v_{\max}=0.4$ м/с, а амплітуда $A=0.1$ м. Знайти період коливань.

109. Для коливного руху з амплітудою $A=6$ см і періодом $T=3$ с знайти максимальне значення кінетичної енергії, якщо маса коливної точки $m=0.1$ кг.

110. . Максимальне прискорення гармонічного коливання $a_{\max}=1.2 \text{ м/с}^2$, а період $T=0.5 \text{ с}$. Знайти амплітуду коливань.
111. Рівняння руху точки дано у вигляді $x=2\sin(\pi/2 \cdot t + \pi/4) \text{ см}$. Знайти період коливань T , максимальну швидкість v_{\max} і максимальне прискорення a_{\max} точки.
112. Рівняння руху точки задано як $x(t)=0.05\cos(4\pi t - \pi/6) \text{ м}$. Визначити амплітуду, період коливань, максимальну швидкість і максимальне прискорення.
113. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання за законом $x(t)=8\sin(3t) \text{ см}$. Знайти період, максимальну швидкість і максимальне прискорення.
114. Дано рівняння коливань $x(t)=0.1\cos(2\pi t) \text{ м}$. Визначити частоту, максимальну швидкість та максимальне прискорення.
115. Рівняння руху точки: $x(t)=15\sin(0.5\pi t + \pi/3) \text{ см}$. Знайти період коливань, амплітуду, максимальну швидкість і максимальне прискорення.
116. Коливний рух описується рівнянням $x(t)=0.04\sin(5t - \pi/4) \text{ м}$. Знайти значення швидкості та прискорення точки в момент часу $t=0$.
117. Якщо рівняння руху точки $x(t)=A\sin(\omega t + \varphi_0)$, де $A=0.2 \text{ м}$, $\omega=10 \text{ рад/с}$, $\varphi_0=\pi/6$. Знайти період, максимальну швидкість і максимальне прискорення точки.
118. Рівняння руху точки дано у вигляді $x=\sin\pi/6 \cdot t$. Знайти моменти часу t , в які досягаються максимальна швидкість і максимальне прискорення.
119. . Рівняння гармонічного коливання $x(t)=10\cos(2\pi t) \text{ см}$. Знайти моменти часу, коли швидкість точки максимальна.
120. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=5\sin(4t) \text{ м}$. Визначити моменти часу, коли прискорення точки є максимальним (за модулем).
121. Дано рівняння коливань $x(t)=A\sin(\omega t)$. Знайти моменти часу, в які зміщення дорівнює нулю, а швидкість є максимальною.
122. Рівняння руху точки $x(t)=0.08\cos(3\pi t) \text{ м}$. Знайти моменти часу, коли точка має нульову швидкість і максимальне за модулем прискорення.

123. Гармонічне коливання описується рівнянням $x(t)=6\sin(t-\pi/2)$ см. Знайти моменти часу, коли швидкість точки максимальна, а прискорення мінімальне.
124. Для коливання $x(t)=0.1\sin(5t+\pi/4)$ м визначити моменти часу, коли точка проходить положення рівноваги.
125. Точка здійснює гармонічне коливання. Період коливань $T=2$ с, амплітуда $A=50$ мм, початкова фаза $\varphi=0$. Знайти швидкість v точки в момент часу, коли зміщення точки від положення рівноваги $x=25$ мм.
126. Гармонічне коливання має амплітуду $A=10$ см і період $T=4$ с. Початкова фаза $\varphi=0$. Знайти швидкість точки, коли її зміщення становить 5 см.
127. Матеріальна точка коливається за законом $x(t)=0.08\cos(5\pi t)$ м. Визначити швидкість точки в момент, коли її зміщення дорівнює 0.04 м.
128. Період гармонічного коливання $T=3$ с, максимальна швидкість $v_{\max}=0.5$ м/с. Знайти швидкість точки в момент, коли її зміщення становить половину амплітуди.
129. Точка здійснює гармонічні коливання з амплітудою $A=6$ см. Її швидкість у положенні рівноваги становить 0.3 м/с. Знайти швидкість точки, коли її зміщення дорівнює 3 см.
130. Для гармонічного коливання з рівнянням $x(t)=A\sin(\omega t)$, знайти швидкість точки, коли її координата $x = \frac{A}{\sqrt{2}}$.
131. Амплітуда гармонічного коливання $A=7$ см, кругова частота $\omega=3$ рад/с. Знайти швидкість точки в момент, коли її координата $x=4$ см.
132. Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо максимальне прискорення точки $a_{\max}=49.3$ см/с², період коливань $T=2$ с і зміщення точки від положення рівноваги в початковий момент часу $x_0=25$ мм.
133. Максимальне прискорення гармонічного коливання $a_{\max}=20$ см/с², період коливань $T=4$ с. У початковий момент часу точка знаходиться в положенні рівноваги. Написати рівняння коливального руху.

134. Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо максимальна швидкість точки $v_{\max}=0.6$ м/с, період коливань $T=3$ с, а в початковий момент часу зміщення точки дорівнює амплітуді.
135. Гармонічне коливання має кругову частоту $\omega=5$ рад/с. Максимальне прискорення $a_{\max}=1.25$ м/с². У початковий момент часу зміщення точки $x_0=0.1$ м. Написати рівняння коливань.
136. Визначити амплітуду і початкову фазу гармонічного коливання, якщо максимальне прискорення $a_{\max}=10$ м/с², період $T=1$ с, а в момент часу $t=0.25$ с зміщення точки дорівнює нулю.
137. Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо відомо, що максимальна швидкість точки $v_{\max}=0.3$ м/с, максимальне прискорення $a_{\max}=1.5$ м/с², а початкова фаза $\varphi=\pi/4$.
138. Для гармонічного коливання з періодом $T=0.5$ с, максимальне прискорення $a_{\max}=50$ см/с². У початковий момент часу точка знаходиться в положенні $x_0=-A/2$. Написати рівняння коливань.
139. Повна енергія тіла, що здійснює гармонічне коливальне рух, $W=30$ мкДж; максимальна сила, що діє на тіло, $N_{\max}=1.5$ мН. Написати рівняння руху цього тіла, якщо період коливань $T=2$ с і початкова фаза $\varphi=\pi/3$.
140. Повна енергія тіла, що здійснює гармонічні коливання, $W=10$ мкДж. Період коливань $T=4$ с, а початкова фаза $\varphi=0$. Якщо максимальна сила, що діє на тіло, становить 0.8 мН, написати рівняння руху тіла.
141. Максимальна сила, що діє на тіло, яке гармонічно коливається, $N_{\max}=2$ мН. Амплітуда коливань $A=3$ см. Знайти повну енергію коливань.
142. Тіло масою $m=50$ г здійснює гармонічні коливання. Повна енергія коливань $W=0.01$ Дж. Максимальне прискорення тіла $a_{\max}=10$ м/с². Написати рівняння руху, якщо початкова фаза $\varphi=\pi/6$.
143. Написати рівняння гармонічного коливального руху, якщо повна енергія коливань $W=50$ мкДж, максимальна швидкість $v_{\max}=0.2$ м/с. Період коливань $T=1$ с, а початкова фаза $\varphi=-\pi/4$.

144. Для тіла, що здійснює гармонічні коливання, відомі повна енергія $W=40$ мкДж і максимальна сила $N_{\max}=2.5$ мН. Знайти амплітуду коливань.
145. Тіло масою $m=100$ г здійснює гармонічні коливання з періодом $T=0.5$ с. Повна енергія коливань $W=20$ мДж. У початковий момент часу зміщення тіла дорівнює амплітуді. Написати рівняння руху.
146. Амплітуда гармонічних коливань матеріальної точки $A=2$ см, повна енергія коливань $W=0.3$ мкДж. При якому зміщенні x від положення рівноваги на коливну точку діє сила $N=22.5$ мкН?
147. Амплітуда гармонічних коливань $A=5$ см, повна енергія коливань $W=1.2$ мДж. Яка сила діє на точку, коли її зміщення становить 3 см?
148. Повна енергія гармонічних коливань $W=0.5$ мкДж, а максимальна сила, що діє на тіло, $N_{\max}=15$ мкН. Визначити зміщення, при якому сила, що діє на тіло, дорівнює 10 мкН.
149. Матеріальна точка здійснює гармонічні коливання з амплітудою $A=4$ см. Максимальна сила, що діє на неї, $N_{\max}=0.1$ мН. Знайти повну енергію коливань.
150. При якому зміщенні від положення рівноваги потенціальна енергія гармонічно коливної точки дорівнює її кінетичній енергії, якщо амплітуда коливань $A=6$ см?
151. Гармонічні коливання мають повну енергію $W=0.8$ мДж. Якщо амплітуда коливань $A=3$ см, знайти жорсткість пружини, на якій здійснюються коливання.
152. На матеріальну точку, що здійснює гармонічні коливання, діє сила $N=5$ мН при зміщенні $x=1$ см. Якщо амплітуда коливань $A=2.5$ см, знайти повну енергію коливань.
153. До пружини підвішено вантаж масою $m=10$ кг. Якщо пружина під дією сили $N=9.8$ Н розтягується на $l=1.5$ см, знайти період T вертикальних коливань вантажу.

154. Вантаж масою $m=0.5$ кг підвішено до пружини. Під дією сили $N=4.9$ Н пружина розтягується на 2 см. Визначити період вертикальних коливань цього вантажу.
155. Пружина жорсткістю $k=200$ Н/м підвішена вертикально. До неї прикріплений вантаж масою 0.2 кг. Знайти період вертикальних коливань системи.
156. Період вертикальних коливань вантажу масою 0.3 кг, підвішеного до пружини, становить 0.5 с. На скільки розтягнеться ця пружина під дією сили $N=10$ Н?
157. Вантаж масою 2 кг, підвішений до пружини, здійснює вертикальні коливання з періодом 1.2 с. Яка сила викликає розтягнення пружини на 3 см?
158. Якщо пружина розтягується на 2.5 см під дією сили $N=15$ Н, знайти масу вантажу, який необхідно підвісити до цієї пружини, щоб період вертикальних коливань становив 0.8 с.
159. На скільки зміниться період вертикальних коливань вантажу масою m , підвішеного до пружини, якщо жорсткість пружини збільшити в 4 рази?
160. До пружини підвішено вантаж. Максимальна кінетична енергія коливань вантажу $W_{\text{кmax}}=1$ Дж. Амплітуда коливань $A=5$ см. Знайти жорсткість k пружини.
161. Максимальна кінетична енергія гармонічних коливань пружинного маятника становить 0.5 Дж, а амплітуда коливань 10 см. Визначити жорсткість пружини.
162. Пружина жорсткістю 200 Н/м підвішена вертикально. До неї прикріплений вантаж масою 0.1 кг. Якщо амплітуда коливань 3 см, знайти максимальну кінетичну енергію коливань.
163. Вантаж масою 0.5 кг, підвішений до пружини, здійснює гармонічні коливання з амплітудою 8 см і періодом 0.6 с. Знайти максимальну кінетичну енергію коливань.

164. Жорсткість пружини $k=150$ Н/м. Якщо максимальна кінетична енергія коливань вантажу, підвішеного до неї, $W_{\text{кmax}}=0.8$ Дж, яка амплітуда коливань?
165. Визначити масу вантажу, підвішеного до пружини жорсткістю $k=100$ Н/м, якщо амплітуда коливань 4 см, а максимальна кінетична енергія $W_{\text{кmax}}=0.04$ Дж.
166. У скільки разів зміниться максимальна кінетична енергія коливань пружинного маятника, якщо амплітуду коливань збільшити вдвічі, а жорсткість пружини залишити незмінною?
167. Як зміниться період вертикальних коливань вантажу, висячого на двох однакових пружинах, якщо від послідовного з'єднання пружин перейти до паралельного їх з'єднання?
168. Дві однакові пружини жорсткістю k_0 кожна з'єднані послідовно. Потім їх з'єднують паралельно. Як зміниться загальна жорсткість системи?
169. До однієї пружини підвісили вантаж. Потім цей же вантаж підвісили до двох однакових пружин, з'єднаних паралельно. У скільки разів зміниться період коливань?
170. Якщо дві пружини з жорсткостями k_1 і k_2 з'єднані послідовно, а потім паралельно, в якому випадку період коливань вантажу, підвішеного до них, буде більшим?
171. Вантаж коливається на двох однакових пружинах, з'єднаних послідовно. Період коливань T_1 . Яким стане період коливань T_2 , якщо ці пружини з'єднати паралельно?
172. Маємо дві пружини з жорсткостями $k_1=100$ Н/м і $k_2=200$ Н/м. До них по черзі підвішують вантаж масою 0.5 кг, з'єднуючи пружини послідовно, а потім паралельно. Знайти періоди коливань у кожному випадку.
173. У скільки разів зменшиться період вертикальних коливань вантажу, якщо замість однієї пружини використати чотири однакові пружини, з'єднані паралельно?

174. До пружини підвішено вантаж масою $m=10$ кг. Якщо пружина під дією сили $N=9.8$ Н розтягується на $l=1.5$ см, знайти період T вертикальних коливань вантажу.
175. Вантаж масою $m=0.5$ кг підвішено до пружини. Під дією сили $N=4.9$ Н пружина розтягується на 2 см. Визначити період вертикальних коливань цього вантажу.
176. Пружина жорсткістю $k=200$ Н/м підвішена вертикально. До неї прикріплений вантаж масою 0.2 кг. Знайти період вертикальних коливань системи.
177. Період вертикальних коливань вантажу масою 0.3 кг, підвішеного до пружини, становить 0.5 с. На скільки розтягнеться ця пружина під дією сили $N=10$ Н?
178. Вантаж масою 2 кг, підвішений до пружини, здійснює вертикальні коливання з періодом 1.2 с. Яка сила викликає розтягнення пружини на 3 см?
179. Якщо пружина розтягується на 2.5 см під дією сили $N=15$ Н, знайти масу вантажу, який необхідно підвісити до цієї пружини, щоб період вертикальних коливань становив 0.8 с.
180. На скільки зміниться період вертикальних коливань вантажу масою m , підвішеного до пружини, якщо жорсткість пружини збільшити в 4 рази?
181. До пружини підвішено вантаж. Максимальна кінетична енергія коливань вантажу $W_{\text{кmax}}=1$ Дж. Амплітуда коливань $A=5$ см. Знайти жорсткість k пружини.
182. Максимальна кінетична енергія гармонічних коливань пружинного маятника становить 0.5 Дж, а амплітуда коливань 10 см. Визначити жорсткість пружини.
183. Пружина жорсткістю 200 Н/м підвішена вертикально. До неї прикріплений вантаж масою 0.1 кг. Якщо амплітуда коливань 3 см, знайти максимальну кінетичну енергію коливань.

184. Вантаж масою 0.5 кг, підвішений до пружини, здійснює гармонічні коливання з амплітудою 8 см і періодом 0.6 с. Знайти максимальну кінетичну енергію коливань.
185. Жорсткість пружини $k=150$ Н/м. Якщо максимальна кінетична енергія коливань вантажу, підвішеного до неї, $W_{kmax}=0.8$ Дж, яка амплітуда коливань?
186. Визначити масу вантажу, підвішеного до пружини жорсткістю $k=100$ Н/м, якщо амплітуда коливань 4 см, а максимальна кінетична енергія $W_{kmax}=0.04$ Дж.
187. У скільки разів зміниться максимальна кінетична енергія коливань пружинного маятника, якщо амплітуду коливань збільшити вдвічі, а жорсткість пружини залишити незмінною?
188. Як зміниться період вертикальних коливань вантажу, висячого на двох однакових пружинах, якщо від послідовного з'єднання пружин перейти до паралельного їх з'єднання?
189. Дві однакові пружини жорсткістю k_0 кожна з'єднані послідовно. Потім їх з'єднують паралельно. Як зміниться загальна жорсткість системи?
190. До однієї пружини підвісили вантаж. Потім цей же вантаж підвісили до двох однакових пружин, з'єднаних паралельно. У скільки разів зміниться період коливань?
191. Якщо дві пружини з жорсткостями k_1 і k_2 з'єднані послідовно, а потім паралельно, в якому випадку період коливань вантажу, підвішеного до них, буде більшим?
192. Вантаж коливається на двох однакових пружинах, з'єднаних послідовно. Період коливань T_1 . Яким стане період коливань T_2 , якщо ці пружини з'єднати паралельно?
193. Маємо дві пружини з жорсткостями $k_1=100$ Н/м і $k_2=200$ Н/м. До них по черзі підвішують вантаж масою 0.5 кг, з'єднуючи пружини послідовно, а потім паралельно. Знайти періоди коливань у кожному випадку.

194. У скільки разів зменшиться період вертикальних коливань вантажу, якщо замість однієї пружини використати чотири однакові пружини, з'єднані паралельно?
195. Звукові коливання з частотою $\nu=500$ Гц та амплітудою $A=0.25$ см поширюються в повітрі. Довжина хвилі $\lambda=70$ см. Знайти швидкість поширення коливань та максимальну швидкість v_{\max} частинок повітря.
196. Звукова хвиля має частоту $\nu=440$ Гц і довжину хвилі $\lambda=0.75$ м. Визначити швидкість поширення цієї хвилі та максимальну швидкість коливань частинок середовища, якщо амплітуда коливань $A=0.1$ см.
197. Хвиля поширюється зі швидкістю 340 м/с, а частота коливань джерела $\nu=680$ Гц. Знайти довжину хвилі та максимальну швидкість коливань частинок середовища, якщо амплітуда $A=0.5$ мм.
198. Максимальна швидкість коливань частинок у звуковій хвилі становить $v_{\max}=1.5$ м/с. Якщо амплітуда коливань $A=0.2$ см, а швидкість поширення хвилі $c=330$ м/с, знайти частоту коливань та довжину хвилі.
199. Хвиля поширюється зі швидкістю $c=1200$ м/с. Амплітуда коливань частинок $A=0.15$ см, а максимальна швидкість коливань $v_{\max}=3$ м/с. Визначити частоту хвилі та її довжину.
200. Якщо довжина звукової хвилі $\lambda=80$ см, а максимальна швидкість частинок $v_{\max}=2$ м/с, при амплітуді коливань $A=0.4$ см, знайти швидкість поширення звуку.
201. Звукові коливання поширюються в середовищі. Частота коливань $\nu=1000$ Гц. Амплітуда коливань $A=0.1$ см. Якщо швидкість поширення звуку в цьому середовищі $c=350$ м/с, обчислити довжину хвилі та максимальну швидкість частинок.
202. Рівняння незатухаючих коливань має вигляд $x=10\sin\pi/2 \cdot t$ см. Знайти рівняння хвилі, якщо швидкість поширення коливань $c=300$ м/с. Написати та зобразити графічно рівняння коливання для точки, віддаленої на відстані $l=600$ м від джерела коливань. Написати та зобразити графічно рівняння коливання для точок хвилі в момент часу $t=4$ с після початку коливань.

203. Рівняння коливань джерела $x(t)=5\sin(4\pi t)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=200$ м/с. Написати рівняння хвилі. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=100$ м від джерела, в момент часу $t=10$ с.
204. Хвиля поширюється за законом $x(t,z)=0.02\sin(3\pi t-0.01\pi z)$ м. Визначити амплітуду, період, довжину хвилі та швидкість її поширення.
205. Рівняння коливань джерела $x(t)=0.1\cos(2\pi t)$ м. Довжина хвилі $\lambda=5$ м. Написати рівняння хвилі. Побудувати графік коливань для точки $z=2.5$ м.
206. Задано рівняння хвилі $x(t,z)=0.03\sin(6t-2z)$ м. Визначити швидкість поширення хвилі. Знайти зміщення точки, розташованої на відстані $z=1$ м від джерела, в момент часу $t=0.5$ с.
207. Джерело здійснює гармонічні коливання за законом $x(t)=A\cos(\omega t)$. Швидкість поширення хвилі c . Написати рівняння хвилі. Побудувати графік хвилі в момент часу $t=0$, якщо $A=5$ см, $\omega=\pi$ рад/с, $c=10$ м/с.
208. Рівняння незатухаючих коливань джерела $x(t)=8\sin(\pi t/3)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=150$ м/с. Знайти зміщення точки, віддаленої на $l=450$ м від джерела, в момент часу $t=3$ с.
209. Рівняння незатухаючих коливань має вигляд $x=4\sin 600\pi t$ см. Знайти зміщення x від положення рівноваги точки, що знаходиться на відстані $l=75$ см від джерела коливань, для моменту часу $t=0.01$ с після початку коливань. Швидкість поширення коливань $c=300$ м/с.
210. Рівняння коливань джерела $x(t)=0.05\sin(100\pi t)$ м. Швидкість поширення хвилі $c=20$ м/с. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.1$ м від джерела, в момент часу $t=0.02$ с.
211. Хвиля поширюється за законом $x(t,z)=A\sin(\omega t-kz)$. Якщо $A=10$ см, $\omega=200\pi$ рад/с, $k=4\pi$ м⁻¹. Знайти зміщення точки на відстані $z=0.25$ м в момент часу $t=0.01$ с.
212. Джерело коливається за законом $x(t)=2\cos(40\pi t)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=80$ м/с. Знайти зміщення точки на відстані $l=1.5$ м від джерела в момент часу $t=0.1$ с.

213. Рівняння незатухаючих коливань джерела $x(t)=0.01\sin(50\pi t)$ м. Довжина хвилі $\lambda=0.4$ м. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.3$ м від джерела, в момент часу $t=0.03$ с.
214. Швидкість поширення хвилі $c=100$ м/с. Частота коливань джерела $\nu=50$ Гц, амплітуда $A=5$ см. У початковий момент часу джерело знаходиться в положенні рівноваги. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.7$ м від джерела, в момент часу $t=0.015$ с.
215. Хвиля поширюється від джерела, яке здійснює коливання за рівнянням $x(t)=A\sin(\omega t)$. Якщо $A=3$ см, $\omega=300\pi$ рад/с і швидкість поширення $c=150$ м/с, знайти зміщення точки, яка віддалена від джерела на $l=0.5$ м, в момент часу $t=0.005$ с.
216. Звукові коливання з частотою $\nu=500$ Гц та амплітудою $A=0.25$ см поширюються в повітрі. Довжина хвилі $\lambda=70$ см. Знайти швидкість поширення коливань та максимальну швидкість v_{\max} частинок повітря.
217. Звукова хвиля має частоту $\nu=440$ Гц і довжину хвилі $\lambda=0.75$ м. Визначити швидкість поширення цієї хвилі та максимальну швидкість коливань частинок середовища, якщо амплітуда коливань $A=0.1$ см.
218. Хвиля поширюється зі швидкістю 340 м/с, а частота коливань джерела $\nu=680$ Гц. Знайти довжину хвилі та максимальну швидкість коливань частинок середовища, якщо амплітуда $A=0.5$ мм.
219. Максимальна швидкість коливань частинок у звуковій хвилі становить $v_{\max}=1.5$ м/с. Якщо амплітуда коливань $A=0.2$ см, а швидкість поширення хвилі $c=330$ м/с, знайти частоту коливань та довжину хвилі.
220. Хвиля поширюється зі швидкістю $c=1200$ м/с. Амплітуда коливань частинок $A=0.15$ см, а максимальна швидкість коливань $v_{\max}=3$ м/с. Визначити частоту хвилі та її довжину.
221. Якщо довжина звукової хвилі $\lambda=80$ см, а максимальна швидкість частинок $v_{\max}=2$ м/с, при амплітуді коливань $A=0.4$ см, знайти швидкість поширення звуку.

222. Звукові коливання поширюються в середовищі. Частота коливань $\nu=1000$ Гц. Амплітуда коливань $A=0.1$ см. Якщо швидкість поширення звуку в цьому середовищі $c=350$ м/с, обчислити довжину хвилі та максимальну швидкість частинок.
223. Рівняння незатухаючих коливань має вигляд $x=10\sin\pi/2 \cdot t$ см. Знайти рівняння хвилі, якщо швидкість поширення коливань $c=300$ м/с. Написати та зобразити графічно рівняння коливання для точки, віддаленої на відстані $l=600$ м від джерела коливань. Написати та зобразити графічно рівняння коливання для точок хвилі в момент часу $t=4$ с після початку коливань.
224. Рівняння коливань джерела $x(t)=5\sin(4\pi t)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=200$ м/с. Написати рівняння хвилі. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=100$ м від джерела, в момент часу $t=10$ с.
225. Хвиля поширюється за законом $x(t,z)=0.02\sin(3\pi t-0.01\pi z)$ м. Визначити амплітуду, період, довжину хвилі та швидкість її поширення.
226. Рівняння коливань джерела $x(t)=0.1\cos(2\pi t)$ м. Довжина хвилі $\lambda=5$ м. Написати рівняння хвилі. Побудувати графік коливань для точки $z=2.5$ м.
227. Задано рівняння хвилі $x(t,z)=0.03\sin(6t-2z)$ м. Визначити швидкість поширення хвилі. Знайти зміщення точки, розташованої на відстані $z=1$ м від джерела, в момент часу $t=0.5$ с.
228. Джерело здійснює гармонічні коливання за законом $x(t)=A\cos(\omega t)$. Швидкість поширення хвилі c . Написати рівняння хвилі. Побудувати графік хвилі в момент часу $t=0$, якщо $A=5$ см, $\omega=\pi$ рад/с, $c=10$ м/с.
229. Рівняння незатухаючих коливань джерела $x(t)=8\sin(\pi t/3)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=150$ м/с. Знайти зміщення точки, віддаленої на $l=450$ м від джерела, в момент часу $t=3$ с.
230. Завдання 12.59. Рівняння незатухаючих коливань має вигляд $x=4\sin 600\pi t$ см. Знайти зміщення x від положення рівноваги точки, що знаходиться на відстані $l=75$ см від джерела коливань, для моменту часу $t=0.01$ с після початку коливань. Швидкість поширення коливань $c=300$ м/с.

231. Рівняння коливань джерела $x(t)=0.05\sin(100\pi t)$ м. Швидкість поширення хвилі $c=20$ м/с. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.1$ м від джерела, в момент часу $t=0.02$ с.
232. Хвиля поширюється за законом $x(t,z)=A\sin(\omega t-kz)$. Якщо $A=10$ см, $\omega=200\pi$ рад/с, $k=4\pi$ м⁻¹. Знайти зміщення точки на відстані $z=0.25$ м в момент часу $t=0.01$ с.
233. Джерело коливається за законом $x(t)=2\cos(40\pi t)$ см. Швидкість поширення хвилі $c=80$ м/с. Знайти зміщення точки на відстані $l=1.5$ м від джерела в момент часу $t=0.1$ с.
234. Рівняння незатухаючих коливань джерела $x(t)=0.01\sin(50\pi t)$ м. Довжина хвилі $\lambda=0.4$ м. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.3$ м від джерела, в момент часу $t=0.03$ с.
235. Швидкість поширення хвилі $c=100$ м/с. Частота коливань джерела $\nu=50$ Гц, амплітуда $A=5$ см. У початковий момент часу джерело знаходиться в положенні рівноваги. Знайти зміщення точки, що знаходиться на відстані $l=0.7$ м від джерела, в момент часу $t=0.015$ с.
236. Хвиля поширюється від джерела, яке здійснює коливання за рівнянням $x(t)=A\sin(\omega t)$. Якщо $A=3$ см, $\omega=300\pi$ рад/с і швидкість поширення $c=150$ м/с, знайти зміщення точки, яка віддалена від джерела на $l=0.5$ м, в момент часу $t=0.005$ с.

Звукові коливання

$$v = \lambda \nu$$

Де λ – довжина хвилі.

Швидкість розповсюдження поперечних хвиль в тонких стержнях:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

де E – модуль Юнга середовища, ρ – густина середовища.

Швидкість розповсюдження поперечних хвиль:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

де G – модуль зсуву.

Швидкість поперечних хвиль в необмеженому пружному середовищі

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

де k – модуль тиску.

Рівень гучності звуку, дБ:

$$L_N = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Де I – інтенсивність звуку, I_0 – порогова інтенсивність.

Акустичний ефекти Доплера:

$$\nu' = \frac{c \pm v}{c \pm u} \nu$$

де c – швидкість звуку, v – швидкість слухача, u – швидкість джерела звуку, ν – частота звука джерела. Логарифмічний декремент затухання:

$$\Theta = \ln\left(\frac{A_n}{A_{n+1}}\right) = \beta T$$

Період малих коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

де l — довжина маятника, g — прискорення вільного падіння.

Період коливань тіла на пружині:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

де m — маса, k — жорсткість пружини.

Період малих коливань фізичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

де $L = \frac{I}{md}$ - приведена довжина фізичного маятника, I — момент інерції, m — маса, d — відстань від центру мас до осі обертання.

Період крутильних коливань:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k}}$$

де I — момент інерції, $k = \frac{M}{\varphi}$ (M — момент сили, φ кут закручування).

Період затухаючих коливань:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \beta^2}}$$

де $\beta = \frac{r}{2m}$ — коефіцієнт затухання.

Амплітуда вимушених коливань при силі $F = F_0 \cos(\omega t)$

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 - 4\beta^2 \omega^2}}$$

де $f_0 = \frac{F_0}{m}$, $\omega_0 = 2\pi\nu_0$.

Період коливань однорідної струни:

$$T = 2l \sqrt{\frac{m}{F}}$$

де l — довжина струни, m — маса одиниці довжини, F — сила натягу.

Повна енергія матеріальної точки, що здійснює гармонічні коливання:

$$E = E_k + E_p = \frac{m \omega^2 A^2}{2}$$

Швидкість розповсюдження хвилі:

$$v = \lambda \nu$$

Де λ – довжина хвилі.

Швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль в тонких стержнях:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

де E – модуль Юнга середовища, ρ – густина середовища.

Швидкість розповсюдження поперечних хвиль:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

де G – модуль зсуву.

Швидкість поздовжніх хвиль в необмеженому пружному середовищі

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

де k – модуль тиску.

Рівень гучності звуку, дБ:

$$L_N = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Де I – інтенсивність звуку, I_0 – порогова інтенсивність.

Акустичний ефекти Доплера:

$$\nu' = \frac{c \pm v}{c \pm u} \nu$$

де c – швидкість звуку, v – швидкість слухача, u – швидкість джерела звуку, ν – частота звука джерела.

1. Знайти довжину хвилі λ основного тону ля (частота $\nu=435$ Гц). Швидкість поширення звуку в повітрі $c=340$ м/с.

2. Звукова хвиля має частоту $\nu=262$ Гц (нота до). Яка її довжина хвилі в повітрі, якщо швидкість звуку $c=343$ м/с?
3. Довжина звукової хвилі в повітрі становить 0.8 м. Якщо швидкість звуку $c=340$ м/с, яка частота цієї хвилі?
4. Якщо джерело звуку коливається з частотою 100 Гц і довжина хвилі в певному середовищі 3.3 м, яка швидкість поширення звуку в цьому середовищі?
5. Знайти частоту звукової хвилі, якщо її довжина хвилі в повітрі 0.5 м, а швидкість звуку $c=340$ м/с.
6. На якій частоті коливається джерело звуку, якщо воно створює хвилю довжиною 1.7 м в повітрі зі швидкістю поширення 340 м/с?
7. Швидкість звуку в воді приблизно 1500 м/с. Яка довжина хвилі звуку з частотою 1000 Гц у воді?
8. Людське вухо може сприймати звуки частотою приблизно від $\nu_1=20$ Гц до $\nu_2=20000$ Гц. Між якими довжинами хвиль лежить інтервал чутності звукових коливань? Швидкість поширення звуку в повітрі $c=340$ м/с.
9. Визначити діапазон довжин хвиль, які сприймає людське вухо, якщо швидкість поширення звуку в повітрі становить 330 м/с.
10. Кажан випромінює ультразвук з частотою 80 кГц. Яка довжина хвилі цього звуку в повітрі, якщо швидкість звуку 340 м/с? Чи сприймає цей звук людське вухо?
11. Інфразвук має частоту 10 Гц. Яка довжина його хвилі в повітрі ($c=340$ м/с)? Чи належить він до чутного діапазону?
12. Якщо діапазон довжин хвиль, які сприймає людське вухо, знаходиться в межах від 1.7 см до 17 м, яка приблизна швидкість поширення звуку в середовищі?
13. Для морських тварин діапазон чутності може відрізнятися. Якщо вони сприймають звуки від 100 Гц до 150 кГц, а швидкість звуку в воді 1500 м/с, який діапазон довжин хвиль для них?

14. Яка найменша частота звуку, який може сприймати людське вухо, якщо найбільша довжина хвилі, яку воно розрізняє, становить 17 м? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
15. Знайти швидкість c поширення звуку в сталі.
16. Швидкість поширення звуку в воді приблизно 1480 м/с. За який час звук подолає відстань 1.5 км у воді?
17. Яка густина середовища, якщо швидкість поширення звуку в ньому 500 м/с, а модуль Юнга $2 \cdot 10^9$ Па?
18. Визначити швидкість поширення звуку в міді, якщо її модуль Юнга $11 \cdot 10^{10}$ Па, а густина 8960 кг/м³.
19. Звук поширюється в алюмінії зі швидкістю 6420 м/с. Яка частота звуку, якщо його довжина хвилі в алюмінії 3.21 м?
20. За який час звуковий сигнал, що поширюється в сталі зі швидкістю 5100 м/с, подолає відстань 10 км?
21. Порівняйте швидкість звуку в повітрі (340 м/с) та в сталі (5100 м/с). У скільки разів звук швидше поширюється в сталі?
22. Два потяги рухаються назустріч один одному зі швидкостями $v_1=72$ км/год і $v_2=54$ км/год. Перший потяг подає свисток з частотою $\nu=600$ Гц. Знайти частоту ν' коливань звуку, яку чує пасажир другого потяга: а) перед зустріччю потягів; б) після зустрічі потягів. Швидкість поширення звуку в повітрі $c=340$ м/с.
23. Автомобіль рухається зі швидкістю 72 км/год, наближаючись до стіни. Водій подає звуковий сигнал частотою 500 Гц. Яку частоту чує водій відбитого сигналу? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
24. Джерело звуку з частотою 1000 Гц віддаляється від нерухомого спостерігача зі швидкістю 30 м/с. Яку частоту звуку чує спостерігач? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
25. Спостерігач рухається зі швидкістю 20 м/с назустріч нерухомому джерелу звуку частотою 800 Гц. Яку частоту звуку чує спостерігач? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.

26. Літак летить зі швидкістю 360 км/год. Він пролітає над нерухомим спостерігачем, який чує звук сирени літака. Яку частоту звуку чує спостерігач, коли літак наближається, а потім віддаляється, якщо власна частота сирени 400 Гц? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
27. Два кораблі рухаються паралельними курсами в одному напрямку. Перший корабель рухається зі швидкістю 50 км/год і подає гудок частотою 200 Гц. Другий корабель рухається зі швидкістю 30 км/год. Яку частоту гудка чує пасажир другого корабля? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
28. Поліцейська машина з увімкненою сиреною (частота 700 Гц) рухається зі швидкістю 90 км/год. Яку частоту чує нерухомий пішохід: а) коли машина наближається; б) коли машина віддаляється? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
29. Коли потяг проходить повз нерухомого спостерігача, частота тону гудка паровоза змінюється стрибком. Який відсоток від істинної частоти тону становить стрибок частоти, якщо потяг рухається зі швидкістю $v=60$ км/год?
30. Автомобіль рухається зі швидкістю 72 км/год. Який відсоток від істинної частоти сирени становить зміна частоти, яку чує нерухомий спостерігач, коли автомобіль проїжджає повз нього? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с.
31. Джерело звуку рухається зі швидкістю 40 м/с. Знайти відносний стрибок частоти (у відсотках), який спостерігається при проходженні джерела повз нерухомого спостерігача. Швидкість звуку 340 м/с.
32. Спостерігач стоїть на платформі, повз яку проїжджає потяг. Коли потяг наближається, спостерігач чує частоту ν_1 , а коли віддаляється – ν_2 . Якщо $\nu_1/\nu_2=1.1$, з якою швидкістю рухається потяг? Швидкість звуку 340 м/с.
33. Частота звукового сигналу, що сприймається нерухомим спостерігачем, збільшується на 10% при наближенні джерела. З якою швидкістю рухається джерело? Швидкість звуку 340 м/с.

34. Потяг, що рухається зі швидкістю v , наближається до тунелю. Яку відносну зміну частоти звуку (в відсотках) чує людина в тунелі від відбитого сигналу порівняно з початковим сигналом? Швидкість звуку 340 м/с.

35. Визначити відносний стрибок частоти звуку (у відсотках), що спостерігається при проходженні джерела повз нерухомого спостерігача, якщо швидкість джерела становить 0.1 від швидкості звуку.

Електричні коливання. Змінний струм.

.....
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - власна циклічна частота електромагнітного контура

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$, $\beta = \frac{R}{2L}$ - циклічна частота загасаючих коливань у послідовному контурі

$\delta = \beta T$, $Q = \frac{\pi}{\delta}$ - логарифмічний декремент загасання та добротність контуру

$X_L = \omega L$, $X_C = \frac{1}{\omega C}$, $X = X_L - X_C$, $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$.
- Індуктивний, ємнісний

та повний опір кола

$I_m = \frac{U_m}{Z}$ - закон Ома для змінного струму

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$, $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ - діючі значення сили струму та напруги для синусоїдального струму

$P = UI \cos \varphi$ - потужність в колі синусоїдального струму

$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$; $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$ - зсув фаз між струмом та напругою в колі синусоїдального струму

1. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=888$ пФ і котушки з індуктивністю $L=2$ мГн. На яку довжину хвилі λ налаштований контур?

2. Коливальний контур містить конденсатор ємністю $C=100$ пФ та котушку індуктивністю $L=0.5$ мГн. На яку частоту власних коливань налаштований цей контур?

3. Визначити індуктивність котушки коливального контуру, якщо він налаштований на прийом радіохвиль довжиною 300 м, а ємність конденсатора $C=150$ пФ.

4. На яку ємність конденсатора розрахований коливальний контур, якщо він повинен приймати радіохвилі довжиною 600 м, а індуктивність котушки $L=3$ мГн?
5. Коливальний контур налаштований на довжину хвилі 100 м. Якщо індуктивність котушки $L=1$ мГн, знайти ємність конденсатора.
6. Частота власних коливань коливального контуру становить 500 кГц. Індуктивність котушки $L=4$ мГн. Визначити ємність конденсатора контуру.
7. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=500$ пФ і котушки з індуктивністю $L=0.2$ мГн. Яка довжина електромагнітної хвилі, що випромінюється цим контуром?
8. На який діапазон довжин хвиль можна налаштувати коливальний контур, якщо його індуктивність $L=2$ мГн, а ємність може змінюватись від $C_1=69$ пФ до $C_2=533$ пФ?
9. Коливальний контур має індуктивність $L=1.5$ мГн. Ємність конденсатора може змінюватись від 50 пФ до 400 пФ. Визначити діапазон частот власних коливань цього контуру.
10. На радіоприймачі встановлено змінний конденсатор, ємність якого змінюється від 100 пФ до 900 пФ. Який діапазон довжин радіохвиль може приймати приймач, якщо індуктивність його котушки $L=0.8$ мГн?
11. Коливальний контур налаштований на діапазон частот від 1 МГц до 5 МГц. Якщо ємність конденсатора може змінюватись від 10 пФ до 250 пФ, яка індуктивність котушки?
12. Який діапазон довжин хвиль може бути прийнятий коливальним контуром, якщо індуктивність його котушки $L=0.5$ мГн, а ємність конденсатора змінюється від 20 пФ до 320 пФ?
13. Коливальний контур повинен перекивати діапазон довжин хвиль від 200 м до 600 м. Якщо мінімальна ємність конденсатора $C_{\min}=20$ пФ, яка повинна бути максимальна ємність C_{\max} та індуктивність L котушки?

14. Ємність змінного конденсатора змінюється в 16 разів. У скільки разів зміниться діапазон довжин хвиль, на який можна налаштувати коливальний контур, якщо індуктивність котушки не змінюється?
15. Яку індуктивність L треба включити в коливальний контур, щоб при ємності $C=2$ мкФ отримати частоту $\nu=1000$ Гц?
16. 14.3.1. Яку ємність конденсатора необхідно підключити до котушки індуктивністю 0.1 Гн, щоб коливальний контур мав частоту власних коливань 500 Гц?
17. Коливальний контур налаштований на резонансну частоту 10 кГц. Якщо індуктивність котушки $L=0.1$ Гн, знайти ємність конденсатора.
18. Визначити частоту власних коливань коливального контуру, якщо він складається з конденсатора ємністю 100 нФ та котушки індуктивністю 25 мГн.
19. Для отримання радіосигналу з довжиною хвилі 150 м використовується коливальний контур з конденсатором ємністю 300 пФ. Яка індуктивність котушки потрібна для цього контуру?
20. Яку індуктивність треба включити в коливальний контур з конденсатором ємністю 5 нФ, щоб отримати період власних коливань $2 \cdot 10^{-4}$ с?
21. Коливальний контур має період власних коливань 0.001 с. Якщо індуктивність котушки $L=10$ мГн, яка ємність конденсатора в цьому контурі?
22. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=25$ нФ і котушки з індуктивністю $L=1.015$ Гн. Обкладки конденсатора мають заряд $q=2.5$ мкКл. Написати рівняння (з числовими коефіцієнтами) зміни різниці потенціалів U на обкладках конденсатора і струму I в колі. Знайти різницю потенціалів на обкладках конденсатора і струм в колі в моменти часу $T/8$, $T/4$ і $T/2$. Побудувати графіки цих залежностей в межах одного періоду.
23. Коливальний контур має ємність $C=10$ нФ і індуктивність $L=0.4$ Гн. Максимальний заряд на конденсаторі $q_{\max}=1$ мкКл. Написати рівняння

залежності заряду, напруги та струму від часу. Знайти значення заряду, напруги та струму в моменти $T/6$ і $T/3$.

24. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=50$ пФ і котушки індуктивністю $L=2$ мГн. Якщо максимальна напруга на конденсаторі $U_{\max}=100$ В, написати рівняння зміни напруги і струму в контурі.

25. Амплітуда коливань струму в коливальному контурі $I_{\max}=0.5$ А. Індуктивність котушки $L=0.1$ Гн, а ємність конденсатора $C=20$ нФ. Записати рівняння для струму та заряду. Знайти значення струму та заряду в момент часу, коли напруга на конденсаторі максимальна.

26. Коливальний контур з ємністю $C=100$ нФ і індуктивністю $L=0.2$ Гн має максимальний заряд на конденсаторі $q_{\max}=3$ мкКл. Побудувати графіки залежності енергії електричного поля конденсатора та енергії магнітного поля котушки від часу в межах одного періоду.

27. Для коливального контуру, що складається з $C=1$ мкФ і $L=1$ Гн, початкова фаза коливань $\varphi=0$. Максимальний струм у контурі $I_{\max}=0.1$ А. Написати рівняння зміни заряду на конденсаторі та напруги на ньому.

28. У коливальному контурі максимальна напруга на конденсаторі $U_{\max}=200$ В, а максимальний струм $I_{\max}=0.2$ А. Частота власних коливань контуру $\nu=500$ Гц. Визначити ємність конденсатора та індуктивність котушки. Написати рівняння для напруги і струму.

29. Рівняння зміни з часом різниці потенціалів на обкладках конденсатора в коливальному контурі має вигляд $U=50\cos 104\pi t$ В. Ємність конденсатора $C=0.1$ мкФ. Знайти період T коливань, індуктивність L контуру, закон зміни з часом t струму I в колі і довжину хвилі λ , що відповідає цьому контуру.

30. Рівняння коливань напруги в коливальному контурі $U(t)=120\sin(2000\pi t)$ В. Ємність конденсатора $C=0.5$ мкФ. Визначити період коливань, індуктивність контуру, рівняння зміни струму в колі та відповідну довжину хвилі.

31. Коливальний контур має індуктивність $L=0.2$ Гн і конденсатор ємністю $C=0.05$ мкФ. Максимальна напруга на конденсаторі $U_{\max}=80$ В. Написати рівняння зміни напруги на конденсаторі та струму в колі.
32. Рівняння струму в коливальному контурі $I(t)=0.4\cos(500\pi t)$ А. Ємність конденсатора $C=2$ мкФ. Знайти період коливань, індуктивність контуру, максимальну напругу на конденсаторі та довжину хвилі.
33. Напруга на обкладках конденсатора в коливальному контурі змінюється за законом $U(t)=100\cos(105t)$ В. Якщо індуктивність контуру $L=10$ мГн, знайти ємність конденсатора, максимальний струм та довжину хвилі.
34. Коливальний контур настроєний на довжину хвилі 300 м. Максимальна напруга на конденсаторі $U_{\max}=60$ В, а ємність конденсатора $C=200$ пФ. Записати рівняння зміни напруги та струму.
35. Рівняння зміни напруги в коливальному контурі $U(t)=U_{\max}\cos(\omega t)$. Якщо період коливань $T=10$ мс, індуктивність $L=0.1$ Гн, а максимальна напруга $U_{\max}=20$ В, написати повне рівняння зміни напруги та струму, а також знайти відповідну довжину хвилі.
36. Рівняння зміни з часом струму в коливальному контурі має вигляд $I=-0.02\sin 400\pi t$ А. Індуктивність контуру $L=1$ Гн. Знайти період T коливань, ємність C контуру, максимальну енергію W_m магнітного поля і максимальну енергію W_{el} електричного поля.
37. Струм у коливальному контурі змінюється за законом $I(t)=0.1\cos(200\pi t)$ А. Ємність конденсатора $C=5$ мкФ. Знайти період коливань, індуктивність контуру, максимальну енергію магнітного поля та максимальну енергію електричного поля.
38. Рівняння коливань напруги на конденсаторі в коливальному контурі $U(t)=40\sin(500\pi t)$ В. Ємність конденсатора $C=10$ нФ. Знайти індуктивність контуру, максимальний струм, максимальну енергію електричного поля та магнітного поля.

39. Максимальний струм у коливальному контурі $I_{\max}=0.05$ А. Індуктивність котушки $L=0.8$ Гн. Частота власних коливань $\nu=25$ Гц. Знайти ємність конденсатора та повну енергію коливань.
40. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=2$ мкФ і котушки індуктивністю $L=0.5$ Гн. Максимальна енергія електричного поля $W_{\text{ел}}=0.01$ Дж. Написати рівняння зміни струму в контурі.
41. Струм у коливальному контурі задано рівнянням $I(t)=I_{\max}\sin(\omega t)$. Якщо $I_{\max}=0.03$ А, $\omega=1000$ рад/с, а ємність конденсатора $C=100$ мкФ, знайти індуктивність котушки та повну енергію коливань.
42. У коливальному контурі максимальна енергія магнітного поля $W_{\text{м}}=0.02$ Дж. Період коливань $T=0.01$ с. Якщо амплітуда струму $I_{\max}=0.4$ А, знайти індуктивність котушки та ємність конденсатора.
43. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=405$ нФ, котушки з індуктивністю $L=10$ мГн і опору $R=2$ Ом. У скільки разів зменшиться різниця потенціалів на обкладках конденсатора за один період коливань?
44. Коливальний контур містить конденсатор ємністю 100 нФ, котушку індуктивністю 5 мГн та активний опір 1 Ом. У скільки разів зменшиться амплітуда коливань струму в контурі за один період?
45. Затухаючі коливання в контурі характеризуються логарифмічним декрементом загасання $\delta=0.02$. У скільки разів зменшиться амплітуда коливань напруги на конденсаторі за 5 періодів?
46. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю 200 нФ, котушки індуктивністю 8 мГн і опору 0.5 Ом. Знайти час, за який амплітуда коливань напруги на конденсаторі зменшиться вдвічі.
47. Добротність коливального контуру $Q=100$. У скільки разів зменшиться амплітуда коливань заряду на конденсаторі за один період?
48. Амплітуда напруги на конденсаторі в коливальному контурі зменшилася в 1.5 рази за один період коливань. Визначити логарифмічний декремент загасання.

49. Коливальний контур має ємність $C=500$ пФ, індуктивність $L=20$ мГн і опір $R=5$ Ом. Знайти число коливань, за яке енергія контуру зменшиться в e разів.
50. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=2.22$ нФ і котушки довжиною $l=20$ см з мідного дроту діаметром $d=0.5$ мм. Знайти логарифмічний декремент затухання k коливань.
51. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю 10 нФ і котушки з індуктивністю 50 мГн, намотаної мідним дротом діаметром 0.2 мм, довжиною 1 м. Знайти логарифмічний декремент загасання коливань. (Питомий опір міді $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
52. Логарифмічний декремент загасання коливального контуру становить 0.01 . Якщо період коливань $T=10$ мкс, знайти коефіцієнт загасання.
53. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю $C=1$ мкФ, котушки індуктивністю $L=0.1$ Гн і активного опору $R=0.1$ Ом. Визначити логарифмічний декремент загасання.
54. Якщо логарифмічний декремент загасання коливань дорівнює 0.05 , а амплітуда коливань зменшується вдвічі, скільки періодів пройшло?
55. Коливальний контур має ємність $C=4.44$ нФ. Котушка індуктивності виконана з алюмінієвого дроту (діаметр 1 мм, довжина 50 см). Знайти логарифмічний декремент загасання, якщо індуктивність котушки $L=5$ мГн. (Питомий опір алюмінію $\rho=2.8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).
56. В коливальному контурі за 100 коливань амплітуда струму зменшилася в 2.72 рази. Знайти логарифмічний декремент загасання.
57. Котушка довжиною $l=25$ см і радіусом $r=2$ см має обмотку з $N=1000$ витків мідної проволочки, площа поперечного перерізу якої $s=1$ мм². Котушка включена в ланцюг змінного струму частотою $\nu=50$ Гц. Яку частину повного опору Z котушки складають активний опір R та індуктивний опір X_L ?
58. Котушка індуктивності має $N=500$ витків мідного дроту діаметром $d=0.8$ мм. Довжина котушки $l=15$ см, радіус $r=1.5$ см. Котушка підключена до

джерела змінного струму частотою 100 Гц. Визначити активний та індуктивний опори котушки. (Питомий опір міді $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).

59. Обмотка котушки індуктивністю $L=0.1$ Гн має опір $R=5$ Ом. Котушка підключена до мережі змінного струму частотою 50 Гц. Знайти повний опір котушки.

60. Котушка з індуктивністю $L=20$ мГн має активний опір $R=10$ Ом. При якій частоті змінного струму індуктивний опір котушки буде дорівнювати її активному опору?

61. Активний опір котушки становить $R=2.5$ Ом, а її індуктивний опір $X_L=6$ Ом на частоті 400 Гц. Яка індуктивність котушки та її повний опір?

62. Котушка включена в коло змінного струму частотою 60 Гц. Повний опір котушки $Z=13$ Ом, а її активний опір $R=5$ Ом. Визначити індуктивність котушки.

63. До джерела змінного струму з частотою 200 Гц підключена котушка з індуктивністю $L=0.08$ Гн. Якщо опір дроту котушки $R=3$ Ом, знайти, у скільки разів індуктивний опір більший за активний.

64. Конденсатор ємністю $C=20$ мкФ і резистор, опір якого $R=150$ Ом, включені послідовно в ланцюг змінного струму частотою $\nu=50$ Гц. Яку частину напруги U , прикладеної до цього ланцюга, складають падіння напруги на конденсаторі U_C і на резисторі U_R ?

65. Резистор опором $R=100$ Ом і конденсатор ємністю $C=10$ мкФ з'єднані послідовно та підключені до джерела змінного струму з частотою 400 Гц. Визначити повний опір ланцюга.

66. До послідовно з'єднаних резистора опором $R=50$ Ом і конденсатора ємністю $C=5$ мкФ прикладено змінну напругу $U=100$ В з частотою $500/\pi$ Гц. Знайти амплітуди падінь напруги на резисторі та конденсаторі.

67. Конденсатор ємністю 30 мкФ і резистор опором 80 Ом з'єднані послідовно. Загальна напруга на ділянці кола 220 В, частота 50 Гц. Який струм тече в колі?

68. Напруга на резисторі в послідовному RC-ланцюзі становить 60 В, а на конденсаторі 80 В. Яка повна напруга, прикладена до ланцюга?
69. В послідовному RC-ланцюзі з конденсатором ємністю 40 мкФ і резистором $R=200$ Ом відомо, що струм в колі $I=0.5$ А при частоті 50 Гц. Знайти напруги на резисторі та конденсаторі, а також загальну напругу.
70. Конденсатор і резистор з'єднані послідовно. При частоті 100 Гц повний опір ланцюга 100 Ом. Якщо опір резистора $R=60$ Ом, знайти ємність конденсатора.

Література.

1. Бондаренко, О. О., Гоков, О. М., Катрунов, К. О. (2009). *Практикум з навчальної дисципліни "Фізика". Електрика та магнетизм: Навчально-практичний посібник*. Харків: Вид. ХНЕУ.
2. Ворошило, О. І., Нефедченко, В. Ф., Юнда, А. М. (2004). *Збірник задач з фізики. Частина 1. Механіка*. Суми: Вид-во СумДУ.
3. Дем'янюк, Б. П., Колупаєв, Б. С. (2008). *Модульний контроль з механіки: навчальний посібник*. Рівне: РДГУ.
4. Кучерук, І. М., Горбачук, І. Т., Лущик, П. П. (2007). *Загальний курс фізики: у трьох томах. Том 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка*. Київ: Техніка.
5. Кучерук, І. М., Горбачук, І. Т., Лущик, П. П. (2007). *Загальний курс фізики: у трьох томах. Том 2. Електрика і магнетизм*. Київ: Техніка.