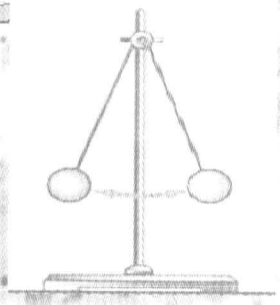
ФІЗИКА



А.Б.Трофімчук
Я.Ф.Левшенюк

Збірник 510 задач

Схвалено до друку радою кабінету фізико-математичних предметів
Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти
(протокол № 3 від 08.06.2018 р.)

Трофімчук А. Б., Левшенюк Я. Ф.

Збірник задач. Фізика, 10 клас.
Рівень стандарту, 92 стор.

Рецензенти:

Блащук А. П. - завідувач лабораторії методики викладання фізики та астрономії КВНЗ «Вінницька академія неперервної освіти».

Кротюк І. Б. - вчитель фізики Рівненського НВК № 2 "Школа-ліцей", вчитель-методист.

© А. Б. Трофімчук, Я. Ф. Левшенюк. 2018

Передмова

Збірник задач з фізики для 10 класу містить 510 завдань, серед яких теоретичні питання, поняття, які учні повинні знати, типові задачі, які учні повинні вміти розв'язувати в процесі вивчення кожної теми згідно діючої навчальної програми авторського колективу під керівництвом Локтєва В. М. та задачі підвищеної складності. Пропонуються також якісні задачі життєвого характеру.

Задачі у збірнику розташовані в порядку вивчення навчального матеріалу підручника. Кілька задач кожного розділу розв'язано, щоб можна було використовувати ці розв'язки як зразок.

Наводиться також зразок розв'язку одного варіанта завдань для тематичного контролю і один варіант пропонується для самостійного розв'язку.

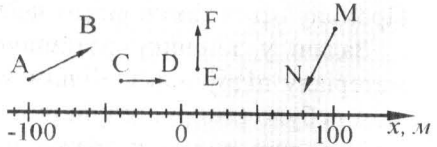
До розрахункових задач наводяться відповіді, щоб учень міг проконтролювати свої розв'язки.

В кінці збірника наводяться довідникові дані, які необхідні під час розв'язування задач.

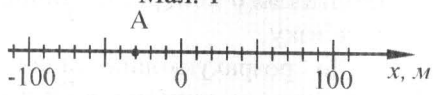
Розділ 1. Механіка

Рівномірний прямолінійний рух

1. Автомобіль можна вважати матеріальною точкою, визначаючи...
   а) ...тиск повітря в шинах; б) ... діаметр колеса;
   в) ...відстань, яку він проїхав від Рівного до Житомира.
2. Чому дорівнює проекція на вісь Ox (мал. 1) вектора...
   а) ...AB? б) ...CD? в) ...EF? г) ...MN?
3. Тіло почало рух з точки A (мал. 2) і здійснило переміщення, проекція якого на координатну вісь становить...
   а) ...60 м. б) ...30 м.
   в) ...–40 м. г) ...–200 м.
   Яка координата кінцевого положення тіла?

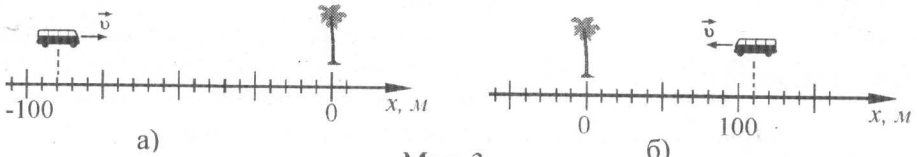


Мал. 1



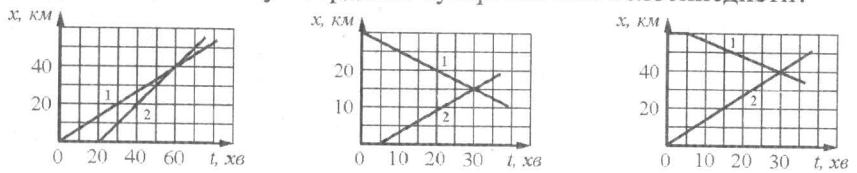
Мал. 2

4. Рух тіла задано рівнянням:
   а) $x = -6 + 4t$. б) $x = 8 + 2t$.
   в) $x = -4 - 8t$. г) $x = 2 - 6t$.
   Визначити початкову координату та проекцію швидкості руху тіла.
5. На малюнку 3 а,б зображено систему відліку, пов'язану з деревом. Визначити початкову координату автобуса. Записати рівняння руху автобуса, якщо швидкість його руху 20 м/с. Рух автобуса вважати рівномірним прямолінійним.



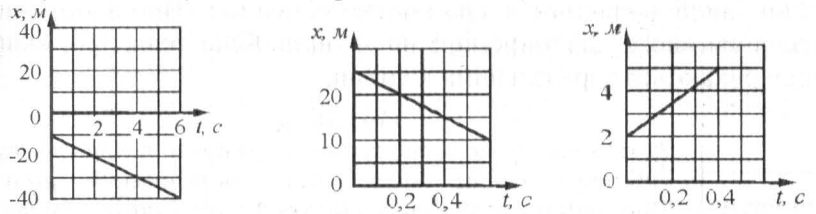
Мал. 3

6. На малюнку 4 а – в зображено графіки залежності координати двох велосипедистів, які рухаються уздовж однієї прямолінійної дороги від часу. Чи одночасно велосипедисти почали рух? На якій відстані від початку координат зустрічаються велосипедисти?



Мал. 4

7. Використовуючи графіки залежності координати тіла від часу (мал. 5 а – в), записати рівняння його руху.



Мал. 5

8. Визначити координату зустрічі двох тіл, рух яких задано рівняннями $x_1 = -18 + t$ і $x_2 = 3 - 6t$. В який момент часу вони зустрінуться?

Розв'язання

Оскільки тіла зустрілися, то їх координати стали рівними: $x_1 = x_2$.
Тоді $-18 + t = 3 - 6t$. Звідси $t = 3$ с. Тіла зустрілися в точці з координатою $x_1 = -18 + 3 = -15$ (м).

9. Рух двох тіл задано рівняннями $x_1 = 20 + 2t$ і $x_2 = -10 + 3t$. Визначити координату другого тіла в момент часу, коли координата першого тіла 80 м.
10. Рух двох тіл заданий рівняннями $x_1 = 20t$ і $x_2 = 250 - 5t$. Знайти: а) координату і час зустрічі цих тіл; б) координату другого тіла у момент часу, коли координата першого тіла була рівною 100 м; в) у який момент часу відстань між тілами становила 125 м. Врахувати, що тіла почали рухатися одночасно.
11. Відстань між містами 200 км. З цих міст почали одночасно рухатися назустріч один одному автомобіль зі швидкістю 80 км/год і велосипедист зі швидкістю 20 км/год. Побудувати графіки руху транспортних засобів і за графіками визначити час зустрічі і відстані від місця зустрічі до кожного з міст.
12. За течією річки рухається катер зі швидкістю 18 км/год відносно води. Яка швидкість течії річки, якщо човен відносно берега рухається з швидкістю 6 м/с?
13. Велосипедист рухається зі швидкістю 5 м/с назустріч автомобілю, швидкість руху якого 72 км/год. Яка швидкість руху велосипедиста відносно автомобіля?

14. Із станції вийшов товарний потяг, швидкість руху якого 54 км/год. Через одну годину в тому ж напрямку вийшов пасажирський потяг, який рухається з швидкістю 90 км/год. Визначити час, протягом якого пасажирський потяг наздожене товарний, якщо вони рухаються паралельними коліями.

Розв'язання

$t - ?$

$\upsilon_1 = 54$ км/год
$\upsilon_2 = 90$ км/год
$t_1 = 1$ год

За тіло відліку виберемо станцію, а за початок відліку часу виберемо момент, коли рушає пасажирський потяг. Товарний потяг вже рухатиметься 1 год і буде на відстані s=54 км від станції. Швидкість пасажирського потяга відносно товарного $\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1 = 36$ км/год.

Тоді час, за який пасажирський потяг наздожене товарний

$$t = \frac{s}{\upsilon} = \frac{54\ \text{км}}{36\ \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 1{,}5\ \text{год}.$$

15. Гелікоптер рухається з швидкістю 180 км/год паралельно залізничному полотну і пролітає за 5 с над рухомим потягом, який рухається з швидкістю 72 км/год зустрічним курсом. Яка довжина потяга?
16. Протягом якого часу пасажир, що сидить біля вікна потяга, що рухається з швидкістю 54 км/год, бачитиме зустрічний потяг довжиною 150 м, що рухається з швидкістю 36 км/год?
17. Двома паралельними коліями в одному напрямку рухаються два потяги: товарний довжиною 630 м з швидкістю 48 км/год і електричка завдовжки 120 м з швидкістю 102 км/год. Протягом якого часу електричка обганятиме товарний потяг?
18. З середини колони автомобілів, що рухаються з швидкістю 30 км/год, з однаковими швидкостями одночасно виїжджають два мотоцикліста. Перший рухається в голову колони, а другий – у хвіст. З якою швидкістю рухалися мотоциклісти, якщо час руху першого мотоцикліста у голову колони виявився удвічі більшим, ніж час руху другого у хвіст?
19. Катер пливе за течією річки з пункту А в пункт В 3 год, а рятівний круг цю відстань долає за 12 год. За який час катер повернеться назад з пункту В в пункт А?

Розв'язання

$t_2 - ?$

$t_1 = 3$ год
$t = 12$ год

Нехай власна швидкість катера υ, а швидкість течії u. Тоді щвидкість катера за течією $\upsilon_1 = \upsilon + u$ (1), а швидкість проти течії $\upsilon_2 = \upsilon - u$ (2). Віднімемо від першого рівняння друге: $2u = \upsilon_1 - \upsilon_2$. З іншого боку $u = \frac{s}{t}$, $\upsilon_1 = \frac{s}{t_1}$, $\upsilon_2 = \frac{s}{t_2}$. Тоді

$$2\frac{s}{t} = \frac{s}{t_1} - \frac{s}{t_2} \text{ або } \frac{2}{t} = \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2}. \text{ Звідси } \frac{1}{t_2} = \frac{t - 2t_1}{t_1 \cdot t}.$$

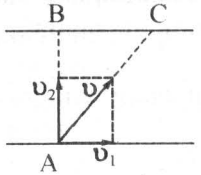
$$t_2 = \frac{t_1 \cdot t}{t - 2t_1} = \frac{3\ \text{год} \cdot 12\ \text{год}}{12\ \text{год} - 2 \cdot 3\ \text{год}} = 6\ \text{год}.$$

20. Моторний човен, рухаючись за течією річки, проходить відстань між двома пристанями за 4 год, а рухаючись у зворотному напрямку за 6 год. Скільки часу затратять на рух між пристанями плоти?
21. Першу половину шляху велосипедист проїхав з швидкістю 12 км/год. Надалі, половину часу руху, що залишився, він їхав з швидкістю 8 км/год, а решту шляху йшов пішки з швидкістю 4 км/год. Визначити середню швидкість велосипедиста на всьому шляху.
22. Швидкість потяга на підйомі 30 км/год, а на спуску – 90 км/год. Визначити середню швидкість на всьому шляху, якщо довжина спуску в два рази більша за довжину підйому.
23. Ширина річки 160 м. Човен, тримаючи курс перпендикулярно до течії, досяг протилежного берега за 100 с. Швидкість течії річки 1,2 м/с. Визначити швидкість і переміщення човна відносно берега.

Розв'язання

$\upsilon - ?$ $s - ?$

$l = 160$ м
$t = 100$ с
$\upsilon_1 = 1{,}2$ м/с



Рух човна складається з руху перпендикулярно до берега з швидкістю υ_2 відносно води і руху уздовж берега з швидкістю течії річки υ_1. Скористаємось принципом незалежності рухів, згідно якого час і одного, і іншого руху однаковий. Течія човен знесе і він попаде в точку С. Швидкість човна відносно води

$\upsilon_2 = \frac{l}{t} = \frac{160\ \text{м}}{100\ \text{с}} = 1{,}6\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Швидкість човна відносно берега

$\upsilon = \sqrt{\upsilon_2^2 + \upsilon_1^2}$. $\upsilon = \sqrt{\left(1{,}6\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 + \left(1{,}2\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2} = 2\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Модуль переміщення $s = \upsilon t = 2\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 100\ \text{с} = 200\ \text{м}$.

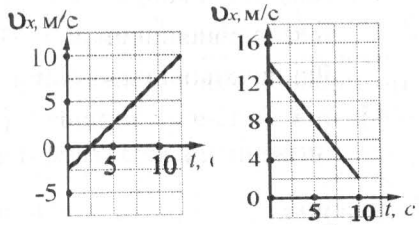
24. Човен тримає курс під кутом 150^0 до напрямку течії. Визначити час переправи, якщо відомо, що лінія, яка збігається з траєкторією човна, перпендикулярна до берегів. Швидкість човна відносно води 4 м/с, ширина річки 100 м.
25. Вагон шириною 2,7 м був пробитий кулею, що летить перпендикулярно руху вагона. Зміщення отворів в стінках вагона один відносно одного становить 5 см. Чому дорівнює швидкість руху кулі всередині вагона, якщо вагон рухається з швидкістю 36 км/год?
26. Весляр переправляється на човні через річку шириною 400 м, тримаючи весь час човен перпендикулярно до берегів. Швидкість човна відносно води 9 км/год, швидкість течії річки 5,4 км/год. Скільки часу займе переправа?
27. Чому на склі вікон рухомого автобуса прямий дощ залишає косі сліди?

Рівноприскорений рух

(вважати $g=10$ м/с^2)

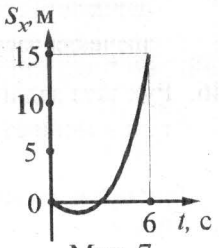
28. Швидкість автомобіля на шляху 150 м збільшилася з 18 км/год до 36 км/год. Визначити прискорення руху автомобіля і час, протягом якого збільшувалася швидкість.
29. Літак здійснює посадку зі швидкістю 576 км/год. Скільки часу він рухається до зупинки і який шлях пройде, якщо прискорення його руху 8 м/с^2?
30. Ділянку шляху довжиною 1 км мотоцикліст, рухаючись зі стану спокою, проходить з постійним прискоренням 0,8 м/с^2. За який час пройдено цей шлях? Яка швидкість мотоцикліста в кінці цього шляху?
31. Тіло, рухаючись рівноприскорено зі стану спокою, проходить за четверту секунду від початку руху 7 м. З яким прискоренням рухалось тіло? Який шлях воно пройшло за перші 10 с? Якої швидкості досягнуло в кінці десятої секунди?
32. Тіло вільно падає зі стану спокою з висоти 980 м. Який шлях воно пройде за останню секунду свого падіння? Яка швидкість тіла в момент удару об землю?
33. Тіло, яке вільно падає без початкової швидкості, в кінці першої половини шляху досягло швидкості 20 м/с. Якої швидкості досягло тіло в кінці падіння? Скільки часу воно падало? З якої висоти воно впало?

34. Тіло кинуто з землі вертикально вгору з швидкістю 20 м/с. На яку максимальну висоту воно піднялося? Через який час від моменту кидання тіло впаде на землю?
35. З якою швидкістю слід кинути камінь вертикально вниз з висоти 25 м, щоб він досяг поверхні землі з швидкістю 30 м/с? Який час падіння каменя?
36. З висоти 82 м вільно падає тіло без початкової швидкості. Назустріч йому летить стріла, випущена з лука на висоті 2 м. Рухи почалися одночасно і відбуваються вздовж однієї прямої. Яка початкова швидкість стріли, якщо через 2 с після початку руху відстань між ними дорівнювала 20 м?
37. З висоти 2 м над землею вертикально вгору кинуто тіло з початковою швидкістю 5 м/с. Через який час тіло впаде на землю? Яке переміщення і пройдений тілом шлях за цей час?
38. З даху падають одна за одною дві льодяні бурульки. Через 2 с від початку руху другої бурульки відстань між ними становила 25 м. На скільки раніше відірвалась перша бурулька від даху?



Мал. 6

39. На малюнку 6 а,б зображено графік залежності $\upsilon_x(t)$ для руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $s_x(t)$.
40. На малюнку 7 зображено графік залежності $s_x(t)$ для рівноприскореного руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $\upsilon_x(t)$, якщо в момент початку відліку часу проекція його швидкості –2 м/с.

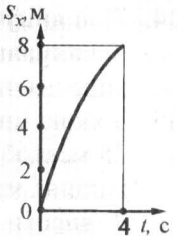


Мал. 7

Розв'язання

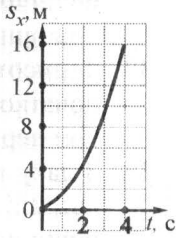
Загальне рівняння переміщення $s_x = \upsilon_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. З графіка визначаємо, що s_x=15 м, t=6 с. Напрям віток параболи вказує, що a_x>0. Отже $15 = -2 \cdot 6 + 18a_x$. Звідси $a_x = 1{,}5\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Тоді рівняння швидкості $\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t$ запишеться: $\upsilon_x = -2 + 1{,}5t$,

41. На малюнку 8 зображено графік залежності $s_x(t)$ для рівноприскореного руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $\upsilon_x(t)$, якщо в момент початку відліку часу проекція його швидкості 6 м/с.



Мал. 8

42. На малюнку 9 зображено графік залежності $s_x(t)$ для рівноприскореного руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $\upsilon_x(t)$.



Мал. 9

43. Визначити координату зустрічі двох тіл, рух яких задано рівняннями $x_1 = 4 - 4t$ і $x_2 = 4 - 5t + 2t^2$. Які початкові швидкості і прискорення руху тіл?
44. Визначити координату зустрічі двох тіл, рух яких задано рівняннями $x_1 = -3 + 2t$ і $x_2 = -9 + 2t + 1{,}5t^2$. Які початкові швидкості і прискорення руху тіл?
45. Рух тіла задано рівнянням $x = -15 - 8t + 2t^2$. Визначити координату тіла в момент початку зворотного руху.

Розв'язання

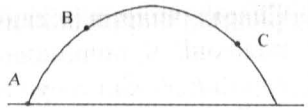
З рівняння руху визначаємо, що $\upsilon_{0x} = -8$ м/с, $a_x = 4$ м/с^2. Запишемо рівняння швидкості: $\upsilon_x = -8 + 4t$. В момент початку зворотного руху швидкість стає рівною нулю. $0 = -8 + 4t$. Тоді $t = 2$ с. Підставляємо це значення часу в рівняння руху. $x = -15 - 8 \cdot 2 + 2 \cdot 4 = -23$ м.

46. Рух тіла задано рівнянням $x = -5 + 6t - 3t^2$. Визначити координату тіла в момент початку зворотного руху.

Рух тіла, кинутого горизонтально та під кутом до горизонту

47. Чому при пострілі треба направляти рушницю трохи вище цілі?
48. Камінь, кинутий з башти горизонтально з початковою швидкістю 15 м/с, впав на відстані 30 м від підніжжя башти. З якої висоти кинуто камінь? Яка швидкість каменя в момент падіння?
49. Камінь кинуто горизонтально з швидкістю 15 м/с. Через який час його швидкість буде напрямлена під кутом 45^0 до горизонту?
50. Тіло кинули горизонтально. Через 5 с після кидання кут між напрямом швидкості і прискорення становив 45^0. Визначити швидкість тіла в цей момент часу і його початкову швидкість.

51. Траєкторія руху каменя, кинутого під кутом до горизонту, схематично зображена на малюнку 10. Зобразити схематично напрям швидкості, горизонтальну та вертикальну складові швидкості руху каменя у зазначених на малюнку точках.



Мал. 10

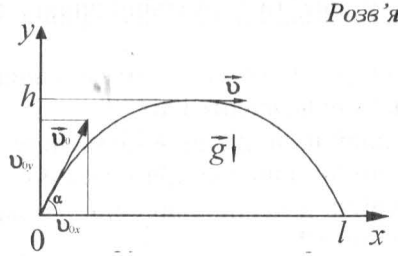
52. Диск, кинутий спортсменом під кутом 45^0 до горизонту, досяг висоти 17 м. Яка дальність польоту диска?

Розв'язання

$l - ?$

$\alpha = 45^0$

$h = 17$ м



Виконаємо малюнок. Початок координат пов'яжемо з точкою кидання. В напрямку осі Ox рух рівномірний: $\upsilon_x = \upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha$. $l = \upsilon_x t$. У вертикальному напрямку рух рівноприскорений. Проекція початкової швидкості на вісь Oy: $\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha$. У точці найбільшого підйому υ_y=0.

Тому $h = \dfrac{0 - \upsilon_{0y}^2}{-2g} = \dfrac{0 - \upsilon_0^2 \cdot \sin^2\alpha}{-2g}$. Звідси $\upsilon_0 = \sqrt{\dfrac{2gh}{\sin^2\alpha}}$ (1).

Після підстановки $\upsilon_0 = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 17 \text{ м}}{0{,}5}} \approx 26{,}1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Час підйому t_1 можна знайти із співвідношення $\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt_1$.

$t_1 = \dfrac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$ (2). Тоді весь час польоту $t = 2t_1 = \dfrac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$ (2).

$t = \dfrac{2 \cdot 26{,}1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0{,}7}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 3{,}66$ с. Дальність польоту

$l = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$ (3). $l = 26{,}1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}66 \text{ с} \approx 67$ м.

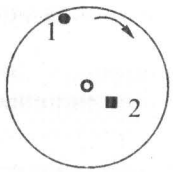
В цьому розв'язку знаходяться проміжні результати, такі як початкова швидкість, час польоту. Можна було б знайти загальний розв'язок, підставивши вирази (1) і (2) в (3).

$l = \sqrt{\dfrac{2gh}{\sin^2\alpha}} \cdot \cos\alpha \cdot 2 \cdot \sqrt{\dfrac{2gh}{\sin^2\alpha}} \cdot \dfrac{\sin\alpha}{g} = \dfrac{4h}{\text{tg}\alpha}$. l=68 м. *Різні результати тому, що в першому випадку обчислення наближені.*

53. Снаряд вилетів з гармати, що знаходиться на горизонтальному полігоні, з початковою швидкістю 600 м/с під кутом 30^0 до горизонту. Скільки часу снаряд знаходитиметься у повітрі? На якій відстані від гармати він впаде на землю?
54. Камінь кинули з швидкістю 12 м/с під кутом 45^0 до горизонту. З якої висоти потрібно кинути камінь в горизонтальному напрямку з такою ж швидкістю, щоб дальність польоту була однаковою?
55. Тіло кинуте з початковою швидкістю під кутом до горизонту. Тривалість польоту 2 с. Знайти найбільшу висоту підйому цього тіла.
56. Камінь кинуто під кутом 30^0 до горизонту з швидкістю 20 м/с. Через який час камінь буде на висоті 1 м?
57. Спортсменка кинула диск на відстань 44,1 м. Чому дорівнює час польоту диска, якщо він був кинутий під кутом 45^0 до горизонту?
58. Під яким кутом потрібно кинути тіло, щоб дальність польоту дорівнювала висоті підйому?

Рівномірний рух по колу

59. На поверхні горизонтального диска, що рівномірно обертається (мал. 11), знаходяться два тіла. Порівняйте лінійну υ і кутову ω швидкості тіл.



Мал. 11

60. Зверху заднього колеса велосипеда встановлюють крило, що захищає велосипедиста від злітання з колеса бруду. Чому можливе попадання цього бруду на велосипедиста, адже колесо і велосипедист рухаються з однаковою швидкістю?
61. Чому дорівнюють обертова частота і період обертання колеса вітродвигуна, якщо за 2 хв колесо зробило 60 обертів?
62. Камінь, прив'язаний до мотузки, довжина якої 0,5 м, рівномірно обертається по колу з частотою 2 об/с. Визначити лінійну швидкість руху каменя?
63. Визначити обертову частоту барабана лебідки діаметром 16 см при підйомі вантажу з швидкістю 0,6 м/с.
64. Вал здійснює за 1 хв 1200 обертів. Яка кутова швидкість вала? Яка лінійна швидкість точок на його ободі, діаметр якого 0,3 м?
65. У скільки разів лінійна швидкість точки обода колеса радіусом 8 см більша за лінійну швидкість точки, розташованої на 3 см ближче до осі обертання?

66. Лінійна швидкість точки на ободі колеса становить 2 м/с, а кутова 5 рад/с. Визначити доцентрове прискорення точки.
67. Точка рухається по колу з швидкістю, модуль якої 0,5 м/с. Вектор швидкості за 2 с змінює напрям на кут $\frac{\pi}{6}$ рад. Визначити доцентрове прискорення точки.
68. Шків радіусом 30 см за 1 хв здійснює 120 обертів. Визначити обертову частоту, період обертання, кутову швидкість обертання шківа і доцентрове прискорення точок шківа, найбільш віддалених від осі обертання.

Розв'язання

$n - ?\ T - ?$
$\omega - ?\ a - ?$

$R = 30$ см $= 0{,}3$ м
$t = 1$ хв$=60$ с
$N = 120$ об

Обертова частота $n = \frac{N}{t} = \frac{120\text{ об}}{60\text{ с}} = 2\frac{\text{об}}{\text{с}}$. Період обертання $T = \frac{1}{n} = 0{,}5$ с. Кутова швидкість

$$\omega = 2\pi n = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 2\frac{\text{об}}{\text{с}} \approx 12{,}56\ \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Доцентрове прискорення $a = \omega^2 R = 47{,}3$ м/с^2.

69. Дві матеріальні точки рухаються по колах, радіуси яких R і $2R$. Порівняти доцентрові прискорення точок у випадку: а) рівності їх лінійних швидкостей; б) рівності їх кутових швидкостей.
70. Куля, що вилетіла із ствола автомата, має швидкість 750 м/с і обертається довкола осі, що співпадає з напрямом руху, з частотою 3000 об/с. Вважаючи швидкість поступального руху незмінною, визначити кількість обертів, здійснених кулею на шляху 5 м.
71. Дзиґа, обертаючись з частотою 20 об/с, вільно падає з висоти 5 м. Скільки обертів зробить вона за час падіння? Початкова швидкість падіння дзиґи дорівнює нулю.
72. Для точок земної поверхні на широті столиці Норвегії Осло (60^0) визначити лінійну швидкість і прискорення внаслідок добового обертання Землі. Радіус Землі вважайте рівним 6370 км.
73. З якою швидкістю і в якому напрямі повинен летіти літак на висоті 10 км від поверхні Землі уздовж екватора, щоб Сонце на небосхилі було нерухомим? Радіус Землі вважайте рівним 6370 км.

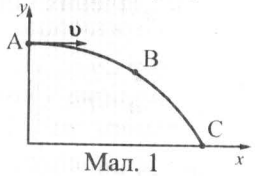
Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. Одиницею кутової швидкості є...
   а) ...1 Гц; б) ...1 рад/с; в) ...1 м/с²; г) ...1 м/с.
2. Напрямлений відрізок прямої, що з'єднує початкове положення тіла з кінцевим, називають…
   а) ...переміщенням; б) ...шляхом; в) ...траєкторією; г) ...швидкістю.
3. Під час рівномірного прямолінійного руху вектори швидкості і переміщення…
   а) ...співнапрямлені; б) ...протилежно напрямлені; в) ...перпендикулярні.

Рівень В (середній)

1. Траєкторія руху каменя, кинутого горизонтально, схематично зображена на малюнку 1. Порівняти значення проекції швидкості руху каменя на вертикальну вісь у зазначених на малюнку точках.

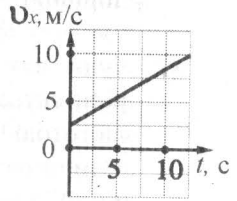


Мал. 1

   а) $\upsilon_{yA}=\upsilon_{yB}=\upsilon_{yC}$; б) $\upsilon_{yA}=0, \upsilon_{yB}<\upsilon_{yC}$; в) $\upsilon_{yA}=0, \upsilon_{yB}>\upsilon_{yC}$; г) $\upsilon_{yA}>\upsilon_{yB}>\upsilon_{yC}$.
2. Якщо протягом певного інтервалу часу напрям прискорення перпендикулярний до напрямку швидкості, то під час руху тіла модуль швидкості з часом…
   а) ...зменшується; б) ...може як збільшуватися, так і зменшуватися;
   в) ...збільшується; г) ...не змінюється.
3. Колесо велосипеда має радіус 0,4 м. З якою швидкістю їде велосипедист, якщо обертова частота колеса 2,5 об/с?

Рівень С (достатній)

1. На малюнку 2 зображено графік залежності $\upsilon_x(t)$ для руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $s_x(t)$.



Мал. 2

2. Тіло, яке кинули під кутом 30^0 до горизонту досягло максимальної висоти 11,25 м. Визначити початкову швидкість руху тіла.

Рівень D (високий)

1. Падаючи вертикально, краплі дощу залишають на вікні потяга, що рухається рівномірно з швидкістю 45 км/год, сліди під кутом 60^0 до вертикалі. Визначити швидкість руху крапель.
2. Під час рівноприскореного руху зі стану спокою тіло за десяту секунду пройшло відстань 19 м. Яку відстань пройде тіло за двадцяту секунду?

Рівень А (початковий)

1. *б* 2. *а* 3. *а*

Рівень В (середній)

1. *б* 2. *г*
3.

$\upsilon - ?$

$r = 0{,}4$ м
$n = 2{,}5$ об/с

Розв'язання

Один з виразів, за яким можна обчислити швидкість під час рівномірного рух по колу, $\upsilon = 2\pi rn$. Після підстановки

$$\upsilon = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}4 \text{ м} \cdot 2{,}5 \frac{\text{об}}{\text{с}} \approx 6{,}28 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Рівень С (достатній)

1.

Розв'язання

З графіка визначаємо прискорення руху: $a_x = \dfrac{\upsilon_x - \upsilon_{0x}}{t}$.

$\upsilon_{0x} = 2{,}5 \dfrac{\text{м}}{\text{с}}$, $\upsilon_x = 10 \dfrac{\text{м}}{\text{с}}$, $t = 12{,}5$ с. Тоді $a_x = \dfrac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2{,}5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12{,}5 \text{ с}} = 0{,}6 \dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Рівняння залежності $s_x(t)$: $s_x = \upsilon_{0x} t + \dfrac{a_x t^2}{2}$. $s_x = 2{,}5t + 0{,}3t^2$.

2.

$\upsilon_0 - ?$

$\alpha = 30^0$
$h = 11{,}25$ м

Розв'язання

Коли початкова швидкість напрямлена під кутом до горизонту, тіло рухається по параболі, причому у вертикальному напрямку рух рівноприскорений. Якщо вісь Oy напрямити вгору, то проекція початкової швидкості на вісь Oy: $\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha$. У точці найбільшого підйому $\upsilon_y = 0$.

Висота підйому $h = \dfrac{0 - \upsilon_{0y}^2}{-2g} = \dfrac{0 - \upsilon_0^2 \cdot \sin^2\alpha}{-2g}$. Звідси

$\upsilon_0 = \sqrt{\dfrac{2gh}{\sin^2\alpha}}$. Після підстановки

$$\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 11{,}25 \text{ м}}{0{,}25}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

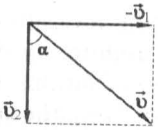
Рівень D (високий)

1.

$\upsilon_2 - ?$

$\upsilon_1 = 45$ км/год

$\alpha = 60^0$



Розв'язання

Швидкість краплі відносно вікна дорівнює геометричній сумі швидкостей: вертикальної складової, що дорівнює вертикальній швидкості падіння краплі і горизонтальної складової, що дорівнює швидкості потяга і напрямлена в протилежну сторону до руху потяга. З трикутника швидкостей видно, що $\upsilon_2 = \dfrac{\upsilon_1}{\mathrm{tg}\alpha} = \dfrac{45\,\frac{\text{км}}{\text{год}}}{1{,}73} \approx 26\,\dfrac{\text{км}}{\text{год}}$.

2.

$s_{20} - ?$

$s_{9\text{-}10} = 19$ м

Розв'язання

Нехай t_1=9 с, t_2=10 с. Тоді $s_{9-10} = \dfrac{at_2^2 - at_1^2}{2}$. Звідси

$a = \dfrac{2 \cdot s_{9-10}}{t_2^2 - t_1^2} = \dfrac{2 \cdot 19\text{ м}}{100\text{ с}^2 - 81\text{ с}^2} = 2\,\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Нехай t_3=9 с, t_4=20 с.

Тоді $s_{19-20} = \dfrac{at_4^2 - at_3^2}{2} = \dfrac{2\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\left(400\text{ с}^2 - 361\text{ с}^2\right)}{2} = 39$ м.

Примітка: Можна вивести загальну формулу для визначення відстані, яку проходить тіло за n-ту секунду.

Переміщення за n секунд $s_1 = \dfrac{an^2}{2}$. *Переміщення за n -1 секунду* $s_2 = \dfrac{a(n-1)^2}{2}$. *Тоді* $\Delta s = \dfrac{a}{2}(2n-1)$.

Прискорення $a = \dfrac{2 \cdot \Delta s_{9-10}}{2n-1} = 2\,\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$. $\Delta s_{19-20} = 39$ м.

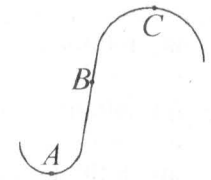
Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. Кутову швидкість під час обертального руху позначають символом...
   а) ...υ; б) ...ω; в) ...a; г) ...ν.
2. Яка з фізичних величин є незмінною у різних інерціальних системах відліку?
   а) прискорення; б) швидкість; в) переміщення; г) шлях.
3. Якщо напрям прискорення співпадає з напрямком руху тіла, то модуль швидкості з часом...
   а) ...збільшується; б) ...зменшується; в) ...не змінюється.

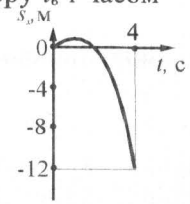
Рівень В (середній)

1. На малюнку 1 зображено траєкторію руху автомобіля з незмінною за модулем швидкістю. У якій із зазначених точок прискорення руху найменше?
   а) у точці А; б) у точці В;
   в) у точці С; г) у всіх точках однакове.



Мал. 1

2. М'яч, кинутий вертикально вгору, повернувся у точку кидання. Яке співвідношення між часом руху вгору $t_в$ і часом падіння $t_п$ за відсутності опору повітря?
   а) $t_в > t_п$; б) $t_в = t_п$; в) $t_в < t_п$; г) $t_в = 2t_п$.
3. Тіло вільно падає без початкової швидкості. Якою буде його швидкість через 2 с?



Мал. 2

Рівень С (достатній)

1. На малюнку 2 зображено графік залежності $s_x(t)$ для рівноприскореного руху тіла вздовж осі Ox. Визначити прискорення руху тіла та записати рівняння залежності $\upsilon_x(t)$, якщо в момент початку відліку часу його швидкість 2 м/с.
2. Колесо турбіни ГЕС здійснює 90 обертів за хвилину. Визначити доцентрове прискорення кінців лопатей турбіни, лінійна швидкість яких 40 м/с. Який діаметр колеса турбіни?

Рівень D (високий)

1. Мотоцикліст проїхав відстань між двома пунктами з швидкістю 60 км/год, а наступну, удвічі більшу, з швидкістю 80 км/год. Визначити середню шляхову швидкість руху мотоцикліста.
2. Визначити координату зустрічі двох тіл, рух яких задано рівняннями $x_1 = 3 - 8t$ і $x_2 = -15 - 8t + 2t^2$. Які початкові швидкості і прискорення руху тіл?

Розділ 2. Механіка

Закон всесвітнього тяжіння

74. Чому космічні апарати запускають у напрямку із заходу на схід? Чому вигідніше їх запускати у площині екватора?
75. Штучний супутник без двигунів летить по коловій орбіті навколо Землі. Чому тіла в ньому перебувають в стані невагомості?
76. Якою повинна бути маса кожного з двох однакових тіл, щоб на відстані 1 км вони притягувалися з силою 1 Н?
77. Яку швидкість повинен мати штучний супутник, щоб обертатися коловою орбітою на висоті 600 км над поверхнею Землі? Який період його обертання? Радіус Землі $64\cdot10^5$ м.

$\upsilon - ?\ T - ?$

$h = 600$ км$=6\cdot10^5$ м
$R = 64\cdot10^5$ м
$M = 6\cdot10^{24}$ кг
$G = 6{,}67\cdot10^{-11}\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}$

Розв'язання

Супутник рухається по коловій орбіті під дією сили всесвітнього тяжіння $F = G\frac{M\cdot m}{(R+h)^2}$, де M – маса Землі, m – маса супутника, R – радіус Землі. Супутник рухається з доцентровим прискоренням $a = \frac{\upsilon^2}{(R+h)}$. Згідно II закону Ньютона $m\frac{\upsilon^2}{(R+h)} = G\frac{M\cdot m}{(R+h)^2}$. Звідси $\upsilon^2 = G\frac{M}{R+h}$ і відповідно $\upsilon = \sqrt{G\frac{M}{R+h}}$ (1). Якщо з довідника записати масу Землі і гравітаційну сталу, то можна підставити значення і отримати $\upsilon \approx 7{,}6$ км/с. Якщо ж ці дані вважати невідомими, то виходячи з того, що прискорення вільного падіння на поверхні Землі $g = G\frac{M}{R^2}$, можна записати $GM = gR^2$. Підставивши у вираз (1), отримаємо $\upsilon = R\sqrt{\frac{g}{R+h}}$.

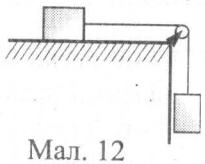
$\upsilon = 64\cdot10^5\text{ м}\cdot\sqrt{\frac{10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{70\cdot10^5\text{ м}}} \approx 7{,}6\ \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Період обертання $T = \frac{2\pi(R+h)}{\upsilon} \approx 5861$ с.

78. Якої маси вантаж може підняти людина на поверхні Місяця, якщо на поверхні Землі вона може підняти вантаж масою 60 кг? Радіус Землі більший за радіус Місяця в 3,7 раза, а маса Землі більша за масу Місяця у 81 раз.
79. Знайти мінімальний період обертання супутника планети, середня густина якої 3103 кг/м^3.
80. На яку відстань від центра Землі повинен бути запущений синхронний супутник, тобто супутник, що знаходиться над однією і тією ж точкою земної поверхні? Визначити лінійну швидкість руху такого супутника.
81. Штучний супутник обертається по коловій орбіті на висоті 600 км від поверхні планети зі швидкістю 3,4 км/с. Радіус планети 3400 км. Чому дорівнює прискорення вільного падіння на поверхні цієї планети?
82. Яке прискорення вільного падіння на поверхні малої планети, що має радіус 100 км і середню густину 4 г/см^3?
83. Супутник Землі переведено з однієї колової орбіти, на якій він рухався з швидкістю 4 км/с, на іншу, швидкість руху на якій становить 7 км/с. У скільки разів змінився радіус орбіти супутника?
84. Радіус Місяця менший за радіус Землі в 3,7 рази, а маса Місяця менша за масу Землі у 81 раз. Визначити першу космічну швидкість для Місяця, якщо для Землі вона становить 8 км/с.

Рух під дією кількох сил

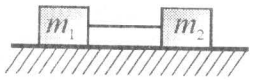
85. Чому легко жонглювати двометровою палицею, поставленою на палець, і практично неможливо це зробити із сірником?
86. Чому продукти легше різати не просто натискаючи на ніж, а натискаючи і рухаючи ніж вперед-назад?
87. Чому ковзаняр, щоб зупинитися, ставить ковзани під кутом один до одного?
88. Чому взимку в сільській місцевості віз замінюють саньми, хоча коефіцієнт тертя кочення менше коефіцієнта тертя ковзання?
89. Чому на крутих поворотах шофер зменшує швидкість руху машини?
90. Якщо локомотив не може відразу зрушити важкий состав, то машиніст подає його спочатку назад і тільки потім починає рух вперед. Навіщо він так робить?

91. На якій мінімальній відстані від світлофора повинен гальмувати автомобіль, що рухається з швидкістю 72 км/год, якщо коефіцієнт тертя між шинами і дорогою становить 0,5?
92. Мотоцикл, маса якого разом з мотоциклістом 180 кг, рушає з місця і під дією сили 216 Н розганяється на горизонтальній ділянці довжиною 250 м. Скільки часу тривав розгін, якщо коефіцієнт опору рухові 0,04?
93. Автомобіль масою 3 т розганяється зі стану спокою по горизонтальній дорозі протягом 10 с під дією сили 3 кН, після чого до зупинки рухається з вимкненим двигуном. Визначити прискорення автомобіля під час розгону, швидкість в кінці розгону, час гальмування і пройдений загальний шлях. Коефіцієнт опору рухові 0,02.
94. З яким максимальним прискоренням можна піднімати мотузкою тіло масою 200 кг, якщо мотузка витримує нерухомий вантаж вагою до 2400 Н?
95. Вантаж масою 150 кг лежить в кабіні ліфта, що опускається і тисне на підлогу з силою 1800 Н. Визначити модуль і напрям прискорення ліфта.
96. Яка маса космонавта, якщо при вертикальному старті з прискоренням $6g$ його вага становить 4,9 кН?
97. На кінцях нитки, перекинутої через нерухомий блок, підвішено два тіла різної маси. Під дією сили тяжіння кожне тіло проходить за 2 с шлях по 2 м. Визначити масу легшого тіла, якщо маса важчого 1,1 кг.
98. Брусок масою 300 г під дією вантажу масою 100 г, рухаючись зі стану спокою, проходить шлях 80 см за 2 с (мал. 12). Визначити коефіцієнт тертя бруска по столу.



Мал. 12

99. Два бруски масами m_1 і $m_2=2m_1$ зв'язані між собою ниткою і знаходяться на гладенькій горизонтальній поверхні (мал. 13). У якому випадку сила натягу нитки буде більшою: коли бруски переміщують вліво, прикладаючи зовнішню силу до бруска m_1, чи вправо, прикладаючи ту ж силу до бруска m_2? У скільки разів?



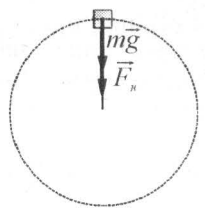
Мал. 13

100. Тіло масою 200 кг рівномірно піднімають вгору вздовж похилої площини, яка утворює кут 30^0 з горизонтом, прикладаючи силу 1500 Н. З яким прискоренням це тіло буде зісковзувати з похилої площини, якщо його відпустити?

101. На нерухомій похилій площині з кутом нахилу 30^0 лежить вантаж масою 5 кг, прив'язаний до мотузки, перекинутої через нерухомий блок, що прикріплений до вершини похилої площини. До іншого кінця мотузки підвішено вантаж масою 1 кг. З яким прискоренням будуть рухатися вантажі, якщо коефіцієнт тертя вантажу об площину 0,2? Яка сила натягу мотузки?
102. Яка жорсткість пружини, якщо під дією сили 4,5 кН вона видовжилась на 9 см? На скільки видовжиться ця пружина під дією сили 20 кН?
103. Дві пружини з'єднали послідовно і розтягують, прикладаючи силу до кінців однієї пружини. Перша пружина жорсткістю 50 Н/м видовжилась на 5 см. Яка жорсткість другої пружини, якщо вона видовжилась на 20 см?
104. Визначити жорсткість системи двох пружин жорсткістю 400 Н/м і 600 Н/м при послідовному та паралельному їх з'єднанні.
105. Коли до пружини жорсткістю 500 Н/м підвісили вантаж масою 1 кг, то її довжина стала 12 см. До якої довжини розтягнеться пружина, якщо до неї підвісити ще один вантаж масою 1 кг?
106. Два хлопчики розтягують гумовий джгут, прикріпивши до його кінців динамометри. Коли джгут видовжився на 2 см, динамометри показували сили по 20 Н кожен. Що показують динамометри при розтягуванні джгута на 6 см?
107. Тіло масою 100 г прив'язане до нитки завдовжки 40 см рухається по колу у вертикальній площині. Визначити натяг нитки у момент проходження верхньої точки з швидкістю 4 м/с.

$F_н - ?$

$m = 100$ г $= 0{,}1$ кг
$l = 40$ см $= 0{,}4$ м
$\upsilon = 4$ м/с



Розв'язання

У верхній точці на тіло діють сила тяжіння $m\vec{g}$ і сила натягу нитки $\vec{F}_н$ вертикально вниз. Запишемо II закон Ньютона в проекції на вісь Oy: $ma_y = mg + F_н$. При русі тіла по колу виникає доцентрове прискорення, напрямлене до центру: $a_y = a_д = \dfrac{\upsilon^2}{R} = \dfrac{\upsilon^2}{l}$. Тоді $F_н = m\left(\dfrac{\upsilon^2}{l} - g\right)$.

$$F_н = 0{,}1\text{ кг} \cdot \left(\frac{16\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{0{,}4\text{ м}} - 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = 3\text{ Н}.$$

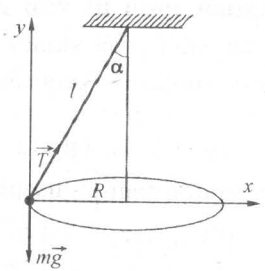
108. Літак, що летить із швидкістю 360 км/год, виконує "мертву петлю" радіусом 200 м. З якою силою льотчик масою 80 кг тисне на сидіння літака у верхній і нижній точках петлі?
109. Автомобіль масою 2 т рухається по вгнутому мосту, радіус кривизни якого 100 м. З якою швидкістю рухається автомобіль, якщо сила тиску автомобіля на міст у середній його частині 24,5 кН?
110. Вантаж, що має масу 20 г і прикріплений до кінця невагомого стрижня завдовжки 40 см, рівномірно обертається у вертикальній площині з частотою 2 об/с. Яка сила натягу стрижня у момент, коли вантаж проходить нижню точку своєї траєкторії?
111. Відро з водою рухається у вертикальній площині, описуючи коло радіусом 1 м. Яку мінімальну кількість обертів за хвилину повинно робити відро, щоб вода з нього не виливалася?
112. З якою максимальною швидкістю може їхати мотоцикл горизонтальною ділянкою, описуючи дугу кола радіусом 100 м, якщо коефіцієнт тертя гуми об асфальт 0,4?
113. Автомобіль рухається по дузі кола радіусом 40 м з швидкістю 10 м/с. За якого мінімального коефіцієнта тертя це можливо?
114. Гумку поклали на горизонтально розміщений диск, який обертається з частотою 78 об/хв. Найбільша відстань від осі обертання, за якої гумка утримувалася на диску, становила 10 см. Яке значення коефіцієнта тертя між гумкою і поверхнею диска?
115. Кулька, підвішена на нитці довжиною 1 м рухається по колу в горизонтальній площині, так, що нитка описує конічну поверхню (конічний маятник), утворюючи кут 45^0 з вертикаллю. Визначити швидкість кульки.

Розв'язання

$\upsilon - ?$

$l = 1$ м

$\alpha = 45^0$



Зобразимо сили, які діють на кульку і запишемо II закон Ньютона в проекціях на горизонтальну і вертикальну осі.

Ox: $ma = T \cdot \sin\alpha$ (1), де $a = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{\upsilon^2}{l \cdot \sin\alpha}$ – доцентрове прискорення.

Oy: $mg = T \cdot \cos\alpha$ (2). Поділивши перше рівняння на друге, отримаємо

$\frac{\upsilon^2}{g \cdot l \cdot \sin\alpha} = \mathrm{tg}\alpha$. Звідси $\upsilon = \sqrt{g \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot \mathrm{tg}\alpha}$. Після підстановки

$\upsilon = \sqrt{10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1\text{ м} \cdot 0{,}7 \cdot 1} \approx 2{,}64\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

116. Тіло масою 500 г, прив'язане до нитки завдовжки 25 см, рівномірно обертається в горизонтальній площині. Яким має бути період обертання, щоб сила натягу нитки не перевищувала 2 Н?
117. Кулька, яка підвішена на нитці довжиною 0,5 м, рівномірно обертається у горизонтальній площині. Який кут утворює нитка з вертикаллю, якщо кулька здійснює за хвилину 60 обертів?

Рівновага тіл

118. Чому циркові артисти при ходінні по канату тримають в руках важкі жердини?
119. Чому людина, що несе на спині тяжку ношу, нахиляється вперед?
120. Чому не можна встати з крісла, якщо не нахилити тіло вперед?
121. Людина, що сиділа в човні встала. Як змінилася стійкість човна?
122. Яке призначення кіля парусного човна (яхти)?
123. Чому качка при ходьбі перевалюється з боку на бік, а курка ні?
124. Поясніть, чому конструкція (мал. 14) не падає з пальця?
125. До кінців стрижня масою 300 г і завдовжки 0,8 м підвішені вантажі масами 400 г і 100 г. На якій відстані від вантажу більшої маси потрібно підперти стрижень, щоб він знаходився у рівновазі?
126. Два вантажі зрівноважено на кінцях важеля, плечі якого 0,5 м і 0,7 м. Знайти вагу кожного з вантажів, якщо сила тиску важеля на опору 84 Н.

Мал. 14

127. Кінці балки довжиною 10 м і масою 50 кг лежать на опорах. На відстані 2 м від правого кінця балки поставили вантаж. Визначити масу цього вантажу, якщо сила тиску на ліву опору становить 290 Н. Чому дорівнює сила тиску на праву опору?

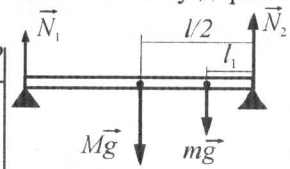
$m - ?\ N_2 - ?$

$l = 10$ м

$M = 50$ кг

$l_1 = 2$ м

$N_1 = 290$ Н



Розв'язання

Сила тиску на ліву опору за модулем дорівнює реакції опори N_1, Приймемо за вісь обертання праву опору. Тоді правило моментів запишеться:

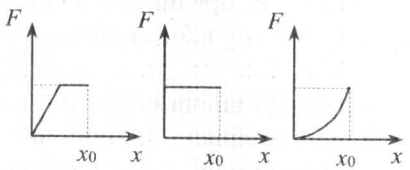
$mg \cdot l_1 + Mg \cdot \frac{l}{2} = N_1 \cdot l$. Звідси $m = \frac{N_1 l}{g l_1} - \frac{Ml}{2l_1}$.

$m = \frac{290\text{ Н} \cdot 10\text{ м}}{10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{ м}} - \frac{50\text{ кг} \cdot 10\text{ м}}{2 \cdot 2\text{ м}} = 20$ кг. Приймемо за вісь обертання ліву опору. $mg \cdot (l - l_1) + Mg \cdot \frac{l}{2} = N_2 \cdot l$. Звідси N_2=410 Н.

128. Однорідна рейка довжиною 10 м і масою 100 кг підвішена своїми кінцями до двох тросів. На відстані 4 м від лівого кінця на рейку поставили вантаж масою 30 кг. Визначити сили натягу тросів.
129. Відстань між двома опорами 8 м. На опори поклали горизонтальну балку масою 100 кг і завдовжки 10 м так, що 2 м виступає за ліву опору. Визначити силу тиску балки на праву опору.
130. Стрижень довжиною 2 м має вісь обертання посередині. До одного кінця стрижня підвішено вантаж 4 кг, до другого – 3 кг. Де потрібно підвісити вантаж масою 2 кг, щоб стрижень перебував у рівновазі?

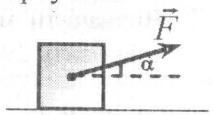
Робота і потужність. Закон збереження механічної енергії

131. Графіки залежності сили, яка прикладена до тіла, від координати схематично зображено на малюнку 15 а – в. У якому випадку робота сили під час переміщення на відстань x_0 найменша? найбільша?



Мал. 15

132. Яку найменшу роботу необхідно виконати, щоб підняти вантаж масою 20 т вертикально вгору на висоту 3 м?
133. Яку роботу виконує людина, піднімаючи на п'ятий поверх п'ятилітрову пляшку з олією? Висота одного поверху 3 м.
134. Хлопчик тягне вантаж, прикладаючи зусилля 200 Н під кутом 30^0 до горизонту так, як показано на малюнку 16. Визначити роботу, яку виконує хлопчик на шляху 15 м.



Мал. 16

135. Автомобіль масою 1500 кг розганяється зі стану спокою з прискоренням 1 м/с^2. Коефіцієнт опору 0,02. Визначити роботу сили тяги за перші 10 с розгону.
136. Тіло масою 20 кг піднімають вертикально вгору силою 400 Н, яка співпадає з напрямом руху. Яка робота виконується на шляху 10 м? Яку роботу виконує при цьому сила тяжіння?
137. При вертикальному підйомі вантажу масою 2 кг на висоту 10 м виконали роботу 240 Дж. З яким прискоренням піднімали вантаж?

138. Хлопчик, маса якого 50 кг, піднімає на висоту 20 м десятилітрове відро з водою за 40 с. Яку середню потужність розвиває хлопчик, рухаючись вгору рівномірно?
139. Якою повинна бути мінімальна потужність крана, щоб підняти сталеву деталь об'ємом 0,1 м^3 на висоту 10 м за 20 с?

$N - ?$

$V = 0{,}1$ м^3
$h = 10$ м
$t = 20$ с
$\rho = 7800$ кг/м^3

Розв'язання

Потужність $N = \frac{A}{t}$. Робота виконується проти сили тяжіння $A = mgh$. Маса деталі $m = \rho \cdot V$. Отже $N = \frac{\rho V g h}{t}$. Після підстановки

$$N = \frac{7800\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0{,}1\ \text{м}^3 \cdot 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10\ \text{м}}{20\ \text{с}} = 3900\ \text{Вт}.$$

140. Під дією сили 200 Н тіло досягло швидкості 20 м/с. Чому дорівнює розвинута потужність в цей момент?
141. Під час руху автомобіля зі швидкістю 20 м/с горизонтальною ділянкою шляху двигун розвиває потужність 35 кВт. Визначити силу тяги двигуна.
142. Колода масою 80 кг і довжиною 4 м лежить на горизонтальній поверхні. Яку мінімальну роботу необхідно виконати, щоб поставити колоду вертикально?
143. Яку роботу необхідно виконати, щоб викопати підвал з площею дна 20 м^2 і глибиною 3 м? Середня густина грунту становить 1500 кг/м^3.
144. Яку роботу потрібно виконати, щоб стиснути пружину, жорсткість якої 50 кН/м на 0,4 см? Якою буде потенціальна енергія стиснутої пружини?
145. Щоб стиснути пружину на 8 мм потрібно виконати роботу 0,2 Дж. Яку роботу потрібно виконати, щоб стиснути цю ж пружину ще на 4 мм?
146. Камінь масою 1 кг падає з висоти 20 м і в момент падіння на землю має швидкість 18 м/с. Яка робота на подолання сил опору виконується під час падіння?

147. Стріла масою 60 г випущена з швидкістю 30 м/с під кутом до горизонту. Визначити потенціальну і кінетичну енергії стріли на висоті 5 м. Опором повітря знехтувати.

148. Тіло масою 0,2 кг кинуто під кутом 60^0 до горизонту із швидкістю 10 м/с. Визначити його кінетичну, потенціальну і повну механічну енергію у найвищій точці траєкторії. Опором повітря знехтувати.

149. Вантаж масою 0,8 кг поклали на вертикально розміщену пружину жорсткістю 20 кН/м і стиснули на 4 см. На яку висоту підстрибне вантаж, якщо пружину відпустити?

150. Кулька масою 100 г висить на невагомому стержні довжиною 50 см. Яку мінімальну кінетичну енергію потрібно надати кульці в горизонтальному напрямі, щоб вона зробила повний оберт у вертикальній площині?

151. Кулька масою 50 г висить на нерозтяжній невагомій нитці довжиною 60 см. Яку мінімальну кінетичну енергію потрібно надати кульці в горизонтальному напрямі, щоб вона зробила повний оберт у вертикальній площині?

152. Сани з'їжджають з гори висотою h і кутом нахилу α і далі рухаються горизонтально. Коефіцієнт тертя протягом усього шляху однаковий і становить μ. Визначити відстань, яку пройдуть сани, рухаючись горизонтально до повної зупинки.

Розв'язання

Під час руху санок згори потенціальна енергія переходить в кінетичну і частково витрачається на подолання сил тертя.

$mgh = \frac{m\upsilon^2}{2} + F_{тер} \cdot l$, де l – довжина похилої площини $l = \frac{h}{\sin\alpha}$,

$F_{тер} = \mu mg \cdot \cos\alpha$.

Кінетична енергія, яку мають сани біля підніжжя витрачається на роботу проти сил тертя на горизонтальній ділянці. $\frac{m\upsilon^2}{2} = F_{тер} \cdot s$,

де s – довжина горизонтальної ділянки. Тоді

$mgh = \mu mg \cdot s + \mu mg \cdot h \cdot \operatorname{ctg}\alpha$. Звідси $s = \frac{h(1 - \mu \cdot \operatorname{ctg}\alpha)}{\mu}$.

153. Ковзаняр, розігнавшись до швидкості 27 км/год виїжджає на льодову гірку. На яку висоту від початкового рівня виїде

ковзаняр з розбігу, якщо підйом гірки становить 0,5 м на кожні 10 м по горизонталі, а коефіцієнт тертя ковзанів об лід 0,02?

154. До вільного кінця нитки, яка здатна витримати найбільшу силу натягу 20 Н у вертикальному положенні підвішують вантаж масою 1 кг. На який максимальний кут можна відхилити від вертикалі нитку з вантажем, щоб під час проходження вантажу через положення рівноваги нитка не обірвалась?

155. У тіло масою 990 г, що лежить на горизонтальній поверхні, влучає куля масою 10 г і застряє в ньому. Швидкість кулі горизонтальна і становить 700 м/с. Який шлях пройде тіло до зупинки, якщо коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею 0,05?

156. Візок масою 120 кг рухається без тертя зі швидкістю 6 м/с. З нього в горизонтальному напрямку стрибає людина масою 80 кг під кутом 30^0 до напрямку руху. Швидкість візка при цьому зменшується до 5 м/с. Якою була швидкість стрибка людини відносно землі?

157. На підлогу з висоти 2,45 м падає м'яч масою 0,2 кг і підстрибує на висоту 1,8 м. Визначити переданий підлозі імпульс і втрату кінетичної енергії.

158. Між двома кульками масами 15 г і 10 г, що рухалися назустріч одна одній з швидкостями відповідно 0,6 м/с і 0,4 м/с, відбувся непружний удар. Яка швидкість кульок після зіткнення і на скільки зменшилася їх кінетична енергія?

159. Якщо затиснути пальцем частину отвору водопровідного крана, то у вільний отвір вода потрапляє з набагато більшою швидкістю, ніж при повністю відкритому отворі. Поясніть це явище.

160. Ураган може зірвати дах будинку і підкинути вгору. Поясніть утворення такої «підйомної» сили.

161. Чим відрізняється з точки зору механіки дія крила літака від дії крила птаха під час польоту?

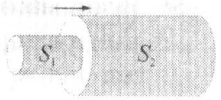
Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити момент сили?
   а) ...=mυ; б) ...=μmg; в) ...= kx; г) ...= Fd.
2. Центр мас тіла – це точка…
   а) ..., у якій прикладена рівнодійна сил, що діють на окремі частини тіла;
   б) ...перетину прямих, уздовж яких напрямлені сили,що викликають лише поступальний рух;
   в) ...прикладання до тіла зовнішніх сил.
3. Виникнення підйомної сили можна пояснити законом...
   а) ...Бернуллі; б) ...Гука; в) ...Ньютона; г) ...збереження імпульсу.

Рівень В (середній)

1. Нестислива рідина рухається по трубі в напрямку показаному на малюнку 1 стрілкою. Порівняти швидкості руху рідини в трубах різного перерізу.



Мал. 1

   а) $\upsilon_1 > \upsilon_2$; *б)* $\upsilon_1 = \upsilon_2$; *в)* $\upsilon_1 < \upsilon_2$.
2. Гумова кулька масою m рухається перпендикулярно до стола з швидкістю υ. Після абсолютно пружного удару зміна імпульсу кульки за модулем дорівнює...
   а) ...0; б) ...mυ; в) ...2mυ; г) ...mυ/2.
3. Хлопчик, піднімаючи санки на гору виконав роботу 1000 Дж за 20 с. Яку потужність розвивав хлопчик?

Рівень С (достатній)

1. Автомобіль масою 1 т рухається по опуклому мосту, радіус кривизни якого 400 м. Визначити силу тиску автомобіля на середину моста при швидкості руху 36 км/год.
2. Під яким кутом до переміщення напрямлена сила 50 Н, якщо під час рівномірного руху тіла з швидкістю 0,5 м/с протягом 40 с виконана робота становить 500 Дж? Яка при цьому розвивалася потужність?

Рівень D (високий)

1. Сани масою 60 кг рівномірно з'їжджають з гори висотою 40 м і довжиною 100 м. Визначити коефіцієнт тертя санок по снігу і силу тертя, що діє на санки.
2. Велосипедист повинен проїхати під час атракціону по «мертвій петлі», радіус якої 8 м. З якої найменшої висоти він повинен почати розгін, щоб не впасти у верхній точці петлі? Силою опору знехтувати.

Рівень А (початковий)

1. *г* 2. *б* 3. *а*

Рівень В (середній)

1. *а* 2. *в*
3. *Розв'язання*

$N - ?$

$A = 1000$ Дж
$t = 20$ с

Потужність визначається співвідношенням $N = \frac{A}{t}$.

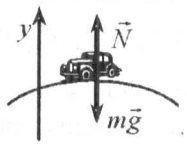
$N = \frac{1000 \text{ Дж}}{20 \text{ с}} = 50 \text{ Вт}$.

Рівень С (достатній)

1. *Розв'язання*

$N - ?$

$m = 1$ т $= 1000$ кг
$R = 400$ м
$\upsilon = 36$ км/год $=$
$= 10$ м/с



Зобразимо сили, які діють на автомобіль і запишемо II закон Ньютона в проекції на вертикальну вісь. $-ma = N - mg$, де $a = \frac{\upsilon^2}{R}$ – доцентрове прискорення, напрямлене вертикально вниз. Тоді $N = m\left(g - \frac{\upsilon^2}{R}\right)$.

Після підстановки $N = 1000 \text{ кг} \cdot \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{400 \text{ м}}\right) = 7500 \text{ Н}$.

2. *Розв'язання*

$\alpha - ?\ N - ?$

$F = 50$ Н
$\upsilon = 0{,}5$ м/с
$t = 40$ с
$A = 500$ Дж

Потужність визначається співвідношенням $N = \frac{A}{t}$.

$N = \frac{500 \text{ Дж}}{40 \text{ с}} = 12{,}5 \text{ Вт}$.

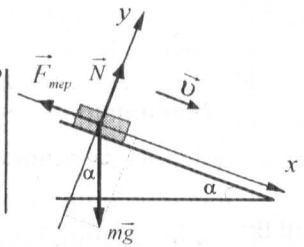
З формули роботи $A = Fs \cdot \cos\alpha$, де $s = \upsilon t$, знаходимо кут.

$\cos\alpha = \frac{A}{F \cdot \upsilon \cdot t} = \frac{500 \text{ Дж}}{50 \text{ Н} \cdot 0{,}5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 40 \text{ с}} = 0{,}5$. Отже $\alpha = 60^0$.

Рівень D (високий)

1. $\mu - ?\ F_{тер} - ?$

$m = 60$ кг
$h = 40$ м
$l = 100$ м



Розв'язання

Під час руху на тіло діють три сили: сила тяжіння вертикально вниз, сила тертя протилежно до напрямку руху і сила реакції опори перпендикулярно до площини. Запишемо II закон Ньютона: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тер}$.

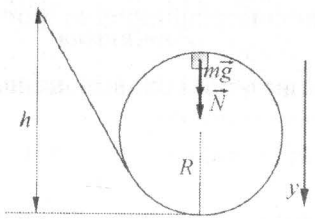
Вісь Ox спрямуємо уздовж похилої площини, вісь Oy – перпендикулярно до неї. Санки рухаються рівномірно, тому a=0. Тоді II з-н Ньютона в проекції на вісь Ox: $0 = mg \cdot \sin\alpha - F_{тер}$ (1); на вісь Oy: $0 = -mg \cdot \cos\alpha + N$ (2).

Враховуючи, що $F_{тер} = \mu N$, підставимо значення N з рівняння (2) у рівняння (1): $0 = mg \cdot \sin\alpha - \mu \cdot mg \cdot \cos\alpha$. Звідси $\mu = \operatorname{tg}\alpha$. Знаючи висоту гори і її довжину, можна взнати довжину основи. $b = \sqrt{l^2 - h^2} = \sqrt{(100\text{ м})^2 - (40\text{ м})^2} = 60$ м. Тоді $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{40\text{ м}}{60\text{ м}} \approx 0{,}67$. Отже $\mu \approx 0{,}67$. Сила тертя

$$F_{тер} = \mu mg\cos\alpha = 0{,}67 \cdot 60\text{ кг} \cdot 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{60\text{ м}}{100\text{ м}} = 241{,}2\text{ Н}.$$

2. $h - ?$

$R = 8$ м



Розв'язання

Щоб велосипедист не впав у верхній точці, на нього повинна діяти сила реакції опори N з боку поверхні. Розглянемо граничний випадок, коли N=0. $ma = mg$, де $a = \dfrac{\upsilon^2}{R}$ – доцентрове прискорення або $\upsilon^2 = gR$.

У цій точці у велосипедиста є кінетична енергія $\dfrac{m\upsilon^2}{2}$ і потенціальна $mg \cdot 2R$, сума яких дорівнює потенціальній енергії на висоті h. Отже $mgh = \dfrac{m\upsilon^2}{2} + mg \cdot 2R$, або $mgh = \dfrac{mgR}{2} + mg \cdot 2R$. Звідси $h = \dfrac{5}{2}R = 20$ м.

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити потужність?

а) $\ldots = Fs$; *б)* $\ldots = \dfrac{A}{t}$; *в)* $\ldots = gmh$; *г)* $\ldots = m\upsilon$.

2. «Робота всіх консервативних сил, які діють на тіло, дорівнює зміні потенціальної енергії тіла, взятій із протилежним знаком». Це є формулювання…

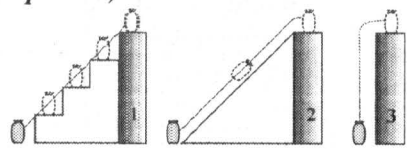
а) ...закону збереження механічної енергії; б) ...закону Бернуллі;
в) ...закону збереження імпульсу; г) ...теореми про потенціальну енергію.

3. Рух, що виникає внаслідок відділення з деякою швидкістю від тіла якоїсь його частини, називають…

а) ...рівномірним; б) ...реактивним; в) ...рівноприскореним; г)...коливальним.

Рівень B (середній)

1. Мішок з зерном опускають з деякої висоти сходами, похилою площиною і вертикально (мал. 1). Порівняти роботи сили тяжіння у цих випадках.



Мал. 1

а) $A_1 = A_2 = A_3$; *б)* $A_1 > A_2 > A_3$; *в)* $A_3 > A_2 > A_1$; *г)* $A_1 = A_2 > A_3$.

2. Одну цеглину поклали на другу і підкинули вертикально вгору. За відсутності опору повітря, верхня цеглина не тисне на нижню…

а) ...під час польоту вгору; б) ...під час польоту вниз;
в) ...під час всього польоту; г) ...у верхній точці траєкторії.

3. Середня сила під час віддачі гвинтівки становить $3 \cdot 10^2$ Н. Визначити імпульс цієї сили, якщо час руху кулі в дулі гвинтівки 10 мс.

Рівень C (достатній)

1. Визначити першу космічну швидкість на висоті 100 км над Землею.
2. Санки з хлопчиком загальною масою 60 кг починають рухатися з гори, висота якої 20 м. Швидкість санок біля підніжжя становить 10 м/с. Визначити роботу сил опору.

Рівень D (високий)

1. Дошка завдовжки 6 м спирається на опору посередині довжини. На одному кінці дошки помістили вантаж 70 кг, а на другому – 50 кг. Де треба помістити вантаж масою 25 кг, щоб дошка була в рівновазі?
2. На судні масою 750 т зроблено постріл з гармати у напрямку, протилежному до руху судна під кутом 60^0 до горизонту. На скільки змінилася швидкість судна, якщо снаряд масою 30 кг вилетів з швидкістю 1 км/с відносно землі?

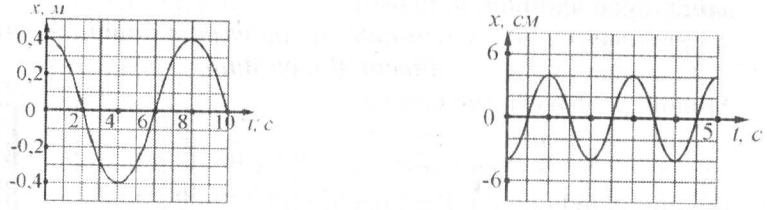
Розділ 3. Механіка

Гармонічні коливання

162. Амплітуда коливань тягарця на пружині 3 см. Визначити шлях і модуль переміщення, який проходить тягарець за 5 періодів коливань?

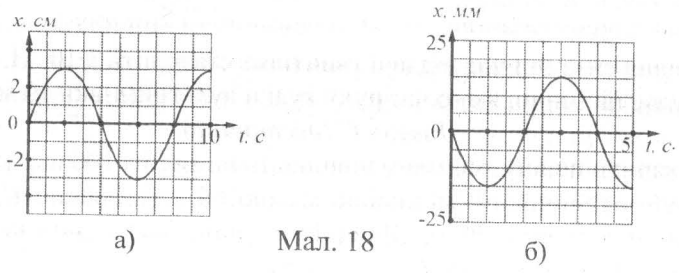
163. Середня швидкість поршня парової машини 5 м/с. Хід поршня 25 см. Визначити частоту коливань поршня.

164. На малюнку 17 а,б зображено графіки залежності координати тіла, що здійснює коливання, від часу. Чому дорівнює період, частота та амплітуда коливань тіла?



а) Мал. 17 б)

165. Використовуючи графік залежності координати від часу (мал. 18 а,б), записати рівняння коливань $x=x(t)$. Визначити координату тіла в момент часу t=14 с.



а) Мал. 18 б)

166. Чому дорівнює амплітуда, період, частота і фаза коливань, якщо координата тіла змінюється за законом $x = 0{,}2\cos \pi t$ (м)?

167. Чому дорівнює амплітуда, період, циклічна частота, фаза і початкова фаза коливань, якщо координата маятника змінюється за законом $x = 8\sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ (см)?

168. Матеріальна точка здійснює коливання, координата якого змінюється за законом $x = 0{,}04\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (м). На скільки зміниться фаза цих коливань за час Δt= 2 с?

169. За яку частину періоду тіло, що здійснює гармонічні коливання, пройде шлях, що дорівнює половині амплітуди. У початковий момент часу тіло знаходиться у положенні рівноваги.

Розв'язання

$t - ?$

$x = \frac{x_m}{2}$

Загальний вигляд рівняння гармонічних коливань $x = x_m \sin\omega t$, оскільки у початковий момент часу точка знаходиться у положенні рівноваги. Враховуючи, що $\omega = \frac{2\pi}{T}$, рівняння гармонічних коливань можна записати: $x = x_m \sin\frac{2\pi}{T}t$. Згідно умови $\frac{x_m}{2} = x_m \sin\frac{2\pi}{T}t$. Або $\frac{2\pi}{T}t = \frac{\pi}{6}$. Звідси $t = \frac{T}{12}$.

170. За яку частину періоду, матеріальна точка, що здійснює гармонічні коливання, пройде шлях, що дорівнює половині амплітуди У початковий момент часу точка знаходиться на найбільшій відстані від положення рівноваги.

171. Зміщення маятника при фазі $\pi/3$ рад становить 2 см. Визначити амплітуду коливань і зміщення при фазі $3\pi/4$. Початкова фаза рівна нулю. В початковий момент часу відхилення маятника від положення рівноваги максимальне.

172. Рівняння коливань матеріальної точки має вигляд: $x = 0{,}1\cos(\pi(t + 0{,}25))$(м). Визначити період, початкову фазу коливань і модуль максимального значення прискорення руху точки.

Розв'язання

$T - ?\ \varphi_0 - ?\ a - ?$

$x = 0{,}1\cos(\pi(t + 0{,}25))$ (м)

Перепишемо рівняння коливань по-іншому: $x = 0{,}1\cos(\pi t + 0{,}25\pi)$. Амплітуда коливань $x_m = 0{,}1$ м, циклічна частота $\omega = \pi$ рад/с, початкова фаза $\varphi_0 = 0{,}25\pi$. $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2$ с. Оскільки коливання гармонічні, то виконується співвідношення $a_x = -\omega^2 x$. Тоді модуль максимального прискорення $a_m = \omega^2 x_m = \pi^2 \cdot 0{,}1\ \text{м} \approx 1\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

173. Точка здійснює гармонічні коливання за законом $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$. У певний момент часу зміщення точки $x = 4$ см, прискорення $a = -1$ м/с^2. Визначити циклічну частоту коливань.

174. Тіло здійснює гармонічні коливання з частотою 50 Гц. Амплітуда коливань $4\cdot10^{-3}$ м. Визначити максимальне значення прискорення тіла.

175. Платформа здійснює гармонічні коливання у горизонтальному напрямі з частотою 0,25 Гц. На платформі лежить брусок, коефіцієнт тертя якого об поверхню платформи дорівнює 0,1. Яка максимально можлива амплітуда коливань платформи, щоб брусок залишався нерухомим?

x_m –?	*Розв'язання*
$\nu = 0{,}25$ Гц $\mu = 0{,}1$	Оскільки коливання гармонічні, то виконується співвідношення $a_x = -\omega^2 x$. Тоді модуль максимального прискорення $a_m = \omega^2 x_m = 4\pi^2\nu^2 x_m$ (1). За II законом Ньютона брусок не ковзатиме, якщо $ma_m = \mu mg$ (2). З рівнянь (1) і (2) отримаємо: $x_m = \dfrac{\mu g}{4\pi^2\nu^2}$.

Після підстановки $x_m = \dfrac{0{,}1\cdot 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4\pi^2\cdot 0{,}0625\ \text{Гц}^2} \approx 0{,}4$ м.

176. Шматок крейди лежить на вібростолі, який здійснює гармонічні коливання у вертикальній площині з амплітудою 4 см. Якою може бути максимальна частота коливань вібростола, щоб крейда не відривалася від його поверхні?

Математичний маятник

177. Як зміниться період коливань математичного маятника, якщо його перенести з поверхні Землі на поверхню Місяця? З полюса на екватор Землі?

178. Як буде рухатися кулька нитяного маятника, якщо нитку перепалити у момент максимального відхилення кульки від положення рівноваги? У момент, коли кулька проходить положення рівноваги?

179. Лійка, яка наповнена піском, коливається на довгій нитці. Як буде змінюватися період коливань такого маятника у міру висипання піску?

180. Чи зміниться період коливань гойдалки на довгих мотузках, якщо замість однієї людини сяде двоє? Якщо люди встануть?

181. Чи зазнає змін період коливань математичного маятника у вагоні потяга, який рухається рівномірно і прямолінійно, у порівняні з періодом коливань у нерухомому вагоні?

182. Дві однакові металеві кульки, які підвішені на довгих нитках однакової довжини, відхилили на різні невеликі кути і відпустили. Порівняти періоди та час коливань кульок.

183. Дві однакові за розмірами кульки: металева і дерев'яна, які підвішені на довгих нитках однакової довжини, відхилили на однакові невеликі кути і відпустили. Порівняти періоди та час коливань кульок.

184. Знайти період, частоту та циклічну частоту коливань математичного маятника, якщо він за 8 с зробив 16 повних коливань.

185. Визначити період коливань математичного маятника, довжина нитки якого 90 см.

186. Яка довжина нитки маятника, який у земних умовах за 45 с здійснює 15 вільних коливань?

187. Під час виконання лабораторної роботи з визначення прискорення вільного падіння учень зафіксував, що математичний маятник завдовжки 80 см здійснив 100 коливань протягом 3 хв. Яке значення прискорення одержав учень?

188. Довжини двох математичних маятників відносяться як 16 : 1. Як відносяться частоти коливань цих маятників?

189. Час падіння тіла з деякої висоти на Марсі в 1,26 рази більший, ніж час падіння з цієї ж висоти на поверхні Землі. У скільки разів відрізняється період коливань математичного маятника на Марсі від періоду коливань такого ж маятника на Землі? Опір середовища на враховувати.

190. Два маятники, довжини яких відрізняються на 22 см, здійснюють в одному і тому ж місці Землі за деякий час 30 і 36 коливань відповідно. Визначити довжини маятників.

$l_1 - ?\ l_2 - ?$

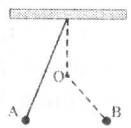
$\Delta l = l_1 - l_2 =$
$= 22$ см$=0{,}22$ м
$N_1 = 30$
$N_2 = 36$

Розв'язання

Період коливань першого маятника $T_1 = \dfrac{t}{N_1}$, другого – $T_2 = \dfrac{t}{N_2}$. Враховуючи, що $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$, можна записати $\dfrac{t}{N_1} = 2\pi\sqrt{\dfrac{l_1}{g}}$ (1). Аналогічно $\dfrac{t}{N_2} = 2\pi\sqrt{\dfrac{l_2}{g}}$ (2). Поділивши перше рівняння на друге, отримаємо $\dfrac{N_2}{N_1} = \sqrt{\dfrac{l_1}{l_2}}$. Або $\dfrac{N_2^2}{N_1^2} = \dfrac{l_2 + \Delta l}{l_2}$. Після перетворень $l_2 = \dfrac{\Delta l}{\dfrac{N_2^2}{N_1^2} - 1}$.

$l_2 = \dfrac{0{,}22\text{ м}}{1{,}44 - 1} = 0{,}5$ м. Тоді $l_1 = 0{,}72$ м.

191. Один математичний маятник має довжину у 4 рази більшу, ніж другий. За деякий час перший математичний маятник здійснив 20 коливань. Скільки коливань здійснить за цей час другий маятник?
192. Як відносяться довжини математичних маятників, якщо за один і той же час один з них робить 20, а другий 30 коливань?
193. У разі зменшення довжини математичного маятника на 10 см, його період коливань зменшився на 10%. Яким був початковий період коливань?
194. Один математичний маятник має період коливань 3 с, а інший – 4 с. Який період коливань математичного маятника, довжина якого дорівнює сумі довжин цих маятників?
195. Математичний маятник довжиною 1 м здійснює коливання поблизу вертикальної стіни. Під точкою підвісу на відстані 0,75 м від неї у стіну забитий цвях так, що під час коливань нитка зачіплюється за нього (мал. 19). Визначити період коливань такого маятника.



Мал. 19

196. Якими мають бути напрям і модуль прискорення ліфта, щоб період коливань математичного маятника в ньому дорівнював 0,9 періодів коливань цього маятника у нерухомому ліфті?
197. Невелика металева кулька масою 100 г коливається у ліфті на нитці завдовжки 1 м. Ліфт рухається вертикально вгору з прискоренням 6 м/с^2. Визначити період коливань кульки та силу натягу нитки у момент проходження кулькою положення рівноваги.
198. У ракеті, яка перебуває у спокої на Землі, математичний маятник здійснює коливання з періодом 1 с. З яким прискоренням рухається ракета при посадці уздовж вертикалі на Землю, якщо період коливань зріс у два рази?
199. Як зміниться хід маятникового годинника, якщо змінити його довжину?
200. Як відрізнятимуться покази маятникового годинника взимку і влітку?
201. Визначити прискорення вільного падіння на Місяці, якщо маятниковий годинник йде на його поверхні у 2,46 разів повільніше, ніж на Землі.
202. На скільки і як зміниться за добу хід маятникового годинника, який йде точно на поверхні Землі, при перенесенні його на вершину Говерли. Висота Говерли 2 км, радіус Землі вважати рівним 6370 км.
203. Сталева кулька масою 10 г коливається на нитці з періодом 1 с. Коли знизу під кулькою помістили магніт, то період зменшився до 0,8 с. Визначити силу притягання кульки до магніту.

Пружинний маятник

204. Тягарець на пружині здійснює коливання уздовж вертикалі. У якій точці рівнодійна сил, що діє на тягарець, мінімальна? Максимальна?
205. Як зміниться період вільних коливань тягарця на пружині, якщо...
   а) ...його перемістити на космічний об'єкт, де прискорення вільного падіння вдвічі більше, ніж на Землі?
   б) ...жорсткість пружини збільшити вдвічі?
   в) ...амплітуду коливань збільшити вдвічі?
   г) ...масу тягарця збільшити вдвічі?
206. Чи зазнає змін частота коливань тягаря на пружині у ліфті, який рухається з прискоренням g угору?

207. Амплітуда коливань тягарця на пружині 5 см. Визначити шлях і переміщення тягарця за один період коливань.
208. Визначити період коливань тягарця масою 0,5 кг на пружині жорсткістю 2 Н/м.
209. Підвішений до пружини тягар здійснив за 5 с 10 коливань. Визначити масу тягаря, якщо жорсткість пружини 40 Н/м.
210. Для видовження пружини на 2 см необхідно прикласти зусилля 0,2 Н. Визначити частоту коливань тягаря масою 400 г на цій пружині.
211. Тягарець, підвішений до пружини, у стані спокою розтягує її на 2,5 см. Визначити період коливань пружинного маятника.
212. Тягар підвішений до пружини коливається з частотою 5 Гц. Визначити видовження пружини після припинення коливань тягаря.
213. Координата коливань тягаря на пружині змінюється за законом $x = 4\cos\omega t$ (см). Визначити зміщення тягаря від положення рівноваги через 0,5 с від початку коливань. Через 1,25 с. Період коливань тягаря становить 0,2 с.
214. Тіло здійснює коливання на пружині. Його координата змінюється за законом $x = 0{,}1\cos\pi t$. Визначити амплітуду коливань та масу тіла, якщо жорсткість пружини 50 Н/м.

$x_m - ?\ m - ?$

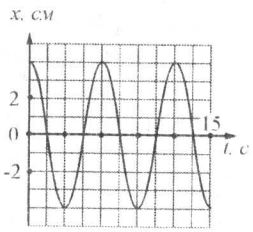
$x = 0{,}1\cos\pi t$

k =50 Н/м

Розв'язання

Загальний вигляд рівняння гармонічних коливань $x = x_m\cos\omega t$. Отже, амплітуда коливань x_m=0,1 м, циклічна частота ω=π рад/с. З формули $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ знаходимо масу: $m = \frac{k}{\omega^2} = \frac{50\frac{\text{Н}}{\text{м}}}{3{,}14^2\frac{1}{\text{с}^2}} \approx 5$ кг.

215. Тіло масою 1 кг здійснює коливання на пружині. Його координата змінюється за законом $x = 0{,}2\sin 2\pi t$. Визначити амплітуду коливань та жорсткість пружини.
216. Використовуючи графік залежності координати тіла, що здійснює вільні коливання на пружині від часу (мал. 20), записати його рівняння руху $x=x(t)$. Чому дорівнює значення сили пружності у момент часу 5 с? Жорсткість пружини 200 Н/м.

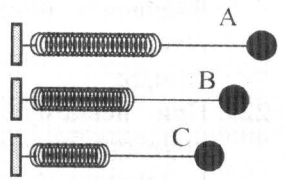


Мал. 20

217. Якщо до деякого вантажу, який коливається на пружині, причепити гирю масою 100 г, то частота коливань зменшиться в 1,4 раза. Якої маси вантаж підвішено до пружини?
218. Пружинний маятник зробив за деякий час 15 коливань. Коли масу тягарця зменшили на 200 г, маятник зробив за той же час 16 коливань. Визначити початкову масу тягарця.
219. Математичний маятник, довжина нитки якого 1 м, і тягар на пружині коливаються синхронно. Визначити жорсткість пружини, якщо маса тягаря 5 кг.
220. Тягар коливається на двох пружинах, з'єднаних паралельно. Жорсткість пружин відповідно 20 Н/м і 80 Н/м. У скільки разів зміниться період коливань тягаря, якщо пружини з'єднати послідовно?

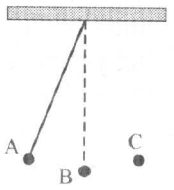
Перетворення енергії в коливальних процесах

221. Маятник настінного годинника здійснює коливання з частотою 2 Гц. Скільки разів за 30 секунд потенціальна енергія набуває максимального значення? Мінімального значення?
222. Скільки разів за період гармонічних коливань модуль повертаючої сили дорівнює 1 Н, якщо максимальне значення сили, яка повертає тіло у положення рівноваги становить 2 Н?
223. Тягарець на пружині здійснює вільні коливання між точками A і C (мал. 21). Визначте, в яких точках...
    а) ...потенціальна енергія системи максимальна.
    б) ...кінетична енергія системи максимальна.
    в) ...швидкість кульки рівна нулю.
    г) ...швидкість кульки максимальна.



Мал. 21

224. Тягарець на пружині здійснює вільні коливання між точками A і C (мал. 21). Чи є точки, в яких кінетична і потенціальна енергії тягарця однакові? Де вони знаходяться?
225. Тягарець на нитці здійснює вільні коливання між точками A і C (мал. 22). Як змінюються



Мал. 22

кінетична енергія ($E_к$), і потенціальна енергія ($E_п$) кулі під час її руху...

а) ...від точки А до точки В?

б) ...від точки В до точки С?

в) ...від точки С до точки В?

г) ...від точки В до точки А?

226. Кульку на нитці відхилили на невеликий кут (т. А) і відпустили без поштовху (мал. 22). Період коливань кульки T. Через який мінімальний час...

а) ...потенціальна енергія кульки набуде мінімального значення?

б) ...потенціальна енергія кульки набуде максимального значення?

в) ...кінетична енергія кульки набуде мінімального значення?

г) ...кінетична енергія кульки набуде максимального значення?

227. Під час вільних коливань кульки, підвішеної на нитці, максимальне значення кінетичної енергії 15 Дж. Чому дорівнює максимальне значення потенціальної енергії? В яких межах змінюється повна енергія кульки?

228. Залежність координати пружинного маятника, що здійснює коливання уздовж осі Ox, від часу має вигляд $x = A\sin\left(\frac{5}{8}\pi t + \pi\right)$. Визначити максимальну кінетичну енергію маятника, якщо у момент часу $t = 4$ с потенціальна енергія пружини дорівнює 15 мДж.

229. При певному зміщенні від положення рівноваги кулька пружинного маятника має кінетичну енергію 15 мДж. Потенціальна енергія у цей момент дорівнює 10 мДж. Визначити амплітуду коливань, якщо жорсткість пружини дорівнює 20 Н/м.

230. Тіло на пружині відхилили від положення рівноваги і відпустили. Через яку найменшу частину періоду кінетична енергія тіла буде рівна потенціальній?

231. Тягарець масою 200 г робить коливання на пружині жорсткістю 720 Н/м. Амплітуда коливань дорівнює 5 см. Якою буде швидкість тягарця під час проходження положення рівноваги та на відстані 4 см від положення рівноваги?

$\upsilon_1 - ?\ \ \upsilon_2 - ?$

$m = 200$ г $= 0{,}2$ кг
$k = 720$ Н/м
$x_m = 5$ см $= 0{,}05$ м
$x_2 = 4$ см $= 0{,}04$ м

Розв'язання

Швидкість буде максимальною під час проходження положення рівноваги. Згідно закону збереження енергії $E_{n.\max} = E_{k.\max}$, або $\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{m\upsilon_{\max}^2}{2}$. Після підстановки отримаємо $\upsilon_{\max} = \sqrt{\frac{kx_{\max}^2}{m}} = \sqrt{\frac{720\,\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}0025\ \text{м}^2}{0{,}2\ \text{кг}}} = 3\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Отже $\upsilon_1 = 3$ м/с. Запишемо закон збереження енергії для точки, яка знаходиться на відстані x від положення рівноваги $E_{k.\max} = E_{k.2} + E_{n.2}$, або $\frac{m\upsilon_{\max}^2}{2} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}$. Звідси

$$\frac{m\upsilon_2^2}{2} = \frac{0{,}2\ \text{кг} \cdot 9\,\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - \frac{720\,\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}0016\ \text{м}^2}{2} = 0{,}324\ \text{Дж}$$

Тоді $\upsilon_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}324\ \text{Дж}}{0{,}2\ \text{кг}}} = 1{,}8\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

232. Тягарець пружинного маятника, маса якого 0,2 кг, проходить положення рівноваги з швидкістю 1 м/с. Яка жорсткість пружини, якщо амплітуда коливань 4 см? Скільки разів протягом періоду швидкість кульки прийматиме таке значення?

233. На яку відстань треба відвести від положення рівноваги тягарець масою 320 г, закріплений на пружині жорсткістю 0,8 кН/м, щоб він проходив положення рівноваги з швидкістю 1 м/с? За який час він досягне максимальної швидкості?

234. Повна енергія тіла, що здійснює гармонічні коливання на пружині, дорівнює $4 \cdot 10^{-5}$ Дж, а максимальне значення сили, що діє на тягарець, становить $2 \cdot 10^{-3}$ Н. З якою швидкістю тіло проходить положення рівноваги, якщо його період коливань 2 с? Чому дорівнює максимальне зміщення тіла?

235. Тягарець масою 750 г здійснює вертикальні коливання на пружині жорсткістю 300 Н/м. Визначити амплітуду коливань, якщо на відстані 3 см від положення рівноваги, швидкість тягарця становила 0,8 м/с.

236. Під час коливань тягаря на пружині середня шляхова швидкість між двома крайніми точками становить υ=2 м/с. Визначити максимальну швидкість руху тягаря.

$\upsilon_m - ?$

$\upsilon_c = 2$ м/с

Розв'язання

Середня шляхова швидкість – це відношення пройденого шляху до проміжку часу, за який цей шлях пройдено. Між двома крайніми точками шлях дорівнює $2x_m$, а час – половині періоду. Отже $\upsilon_c = \frac{2x_m}{0{,}5T} = \frac{4x_m}{T}$ (1). Під час коливань пружинного маятника $\frac{kx_m^2}{2} = \frac{m\upsilon_m^2}{2}$. Звідси $\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{x_m}{\upsilon_m}$. Період коливань пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Отже $T = 2\pi\frac{x_m}{\upsilon_m}$ (2). Підставимо (2) в (1).

$\upsilon_c = \frac{4x_m}{2\pi\frac{x_m}{\upsilon_m}} = \frac{2\upsilon_m}{\pi}$. Звідси $\upsilon_m = \frac{\pi\upsilon_c}{2} \approx 3{,}14\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

237. Амплітуда гармонічних коливань тіла на пружині дорівнює 8 см, максимальна швидкість руху 8π см/с. Визначити період коливань тіла та максимальне прискорення руху. Вважати, що $\pi^2 = 10$.

238. Тягар на пружині здійснює гармонічні коливання за законом $x = 5\sin 6\pi t$ (см). Визначити середню швидкість руху за інтервал часу, протягом якого тягар проходить першу половину амплітуди?

Резонанс

239. Чи можна розгойдати гойдалку, прикладаючи незначне зусилля?

240. Коли нести відро з водою, то при певному темпі руху вода вихлюпується з відра. Як пояснити це явище і як його уникнути?

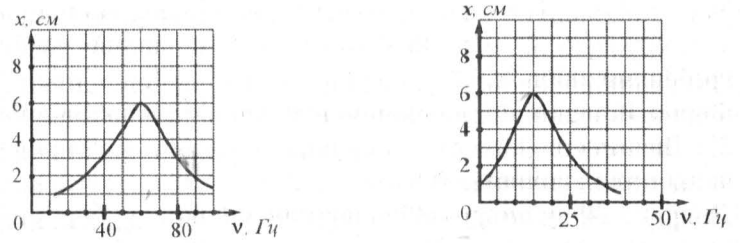
241. З якою метою встановлюють ресори на автомобілях?

242. Щоб допомогти виїхати автомобілю, який забуксував у багнюці, кілька людей штовхають його, розгойдуючи по команді …раз …і раз… Яке фізичне явище використовують при цьому?

243. Коли неподалік будівлі проїжджає автомобіль, часто скло вікон починає тремтіти. Чим зумовлене це явище?

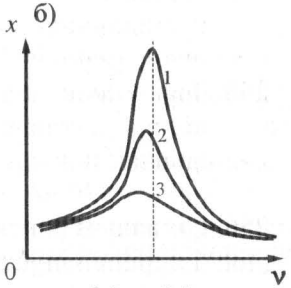
244. Кулька масою 250 г, що закріплена на пружині жорсткістю 100 Н/м, здійснює коливання під дією зовнішніх сил. За якої циклічної частоти дії сили наступить резонанс?

245. На малюнку 23 а,б зображено графік залежності амплітуди вимушених коливань від частоти дії зовнішньої сили. За якої частоти відбувається резонанс?



а) Мал. 23 б)

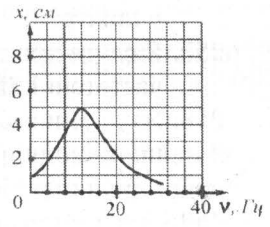
246. На малюнку 24 зображено графіки залежності амплітуди вимушених коливань маятника від частоти дії зовнішньої сили у різних середовищах. Який із графіків відповідає найбільшому значенню опору середовища? Найменшому?



Мал. 24

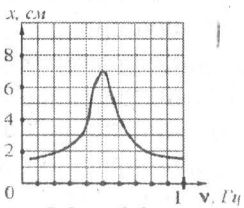
247. На малюнку 25 зображено графік залежності амплітуди вимушених коливань тягаря на пружині, жорсткість якої 40 Н/м, від частоти дії зовнішньої сили. Визначити масу тягаря та повну енергію при резонансі.

248. На малюнку 26 зображено графік залежності амплітуди вимушених коливань металевої кульки масою 20 г від частоти дії зовнішньої сили. Визначити довжину нитки маятника та повну енергію при резонансі ($\sqrt{g} = \pi$).



Мал. 25

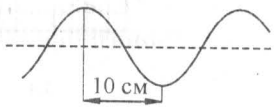
249. Маленька кулька підвішена на нитці довжиною 1 м до стелі вагона. При якій швидкості руху вагона кулька буде сильно розгойдуватися під дією ударів коліс вагона на стиках рейок? Довжина рейки залізничного полотна 12,5 м. ($\sqrt{g} = \pi$).



Мал. 26

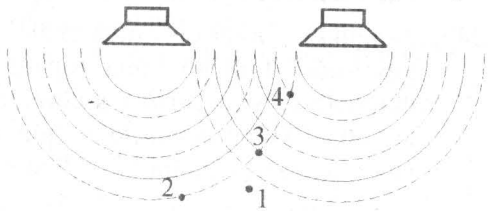
Механічні хвилі

250. Період коливань частинок води дорівнює 1,5 с, відстань між сусідніми гребенями хвиль 3 м. Яка швидкість поширення хвилі?
251. По поверхні води в ставку хвиля поширюється з швидкістю 5 м/с. Визначити період і частоту коливань надувного круга, якщо довжина хвилі 2,5 м.
252. М'яч коливається з частотою 0,5 Гц на хвилях, що поширюються з швидкістю 2 м/с. Яка відстань між двома найближчими гребенями хвиль?
253. Форма мотузки в один із моментів часу зображена на малюнку 27. Визначити швидкість поширення коливань уздовж мотузки, якщо період коливань 0,8 с.
254. Джерело звуку випромінює звукову хвилю частотою 15 кГц. З якою швидкістю поширюється хвиля в середовищі, де її довжина 4 мм?



Мал. 27

255. Звук і куля під час пострілу вертикально вгору одночасно досягають висоти 660 м. Визначити початкову швидкість кулі. Опір повітря не враховувати. Швидкість звуку у повітрі 330 м/с.
256. Сигнальна ракета, запущена вертикально вгору, розірвалася через 5 с після запуску. На яку висоту піднялася ракета, якщо звук від вибуху було чути через 5,4 с після її запуску? Швидкість звуку у повітрі 330 м/с.
257. Яку за розмірами перешкоду можуть огинати звукові хвилі частотою 1 кГц , які поширюються у повітрі зі швидкістю 330 м/с?
258. Яку мінімальну частоту має механічна хвиля, що огинає перешкоду розмір якої 10 м? Швидкість поширення хвиль у середовищі 200 м/с.
259. Два гучномовці під'єднані до одного джерела і випромінюють звукові хвилі. На малюнку 28 схематично зображено суцільними лініями миттєві розміщення максимумів густини повітря при поширені звуку від гучномовців, штриховими відповідно мінімумів. У якій із точок, позначених на малюнку максимум звучання? практично не чути звуку?



Мал. 28

Елементи спеціальної теорії відносності

(*c – швидкість світла у вакуумі*)

260. Ракета рухається зі швидкістю 4/5 *c* відносно Землі. На ракеті вмикають прожектор, який світить у напрямку руху. Визначити швидкість світла прожектора відносно Землі.
261. Дві частинки віддаляються одна від одної з швидкістю 0,8*c* відносно земного спостерігача. Яка відносна швидкість частинок?
262. З ракети, що рухається відносно Землі зі швидкістю 0,5*c*, запустили в напрямку її руху космічний катер. Він рухається відносно ракети зі швидкістю 0,5*c*. У скільки разів швидкість цього катера відносно Землі менша за швидкість світла у вакуумі?
263. Ракета стартує з космічної станції. Двигун надає їй швидкості 0,9*c* відносно станції. Станція рухається зі швидкістю 0,8*c* відносно Землі. Якою може бути максимальна швидкість ракети відносно Землі?
264. У великому адронному колайдері два ядра Плюмбуму рухаються назустріч одне одному зі швидкостями 0,5*c*. Із якою швидкістю одне ядро рухається відносно іншого?
265. Довжина стержня 1 м. Визначити його довжину для спостерігача, відносно якого стержень рухається з швидкістю 0,6*c*, яка напрямлена вздовж стержня.
266. Яку швидкість повинно мати тіло, щоб уздовж лінії руху його повздовжні розміри для спостерігача в нерухомій лабораторній системі відліку зменшилися на 20 %?
267. Скільки часу пройде на Землі, якщо в ракеті, що рухається з швидкістю 0,99*c* відносно Землі пройде 10 років?
268. Дві ракети рухаються рівномірно прямолінійно паралельними курсами в одному напрямку з швидкістю 0,6*c* відносно Землі. В першій ракеті відбуваються дві послідовні події через проміжок часу 8 годин. Який час пройде між цими подіями на годиннику спостерігача, який перебуває в другій ракеті? На Землі?
269. Електрон рухається зі швидкістю 0,8*c*. Визначити повну енергію електрона, якщо енергія спокою – $E_0 = 8{,}16 \cdot 10^{-14}$ Дж.
270. Потужність випромінювання зорі дорівнює $9 \cdot 10^{25}$ Вт. Визначити, на скільки зменшується маса цієї зорі за 10 секунд.
271. Загальна потужність випромінювання Сонця дорівнює $4 \cdot 10^{26}$ Вт. На скільки мегатонн за кожні 3 хвилини зменшується маса Сонця внаслідок випромінювання?

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. Який з нижче наведених виразів є рівнянням гармонічних коливань?

   а) $\lambda = \upsilon \cdot T$; *б)* $x = x_0 + s_x$; *в)* $\varphi = \omega t + \varphi_0$; *г)* $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$.

2. Амплітуда коливань – це…

   а) ...модуль найбільшого зміщення від положення рівноваги тіла, що коливається;

   б) ...відстань між крайніми положеннями тіла, що коливається;

   в) ...зміщення від положення рівноваги тіла, що коливається.

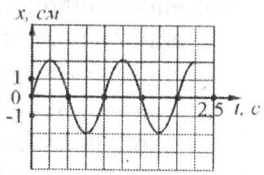
3. Якого виду хвиль не існує?

   а) плоских; б) циліндричних; в) конусоподібних; г) сферичних.

Рівень В (середній)

1. На малюнку 1 зображено графік залежності координати тіла, що здійснює коливання, від часу. Період коливань тіла дорівнює...

   а) ...0,5 с; б) ...1 с; в) ...2 с; г) ...2,5 с.



Мал. 1

2. Кульку нитяного маятника відхилили від положення рівноваги і відпустили. Скільки разів за період коливань потенціальна енергія досягатиме максимального значення?

   а) один раз; б) два рази; в) три рази; г) чотири рази.

3. Частота коливань ділянок поверхні води дорівнює 0,5 Гц, а довжина хвилі 3 м. Визначити швидкість поширення хвилі.

Рівень С (достатній)

1. Скільки коливань за 10 с здійснить математичний маятник довжиною 1,6 м біля поверхні Землі?
2. На малюнку 1 зображено графік залежності координати тіла, що здійснює коливання, від часу. Записати рівняння коливань $x=x(t)$. Визначити координату тіла в момент часу t = 3,5 с.

Рівень D (високий)

1. Рівняння коливань тягаря масою 1 кг на пружині має вигляд $x = 0{,}05\sin 2\pi t$. Визначити потенціальну та кінетичну енергію тягаря в момент, коли його швидкість дорівнює 0,2 м/с.
2. У нерухомому ліфті період коливань математичного маятника 1 с. З яким прискоренням і у якому напрямку рухається ліфт, якщо період коливань цього маятника становить 1,1 с?

Рівень А (початковий)

1. *г* 2. *а* 3. *в*

Рівень В (середній)

1. *б* 2. *б*

3.

	Розв'язання
$\upsilon - ?$ $\nu = 0{,}5$ Гц $\lambda = 3$ м	Швидкість поширення хвилі визначається співвідношенням $\upsilon = \lambda \cdot \nu$. Після підстановки $\upsilon = 3\text{ м} \cdot 0{,}5\text{ Гц} = 1{,}5\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Рівень С (достатній)

1.

	Розв'язання
$N - ?$ $t = 10$ с $l = 1{,}6$ м	Період коливань математичного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Враховуючи, що $T = \frac{t}{N}$, отримаємо $N = \frac{t}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$. Після підстановки $N = \frac{10\,c}{2 \cdot 3{,}14} \cdot \sqrt{\frac{10\frac{м}{c^2}}{1{,}6\,м}} \approx 4$.

2

Розв'язання

З графіка визначаємо амплітуду і період коливань. Амплітуда A = 2 см = = 0,02 м.

Період коливань T = 1 с. Тоді циклічна частота $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Записуємо рівняння гармонічних коливань, враховуючи те, що координата змінюється за законом синуса. $x = 0{,}02\sin 2\pi t$.

Підставляємо в це рівняння час t = 3,5 с. $x = 0{,}02\sin 6{,}5\pi = 0{,}02\sin\frac{\pi}{2} = 0{,}02$ м.

Рівень D (високий)

1.

$E_k - ?\ \ E_n - ?$

$m = 1$ кг
$x = 0{,}05\sin 2\pi t$ (м)
$\upsilon = 0{,}2$ м/с

Розв'язання

Кінетична енергія $E_k = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$.

$E_k = \dfrac{1\text{ кг}\cdot 0{,}04\,\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 0{,}02$ Дж. З рівняння гармонічних коливань визначаємо циклічну частоту і амплітуду коливань. $\omega = 2\pi\,\frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $x_{\max} = A = 0{,}05$ м. Циклічна частота коливань пружинного маятника $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$. Звідси $k = \omega^2 \cdot m = 4\pi^2 \cdot 1\text{ кг} \approx 40\,\frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Максимальна потенціальна енергія тягаря $E_{n.\max} = \dfrac{kx_{\max}^2}{2} = \dfrac{40\,\frac{\text{Н}}{\text{м}}\cdot 0{,}0025\text{ м}^2}{2} = 0{,}05$ Дж.

З закону збереження енергії $E_k + E_n = E_{n.\max}$ отримуємо: $E_n = E_{n.\max} - E_k = 0{,}05$ Дж $- 0{,}02$ Дж $= 0{,}03$ Дж.

2.

$a - ?$

$T_1 = 1$ с
$T_2 = 1{,}1$ с

Розв'язання

Період коливань нерухомого маятника $T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$ (1),

Період коливань маятника в рухомому ліфті $T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g \pm a}}$ (2).

Оскільки $T_1 < T_2$, то в знаменнику виразу (2) буде знак «–». Це означає, що ліфт або розганяється зі стану спокою, рухаючись вниз або гальмує після рівномірного руху, рухаючись вгору.

Поділивши друге рівняння на перше, отримаємо $\dfrac{T_2}{T_1} = \sqrt{\dfrac{g}{g-a}}$.

Або $\dfrac{T_2^2}{T_1^2} = \dfrac{g}{g-a}$. Значення прискорення

$a = g\,\dfrac{T_2^2 - T_1^2}{T_2^2} = 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot\dfrac{1{,}21\text{ с}^2 - 1\text{ с}^2}{1{,}21\text{ с}^2} \approx 1{,}73\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень A (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити циклічну частоту коливань пружинного маятника?

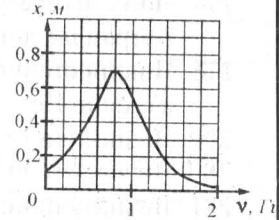
а) $\ldots = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$; *б)* $\ldots = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$; *в)* $\ldots = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$; *г)* $\ldots = \sqrt{\dfrac{g}{l}}$.

2. Модель коливальної системи, яка складається з матеріальної точки, підвішеної на невагомій і нерозтяжній нитці, називають…
а) ...математичним маятником; б) ...фізичним маятником;
в) ...пружинним маятником; г) ...автоколивальною системою.

3. Механічні хвилі не можуть поширюватися у…
а) ...вакуумі; б) ...газах;
в) ...рідинах; г) ...твердих тілах.

Рівень B (середній)

1. За графіком залежності амплітуди вимушених коливань від частоти дії зовнішньої сили (мал. 1), визначити за якої частоти відбувається резонанс?
а) 0,2 Гц; б) 0,8 Гц; в) 1 Гц; г) 2 Гц.



Мал. 1

2. Вантаж здійснює вільні коливання на пружині між точками A і C (мал. 2). Кінетична енергія вантажу найменша під час перебування у…
а) ...точці A; б) ...точці B; в) ...точці C; г) ...точках A і C.

3. Визначити циклічну частоту коливань математичного маятника, якщо його довжина 0,4 м.

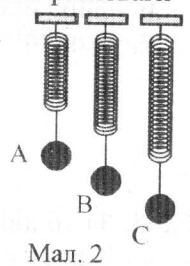
Рівень C (достатній)

1. Для видовження пружини на 5 см необхідно прикласти силу 0,5 Н. Визначити циклічну частоту коливань тягаря масою 50 г на цій пружині.

2. Координата математичного маятника відносно положення рівноваги змінюється за законом $x = 0{,}1\sin\pi t$. Визначити амплітуду коливань та довжину маятника.

Рівень D (високий)

1. Тягар, підвішений до пружини, здійснює вертикальні коливання з періодом 0,6 с. Інший тягар, підвішений до цієї ж пружини коливається з періодом 0,8 с. Яким буде період коливань у випадку, якщо до цієї пружини два тягарці підвісити разом?



Мал. 2

2. Математичний маятник здійснює гармонічні коливання за законом косинуса з частотою 0,5 Гц. Амплітуда коливань 8 см. Визначити максимальне значення прискорення маятника і записати рівняння коливань.

Розділ 4. Молекулярна фізика та термодинаміка

Основи МКТ

272. Пояснити фразу «Дим тане в повітрі».
273. З волого дерева виточили дві кулі. Одну з них покрили шаром лаку. Чому куля не покрита лаком через певний час потріскалася?
274. З якою метою при складуванні полірованого скла між ним прокладають паперові стрічки?
275. Поясніть процес склеювання з точки зору молекулярно-кінетичної теорії.
276. Чому більш тверді тіла склеюються важче?
277. Чому штукатурка відвалюється, якщо між нею і цегляною стіною потрапляє дощова вода?
278. Використовуючи таблицю Менделєєва, визначити молярну масу: а) гелію He; б) феруму Fe; в) води H_2O.
279. Визначити масу 50 молів водню H_2.
280. Визначити кількість речовини, що міститься у 32 г кисню O_2.
281. Визначити кількість молекул, що міститься у 5 молях речовини.
282. Визначити масу $6{,}02\cdot10^{26}$ молекул води H_2O.
283. Визначити кількість молекул, що міститься у 176 г вуглекислого газу CO_2.
284. Посудину об'ємом 10 л наповнено воднем, маса якого 50 г. Визначити концентрацію молекул у посудині.

Розв'язання

$n - ?$

$V = 10$ л $= 10^{-2}$ м^3
$m = 10$ г $= 10^{-2}$ кг
$M = 2\cdot10^{-3}$ кг/моль
$N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$

Використовуючи періодичну систему хімічних елементів Д. І. Менеделєєва записуємо в умову молярну масу водню H_2. Концентрація $n = \dfrac{N}{V}$.

Кількість молекул $N = \nu \cdot N_A$, де $\nu = \dfrac{m}{M}$. Отже

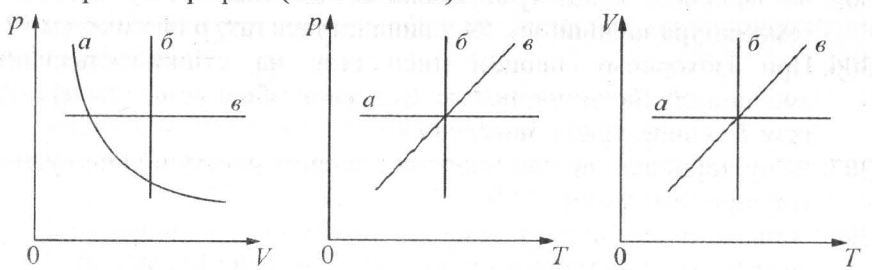
$$n = \frac{m \cdot N_A}{V \cdot M} = \frac{10^{-2}\ \text{кг} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}}{10^{-2}\ \text{м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 3{,}01 \cdot 10^{26}\ \text{м}^{-3}.$$

285. За 10 діб із склянки повністю випарувалося 100 г води. Скільки в середньому молекул вилітало з поверхні води за 1 с?
286. Визначити середню квадратичну швидкість молекул кисню, якщо його тиск 200 кПа, а концентрація молекул $2{,}3\cdot10^{25}$ м$^{-3}$.
287. Під яким тиском знаходиться газ масою 12 кг, що займає об'єм 10 м^3, якщо середня квадратична швидкість його молекул 700 м/с?

288. У балоні радіолампи об'ємом $0{,}4\cdot10^{-4}$ м^3 знаходиться $4\cdot10^{14}$ молекул неону. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу, якщо тиск у лампі 40 мПа.
289. Обчислити концентрацію молекул одноатомного газу, який перебуває під тиском 0,02 МПа, а середня кінетична енергія поступального руху молекул цього газу 10^{-21} Дж.

Ідеальний газ. Газові закони

290. Температура в кімнаті 20 ^{0}C. Яка це температура за шкалою Кельвіна?
291. Температура холодильника теплової машини 400 К. Яка це температура за шкалою Цельсія?
292. Розташувати в порядку зростання значення температур: -25 ^{0}C, 200 К, 20 ^{0}C, 280 К.
293. Чому в глибоководних риб плавальний міхур виходить назовні, коли їх піднімають на поверхню води?
294. Чому на звужених частинах лійки роблять поздовжні виступи?
295. Чому з відкоркованої пляшки шампанського, прикритої корком, корок може вилетіти, якщо пляшку поставити в тепле місце?
296. Чому нагріта медична банка прилипає до тіла людини?
297. Чому в процесі виготовлення електричних ламп їх балони заповнюються азотом до тиску, який значно нижчий атмосферного?
298. Яким процесам ідеального газу відповідають схематично зображені графіки (мал. 29 а – в)?



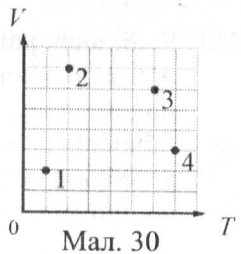
а) б) в)

Мал. 29

299. Точки на малюнку 30 відповідають різним станам однієї й тієї самої маси газу. У якому стані тиск газу найменший? найбільший?

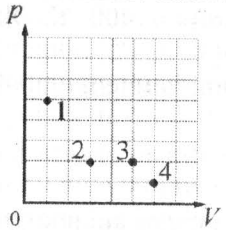
300. Точки на малюнку 31 відповідають різним станам однієї й тієї самої маси газу. У якому стані температура газу найменша? найбільша?

301. Точки на малюнку 32 відповідають різним станам однієї й тієї самої маси газу. У яких станах температура газу однакова?

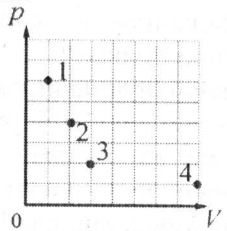


Мал. 30

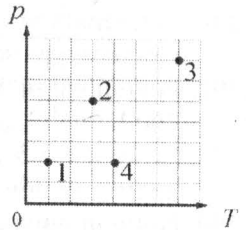
302. Точки на малюнку 33 відповідають різним станам однієї й тієї самої маси газу. У якому стані об'єм газу найменший? найбільший?



Мал. 31



Мал. 32



Мал. 33

303. При ізобарному процесі об'єм газу зменшився. Як змінилися за цих умов абсолютна температура газу T і концентрація його молекул n?

304. При ізотермічному процесі об'єм газу збільшився. Як змінилися за цих умов тиск газу p і його густина ρ?

305. За незмінної концентрації молекул ідеального газу абсолютна температура зменшилася. Як змінилися тиск газу p і його об'єм V?

306. При ізохорному процесі тиск газу на стінки посудини зменшився. Як змінилися за цих умов абсолютна температура газу T і концентрація молекул n?

307. Чому дорівнює середня кінетична енергія молекул одноатомного газу при температурі 27 ^{0}C?

308. Визначити середню квадратичну швидкість і середню кінетичну енергію поступального руху молекул гелію при температурі 77 ^{0}C.

309. Визначити концентрацію молекул аргону, середню квадратичну швидкість та середню кінетичну енергію молекул цього газу при температурі 300 К і тиску 800 кПа.

310. Газ при температурі 27 ^{0}C займає об'єм 250 см^3. Який об'єм займе ця ж маса газу, якщо при сталому тиску температура збільшиться до 57 ^{0}C?

311. При зміні температури газу від 15 ^{0}C до 79 ^{0}C його тиск збільшився на 16 кПа. Знайти початковий тиск, якщо процес ізохорний.

312. При ізохорному охолодженні на 10 К тиск газу зменшився на 5% від початкового. Якою була початкова температура газу?

313. В закритій посудині знаходиться газ під тиском 500 кПа. Який тиск встановиться в посудині, якщо після відкривання крану 0,8 маси газу за незмінної температури вийде з посудини?

314. В балоні об'ємом 28 л міститься кисень під тиском $72\cdot10^5$ Па і температурі 7 ^{0}C. Частину газу з балона випустили, причому через деякий час температура газу в балоні збільшилась до 17 ^{0}C, а тиск зменшився до $14\cdot10^5$ Па. Яку масу кисню було випущено?

315. Середня температура у приміщенні об'ємом 50 м^3 взимку 7 ^{0}C, а влітку 27 ^{0}C. Визначити на скільки відрізняється маса повітря у приміщенні за цих температур влітку і взимку. Тиск повітря в обох випадках однаковий і становить 10^5 Па. Молярна маса повітря $29\cdot10^{-3}$ кг/моль.

316. Визначити густину вуглекислого газу при температурі –33 ^{0}C і тиску 90 кПа.

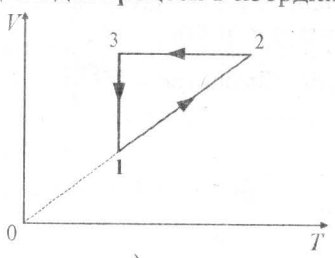
317. У посудині об'ємом 0,5 м^3 при температурі 27 ^{0}C знаходиться газ під тиском 7,48 атм. Визначити кількість молів цього газу.

318. За нормальних умов кисень займає об'єм 13,65 л. Визначити масу кисню у посудині.

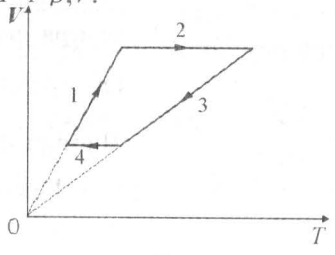
319. В балоні знаходиться суміш кисню і азоту. Визначити, який газ чинить більший тиск на стінки посудини, якщо маси газів однакові.

320. Визначити молярну масу повітря, вважаючи, що в його склад входить 80% кисню і 20% азоту.

321. На малюнку 34 а,б зображено графіки зміни стану ідеального газу сталої маси в координатах V,T. Побудувати схематично відповідні процеси в координатах p,T і p,V.



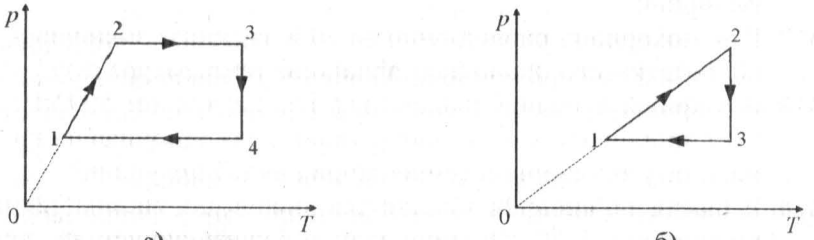
а)



б)

Мал. 34

322. На малюнку 35 а,б зображено замкнений цикл в координатах p,T. Накреслити схематично відповідні діаграми в координатах V,T і p,V.



Мал. 35

323. З посудини об'ємом 9 л за допомогою насоса відкачують повітря, яке знаходиться там за нормального атмосферного тиску. Об'єм циліндра насоса 1 л. Яким стане тиск повітря в посудині після двох робочих ходів поршня? після п'яти? Процес ізотермічний.

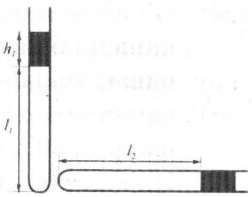
324. В трубці, запаяній з одного кінця, знаходиться стовпчик ртуті довжиною 75 мм. Коли трубка знаходилася запаяним кіцем донизу, довжина повітряного стовпчика у закритій частині становила 120 мм. Коли трубку розмістили горизонтально, довжина повітряного стовпчика стала рівною 132 мм. Визначити величину атмосферного тиску.

Розв'язання

$p_0 - ?$

$h_1 = 75$ мм$=$
$=75\cdot10^{-3}$ м
$l_1 = 120$ мм$=$
$= 1{,}2\cdot10^{-5}$ м
$l_2 = 132$ мм$=$
$= 1{,}32\cdot10^{-5}$ м
$\rho = 13600$ кг/м^3

Запишемо в умову задачі густину ртуті. Процесс вважатимемо ізотермічним. Для першого стану $p_1 = p_0 + \rho g h_1$, $V_1 = Sl_1$.



Для другого стану $p_2 = p_0$, (ртуть перебуває в рівновазі, отже тиски по обидві сторони стовпчика ртуті однакові), $V_2 = Sl_2$.

Запишемо закон Бойля-Маріотта для двох станів повітря, яке знаходиться в трубці.

$(p_0 + \rho g h_1)\cdot Sl_1 = p_0 Sl_2$. Звідси $p_0 = \dfrac{\rho g h_1 l_1}{l_2 - l_1}$.

Після підстановки

$$p_0 = \frac{13600\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot 75\cdot10^{-3}\,\text{м}^3\cdot 1{,}2\cdot10^{-5}\,\text{м}}{1{,}32\cdot10^{-5}\,\text{м} - 1{,}2\cdot10^{-5}\,\text{м}} \approx 102\ \text{кПа}.$$

325. У вертикально розміщений циліндр з площею основи 40 см^2 вставлено поршень, під яким знаходиться стовпчик повітря висотою 60 см. На скільки опуститься поршень, якщо на нього поставити вантаж масою 10 кг? Маса поршня 2 кг, атмосферний тиск нормальний. Процес ізотермічний.

326. Закритий горизонтальний циліндр поділено на дві частини рухомим поршнем. По одну сторону поршня в циліндрі є деяка маса газу при температурі –73 ^{0}C, по другу сторону така ж сама маса того ж газу при температурі 27 ^{0}C. Поршень перебуває в рівновазі. Визначити об'єми V_1 і V_2, які займає газ, якщо загальний об'єм V=500 см^3.

327. Закритий з обох кінців циліндр заповнений газом і розділений легкорухомим поршнем на дві рівні частини довжиною по 34 см кожна. Температура газу 27 ^{0}C. На скільки зміститься поршень після нагрівання газу в одній частині до 500 К?

328. Циліндричну посудину довжиною 85 см розділено на дві частини легкорухомим поршнем. При якому положенні поршня тиск в обох частинах циліндра буде однаковим, якщо одну частину заповнено киснем, а другу такою самою масою водню? Температура в обох частинах циліндра однакова.

329. Два балони, що містять газ при 0 ^{0}C, з'єднані довгою вузькою горизонтальною трубкою діаметром 5 мм, посередині якої знаходиться краплина ртуті. Краплина ділить всю посудину на дві половини, об'ємом по 200 см^3. На яку відстань переміститься краплина, якщо один балон нагріти на 2 ^{0}C, а другий на стільки ж охолодити?

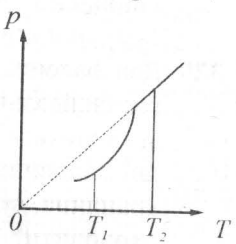
330. Бульбашка повітря піднімається з дна водойми, глибина якої H. Об'єм бульбашки на цій глибині V. Яким буде об'єм бульбашки на глибині h? Атмосферний тиск p_0, температуру вважати незмінною.

331. Бульбашка повітря піднімається з дна водойми глибиною 10,3 м. У скільки разів зміниться об'єм бульбашки при досягненні нею поверхні води? Атмосферний тиск 760 мм.рт.ст., температура на дні 4 ^{0}C, на поверхні 17 ^{0}C.

332. Пляшку, заповнену газом, щільно закрили корком з площею поперечного перерізу 3 см^2. Після того, як газ нагріли до температури 420 К, корок вилетів з пляшки, Визначити силу тертя, що утримує корок? Атмосферний тиск 100 кПа, початкова температура газу 7 ^{0}C.

Властивості пари. Відносна вологість

333. Чому в холодних приміщеннях часто буває «сиро»?
334. Чому взимку вікна потіють, якщо в приміщенні багато людей?
335. Чому за літаком, що високо летить, часто утворюється хмарний слід?
336. Чому лікарі для дослідження горла нагрівають дзеркальце до 37 ^{0}C?
337. Чому роси вранці більше після гарячого дня?
338. Чому туман біля річки тримається довше?
339. Чому хмари восени знаходяться нижче, ніж влітку?
340. Чому при густій хмарності не буває роси?
341. На вулиці цілий день мрячить холодний осінній дощ. У кухні розвісили багато випраної білизни. Чи швидше висохне білизна, якщо відкрити кватирку?
342. Чому відносна вологість повітря в приміщеннях в літній час зазвичай вища, ніж в зимовий?
343. Як змінюється тиск насиченої пари під час...
а) ...ізотермічного розширення? б) ...ізотермічного стиснення?
344. Сухий термометр показує температуру в кімнаті 17 ^{0}C, а різниця показів сухого і вологого термометрів 3 ^{0}C. Яка відносна вологість повітря?
345. Температура повітря в кімнаті 18 ^{0}C, а відносна вологість 45 %. Яку температуру показує вологий термометр психрометра?
346. Графік залежності тиску водяної пари у закритій посудині від температури схематично зображено на малюнку 36. В якому стані перебуває пара за…
а) ...температури T_1? б) ...температури T_2?



Мал. 36

347. Густина водяної пари в повітрі 10,3 г/см^3. Визначити відносну вологість повітря, якщо густина насиченої пари 20,6 г/см^3.
348. Тиск водяної пари в повітрі 2 кПа. Визначити відносну вологість повітря, якщо тиск насиченої пари 2,5 кПа.
349. Температура повітря 20 ^{0}C, а точка роси 12 ^{0}C. Обчислити відносну вологість повітря.
350. Температура повітря в кімнаті 18 ^{0}C, а відносна вологість 45 %. Який парціальний тиск водяної пари та її густина за даних умов?
351. Відносна вологість повітря в кімнаті при температурі 18 ^{0}C становить 70 %. При якій температурі зовнішнього повітря почнуть запотівати вікна в кімнаті?

352. Відносна вологість повітря 80 %. На дзеркальній поверхні гігрометра роса виступила за температури 14 ^{0}C. Яка температура повітря в кімнаті?
353. В кімнаті розмірами 4×3×2,5 (м^3) температура повітря 20 ^{0}C, а відносна вологість 80 %. Визначити масу пари в кімнаті. Скільки вологи у вигляді роси виділиться з повітря, якщо його температура стане 17 ^{0}C? 13 ^{0}C? Якою буде при цьому відносна вологість повітря?

m_1 –? Δm_2 –?
Δm_3 –?
φ_2 – ? φ_3 – ?
$V = 4\times3\times2{,}5$ (м^3)
$t_1 = 20^0$ C
$\varphi_1 = 80\%$
$t_2 = 17^0$ C
$t_3 = 13^0$ C
$\rho_{н1} = 17{,}32$ г/м^3
$\rho_{н2} = 14{,}5$ г/м^3
$\rho_{н3} = 11{,}36$ г/м^3

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо густину насиченої пари при заданих температурах.

З формули відносної вологості $\varphi = \frac{\rho}{\rho_н}\cdot 100\%$ визначаємо густину пари при температурі 20 ^{0}C.

$$\rho_1 = \frac{\varphi_1\rho_{н1}}{100\%} = \frac{80\%\cdot 17{,}32\,\frac{г}{м^3}}{100\%} \approx 13{,}86\,\frac{г}{м^3}.$$ Тоді маса пари у кімнаті $m_1 = \rho_1 V = 13{,}86\,\frac{г}{м^3}\cdot 30\ м^3 = 415{,}8\ г$.

З таблиці бачимо, що пара з густиною 13,86 г/м^3 при температурі 16^0 C стане насиченою, отже температура 16 ^{0}C є точкою роси, а це означає, що при 17 ^{0}C роса не випаде: $\Delta m_2 = 0$. Відносна вологість при цій температурі

$$\varphi_2 = \frac{\rho_1}{\rho_{н2}}\cdot 100\% = \frac{13{,}86\,\frac{г}{м^3}}{14{,}5\,\frac{г}{м^3}} \approx 96\%.$$ При 13 ^{0}C роса випаде.

Маса пари в кімнаті при 13 ^{0}C:

$m_3 = \rho_{н3} V = 11{,}36\,\frac{г}{м^3}\cdot 30\ м^3 = 340{,}8\ г$. Отже, маса води:

$\Delta m_3 = m_1 - m_3 = 75\ г$. Оскільки випала роса, то відносна вологість при цій температурі $\varphi_3 = 100\%$.

354. Сухий термометр психрометра показує температуру в кімнаті 18 ^{0}C, а різниця показів сухого і вологого термометрів 4 ^{0}C. Яка маса пари знаходиться в кожному кубічному метрі повітря за даних умов?
355. В кімнаті об'ємом 25 м^3 за температури 18 ^{0}C знаходиться 250 г водяної пари. Визначити відносну вологість повітря.

356. Яка маса водяної пари міститься в кімнаті об'ємом 40 м^3, якщо точка роси 15 ^{0}С?
357. При зниженні температури від 16 ^{0}С до 10 ^{0}С з кожного кубічного метра повітря виділилось по 1,26 г води. Якою була відносна вологість повітря при 16 ^{0}С?
358. В приміщенні розмірами 4×3×2,5 (м^3) температура повітря 18 ^{0}С, а відносна вологість 70 %. Яка маса водяної пари сконденсується, якщо температура знизиться до 11 ^{0}С?
359. Яка маса води може випаруватися в приміщенні розмірами 5×4×2,5 (м^3), якщо температура повітря 20 ^{0}С, а відносна вологість 60 %?
360. Яка маса води може випаруватися в приміщенні розмірами 5×4×2,5 (м^3), якщо температура повітря 20 ^{0}С, а точка роси 16 ^{0}С?

Властивості рідин. Поверхневий натяг

361. Чому гарячий жир плаває на поверхні води у вигляді кругів?
362. Чому з мильного розчину легко видути кульку, а з води не можна?
363. Чому не можна писати на жирному папері?
364. Чому деякі комахи можуть вільно бігати по поверхні води, як по твердій поверхні?
365. За якої умови можна носити воду в решеті?
366. Чому качка виходить сухою з води?
367. Чому перед пайкою поверхні деталей піддаються ретельній обробці від оксидів?
368. Чому погано витираються руки шовковою тканиною?
369. Якщо покласти шматок крейди на мокру губку, він намокне. Якщо суху губку покласти на мокру крейду, губка залишиться сухою. Поясніть явище.
370. Чому намагаються між посівами частіше рихлити грунт? Чому цю роботу називають «сухим поливом»?
371. Чому, щоб уникнути швидкого висихання грунту намагаються ранньою весною зорати землю і відразу ж її заборонувати?
372. Чому на сирому грунті сліди від кроків людини намокають?
373. Як пояснити, що в глиняному посуді з малими порами вода має нижчу температуру, ніж температура оточуючого повітря?
374. Чому дерев'яні поверхні перед покриттям їх олійною фарбою попередньо грунтують?

375. Сила поверхневого натягу діє у воді вздовж лінії довжиною 4 см. Обчислити значення цієї сили за температури 20 ^{0}С.
376. Сила поверхневого натягу 2 мН діє у рідині вздовж кола діаметром 2 см. Визначити поверхневий натяг рідини.
377. Який радіус піпетки, якщо з неї накапали 20 краплин мильного розчину загальною масою 0,8 г?
378. На нижньому кінці тонкої трубки повисла крапля води, що має в момент відриву форму кулі діаметром 0,6 см. Визначити діаметр трубки.
379. Рамку масою 2 г у вигляді рівностороннього трикутника зі стороною 5 см акуратно поклали на поверхню води. Яка сила утримує рамку на воді? Яку силу необхідно прикласти, щоб відірвати рамку від поверхні води?

Розв'язання

F_1 –? F_2 – ?

m = 2 г = 0,002 кг
a = 5 см=0,05 м
σ = 0,073 Н/м

На поверхні води рамка утримується силою поверхневого натягу $F_1 = \sigma(l_1 + l_2)$, де l_1, l_2– довжини внутрішньої і зовнішньої межі поверхні рідини. Будемо вважати їх рівними: $l_1 = l_2 = 3a = 0{,}15$ м. Отже

$F_1 = 0{,}073 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}3 \text{ м} = 0{,}022 \text{ Н}$. Для відриву рамки потрібно крім сили поверхневого натягу перебороти силу тяжіння

$$F_2 = F_1 + mg = 0{,}022 \text{ Н} + 0{,}002 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0{,}042 \text{ Н}.$$

380. Для дослідження поверхневого натягу мильного розчину використали динамометр і дротяне кільце діаметром 12 см, маса якого 20 г. Вважаючи внутрішній і зовнішній діаметри кільця однаковими, визначити силу, яку показав динамометр у момент відривання кільця від поверхні рідини.
381. На яку висоту підніметься спирт в капілярі радіусом 2 мм?
382. У ртуть опущено на досить малу глибину скляну трубку з внутрішнім діаметром 0,5 мм. Визначити масу ртуті, що опустилася в трубці.
383. У воду опущено на досить малу глибину скляну трубку з внутрішнім діаметром 0,8 мм. Визначити об'єм води, що зайшла в трубку.

384. Вода піднялася у капілярі на висоту 14 мм. На яку висоту підніметься у цьому ж капілярі спирт? Вважати, що вода і спирт змочують капіляр.

385. Висота піднімання води у скляному капілярі в 1,46 разів більша від висоти піднімання рідини з невідомим поверхневим натягом. Вважаючи змочування повним, визначити коефіцієнт поверхневого натягу невідомої рідини, густина якої 1,26 г/см^3.

386. У воду опущено два вертикальні скляні капіляри з внутрішніми діаметрами 0,6 і 0,4 мм. Яка різниця рівнів води в капілярах? Змочування вважати повним.

Властивості твердих тіл

387. Чому поліно легше розрубати вздовж волокон, ніж поперек них?

388. Чому велосипедна рама виготовляється не з суцільних сталевих стрижнів, а зі сталевих труб?

389. Виберіть з нижче перерахованих речовин…

1. ...кристалічні. 2. ...аморфні.

а) парафін; б) кухонна сіль; в) пластилін; г) лід; д) повітря; е) вода; є) пластик; ж) кварц.

390. Знайти механічну напругу, що виникає в сталевому тросі при його відносному видовженні 0,001.

391. При розтягуванні алюмінієвого дроту в ньому виникла механічна напруга 35 МПа. Знайти відносне видовження дроту.

392. Визначити максимальну силу, яку може витримати сталевий дріт, площа поперечного перерізу якого 5 мм^2.

393. Чому дорівнює відносне та абсолютне видовження алюмінієвого дроту завдовжки 10 м і площею поперечного перерізу $8\cdot10^{-5}$ м^2 під дією вантажу в 1,68 кН?

394. Яку силу треба прикласти до мідного дроту завдовжки 4 м і площею поперечного перерізу 10^{-3} м^2, щоб видовжити його на 2 мм?

395. Який діаметр дроту, якщо під дією сили 2 кН в ньому виникає механічна напруга 160 МПа?

396. Яку найменшу довжину повинен мати алюмінієвий дріт, підвішений за один з кінців, щоб під дією сили тяжіння він міг розірватися біля точки підвісу?

$l - ?$

$\sigma_м = 100\cdot10^6$ Па

$\rho = 2700$ кг/м^3

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо границю міцності та густину алюмінію. Деформація дроту викликана силою тяжіння: $F_{тяж} = mg = \rho lSg$. В дроті виникатиме механічна напруга $\sigma = \frac{F_{тяж}}{S}$. Дріт розірветься, якщо ця напруга перевищить границю міцності. Тоді, довжина дроту:

$$l = \frac{\sigma_м}{\rho g} = \frac{100\cdot10^6\,Па}{2700\,\frac{кг}{м^3}\cdot 10\,\frac{м}{с^2}} \approx 3703\text{ м}.$$

397. Мідний дріт завдовжки 4 км підвішено за один з кінців. Чи є загроза, що він обірветься під дією власної ваги?

398. Визначити максимальну глибину водойми, яку можна виміряти за допомогою алюмінієвого дроту.

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. Яке з нижче наведених співвідношень виражає рівняння Клапейрона?

а) $p_1V_1=p_2V_2$; *б)* $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$; *в)* $\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$; *г)* $\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$.

2. Якщо щосекунди з поверхні рідини вилітає в середньому стільки ж молекул, скільки повертається назад у рідину, то пару над рідиною називають…

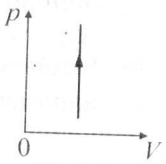
а) ...насиченою; б) ...ненасиченою; в) ...перегрітою; г) ...росою.

3. Фізичну величину, яка дорівнює кількості молів частинок речовини, називають…

а) ...кількістю речовини; б) ...молярною масою;
в) ...абсолютною температурою; г) ...числом Авогадро.

Рівень В (середній)

1. Якому процесу відповідає графік, схематично зображений на малюнку 1?



Мал. 1

а) ізобарне нагрівання; б) ізобарне охолодження;
в) ізохорне нагрівання; г) ізохорне охолодження.

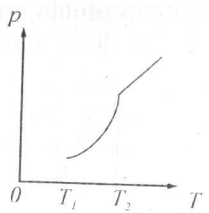
2. Графік залежності тиску водяної пари у закритій посудині від температури схематично зображено на малюнку 2. На ділянці з інтервалом температур $T_1 - T_2$ пара…

а) ...ненасичена; б) ...насичена; в) ...повністю сконденсована.

3. Під дією якої сили, напрямленої вздовж осі стержня площею перерізу $12\cdot10^{-6}$ м^2 у ньому виникає напруга $2\cdot10^8$ Па?

Рівень С (достатній)

1. За 10 хвилин з відкритої посудини повністю випарувалося 90 г води. Скільки в середньому молекул вилітало з поверхні за 1 с?
2. Температура повітря 30 °С, а відносна вологість 64 %. Визначити точку роси і масу водяної пари в кімнаті об'ємом 60 м^3 за даних умов.



Мал. 2

Рівень D (високий)

1. Коли у воду опустили на досить малу глибину скляну трубку, то в неї зайшла вода масою $11,5\cdot10^{-6}$ кг. Визначити внутрішній радіус трубки.
2. В балоні знаходиться газ при температурі 27 °С. Знайти початковий тиск газу, якщо після того як 3/5 маси газу випустили, температура понизилась до –33 °С, а тиск зменшився на 10 МПа.

Рівень А (початковий)

1. *г* 2. *а* 3. *а*

Рівень В (середній)

1. *в* 2. *б*

3.

Розв'язання

$F - ?$

$S = 12\cdot10^{-6}$ м^2
$\sigma = 2\cdot10^8$ Па

Механічна напруга визначається співвідношенням $\sigma=\frac{F}{S}$.

Звідси $F=\sigma\cdot S=12\cdot10^{-6}\text{ м}^2\cdot2\cdot10^8\text{ Па}=2400\text{ Н}$.

Рівень С (достатній)

1.

Розв'язання

$n - ?$

$t = 10$ хв $= 600$ с
$m = 90$ г $= 0,09$ кг
$t_1 = 1$ с
$M = 18\cdot10^{-3}$ кг/моль
$N_A = 6,02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$

Записуємо в умову задачі молярну масу води (H_2O) і число Авогадро.

Знайдемо кількість молекул, яка міститься в 90 г води.

$N=\nu\cdot N_A$, де $\nu=\frac{m}{M}$. Тоді

$$N=\frac{m}{M}\cdot N_A=\frac{0,09\text{ кг}\cdot6,02\cdot10^{23}\text{ моль}^{-1}}{18\cdot10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}\approx3\cdot10^{24}.$$

Тоді за 1 с вилітало $n=\frac{N}{t}=5\cdot10^{21}$ молекул.

2.

Розв'язання

$t_p - ?\ t_в - ?$

$t = 30$ °С
$\varphi = 64\%$
$V = 60$ м^3
$\rho_0 = 30,3$ г/м^3

З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі густину насиченої пари при 30 °С. Відносна вологість повітря визначається співвідношенням $\varphi=\frac{\rho_a}{\rho_0}\cdot100\%$.

Звідси $\rho_a=\frac{\varphi\cdot\rho_0}{100\%}=\frac{64\%\cdot30,3\ \frac{\text{г}}{\text{м}^3}}{100\%}\approx19,4\ \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$. Точка роси – це температура, за якої пара стає насиченою, тобто абсолютна вологість дорівнює густині насиченої пари за даної температури $\rho_a=\rho_н$. З таблиці залежності густини насиченої пари від температури, бачимо, що знайденій густині відповідає температура 22 °С. Отже це і є точка роси. Маса водяної пари

$$m=\rho_a\cdot V=19,4\cdot10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot60\text{ м}^3=1,164\text{ кг}.$$

Рівень D (високий)

1.

$r - ?$	*Розв'язання*
$m = 11{,}5 \cdot 10^{-6}$ кг	З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі поверхневий натяг води.
$\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м	Висота піднімання води в капілярі визначається співвідношенням $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$. Об'єм цієї води $V = S \cdot h = \pi r^2 \cdot h$. Маса цієї води $m = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi r^2 \cdot \frac{2\sigma}{\rho g r} = \frac{2\sigma \cdot \pi r}{g}$. Звідси $r = \frac{mg}{2\sigma\pi}$. Після підстановки $r = \frac{11{,}5 \cdot 10^{-6}\,\text{кг} \cdot 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3{,}14} \approx 0{,}25$ мм.

2.

$p_1 - ?$	*Розв'язання*
$t_1 = 27\ ^0$C	Запишемо температуру газу за шкалою Кельвіна: T_1=300 К, T_2=250 К. Оскільки газ міститься в балоні, то процес можна вважати ізохорним: V=const. Запишемо рівняння Мендєлєєва-Клапейрона для двох станів: $p_1 V = \frac{m_1}{M} R T_1$; $p_2 V = \frac{2/5 m_1}{M} R T_2$. Поділимо перше рівняння на друге. $\frac{p_1}{p_2} = \frac{5}{2}\frac{T_1}{T_2}$. Або $\frac{p_1}{p_1 - 10} = \frac{5}{2}\frac{T_1}{T_2}$. Звідси $2 p_1 T_2 = 5 p_1 T_1 - 50 T_1$; $p_1 = \frac{50 T_1}{5T_1 - 2T_2}$. Після підстановки отримаємо: $p_1 = \frac{50 \cdot 300\ \text{К}}{5 \cdot 300\ \text{К} - 2 \cdot 250\ \text{К}} = 15$ МПа.
$m_2 = 2/5\ m_1$	
$t_2 = -23\ ^0$C	
$p_2 = p_1 - 10$ МПа	

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити відносну вологість повітря?

   а) $\ldots = \frac{2\sigma}{\rho g r}$; *б)* $\ldots = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$; *в)* $\ldots = \frac{F_{пов}}{l}$; *г)* $\ldots = \frac{F}{S}$.

2. Чому дорівнює абсолютний нуль температури, виражений за шкалою Цельсія?

   а) -273 ^{0}C; б) 0 ^{0}C; в) 100 ^{0}C; г) 273 ^{0}C.

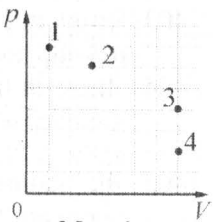
3. Виберіть із нижче наведених ознак ту, яка притаманна всім аморфним речовинам.

   а) анізотропність; б) ізотропність;
   в) наявність певної температури плавлення.

Рівень В (середній)

1. Точки на малюнку 1 відповідають різним станам однієї й тієї самої маси газу. У якому стані температура газу найбільша?

   а) 1; б)2; в) 3; г) 4.



Мал. 1

2. Як залежить тиск насиченої пари від об'єму?

   а) із збільшенням об'єму збільшується;
   б) із збільшенням об'єму зменшується;
   в) тиск насиченої пари від об'єму не залежить.

3. Визначити густину ідеального одноатомного газу при тиску 320 кПа, якщо середня квадратична швидкість руху молекул 800 м/с.

Рівень С (достатній)

1. Який діаметр дроту, якщо під дією сили 2 кН в ньому виникає механічна напруга 160 МПа?
2. У воду опущено два вертикальні скляні капіляри з внутрішніми діаметрами 0,4 і 0,2 мм. Яка різниця рівнів води в капілярах. Змочування вважати повним.

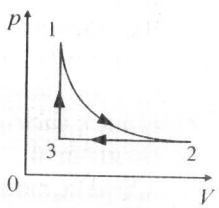
Рівень D (високий)

1. Яка маса водяної пари знаходиться в 1 л повітря за температури 17 ^{0}C, якщо точка роси 10 ^{0}C? Визначити відносну вологість повітря за цієї температури.
2. Пляшку, заповнену газом, щільно закрили корком з площею поперечного перерізу 2,5 см^2. До якої температури треба нагріти газ, щоб корок вилетів з пляшки, якщо сила тертя, що утримує корок 50 Н? Атмосферний тиск 100 кПа, початкова температура газу 7 ^{0}C.

Розділ 5. Молекулярна фізика та термодинаміка

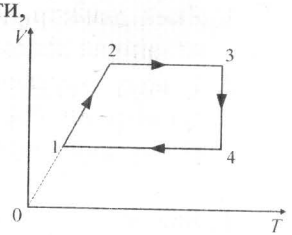
Основи термодинаміки

399. Чому в медичних термометрах використовують ртуть, а не спирт?
400. Чому в літню спеку температура поверхневих шарів води у відкритих водоймах (ставках, річках і озерах) завжди буває нижча, ніж температура навколишнього повітря?
401. Чим пояснити, що на початку осені в річках і озерах вода не замерзає, хоча температура повітря на кілька градусів нижча нуля?
402. Чому нагрівається велосипедний насос під час накачування повітря?
403. Чому під час холостих пострілів дуло нагрівається більше, ніж під час пострілів кулями?
404. Якою за знаком буде робота газу в нижче наведених процесах?
а) ізобарне нагрівання; б) ізобарне охолодження;
в) ізохорне нагрівання; г) ізохорне охолодження.
405. Як змінюється внутрішня енергія газу в нижче наведених процесах?
а) ізотермічне розширення; б) ізобарне охолодження;
в) ізохорне нагрівання; г) ізохорне охолодження.
406. Як змінюється внутрішня енергія газу в нижче наведених процесах?
а) ізотермічне стиснення; б) ізобарне нагрівання;
в) адіабатне розширення; г) адіабатне стиснення;



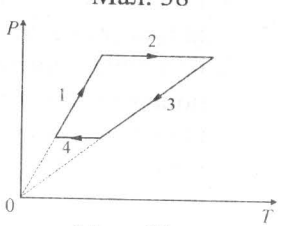
Мал. 37

407. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 37. Вказати, отримував чи віддавав теплоту газ в процесах 1-2, 2-3 та 3-1.
408. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 38. Вказати, отримував чи віддавав теплоту газ в процесах 1-2, 2-3, 3-4 та 4-1.



Мал. 38

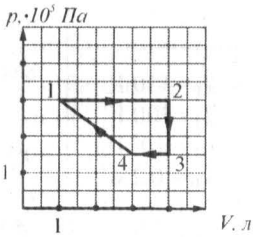
409. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 39. Вказати, чи виконувалась газом (над газом) робота в процесах 1-2, 2-3, 3-4 та 4-1.
410. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 40. Визначити роботу газу за цикл. Обчислити



Мал. 39

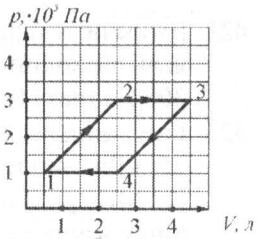
кількість теплоти, яку віддає чи отримує газ на ділянках 1-2 та 3-4.

411. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 41. Визначити роботу газу за цикл. Обчислити кількість теплоти, яку віддає чи отримує газ на ділянці 4-1.



Мал. 40

412. Повітря масою 2 кг знаходиться в циліндрі під поршнем при температурі 289 К. Яку роботу воно виконує при ізобарному нагріванні до 405 К?
413. Ідеальний газ при нагріванні на 20 К виконав роботу 831 Дж. Визначити кількість молів газу, вважаючи процес ізобарним.
414. При ізобарному розширенні 10 молів ідеального газу виконали роботу 1662 Дж. На скільки градусів нагрівся при цьому газ?
415. Об'єм ідеального одноатомного газу при нагріванні збільшився на 0,02 м^3, а внутрішня енергія – на 1280 Дж. Яку кількість теплоти було передано газу, якщо процес відбувався при постійному тиску $1{,}5 \cdot 10^5$ Па?



Мал. 41

416. Два молі ідеального одноатомного газу розширюються без теплообміну з навколишнім середовищем. Температура газу зменшується на 20 °С. Визначити роботу, виконану газом.
417. Гелій масою 1 кг стискують без теплообміну з навколишнім середовищем. При цьому температура збільшується на 25 °С. Визначити, яку роботу виконують над газом.
418. Ідеальний одноатомний газ, розширюючись без теплообміну з навколишнім середовищем, виконав роботу 2493 Дж. Визначити кількість молів газу, якщо його температура понизилася на 5 °С.
419. На скільки збільшиться температура 1 моля ідеального одноатомного газу, якщо під час ізохорного процесу йому надано 600 Дж теплоти?
420. Повітря об'ємом 3 м^3 знаходиться під тиском $2 \cdot 10^5$ Па при 0 °С. Визначити роботу, виконану повітрям при ізобарному нагріванні на 12 К.
421. Визначити роботу, яку виконали над ідеальним одноатомним газом при ізобарному охолодженні від 450 К до 300 К, якщо початковий тиск газу 10^5 Па, а його об'єм 0,2 м^3.

Розв'язання

$A - ?$

$T_0 = 450$ К
$T_1 = 300$ К
$p_0 = 10^5$ Па
$V_0 = 0{,}2$ м^3

Робота газу $A = p\Delta V = p(V_1 - V_0)$. При ізобарному процесі тиск сталий і дорівнює початковому. Кінцевий об'єм газу можна знайти із закону Гей-Люссака $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$. Звідси

$V_1 = \frac{V_0 \cdot T_1}{T_0} = \frac{0{,}2\ \text{м}^3 \cdot 300\ \text{К}}{480\ \text{К}} = 0{,}125\ \text{м}^3$. Робота

$A = 10^5\ \text{Па} \cdot (0{,}125\ \text{м}^3 - 0{,}2\ \text{м}^3) = -7{,}5\ \text{кДж}$. Тоді робота над газом $A' = 7{,}5$ кДж.

422. Визначити кінцеву температуру і тиск ідеального одноатомного газу, який знаходиться в закритому балоні об'ємом 1,5 м^3 при температурі 300 К і тиску 0,18 МПа, якщо йому надано 54 кДж теплоти.
423. Газу, що знаходиться в циліндрі, закритому поршнем, надають 15 кДж теплоти. В результаті цього газ при постійному тиску 0,2 МПа розширюється і поршень піднімається на 30 см. Визначити зміну внутрішньої енергії газу, якщо площа поршня 10 дм^2.
424. Під час ізобарного процесу 1 моль ідеального газу нагрівається на 50 К, отримавши 1662 Дж теплоти. Визначити роботу, виконану газом, та зміну його внутрішньої енергії.
425. Над 2 молями ідеального одноатомного газу під час ізобарного стискання виконують роботу 1200 Дж. Визначити зміну температури газу, зміну внутрішньої енергії і кількість теплоти, наданої газу.
426. Чотири молі ідеального одноатомного газу нагрівають на 20 К при постійному тиску. Визначити зміну внутрішньої енергії газу і кількість наданої йому теплоти.

Теплові двигуни

427. Як буде змінюватися температура в кімнаті, якщо на тривалий час відкрити дверцята холодильника?
428. У процесі роботи теплової машини за деякий час робоче тіло отримало від нагрівника 1 МДж теплоти, передало холодильнику 0,8 Мдж теплоти. Обчислити ККД машини.
429. У процесі роботи теплової машини за деякий час робоче тіло передало холодильнику 60 кДж теплоти, виконавши при цьому роботу 40 кДж. Обчислити ККД машини.
430. Теплова машина, коефіцієнт корисної дії якої 40 %, за деякий час отримує від нагрівника 4 МДж теплоти. Яку кількість теплоти віддає машина за цей час холодильнику?

431. Температура нагрівника ідеальної теплової машини 727 ^{0}С, температура холодильника 400 К. Визначити максимальний ККД такої машини.
432. Нагрівник ідеальної теплової машини має температуру 627 ^{0}С, а температура холодильника 27 ^{0}С. Від нагрівника протягом 5 хв у машину поступає 1000 кДж теплоти. Визначити ККД машини, кількість теплоти, яку забирає холодильник та корисну потужність, яку розвиває машина.

$\eta - ?\ Q_x - ?$
$N - ?$

$t_н = 627\ ^0$С
$t_x = 27\ ^0$С
$\tau = 5$ хв$ = 300$ с
$Q_н = 1000$ кДж

Розв'язання

Температури нагрівника і холодильника за шкалою Кельвіна: $T_н = 900$ К, $T_x = 300$ К. Коефіцієнт корисної дії

$\eta = \frac{T_н - T_x}{T_н} \cdot 100\%$ (1). $\eta = \frac{900\ K - 300\ K}{900\ K} \cdot 100\% \approx 66\%$.

Коефіцієнт корисної дії $\eta = \frac{Q_н - Q_x}{Q_н} \cdot 100\%$ (2).

З рівнянь (1) і (2) отримаємо: $1 - \frac{T_x}{T_н} = 1 - \frac{Q_x}{Q_н}$.

$Q_x = \frac{T_x \cdot Q_н}{T_н} = \frac{300\ \text{К} \cdot 1000\ \text{кДж}}{900\ \text{К}} \approx 333\ \text{кДж}$. Корисна потужність

$N = \frac{A}{\tau} = \frac{Q_н - Q_x}{\tau} = \frac{1000\ \text{кДж} - 333\ \text{кДж}}{300\ \text{с}} \approx 2220\ \text{Вт}$.

433. Яка температура нагрівника, якщо при температурі холодильника 57 ^{0}С ККД ідеальної теплової машини становить 70 %?
434. ККД ідеальної теплової машини 60%. Щосекунди машина отримує від нагрівника кількість теплоти 1 МДж. Визначити роботу, яку здійснює машина і її потужність.
435. Температура холодильника ідеальної теплової машини 18 ^{0}С. Визначити температуру нагрівника, якщо, виконуючи корисну роботу 5 кДж, машина віддає холодильнику 3 кДж теплоти.
436. В ідеальній тепловій машині за рахунок 1 кДж енергії, одержаної від нагрівника виконується робота 400 Дж. Визначити ККД машини і температуру нагрівника, якщо температура холодильника 27 ^{0}С.
437. Теплова машина працює за циклом Карно. Абсолютна температура нагрівника у 4 рази більша за температуру холодильника. Який ККД машини і яка частина теплоти віддається холодильнику?

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити кількість теплоти, отриманої тілом під час плавлення (кристалізації)?

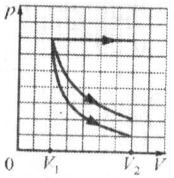
а) $\ldots = \lambda m$; *б)* $\ldots = \dfrac{A'}{Q_н}$; *в)* $\ldots = mc\Delta T$; *г)* $\ldots = Q_н - Q_х$.

2. Якого виду теплопередачі немає?

а) конвекції; б) ...теплопровідності; в) згоряння; г) випромінювання.

3. Як записується перший закон термодинаміки (зміна внутрішньої енергії системи у випадку переходу її з одного стану в інший ΔU дорівнює сумі роботи зовнішніх сил A' над системою і кількості теплоти, переданої системі Q) для ізотермічного процесу?

а) $\Delta U=Q$; *б)* $\Delta U=A'$; *в)* $\Delta U=A'+Q$; *г)* $0=A'+Q$.



Мал. 1

Рівень В (середній)

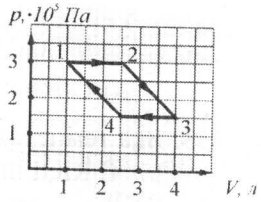
1. При якому процесі вся передана газу кількість теплоти йде на збільшення внутрішньої енергії газу?

а) ізотермічному; б) ізохорному; в) ізобарному; г) адіабатному.

2. На малюнку 1 схематично зображено адіабатний, ізотермічний та ізобарний процеси, які відбуваються з однаковою масою газу. В якому процесі при зміні об'єму від V_1 до V_2 робота газу найменша?

а) в адіабатному; б) в ізотермічному;
в) в ізобарному; г) робота у всіх процесах однакова.

3. Яку роботу виконує газ, якщо ізобарно розширюючись при тиску 100 кПа його об'єм змінився від 10^{-3} м^3 до $3\cdot10^{-3}$ м^3?



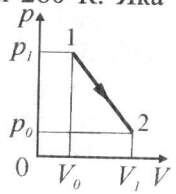
Мал. 2

Рівень С (достатній)

1. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 2. Визначити роботу газу за цикл.
2. Температура холодильника ідеальної теплової машини 280 К. Яка температура нагрівника, якщо ККД двигуна 40%?

Рівень D (високий)

1. Визначити зміну внутрішньої енергії і зміну температури одного моля ідеального одноатомного газу у процесі, зображеному на малюнку 3, якщо p_0=100 кПа, p_1=400 кПа, V_0=2 л, V_1=6 л.
2. Віддає чи отримує теплоту газ на ділянці 1-2 (мал. 2)? Обчислити цю кількість теплоти.



Мал. 3

Рівень А (початковий)

1. *а* 2. *в* 3. *г*

Рівень В (середній)

1. *б* 2. *а*

3.

A –?	*Розв'язання*
p = 100 кПа= 10^5 Па V_1 = 10^{-3} м^3 V_2 = $3\cdot10^{-3}$ м^3	Робота газу $A = p\Delta V = p(V_2 - V_1)$ Після підстановки $A = 10^5$ Па $\cdot 2\cdot10^{-3}$м^3 = 200 Дж .

Рівень С (достатній)

1.

Розв'язання

Повна робота за цикл дорівнює сумі робіт, виконаних у ході кожного процесу циклу. Згідно з геометричним змістом роботи, робота газу в ході процесу 1–2 чисельно дорівнює площі прямокутника, сторони якого $(p_2 - p_1)$ і $(V_2 - V_1)$; об'єм збільшується, тому ця робота додатна. Робота газу в процесі 2-3 чисельно дорівнює площі трапеції і теж додатна. В процесі 3-4 – площі прямокутника; від'ємна, в процесі 4-1 – площі трапеції; від'ємна. Віднявши від двох перших площ дві інші, отримаємо площу паралелограма. Його площа і дорівнюватиме чисельно роботі газу за цикл. $A = (p_2 - p_4)\cdot(V_2 - V_1)$. Необхідні значення знаходимо з графіка і підставляємо у формулу:

$A = (3\cdot10^5\,\text{Па} - 1{,}5\cdot10^5\,\text{Па})\cdot(2{,}5\cdot10^{-3}\text{м}^3 - 10^{-3}\text{м}^3) = 2{,}25\cdot10^2\,\text{Дж}$.

2.

$T_н$ –?	*Розв'язання*
$T_х$ = 282 К η = 40 %	Коефіцієнт корисної дії ідеальної теплової машини $\eta = \dfrac{T_н - T_х}{T_н}\cdot100\%$. Звідси $\dfrac{\eta}{100\%}T_н = T_н - T_х$; $T_н\left(1 - \dfrac{\eta}{100\%}\right) = T_х$; $T_н = \dfrac{T_х}{1 - \dfrac{\eta}{100\%}} = \dfrac{282\text{ К}}{1 - 0{,}4} = 470$ К .

Рівень D (високий)

1.

$\Delta U - ?\ \Delta T - ?$
$\nu = 1$ моль
$p_0 = 100$ кПа
$p_1 = 400$ кПа
$V_0 = 2$ л $= 2 \cdot 10^{-3}$ м^3
$V_1 = 6$ л $= 6 \cdot 10^{-3}$ м^3

Розв'язання

Враховуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона, $U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV$. Тоді зміна внутрішньої енергії $\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}(p_1 \cdot V_1 - p_0 \cdot V_0)$. Після підстановки

$\Delta U = (4 \cdot 10^5\,\text{Па} - 10^5\,\text{Па}) \cdot (6 \cdot 10^{-3}\,\text{м}^3 - 2 \cdot 10^{-3}\,\text{м}^3) = 12 \cdot 10^2\,\text{Дж}$.

Оскільки для одноатомного ідеального газу $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$, то

$$\Delta T = \frac{2\Delta U}{3\nu R} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 10^2\,\text{Дж}}{3 \cdot 1\,\text{моль} \cdot 8{,}31\,\frac{\text{Дж}}{\quad}} \approx 96\,\text{К}.$$

2.

Розв'язання

Ділянка 1-2 це ізобарне розширення. Температура точки 2 більша за температуру точки 1. Газ на цій ділянці тепло отримує. Згідно І закону термодинаміки $Q = A + \Delta U$. Оскільки газ ідеальний одноатомний, то $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$. Враховуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона $pV = \nu RT$, можна записати: $\Delta U = \frac{3}{2}p\Delta V$. Робота газу $A = p\Delta V$. Отже $Q = \frac{5}{2}p\Delta V$. З графіка $p = 3 \cdot 10^5$ Па, $\Delta V = 1{,}5$ л $= 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ м^3. Підставивши значення, отримаємо: $Q = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 10^5\,\text{Па} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3}\,\text{м}^3 = 1125\,\text{Дж}$.

Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. За яким з нижче наведених виразів можна визначити холодильний коефіцієнт?

а) $\ldots = p\Delta V$; *б)* $\ldots = \frac{A'}{Q_н}$; *в)* $\ldots = \frac{Q_x}{Q_н - Q_x}$; *г)* $\ldots = Q_н - Q_x$.

2. «Неможливим є процес, єдиний результат якого – передача енергії у формі теплоти від менш нагрітого тіла до більш нагрітого». Це є формулювання…

а) ...адіабатного процесу; *б) ...першого закону термодинаміки;*
в) ...другого закону термодинаміки; *г) ...теплового балансу.*

3. Як записується перший закон термодинаміки (кількість теплоти Q передана системі витрачається на зміну її внутрішньої енергії ΔU і на виконання системою роботи A над зовнішніми тілами) для адіабатного процесу?

а) $Q = \Delta U$; *б)* $Q = \Delta U + A$; *в)* $Q = A$; *г)* $0 = \Delta U + A$.

Рівень В (середній)

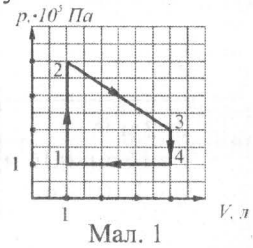
1. При якому процесі вся передана газу кількість теплоти йде на виконання роботи?

а) ізотермічному; *б) ізобарному;* *в)ізохорному;* *г) адіабатному.*

2. Тепловий двигун виконує механічну роботу за рахунок…

а) збільшення внутрішньої енергії нагрівника;
б) зменшення внутрішньої енергії нагрівника;
в) зменшення внутрішньої енергії холодильника.

3. Теплова машина за цикл виконує роботу 25 Дж і віддає холодильнику кількість теплоти 75 Дж. Визначити ККД теплової машини.



Мал. 1

Рівень С (достатній)

1. Ідеальний одноатомний газ здійснив замкнутий цикл, зображений на малюнку 1. Визначити роботу газу за цикл.
2. При ізобарному розширенні 10 молів ідеального газу виконали роботу 1662 Дж. На скільки градусів нагрівся при цьому газ?

Рівень D (високий)

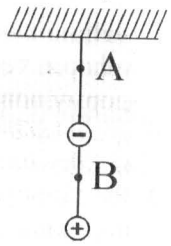
1. Температура нагрівника теплової машини 727 ^{0}С, а температура холодильника 127 ^{0}С. Від нагрівника за 1 хв у машину поступає 210 кДж теплоти. Визначити корисну потужність, яку розвиває машина.
2. Віддає чи отримує теплоту газ на ділянці 4-1 (мал.1)? Обчислити цю кількість теплоти.

Розділ 6. Електричне поле
Закон Кулона

438. Якщо просіювати цукрову пудру через сито, можна побачити, що пудра починає розлітатися в різні сторони. Чому?

439. Якщо розмотувати рулон скотчу в темній кімнаті, то можна помітити, що лінія відриву стрічки від рулону світиться. Чому?

440. На шовковій нитці висять дві заряджені кульки масами 40 мг кожна, модуль заряду яких 2 нКл. Чому дорівнює сила натягу нитки у точці A і B (мал. 42)? Відстань між кульками 2 см.



Мал. 42

441. Заряди +10 нКл і +18 нКл розташовані на відстані 12 см один від одного. Яка сила діятиме на заряд +2 нКл, який розміщений на прямій, що з'єднує заряди на відстані 3 см від першого заряду?

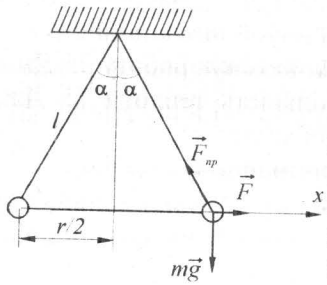
442. Три точкові заряди по +7 нКл знаходяться у вершинах рівностороннього трикутника, сторона якого дорівнює 70 см. Визначити сили, що діють на заряди.

443. Дві однакові кульки підвішені на нитках завдовжки 2 м до однієї точки. Коли кулькам надали однакових зарядів по $2\cdot10^{-8}$ Кл, вони розійшлися на відстань 16 см. Визначити силу натягу кожної нитки.

Розв'язання

$F_{пр}$ – ?

l =2 м
r =16 см=0,16 м
$q = 2\cdot10^{-8}$ Кл



На кожну кульку діють три сили: сила тяжіння $m\vec{g}$, сила пружності $\vec{F}_{пр}$ і кулонівська сила $\vec{F}$. Кулька нерухома, отже, сума проекцій сил на осі Ox і Oy дорівнює нулю. Для суми проекцій сил на вісь Ox ця умова має вигляд:

$F - F_{пр}\sin\alpha = 0$. Оскільки $\sin\alpha = \frac{r}{2l}$, а $F = k\frac{q^2}{r^2}$, то

$$F_{пр} = \frac{F}{\sin\alpha} = \frac{F\cdot 2l}{r} = k\frac{q^2\cdot 2l}{r^3}.$$

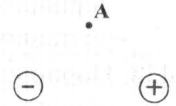
$$F = 9\cdot10^9\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}\cdot\frac{4\cdot10^{-16}\ \text{Кл}^2\cdot 2\cdot 2\ \text{м}}{0{,}004\ \text{м}^3} = 3{,}6\cdot10^{-3}\ \text{Н}.$$

444. Дві кульки, масою 1,6 г кожна, підвішені на двох тонких нитках, дотикаючись одна до одної. Після надання кулькам однакового заряду вони розійшлися на відстань 30 см. Визначити значення заряду на кульках, якщо кут між нитками становить 90^0.

445. Дві кульки, масою 0,9 г кожна, підвішені на двох тонких нитках, дотикаючись одна до одної. Визначити відстань, на яку розійдуться кульки, якщо після надання кожній кульці заряду 500 нКл, кут між нитками становить 90^0.

Електричне поле. Напруженість електричного поля

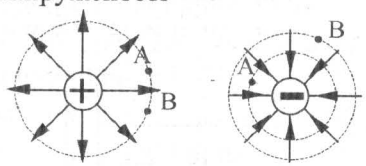
446. Зобразити напрям вектора напруженості електричного поля в точці A, яка лежить на осі симетрії між двома однаковими точковими зарядами (мал. 43).



Мал. 43

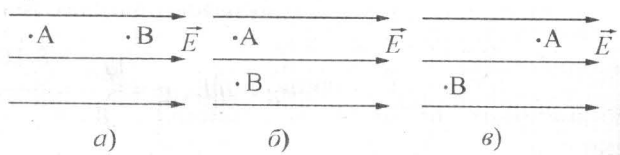
447. Порівняти значення модулів напруженості електричного поля створеного точковим зарядом у точках A і B (мал. 44 а,б).

448. Вказати співвідношення між значеннями напруженості E у точках A і B (мал. 45 а – в)



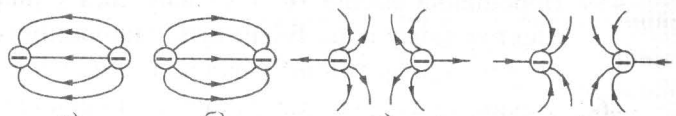
а) Мал. 44 б)

449. У якому випадку відображено силові лінії електричного поля двох точкових негативних зарядів (мал. 46)?



а) *б)* *в)*
Мал. 45

450. Як зміниться сила взаємодії між двома точковими зарядами, якщо їх занурити в масло?


а) б) в) г)
Мал. 46

451. Напруженість електричного поля у деякій точці на відстані R від точкового заряду дорівнює E. Як зміниться значення модуля напруженості на цій же відстані, якщо заряд помістити у бензин?

452. Чому птахи злітають з проводів високої напруги, коли вмикають струм?

453. Чому фарбування невеликих предметів методом розпилювання економічно вигідніше, якщо між пульверизатором і предметом створити електричне поле?

454. На рухому частинку в електричному полі з напруженістю 400 В/м діє сила $1{,}2\cdot10^{-4}$ Н. Визначити модуль заряду частинки.

455. Визначити напруженість електричного поля у точці, в якій на протон з боку поля діє сила $16\cdot10^{-17}$ Н.

456. Напруженість поля точкового заряду на відстані 0,3 м від нього дорівнює 225 В/м. Визначити модуль заряду.

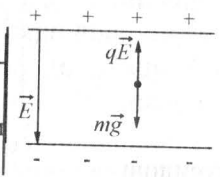
457. Напруженість поля на відстані 5 см від точкового заряду дорівнює 400 кВ/м. Яка напруженість поля в точці, що розташована на відстані 10 см від нього?

458. Порошинка, значення заряду якої $-8\cdot10^{-12}$ Кл, утримується у рівновазі в однорідному електричному полі. Визначити масу порошинки і напрям силових ліній поля, напруженість якого $2{,}45\cdot10^{3}$ В/м. (g=9,8 м/с²).

$m - ?$

$q = -8\cdot10^{-12}$ Кл

$E = 2{,}45\cdot10^{3}$ В/м



Розв'язання

На порошинку діє сила тяжіння $m\vec{g}$ вертикально вниз і рівна за значенням кулонівська сила $q\vec{E}$ вертикально вгору. Заряд порошинки від'ємний, тому силові лінії електричного поля напрямлені вниз.

$$mg = |q|E,\ m = \frac{|q|E}{g} = \frac{8\cdot10^{-12}\text{ Кл}\cdot2{,}45\cdot10^{3}\ \frac{\text{В}}{\text{м}}}{9{,}8\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2\cdot10^{-9}\text{ кг}$$

459. Порошинка масою 10^{-8} г утримується у рівновазі в однорідному електричному полі. Визначити напруженість електричного поля і напрям силових ліній. Заряд порошинки $9{,}8\cdot10^{-12}$ Кл (g=9,8 м/с²).

460. З яким прискоренням рухається порошинка масою $2\cdot10^{-6}$ кг в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вгору, якщо напруженість електричного поля $2\cdot10^{4}$ В/м? Значення заряду порошинки –2 нКл.

461. З яким прискоренням рухається порошинка масою $4\cdot10^{-7}$ кг в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вгору, якщо напруженість електричного поля $2\cdot10^{3}$ В/м? Значення заряду порошинки +3 нКл.

462. Порошинка масою $4\cdot10^{-7}$ кг опускається в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вниз, з прискоренням 1 м/с². Яка напруженість електричного поля? Значення заряду порошинки –4 нКл.

463. Заряджена кулька, маса якої 2 г, прикріплена до шовкової нитки і вміщена в однорідне горизонтальне електричне поле напруженістю 10^{6} В/м. При цьому нитка утворює з вертикаллю кут 45^{0}. Визначити значення заряду на кульці.

464. Який кут з вертикаллю утворює нитка, на якій висить кулька масою 3,2 г і зарядом +8 мкКл, якщо її помістили у горизонтальне однорідне електростатичне поле з напруженістю $4\cdot10^{3}$ В/м?

465. Електричне поле створене двома точковими зарядами $-4\cdot10^{-9}$ Кл і $-16\cdot10^{-9}$ Кл, які перебувають на відстані 30 см у вакуумі. У якій точці напруженість електричного поля дорівнює нулю?

466. Електричне поле створене двома точковими зарядами –4 нКл і +16 нКл, які перебувають на відстані 45 см у вакуумі. У якій точці напруженість електричного поля дорівнює нулю?

467. Заряди $+3\cdot10^{-7}$ Кл і $-0{,}9\cdot10^{-7}$ Кл знаходяться у вакуумі на відстані 0,2 м. Визначити напруженість поля в точці, розташованій на лінії, що сполучає заряди, на відстані 0,05 м вправо від другого заряду.

468. Два однакових точкових заряди $+6\cdot10^{-10}$ Кл і $-6\cdot10^{-9}$ Кл розміщені у вакуумі на відстані 40 см. Визначити напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 40 см від кожного заряду.

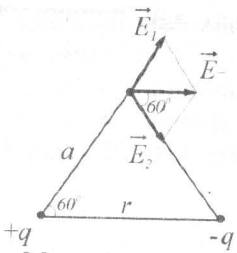
$E - ?$

$q_1 = +6\cdot10^{-10}$ Кл

$q_2 = -6\cdot10^{-10}$ Кл

r = 40 см

a = 40 см



Розв'язання

Оскільки $a = r$, то трикутник з вершинами в точках, де містяться точкові заряди і точкою, де визначають напруженість поля рівносторонній. Шукана напруженість $\vec{E}$ дорівнює геометричній сумі напруженостей полів, створених кожним із зарядів.

Модулі напруженостей кожного заряду дорівнюють $E_1 = E_2 = k\frac{|q|}{r^2}$. Діагональ паралелограма, побудованого на векторах $\vec{E}_1$ та $\vec{E}_2$, визначає напрям напруженості результуючого поля, модуль якої дорівнює:

$$E = 2E_1\cos 60^\circ = 2k\frac{|q|}{r^2}\cdot\frac{1}{2} = 9\cdot10^{9}\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}\cdot\frac{6\cdot10^{-10}\text{ Кл}}{0{,}16\text{ м}^2} = 33{,}75\ \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

469. Два однакові точкові заряди по +300 нКл розташовані на відстані 60 см один від одного. Визначити напруженість поля в точці, що знаходиться на відстані 50 см від кожного з зарядів.

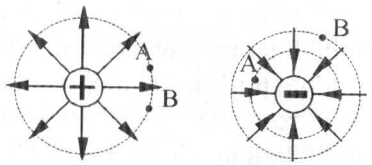
470. Електричне поле створене двома точковими зарядами $-4\cdot10^{-9}$ Кл і $+4\cdot10^{-9}$ Кл, які перебувають на відстані 10 см у вакуумі. Визначити напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 6 см від першого і 8 см від другого заряду.

471. Електричне поле створене двома однаковими точковими зарядами, значення яких $+4\cdot10^{-9}$ Кл, що перебувають на відстані 5 см у вакуумі. Визначити напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 3 см від першого і 4 см від другого заряду.

Потенціал. Різниця потенціалів

472. Порівняти потенціали електричного поля у точках A і B (мал. 47 а,б).

473. На малюнку 48 а,б зображено початкове положення зарядженої частинки в електричному полі. В якому напрямі у подальшому рухатиметься частинка і який характер її руху? Вказати знак роботи електричного поля.

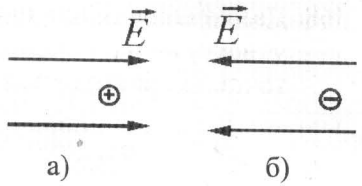


а)

б)

Мал. 47

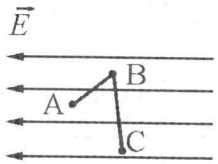
474. Вказати знак роботи електричного поля з переміщення позитивно зарядженої частинки на ділянках AB і BC (мал. 49).



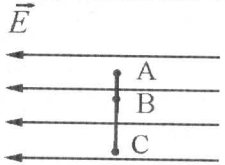
а) б)

Мал. 48

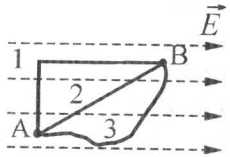
475. Вказати знак роботи електричного поля з переміщення негативно зарядженої частинки на ділянках AB і BC (мал. 50).



Мал. 49



Мал. 50



Мал. 51

476. В однорідному електричному полі переміщується позитивно заряджена частинка з точки 1 у точку 2 за траєкторіями 1, 2, 3, зображеними на малюнку 51. Порівняти роботу сил електричного поля під час переміщення зарядженої частинки вздовж цих траєкторій.

477. Визначити значення заряду, якщо під час його переміщення між двома точками з різницею потенціалів 1000 В електричне поле виконало роботу $1,5\cdot10^{-8}$ Дж.

478. Напруженість однорідного електричного поля $1,5\cdot10^{3}$ В/м. Яка різниця потенціалів між двома точками поля, розташованими на відстані 3 см уздовж силової лінії?

479. Яка відстань між двома точками однорідного електричного поля уздовж силової лінії, якщо напруженість поля 5 кВ/м, а різниця потенціалів між цими точками 10 В?

480. В однорідному електричному полі з напруженістю $6\cdot10^{3}$ В/м переміщується заряд +100 нКл уздовж силової лінії на 5 см. Визначити виконану роботу і різницю потенціалів двох точок, між якими переміщувався заряд.

481. В однорідному електричному полі з напруженістю $5\cdot10^{4}$ В/м перемістили заряд $+2\cdot10^{-9}$ Кл на відстань 10 см під кутом 60^{0} до ліній напруженості. Визначити роботу зовнішньої сили, виконану під час переміщення цього заряду.

482. Електрон з швидкістю $1,5\cdot10^{7}$ м/с влітає в однорідне електричне поле проти силових ліній і пролітає різницю потенціалів 210 В. Знайти прискорення електрона і його швидкість, коли він пройде відстань 7 см? Скільки часу потрібно для досягнення цієї швидкості?

Розв'язання

$a-?\ \upsilon_2-?\ t-?$

$\upsilon_1=1,5\cdot10^{7}$ м/с
$U=210$ В
$d=7$ см$=0,07$ м
$|e|=1,6\cdot10^{-19}$ Кл
$m=9,1\cdot10^{-31}$ кг

Оскільки електрон (заряд від'ємний) рухається проти силових ліній електричного поля (в бік збільшення потенціалу), то його швидкість збільшується і поле виконує додатню роботу. Зміна кінетичної енергії електрона дорівнює роботі електричного поля: $\frac{m\upsilon_2^2}{2}-\frac{m\upsilon_1^2}{2}=eU$. $\upsilon_2^2-\upsilon_1^2=\frac{2eU}{m}$. Після підстановки

$$\upsilon_2^2-\upsilon_1^2=\frac{2\cdot1,6\cdot10^{-19}\,\text{Кл}\cdot210\,\text{В}}{9,1\cdot10^{-31}\,\text{кг}}\approx74\cdot10^{12}\,\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}.$$

$\upsilon_2\approx17,3\cdot10^{6}\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Із законів кінематики $a=\frac{\upsilon_2^2-\upsilon_1^2}{2d}$.

$t=\frac{\upsilon_2-\upsilon_1}{a}$. $a\approx5,28\cdot10^{14}\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $t\approx4,3\cdot10^{-9}$ с.

483. Яку різницю потенціалів повинен пройти протон, щоб збільшити свою швидкість від 10^6 м/с до $5\cdot10^6$ м/с?

484. Якої швидкості набуде α–частинка, що рухається зі стану спокою уздовж силових ліній в однорідному електричному полі з напруженістю $2\cdot10^3$ В/м на шляху 1 см?

485. Електрон влітає в електричне поле з швидкістю $4\cdot10^6$ м/с уздовж силової лінії. Визначити з яким прискоренням рухатиметься електрон і яку відстань він пройде до зупинки. Напруженість електричного поля $8\cdot10^3$ В/м.

486. З яким прискоренням і який час рухався протон зі стану спокою у напрямі силових ліній в однорідному електричному полі з напруженістю 200 В/м, якщо пройдений шлях становить 4 см?

487. До якої різниці потенціалів треба зарядити горизонтально розташовані на відстані 0,04 м одна від одної пластини, щоб порошинка масою $4\cdot10^{-12}$ кг, яка має 1000 надлишкових електронів, знаходилася в рівновазі між цими пластинами

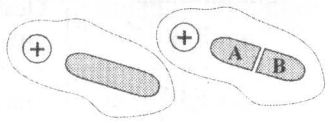
488. Між паралельними горизонтальними пластинами, зарядженими до різниці потенціалів 1000 В, утримується в рівновазі порошинка, заряд якої $-5\cdot10^{-16}$ Кл. Визначити масу порошинки, якщо відстань між пластинами 10^{-2} м. Потенціал якої пластини вищий?

489. З якою метою під час промислового виготовлення пороху його покривають порошком графіту?

490. Чому провідники для дослідів з електростатики роблять порожнистими?

491. Що таке заземлення?

492. Чому навколо антенного кабеля використовують металеву сітку?

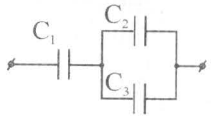


Мал. 52

493. Незаряджене тіло з діелектрика внесли в електричне поле точкового заряду. Після цього його розділили на дві частини (мал. 52). Як заряджені ці частини?

Електроємність. Енергія зарядженого конденсатора

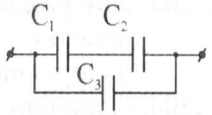
494. Як зміниться ємність плоского повітряного конденсатора, якщо відстань між пластинами зменшити у 2 рази, а простір між ними заповнити діелектриком з діелектричною проникністю 2?



Мал. 53

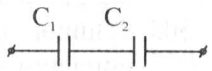
495. Визначити загальну ємність трьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 53. C_1=60 мкФ, C_2=28 мкФ, C_3=12 мкФ.

496. Визначити загальну ємність трьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 54. C_1=30 мкФ, C_2=70 мкФ, C_3=20 мкФ.



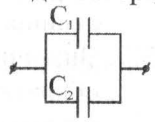
Мал. 54

497. Два конденсатори з'єднали так, як показано на малюнку 55. Ємність першого конденсатора 3 мкФ. Визначити ємність другого конденсатора і загальну ємність, якщо заряд на першому конденсаторі 60 мкКл, а значення напруги на другому конденсаторі 30 В.



Мал. 55

498. Два конденсатори з ємностями C_1=2 мкФ і C_2=3 мкФ з'єднали так, як показано на малюнку 56. Визначити значення заряду і напруги на другому конденсаторі, якщо заряд на першому конденсаторі $2\cdot10^{-4}$ Кл.



Мал. 56

499. Три конденсатори з ємностями C_1=1 мкФ, C_2=1 мкФ, C_3=2 мкФ, з'єднані за схемою, зображеною на малюнку 53, і під'єднані до джерела живлення з напругою 120 В. Визначити заряд і напругу на кожному конденсаторі.

500. Електроємність батареї конденсаторів, зображених на малюнку 54 становить 5,8 мкФ. Яка електроємність і заряд третього конденсатора, якщо C_1=4 мкФ, C_2=1 мкФ, а напруга на клемах системи 220 В?.

501. Конденсатор ємністю 6 мкФ, заряджений до напруги 400 В, під'єднали паралельно до конденсатора невідомої ємності, зарядженого до напруги 700 В. Яка ємність другого конденсатора, якщо після перерозподілу зарядів напруга на конденсаторах становить 500 В?

C_2 – ?

$C_1 = 6$ мкФ
$U_1 = 400$ В
$U_2 = 700$ В
$U = 500$ В

Розв'язання

Заряд на першому конденсаторі $q_1 = C_1U_1$, на другому $q_2 = C_2U_2$. Після з'єднання конденсаторів заряд $q = q_1 + q_2$, напруга однакова U, ємність $C = C_1 + C_2$.

$C_1 + C_2 = \frac{q}{U} = \frac{q_1 + q_2}{U}$ $\quad C_1U + C_2U = C_1U_1 + C_2U_2$. Звідси

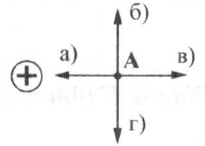
$$C_2 = \frac{C_1(U - U_1)}{U_2 - U} = \frac{6\cdot10^{-6}\,\Phi\cdot(500\text{ В} - 400\text{ В})}{700\text{ В} - 500\text{ В}} = 3\text{ мкФ}.$$

502. До конденсатора ємністю 4 мкФ, зарядженого до напруги 400 В, паралельно під'єднують незаряджений конденсатор ємністю 12 мкФ. Визначити значення зарядів на конденсаторах після їх перерозподілу.
503. Два конденсатори ємністю 2 мкФ і 4 мкФ з'єднані послідовно і приєднані до джерела живлення з напругою 120 В. Якою буде напруга на кожному конденсаторі?
504. Пластини плоского конденсатора площею 400 см^2 кожна розділено прошарком слюди товщиною 2 мм. Конденсатор зарядили до напруги 2000 В. Визначити заряд конденсатора.
505. Різниця потенціалів між пластинами плоского повітряного конденсатора 300 В, а заряд $5\cdot10^{-9}$ Кл. Яка площа пластини конденсатора, якщо відстань між ними 5 мм?
506. Площа кожної пластини слюдяного конденсатора 36 см^2, товщина шару діелектрика 10 мм. Визначити енергію конденсатора, якщо різниця потенціалів між його обкладками 300 В.
507. Визначити енергію плоского конденсатора з площею кожної обкладки 200 см^2. Заряд конденсатора 400 нКл, а діелектриком служить парафінований папір товщиною 4 мм.
508. Електрон влітає у плоский конденсатор паралельно до його пластин зі швидкістю $2\cdot10^7$ м/с. Напруженість електричного поля всередині конденсатора $9{,}1\cdot10^3$ В/м, довжина пластин конденсатора 10 см. Визначити зміщення електрона у вертикальному напрямі під час руху в конденсаторі.
509. Всередині конденсатора, який знаходиться у вакуумі, паралельно до його пластин рухаються електрони зі швидкістю 85 000 км/с. Визначити напруженість електричного поля в конденсаторі, якщо за довжини пластин 6,5 см електрони зміщуються до однієї з них на 1,8 мм.
510. Два конденсатори ємностями 2 мкФ і 4 мкФ, заряджені відповідно до напруги 600 В і 1200 В, з'єднали паралельно. Скільки теплоти виділиться при цьому?

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

Рівень А (початковий)

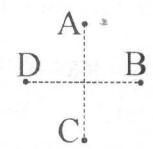
1. Як позначається різниця потенціалів?
а) φ; б) $\varphi_1-\varphi_2$; в) $\varphi_2-\varphi_1$; г) E.
2. За яким з нижче наведених виразів можна визначити напруженість електричного поля, створеного точковим зарядом?
а) ...= $k\frac{|q|}{r^2}$; б) ...= $k\frac{q}{r}$; в) ...= $\frac{q}{U}$; г) ...=qEd.
3. Пристрій, що являє собою систему з двох провідних обкладок, розділених шаром діелектрика, товщина якого є малою порівняно з розмірами обкладок, називають.
а) ...електроскопом; б) ...електрометром;
в) ...диполем; г) ...конденсатором.



Мал. 1

Рівень В (середній)

1. Який напрям напруженості електричного поля, що створює позитивний заряд у точці А (мал.1)?
2. Потенціали точок А, В, С, D, розташованих в однорідному електричному полі (мал. 2), пов'язані співвідношеннями $\varphi_A>\varphi_C$, $\varphi_B=\varphi_D$. Визначити напрям силових ліній поля.
а) праворуч; б) ліворуч; в) вгору; г) вниз.
3. Визначити модуль напруженості поля в точці, в якій на заряд +4 нКл діє сила 0,8 мкН.



Мал. 2

Рівень С (достатній)

1. Плоский конденсатор, заряджений до різниці потенціалів 160 В, вміщено в гас. Площа кожної його пластини 250 см^2, а відстань між ними 1,2 мм. Визначити енергію конденсатора.
2. Яку відстань пролетить електрон до зупинки в однорідному електричному полі напруженістю 150 В/м, якщо він влітає в поле в напрямку ліній напруженості з швидкістю 5000 км/с?

Рівень D (високий)

1. Краплина масла масою $4\cdot10^{-10}$ кг опускається з сталим прискоренням 0,2 м/с^2 в однорідному вертикальному електричному полі. Визначити напруженість поля, якщо заряд краплини $+10^{-12}$ Кл (g=9,8 м/с^2).
2. Пучок протонів, що летить у вакуумі попадає в плоский конденсатор, довжина якого 5,5 см, перпендикулярно до силових ліній поля. Визначити кінетичну енергію протонів при вильоті з конденсатора. Напруженість поля в конденсаторі 30 кВ/м, а протони, пролетівши крізь конденсатор зміщуються на 1,5 мм.

Рівень А (початковий)

1. *б* 2. *а* 3. *г*

Рівень В (середній)

1. *в* 2. *г*

3.

E -?

$q = +4$ нКл $= 4\cdot10^{-9}$ Кл
$F = 0{,}8$ мкН $= 8\cdot10^{-5}$ Н

Розв'язання

Модуль напруженості електричного поля визначається співвідношенням $E = \dfrac{F}{|q|}$. Після підстановки

$$E = \frac{8\cdot10^{-5}\ \text{Н}}{4\cdot10^{-9}\ \text{Кл}} = 2\cdot10^{4}\ \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Рівень С (достатній)

1.

W -?

$\varphi_1-\varphi_2 = U = 160$ В
$S = 250$ см^2 $= 0{,}025$ м^2
$d = 1{,}2$ мм $= 1{,}2\cdot10^{-3}$ м
$\varepsilon = 2{,}1$
$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі діелектричну проникність гасу і електричну сталу. Ємність плоского конденсатора визначається співвідношенням $C = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$. Після підстановки

$$C = \frac{2{,}1\cdot8{,}85\cdot10^{-12}\ \frac{\text{Ф}}{\text{м}}\cdot0{,}025\ \text{м}^2}{1{,}2\cdot10^{-3}\ \text{м}} = 0{,}38\cdot10^{-7}\ \text{Ф}.$$

Енергія конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{0{,}38\cdot10^{-7}\ \text{Ф}\cdot25600\ \text{В}^2}{2} = 4{,}9\cdot10^{-4}\ \text{Дж}.$$

2.

d –?

$E = 150$ В/м
$\upsilon = 5000$ км/с $=$
$= 5\cdot10^6$ м/с
$|e| = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
$m = 9.1\cdot10^{-31}$ Кг

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі заряд і масу електрона. Оскільки електрон гальмує, то він летить в напрямку ліній напруженості (в бік зменшення потенціалу). Напрям сили, що діє на електрон, протилежний до напряму переміщення, отже робота електричного поля від'ємна. Зміна кінетичної енергії електрона дорівнює роботі електричного поля, тому $0 - \dfrac{m\upsilon^2}{2} = -eEd$. Звідси $d = \dfrac{m\upsilon^2}{2eE}$.

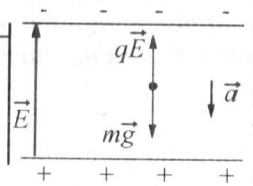
Після підстановки $d = \dfrac{9{,}1\cdot10^{-31}\ \text{кг}\cdot25\cdot10^{12}\ \frac{\text{м}^2}{c^2}}{2\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\ \text{Кл}\cdot150\frac{\text{В}}{\text{м}}} \approx 0{,}47$ м.

Рівень D (високий)

1.

E – ?

$m = 4\cdot10^{-10}$ кг
$q = +10^{-12}$ Кл
$a = 0{,}2$ м/с^2



Розв'язання

Оскільки прискорення краплини менше за прискорення вільного падіння, то на краплину діє сила тяжіння $m\vec{g}$ вертикально вниз і кулонівська сила $q\vec{E}$ вертикально вгору.

Враховуючи те, що знак заряду краплини додатний, лінії напруженості електричного поля напрямлені знизу вгору. Запишемо II закон Ньютона в проекції на вертикальну вісь, напрямлену донизу: $ma = mg - |q|E$.

Звідси $E = \dfrac{m(g-a)}{|q|}$. Після підстановки

$$E = \frac{4\cdot10^{-10}\text{кг}\cdot\left(10\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 0{,}2\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)}{10^{-12}\text{Кл}} = 3{,}92\cdot10^{3}\ \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

2.

$W_к$ – ?

$l = 5{,}5$ см $=$
$= 5{,}5\cdot10^{-2}$ м
$E = 30$ кВ/м $=$
$= 30\cdot10^3$ В/м
$h = 1{,}5$ мм $=$
$= 1{,}5\cdot10^{-3}$ м
$q = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл

Розв'язання

В напрямі силових ліній на протони діє сила з боку електричного поля і вони рухаються рівноприскорено з прискоренням $a = \dfrac{qE}{m}$. Згідно законів кінематики $h = \dfrac{\upsilon_1^2}{2a}$; $h = \dfrac{at^2}{2}$. Тоді швидкість протонів в цьому напрямку $\upsilon_1 = \sqrt{2ah}$. Час руху $t = \sqrt{\dfrac{2h}{a}}$.

Перпендикулярно до силових ліній протони рухаються рівномірно з швидкістю $\upsilon_2 = \dfrac{l}{t}$. Загальна швидкість $\upsilon = \sqrt{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2}$. $W_к = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$. Після підстановки $W_к = \dfrac{ma\left(4h^2 + l^2\right)}{4h} = \dfrac{qE\left(4h^2 + l^2\right)}{4h}$. $W_к = 2{,}43\cdot10^{-15}$ Дж.

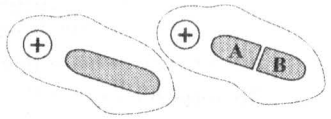
Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку)

Рівень А (початковий)

1. Одиницею електричного заряду є…
   а) ...1 В; *б) ...1 Кл;* *в) ...1 Ф;* *г) ...1 В/м.*
2. За яким з нижче наведених виразів можна визначити різницю потенціалів
   а) $...=\frac{A}{q}$; *б)* $...=qE$; *в)* $...=\frac{q}{U}$; *г)* $...=qU$.
3. Явище перерозподілу електричних зарядів у провіднику, поміщеному в електростатичне поле, у результаті чого на поверхні провідника виникають електричні заряди, називають…
   а) ...електромагнітною індукцією; *б) ...електростатичною індукцією;*
   в) ...принципом суперпозиції; *г) ...інерцією .*

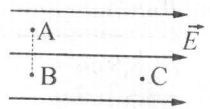
Рівень В (середній)

1. Незаряджене металеве тіло внесли в електричне поле точкового заряду. Після цього його розділили на дві частини (мал. 1). Як заряджені ці частини?



Мал. 1

   а) обидві незаряджені; *б) А-позитивно, В-негативно;*
   в) А-негативно, В-позитивно; *г) обидві позитивно.*
2. Порівняти потенціали точок в однорідному електричному полі (мал. 2).
   а) $\varphi_A=\varphi_B=\varphi_C$; *б)* $\varphi_A>\varphi_B=\varphi_C$; *в)* $\varphi_A=\varphi_B>\varphi_C$; *г)* $\varphi_A=\varphi_B<\varphi_C$.
3. Робота з переміщення точкового заряду $+8\cdot10^{-9}$ Кл у однорідному електричному полі становить $1{,}6\cdot10^{-6}$ Дж. Визначити напругу між точками переміщення.



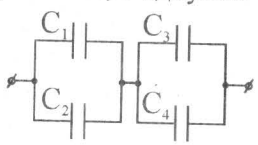
Мал. 2

Рівень С (достатній)

1. Визначити ємність чотирьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 3. C_1=6 мкФ, C_2=2 мкФ, C_3=4 мкФ, C_4=8 мкФ.
2. Якої швидкості набуде електрон, що рухається зі стану спокою в однорідному електричному полі з напруженістю $2\cdot10^3$ В/м на шляху 1 см?

Рівень D (високий)

1. Два точкових заряди по $+6\cdot10^{-8}$ Кл розміщені у вакуумі на відстані 50 см. Визначити напруженість поля у точці, розміщеній на відстані 40 см від першого і 30 см від другого заряду.
2. Конденсатор ємністю 1 мкФ, заряджений до напруги 20 В, з'єднують паралельно з конденсатором ємністю 2 мкФ, зарядженим до напруги 50 В. Визначити напругу на конденсаторах після з'єднання.



Мал. 2

Відповіді до задач

9. 80 м.
10. а) 200 м;10 с; б) 225 м; в) 15 с.
11. 2 год; 160 км; 40 км.
12. 1 м/с.
13 25 м/с.
15. 350 м.
16. 6 с.
17. 50 с.
18. 90 км/год.
20. 24 год.
21. 8 км/год.
22. 54 км/год.
24. 50 с.
25 540 м/с.
26. 200 с.
28. 0,25 м/с^2; 20 с.
29. 20 с; 1600 м.
30. 50 с; 40 м/с.
31. 2 м/с^2; 100 м; 20 м/с.
32. 135 м; 140 м/с.
33. ≈28 м/с; ≈2,8 с; 40 м.
34. 20 м; 4 с.
35. 20 м/с; 1 с.
36. 30 м/с.
37. 1,3 с; 2 м; 4,6 м.
38. ≈1 с.
39. а)1 м/с^2; $s_x=-2{,}5t+0{,}5t^2$.
    б) −1,2 м/с^2; $s_x=14t-0{,}6t^2$.
41. 2 м/с^2; $\upsilon_x=6-2t$.
42. 2 м/с^2; $\upsilon_x=2t$.
43. 2 м; першого: –4 м/с; 0; другого –5 м/с; 4 м/с^2.
44. 1 м; першого: 2 м/с; 0; другого 2 м/с; 3 м/с^2.
46. –2 м.
48. 20 м; 25 м/с.
49. 1,5 с.
50. ≈70,5 м/с, 50 м/с.
53. 60 с; ≈30,6 км.
54. 7,2 м.
55. 5 м.
56. ≈0,1 с; ≈1,9 с.
57. ≈3 с.
58. tgα=4.
61. 0,5 об/с; 2 с.
62. ≈6,28 м/с.
63. ≈0,6 об/с.
64. ≈125,6 рад/с; ≈18,8 м/с.
65. 1,6.
66. 10 м/с^2.
67. 0,13 м/с^2.
69. а) $a_1=2a_2$; б) $a_1=0{,}5a_2$.
70. 20.
71. 20.
72. ≈230 м/с; $16{,}6\cdot10^{-3}$ м/с^2.
73. ≈464 м/с, на захід.
76. $1{,}2\cdot10^8$ кг.
78. ≈355 кг.
79. ≈6745 с.
80. ≈42240 км; 3,1 км/с.
81. 4 м/с^2.
82. ≈0,111 м/с^2.
83. Зменшився ≈у 3 рази.
84. ≈1,7 км/с.
91. 40 м.
92. 25 с.
93. 0,8 м/с^2; 8 м/с; 40 с; 200 м.
94. 2 м/с^2.
95. 2 м/с^2; вгору.
96. 70 кг.
97. 0,9 кг.
98. 0,28.
99. Вліво у 2 рази.

100. 2,5 м/с^2.
101. ≈1,1 м/с^2; ≈11 Н.
102. 50 кН/м; 0,4 м.
103. 12,5 Н/м.
104. 240 Н/м; 1000 Н/м.
105. 14 см.
106. 60 Н.
108. 3200 Н; 4800 Н.
109. 15 м/с.
110. 1,45 Н.
111. 30 об/хв.
112. 20 м/с.
113. 0,25.
114. 0,52.
116. 1,57 с.
117. 60^0.
125. 0,25 м.
126. 49 Н; 35 Н.
128. 680 Н; 620 Н.
129. 375 Н.
130. 0,5 м від центра зі сторони другого вантажу.
132. 600 кДж.
133. 540 Дж.
134. ≈2600 Дж.
135. 90 кДж.
136. 4 кДж; –2 кДж.
137. 2 м/с^2.
138. 300 Вт.
140. 4000 Вт.
141. 1750 Н.
142. 1600 Дж.
143. 1,35 МДж.
144. 100 Дж; 100 Дж.
145. 0,25 Дж.
146. 38 Дж.
147. 3 Дж; 24 Дж.
148. 7,5 Дж; 2,5 Дж; 10 Дж.
149. 2 м.
150. 1 Дж.
151. 0,75 Дж.
153. ≈1,1 м.
154. 60^0.
155. 49 м.
156. ≈8,8 м/с.
157. 2,6 кг·м/с; 1,3 Дж.
158. 0,2 м/с; 0,003 Дж.
162. 60 см; 0.
163. 10 Гц.
164. а) 8 с; 0,125 Гц; 0,4 м;
б) 2 с; 0,5 Гц; 4 см.
165. а) –3 см; б) 0.
166. 0,2 м; 2 с; 0,5 Гц; πt.
167. 8 см; 0,5 с; 4π; $4\pi t + \frac{\pi}{2}$, $\pi/2$.
168. 2π.
170. T/6.
171. 4 см; ≈2,8 см.
173. 5 рад/с.
174. ≈400 м/с^2.
176. ≈2,5 Гц.
184. 0,5 с; 2 Гц, ≈12,6 с.
185. ≈1,9 с.
186. ≈2,3 м.
187. ≈9,74 м/с^2.
188. 1:4.
189. в 1,26.
191. 40 коливань.
192. Перший у 2,25 рази довший.
193. ≈1,4 с.
194. 5 с.
195. ≈1,5 с.
196. 2,3 м/с^2.
197. 1,57 с; 1,6 Н.
198. 0,75g.
201. ≈1,65 м/с^2.

202. Відстануть ≈на 27с.
203. 0,056 Н.
207. 20 см; 0.
208. 3,14 с.
209. ≈0,25 кг.
210. ≈0,8 Гц.
211. $0,1\pi$.
212. 0,01 м.
213. 4 см; 0 см.
215. 0,2 м; 40 Н/м.
216. $x = 0{,}04\cos\frac{\pi}{3}t$ (см); 4 Н.
217. ≈0,1 кг.
218. ≈1,65 кг.
219. 50 Н/кг.
220. Період зросте у 2,5 раза.
221. 120 разів.
222. 4.
224. У точках, де відхилення від положення рівноваги $\frac{x_0}{\sqrt{2}}$.
228. 15 мДж.
229. 5 см.
230. T/8.
232. 1,25 Н/м; 2.
233. 2 см; ≈0,03 с.
234. 12,56 см/с, 4 см.
235. 5 см.
237. 2 с; 0,8 м/с^2.
238. 0,9 м/с.
244. 20 рад/с.
247. ≈7 г; 0,05 Дж.
248. 1 м; ≈0,484 мДж.
249. 6,25 м/с.
250. 2 м/с.
251. 0,5 с; 2 Гц.
252. 4 м.
253. 0,25 м/с.
254. 60 м/с.
255. 340 м/с.
256. 132 м.
257. 0,33 м і менше.
258. 20 Гц.
260. c.
261. 0,976c.
262. 1,25
263. 0,99c.
264. 0,8c.
265. 0,8 м.
266. 0,6c.
267. 71 рік.
268. 8 год; 10 год.
269. 136 фДж.
270. 10^{10} кг.
271. 800 Мт.
279. 0,1 кг.
280. 1 моль.
281. ≈$30{,}1\cdot10^{23}$.
282. ≈18 кг.
283. ≈$24{,}08\cdot10^{23}$.
285. ≈$3{,}9\cdot10^{18}$.
286. ≈700 м/с.
287. 196 кПа.
288. ≈600 м/с.
289. $3\cdot10^{25}$ м$^{-3}$.
307. $6{,}21\cdot10^{-21}$ Дж.
308. ≈$1{,}5\cdot10^{3}$ м/с; ≈$7{,}25\cdot10^{-21}$ Дж.
309. ≈$1{,}9\cdot10^{26}$ м$^{-3}$; ≈$4{,}3\cdot10^{2}$ м/с; ≈$6{,}21\cdot10^{-21}$ Дж.
310. 275 см^3.
311. 72 кПа.
312. 200 К.
313. 100 кПа.
314. 2,25 кг.
315. ≈4,2 кг.

316. ≈2 кг/м^3.
317. ≈150 молів.
318. ≈19 г.
319. 1,14.
320. 29 ·10^{-3} кг/моль.
323. 0,81 атм; 0,59 атм.
325. 11,5 см.
326. 200 см^3; 300 см^3.
327. На 8,5 см.
328. 5 см кисень і 80 см водень.
329. ≈7,5 см.
330. $\frac{(p_a+\rho gH)V}{p_a+\rho gh}$.
331. ≈2,1.
332. 15 Н.
347. 50%.
348. 80%.
349. ≈60%.
350. ≈0,93 кПа; ≈6,93 г/м^3.
351. 12 ^{0}C.
352. ≈17 ^{0}C.
354. ≈10 г.
355. 65 %.
356. 514 г.
357. ≈78%.
358. ≈22,6 г.
359. 346 г.
360. ≈184 г.
375. 2,92 мН.
376. 32 мН/м.
377. ≈1,6 мм.
378. 5 мм.
380. ≈0,23 Н.
381. 2,75 мм.
382. ≈74 мг.
383. ≈18,3 мм^3.
384. ≈5,3 мм.
385. 63 мН/м.
386. ≈24,3 мм.
390. 200 МПа.
391. 5·10^{-4}.
392. 2500 Н.
393. 3·10^{-4} ; 3·10^{-3} м.
394. 55 кН.
395. 4·10^{-3} м^2.
397. Ні, обрив буде при довжині 4494 м.
398. 5882 м.
410. 300 Дж ; 2250 Дж отримує; 375 Дж віддає.
411. 400 Дж; 500 Дж віддає.
412. 66480 Дж.
413 5 молів.
414. 20 К.
415. 4280 Дж.
416. 498,6 Дж.
417. ≈78000 Дж.
418. 40 моль.
419. ≈48 К.
420. ≈26 кДж.
422. 340 К; 204 кПа.
423. 9 кДж.
424. 415,5 Дж; 1246,5 Дж.
425. ≈72,2 К; ≈1800 Дж; ≈3000 Дж.
426. 997,2 Дж; 1662 Дж.
428. 20%.
429. 40%.
430. 2,4 МДж.
431. 60%.
433. 1100 К.
434. 0,6 МДж; 0,6 МВт.
435. 776 К.
436. 40%; 500 К.
437. 75 %; 25%.
440. 80·10^{-5} Н; 31·10^{-5} Н.

441. 16·10^{-5} Н.
442. ≈1,55·10^{-6} Н.
444. 4·10^{-7} Кл.
445. 0,5 м.
454. 3·10^{-7} Кл.
455. 1000 В/м.
456. 2,25·10^{-9} Кл.
457. 100 кВ/м.
459. 10 В/м.
460. 30 м/с^2.
461. 5 м/с^2.
462. 900 В/м.
463. 2·10^{-8} Кл.
464. 45^0.
465. Між зарядами на відстані 10 см від першого заряду.
466. 45 см від першого заряду і 90 см від другого.
467. 28,08·10^4 В/м.
469. 17280 В/м.
470. ≈1,15·10^4 В/м.
471. ≈4,6·10^4 В/м.
477. 1,5·10^{-11} Кл.
478. 45 В.
479. 0,2 см.
480. 3·10^{-5} Дж; 300 В.
481. –5·10^{-6} Дж.
483. ≈1,25·10^5 В.
484. ≈4,4·10^4 м/с.
485. ≈1,4·10^{15} м/с^2; ≈ 5,7 мм.
486. ≈1,9·10^{10} м/с^2; ≈0,2·10^{-5} с.
487. 10^4 В.
488. 5·10^{-12} кг; верхньої.
495. 24 мкФ.
496. 41 мкФ.
497. 2 мкФ; 1,2 мкФ.
498. 3·10^{-4} Кл; 100 В.
499. q_1=90 мкКл, U_1=90 В; q_2=30 мкКл, U_1=30 В; q_3=60 мкКл, U_3=30 В.
500. 5 мкФ; 1,1 мкКл.
502. 4·10^{-4} Кл; 12·10^{-4} Кл.
503. 80 В; 40 В.
504. 2,124 мкКл.
505. ≈94 см^2.
506. ≈8,6·10^{-7} Дж.
507. 0,9·10^{-3} Дж.
508. 2 см.
509. ≈35,3 кВ/м.
510. 0,24 Дж.

Фізичний довідник

Швидкість світла у вакуумі – 3·10^8 м/с. Радіус Землі – 6400 км.

Гравітаційна стала – 6,67·10^{-11} $\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}$. Маса Землі – 6·10^{24} кг.

Стала Авогадро – 6,02 ·10^{23} моль$^{-1}$. Стала Больцмана –1,38·10^{-23} $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$.

Універсальна газова стала – 8,31 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$.

Нормальний атмосферний тиск – 10^5 Па. 1 мм.рт.ст. ≈ 133,3 Па.

Маса електрона – 9,1 ·10^{-31} кг. Маса протона – 1,6726·10^{-27} кг.

Елементарний заряд – –1,6·10^{-19} Кл. Електрична стала – 8,85·10^{-12} $\frac{\Phi}{\text{м}}$.

Залежність тиску p та густини ρ насиченої водяної пари від температури t

t, ^{0}C	p, кПа	ρ, г/м^3	t, ^{0}C	p, кПа	ρ, г/м^3
0	0,61	4,85	16	1,81	13,65
1	0,65	5,20	17	1,93	14,50
2	0,71	5,57	18	2,07	15,39
3	0,76	5,95	19	2,20	16,32
4	0,81	6,37	20	2,33	17,32
5	0,88	6,80	21	2,48	18,35
6	0,93	7,27	22	2,64	19,44
7	1,0	7,70	23	2,80	20,60
8	1,06	8,28	24	2,98	21,81
9	1,14	8,83	25	3,16	23,07
10	1,23	9,41	26	3,36	24,40
11	1,33	10,02	27	3,56	25,79
12	1,40	10,67	28	3,78	27,26
13	1,49	11,36	29	4,00	28,7
14	1,60	12,08	30	4,24	30,3
15	1,71	12,84			

Густина речовин ($\frac{г}{см^3}$ або 10^3 $\frac{кг}{м^3}$)

Вода	1,0	Ртуть	13,6
Олія	0,9	Спирт	0,8
Мідь	8,9	Алюміній	2,7
Сталь	7,8		

Поверхневий натяг рідин при 20 ^{0}C ($\frac{мН}{м}$ або 10^{-3} $\frac{Н}{м}$)

Вода	73	Ртуть	472
Мильний розчин	40	Спирт	22

Модуль пружності (модуль Юнга) (10^9 Па)

Алюміній	70	Мідь	110
Залізо	200	Сталь	200

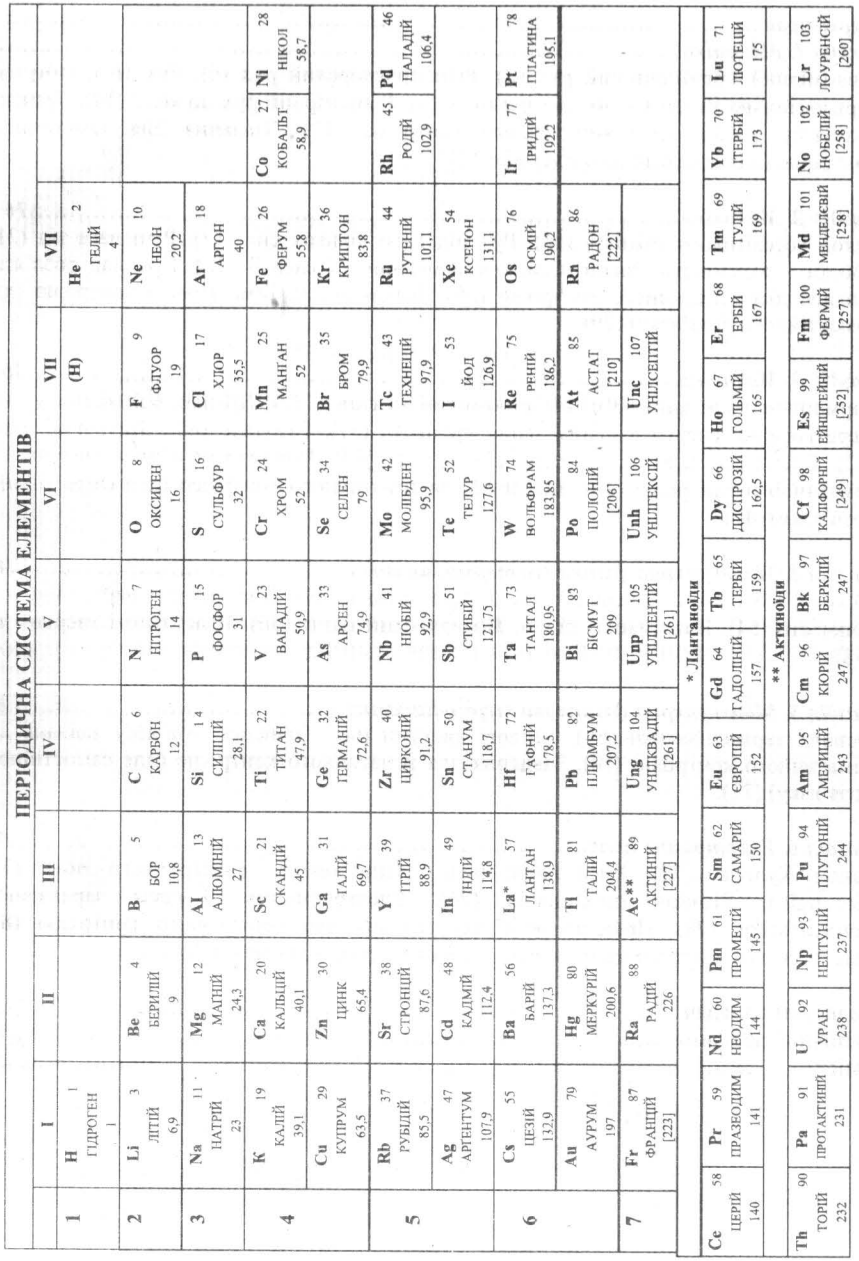
Границя міцності (10^6 Па)

Алюміній*	100	Мідь	400

Діелектрична проникність речовин

Парафін*	2	Слюда*	6

Періодична система хімічних елементів Д.І.Менеделєєва



Зміст

Передмова 1
Розділ 1. Механіка.....2
Рівномірний прямолінійний рух (2). Рівноприскорений рух (6). Рух тіла, кинутого горизонтально та під кутом до горизонту (8). Рівномірний рух по колу (10). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (12). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (15).

Розділ 2. Механіка.....16
Закон всесвітнього тяжіння (16). Рух під дією кількох сил (17). Рівновага тіл (21). Робота і потужність. Закон збереження механічної енергії (22). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (26). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (29).

Розділ 3. Механіка.....30
Гармонічні коливання (30). Математичний маятник (32). Пружинний маятник (35). Перетворення енергії в коливальних процесах (37). Резонанс (40). Механічні хвилі (42). Елементи спеціальної теорії відносності (43). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (44). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (47).

Розділ 4. Молекулярна фізика та термодинаміка.....48
Основи МКТ (48). Ідеальний газ. Газові закони (49). Властивості пари. Відносна вологість (54). Властивості рідин. Поверхневий натяг (56). Властивості твердих тіл (58).

Розділ 5. Молекулярна фізика та термодинаміка.....64
Основи термодинаміки (64). Теплові двигуни (66). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (68). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (71).

Розділ 6. Електричне поле.....72
Закон Кулона. (72). Електричне поле. Напруженість електричного поля (73). Потенціал. Різниця потенціалів (76). Електроємність. Енергія зарядженого конденсатора (78). Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю (81). Завдання для тематичного контролю (для самостійного розв'язку) (84).

Відповіді до задач 85
Фізичний довідник 89
Зміст 92

Навчальне видання

Трофімчук Анатолій Борисович

Левшенюк Ярослав Філімонович

Збірник задач. Фізика, 10 клас. Рівень стандарту

Комп'ютерний набір та верстка: А.Б. Трофімчук

Здано до набору 12.06.2018 р. Підп.до друку 12.07.2018 р. Формат 60 84/16.
Папір офсетний. Офсетний друк. Тираж 1000 пр. Ціна договірна.
Віддруковано ФОП Корольова С.Б.
33028, м. Рівне, вул. Петлюри, 7, тел./факс 097-453-98-87