



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„Кінематика матеріальної точки і абсолютно твердого тіла”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Кінематика матеріальної точки.
2. Кінематика абсолютно твердого тіла.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв І. В. Курс общей физики. т. 1. – М. : Наука, 1989. §§ 1-5, 28-29.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Дайте визначення кінематичного рівняння руху матеріальної точки та вкажіть способи його виразу.
2. Дайте визначення траєкторії, шляху, переміщення.
3. Дайте визначення швидкості точки (середньої і миттєвої). Як визначити величину та напрямок швидкості?
4. Дайте визначення прискорення точки (дотичного, нормального і повного). Як визначити їх величину та напрямок?
6. Дайте визначення числа ступенів вільності. Яке число ступенів вільності має АТТ?
7. Дайте визначення поступального та обертального руху?
8. Дайте визначення кінематичних характеристик обертального руху: елементарного кута повороту, кутової швидкості та кутового прискорення.
9. Вкажіть зв'язок між лінійними та кутовими характеристиками руху.

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Тіло кинуте під кутом α до горизонту з швидкістю v_0 з точки з координатами $x_0 = y_0 = 0$. Знайти залежність $y = y(x)$, тобто одержати рівняння траєкторії якщо кінематичний закон руху має вигляд

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}.$$

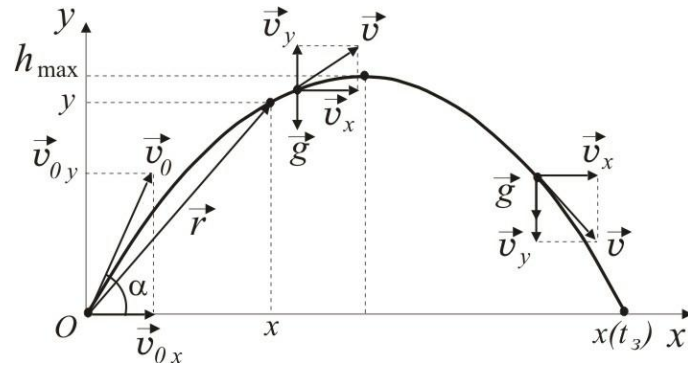
Розв'язання:

Рис. 1

Запишемо кінематичне рівняння руху у проекціях на осі x та y (рис.1)

$$x = v_0 t \cos \alpha,$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

Виключимо з цих рівнянь час t , знайшовши з першого рівняння, що $t = x/v_0 \cos \alpha$. Підставивши це в друге рівняння одержимо

$$y = v_0 \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \sin \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}.$$

Звідси маємо рівняння траєкторії у вигляді

$$y = xt \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}.$$

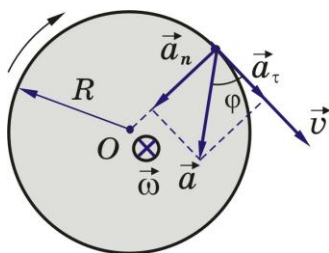
Отже, траєкторія є параболою.

Задача 2. ([2], 1.58). Знайти кутове прискорення колеса, якщо відомо, що за час $t = 2,00$ с після початку руху вектор повного прискорення точки, яка лежить на ободі, складає кут $\varphi = 60^\circ$ з вектором її швидкості. Вважати рух колеса рівноприскореним.

Розв'язання:

З рисунка випливає, що

$$\frac{a_n}{a_\tau} = \operatorname{tg} \varphi.$$



З другого боку

$$a_n = \omega^2 R,$$

$$a_\tau = \epsilon R.$$

Рис. 2

За умовою задачі рух рівноприскорений. Тому

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

де ω_0 - початкова кутова швидкість. На початку руху $\omega_0 = 0$. Отже кут між вектором повного прискорення і вектором швидкості дорівнює

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a_n}{a_\tau} = \frac{\varepsilon^2 t^2 R}{\varepsilon R} = \varepsilon t^2.$$

Звідси кутове прискорення визначається за виразом

$$\varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{t^2} = \frac{\operatorname{tg} 60^\circ}{t^2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,433 \text{ рад/с}^2.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], 1.26. З башти висотою $h = 25$ м горизонтально кинута камінь з швидкістю $v_x = 15$ м/с. Який час t камінь буде знаходитись в русі? На якій відстані l від основи башти він впаде на землю? З якою швидкістю v він упаде на землю? Який кут φ складе траєкторія каменю з горизонтом в точці його падіння?

Відповідь: $t = 2,66$ с; $l = 33,9$ м; $v = 40,51$ м/с; $\varphi = 56^\circ$.

[2], 1.55. Колесо радіусом $R = 10$ см обертається з кутовим прискоренням $\varepsilon = 3,14$ рад/с². Визначити для точок на ободі колеса в кінці першої секунди після початку руху: а) величину кутової швидкості ω ; б) величину лінійної швидкості v ; в) тангенціальне прискорення a_τ ; г) нормальне прискорення a_n ; д) повне прискорення a ; е) кут α , який складає вектор \vec{a} з вектором нормального прискорення \vec{a}_n .

Відповідь: $\omega = 3,14$ рад/с; $v = 0,314$ м/с; $a_\tau = 0,314$ м/с²; $a_n = 0,986$ м/с²; $a = 1,03$ м/с²; $\alpha = 17^\circ 46'$.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„ Динаміка матеріальної точки і АТТ ”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Закони Ньютона.
2. Закон збереження імпульсу.
2. Закон динаміки обертального руху абсолютно твердого тіла. Момент інерції.
4. Закон збереження моменту імпульсу.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв И. В. Курс общей физики. т. 1. – М. : Наука, 1989. §§ 6-16; §§ 26-27, 30-32.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Сформулюйте перший закон Ньютона.
 2. Чим відрізняються інерційні та неінерційні системи відліку?
 3. Дайте визначення імпульсу матеріальної точки.
 4. Сформулюйте другий закон Ньютона.
 5. Сформулюйте принцип суперпозиції сил?
 6. Який фізичний зміст поняття маси?
 7. Сформулюйте третій закон Ньютона. Чи можуть компенсувати одна одну сили, з якими тіла взаємодіють?
 8. Вкажіть приклади сил різної природи та наведіть закони їх дії.
 9. Сформулюйте закон збереження імпульсу.
 10. Наведіть приклади прояву закону збереження імпульсу.
 11. Дайте визначення моменту сили відносно точки.
 12. Як визначити напрям моменту сили? Навести приклади.
 13. Дайте визначення моменту інерції матеріальної точки і абсолютно твердого тіла відносно осі обертання. Які властивості тіла характеризує момент інерції?
 14. Дайте визначення моменту імпульсу відносно точки.
-

15. Сформулювати основний закон динаміки обертального руху абсолютно твердого тіла.
17. Провести аналогію між рівняннями динаміки поступального руху матеріальної точки та обертального руху абсолютно твердого тіла.
18. Сформулювати закон збереження моменту імпульсу.

Приклад розв'язання типової задачі

Задача 1. Вантаж висить на сталій дротині, яка витримує силу натягу $T_{\max} = 6$ кН. Під час підйому вантажу масою $m = 0,5$ т за час $t = 0,5$ с від початку руху швидкість зростає до $v_t = 0,8$ м/с. Визначити: а) силу натягу дротини; б) з яким максимальним прискоренням можна піднімати вантаж, щоб дротина не розірвалась?

Розв'язання:

Під час підйому вантажу з прискоренням на нього діють сила тяжіння $m\vec{g}$ (\vec{g} – прискорення вільного падіння), що спрямована вертикально донизу, і сила натягу нитки \vec{T} , що спрямована вертикально вгору (рис.1).

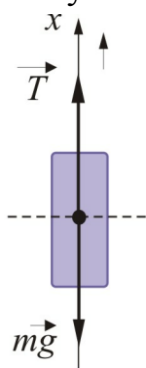


Рис. 1

а) Згідно з другим законом Ньютона рівняння руху вантажу у векторній формі має вигляд:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$

де \vec{a} – прискорення вантажу, що спрямоване вгору (оскільки швидкість при підйомі зростає). Звідси випливає, що рух вантажу з прискоренням буде відбуватися, коли сума сил $\vec{P} + \vec{T} \neq 0$ (тоді $\vec{a} \neq 0$). У проекціях на вісь x маємо

$$ma = T - mg,$$

звідки сила натягу дротини дорівнює

$$T = ma + mg = m(a + g).$$

Оскільки результуюча сила під час руху не змінюється, то рух буде рівноприскореним з прискоренням, що дорівнює за величиною

$$a = \frac{v_t - v_0}{t},$$

де v_0 – початкова швидкість, v_t – кінцева швидкість, t – час, за який відбулась зміна швидкості. Оскільки $v_0 = 0$, одержимо для прискорення $a = v_t/t$. Підставляючи це у вираз для сили натягу дротини, знайдемо

$$T = m \left(\frac{v_t}{t} + g \right).$$

Використавши числові дані, одержимо

$$T = 500 \left(\frac{0,8}{0,5} + 9,81 \right) = 5705 \text{ Н};$$

б) очевидно, що для визначення максимального прискорення, за якого нитка не розірветься, необхідно покласти в рівнянні руху $T = T_{\max} = 6 \text{ кН}$. Тоді одержимо

$$ma_{\max} = T_{\max} - mg.$$

Задача 2. Кут обертання валу змінюється за законом $\varphi = 2t^2 + 5t + 2$ рад. Момент інерції валу дорівнює $I = 10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Знайти обертальний момент.

Розв'язання:

Обертальний рух валу навколо довільної нерухомої осі x описується відомим рівнянням динаміки обертального руху твердого тіла, яке запишемо в вигляді

$$I\varepsilon = M_x,$$

де ε – кутове прискорення валу, M_x – невідомий обертальний момент. За визначенням кутове прискорення ε є друга похідна за часом від залежності $\varphi(t)$, тобто

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d}{dt}(4t + 5) = 4 \text{ рад/с}^2,$$

Підставивши (2) в (1), одержимо

$$M_x = 10 \cdot 4 = 40 \text{ Нм}.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], 2.7. Поїзд масою $m = 500 \text{ т}$ рухається рівносповільнено і протягом часу $t = 1 \text{ хв}$ зменшує свою швидкість з $v_1 = 40 \text{ км/год}$ до $v_2 = 28 \text{ км/год}$. Знайти силу гальмування. Відповідь: $F = 27,7 \text{ кН}$.

[2], 2.65. Граната масою $m = 1 \text{ кг}$, що летить з швидкістю $v = 10 \text{ м/с}$, в найвищій точці траєкторії, розірвалась на дві частини. Менша частина масою $m_1 = 0,4 \text{ кг}$

полетіла під кутом $\alpha = 90^\circ$ до горизонту угору з швидкістю $u_1 = 21,65 \text{ м/с}$. Знайти напрямок руху і величину швидкості u_2 більшої частини.

Відповідь: $u_2 = 22,05 \text{ м/с}$; під кутом $\alpha = 40,53^\circ$ до горизонту униз.

[2], 3.12. На барабан радіусом $R = 0,5 \text{ м}$ намотаний шнур, до кінця якого прикріплений вантаж масою $m = 10 \text{ кг}$. Знайти момент інерції I барабана, якщо відомо, що вантаж опускається з прискоренням $a = 2,04 \text{ м/с}^2$.

Відповідь: $I = 9,5 \text{ кгм}^2$.

[2], 3.44. Людина масою $m_0 = 60 \text{ кг}$ знаходиться на нерухомій платформі масою $m = 100 \text{ кг}$. З якою частотою n буде обертатись платформа, якщо людина буде рухатись по колу радіусом $r = 5 \text{ м}$ навколо осі обертання? Швидкість руху людини відносно платформи $v_0 = 4 \text{ км/год}$. Радіус платформи $R = 10 \text{ м}$. Вважати платформу однорідним диском, а людину матеріальною точкою.

Відповідь: $n = 0,49 \text{ об/хв}$.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
" Електростатика. Постійний електричний струм "**

Питання, що виносяться на практичне заняття

- 1 Закон Кулона.
2. Характеристики електростатичного поля в вакуумі.
3. Електричний струм та його характеристики.
4. Закон Ома.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв И. В. Курс общей физики. т.2. – М. : Наука, 1989. §§ 1-11; §§ 24-30.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Сформулюйте закон збереження електричного заряду.
 2. Сформулюйте та запишіть в скалярній та векторній формі закон Кулона.
 3. Дайте визначення напруженості електричного поля. Сформулюйте принцип суперпозиції електричних полів.
 4. Як визначається робота сил електростатичного поля при переміщенні заряду?
 5. Дайте визначення потенціалу електростатичного поля. Дайте визначення градієнту потенціалу електростатичного поля.
 6. Вкажіть на зв'язок між напруженістю та потенціалом електростатичного поля.
 7. Дайте визначення потоку вектора напруженості електричного поля.
 8. Сформулюйте теорему Остроградського-Гаусса для вектора напруженості електричного поля в вакуумі
 9. Наведіть приклади використання теореми Остроградського-Гаусса для розрахунку полів.
 9. Який знак буде мати потік вектора напруженості електричного поля через замкнуту поверхню, що оточує два заряди $+q_1$ та $-q_2$, якщо $|q_1| < |q_2|$?
 10. Дайте визначення електричного струму?
 11. Дайте визначення сили струму, густини струму.
 12. Які сили мають назву сторонніх?
-

13. Дайте визначення електрорушійної сили і напруги.
 14. Запишіть закон Ома в інтегральній формі.
 15. Як визначається електричний опір ділянки кола у випадку послідовного та паралельного з'єднань?

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Дві однакові залізні кульки об'ємом $V = 25 \text{ мм}^3$ підвішені в одній точці на тонких нитках довжиною $l = 0,5 \text{ м}$ кожна. Одержавши однаковий заряд, вони, відштовхнувшись, розійшлись на відстань $r = 5 \text{ см}$ між їх центрами. Визначити заряд кожної кульки.

Розв'язання:

На заряджену кульку (рис.1) діють сила тяжіння $m\vec{g}$, сила натягу нитки \vec{T} і сила електростатичної взаємодії $\vec{F}_{\text{ел}}$. Сила електростатичної взаємодії

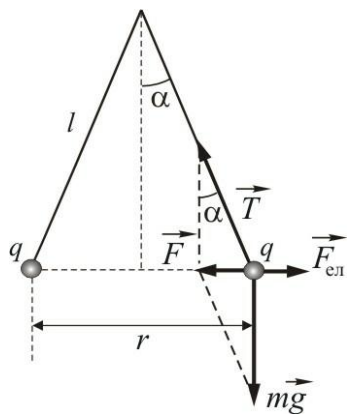


Рис. 1

$$F_{\text{ел}} = k \frac{q^2}{r^2},$$

де коефіцієнт $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$. Рівнодійна \vec{F} сил натягу \vec{T} і сили тяжіння $m\vec{g}$, згідно з рис. 3, дорівнює

$$F = mg \operatorname{tg} \alpha.$$

В стані рівноваги $\vec{F}_{\text{ел}}$ компенсує рівнодійну \vec{F} , тому виконується рівність

$$k \frac{q^2}{r^2} = mg \operatorname{tg} \alpha.$$

Врахувавши, що маса кульки $m = \rho V$ (густина заліза $= 7,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) і те, що

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha = \frac{r}{2l} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 0,5} = 5 \cdot 10^{-2},$$

з останнього рівняння одержимо

$$\begin{aligned} q &= \sqrt{mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot r^2 \cdot \frac{1}{k}} = \sqrt{\rho V g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot r^2 \cdot \frac{1}{k}} = \\ &= \sqrt{\frac{7,9 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-9} \cdot 9,8 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05}{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 0,5}} = \sqrt{269 \cdot 10^{-22}} = 16,4 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}. \end{aligned}$$

Задача 2. Шкала вольтметра, розрахованого на напругу $U = 3$ В, має $N = 150$ поділок. Стрілка вольтметра відхиляється на одну поділку при проходженні через нього струму $i = 20$ мкА. Який опір R_0 і як необхідно підключити до вольтметра, щоб ним можна було вимірювати напругу $U_1 = 150$ В? Який внутрішній опір R_g вольтметра?

Розв'язання:

Внутрішній опір вольтметра можна знайти скориставшись законом Ома для ділянки електричного кола (рис.2) – $I = \frac{U}{R_g}$, де I – сила струму через вольтметр при нарузі на ньому U . При подачі максимальної напруги U , на яку розрахований вольтметр, стрілка відхилиться максимально, тобто на N поділок. При цьому струм через вольтметр $I = iN$. З урахуванням сказаного внутрішній опір вольтметра

$$R_g = \frac{U}{iN} = \frac{3}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 150} = 10^3 \text{ Ом.}$$

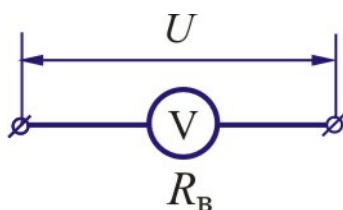


Рис. 2

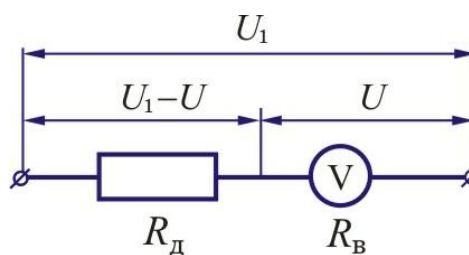


Рис. 3

Для вимірювання напруги $U_1 > U$ до вольтметра потрібно підключити додатковий опір R_0 такий, щоб надлишок напруги $U_1 - U$ падав на цьому опорі, а на вольтметрі падала б напруга U , на яку він і розрахований. Ясно, що цей опір необхідно підключити послідовно з вольтметром, як показано на рис.3. При цьому стрілка вольтметра буде відхилена на N поділок і через вольтметр буде текти струм $I = iN$, на який він і розрахований. Так як оба опори з'єднані послідовно, то струм через них однаковий і згідно з законом Ома, записаним для кожного опору, $I = \frac{U_1 - U}{R_0} = \frac{U}{R_g}$. Звідси додатковий опір R_0 дорівнює

$$R_0 = \frac{U_1 - U}{U} R_g = \frac{150 - 3}{3} \cdot 10^3 = 4,9 \cdot 10^4 \text{ Ом.}$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2] 9.72. Електрон влітає в плоский горизонтально розміщений, конденсатор паралельно його обкладкам зі швидкістю $v_0 = 10^7$ м/с. Напруженість електричного поля в конденсаторі $E = 10$ кВ/м, довжина конденсатора $l = 5$ см. Знайти модуль і напрямок швидкості електрона при вильоті його з конденсатора.

Відповідь: $v = 1,33 \cdot 10^7$ м/с; $\alpha = 41^\circ$.

[2] 9.79. Вісім заряджених крапель радіусом $r = 1$ см і зарядом $q = 0,1$ нКл кожна зливаються в одну загальну водяну краплю. Знайти потенціал φ великої краплі.

Відповідь: $\varphi = 3,6$ кВ.

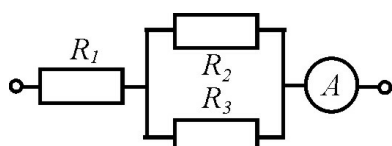


Рис. 4

[2], 10.11. Знайти падіння потенціалу U в опорах $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 2$ Ом і $R_3 = 4$ Ом (рис. 4), якщо амперметр показує силу струму $I = 3$ А. Знайти силу струму I_2 в опорі R_2 і силу струму I_3 в опорі R_3 .

Відповідь: $U_1 = 12$ В; $U_2 = U_3 = 4$ В; $I_2 = 2$ А; $I_3 = 1$ А.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„ Характеристики магнітного поля. Сила Лоренца та сила Ампера.
Електромагнітна індукція ”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Закон Біо-Савара-Лапласа і його застосування для розрахунку магнітних полів.
2. Сила Лоренца і сила Ампера.
3. Електромагнітна індукція. Закон Фарадея.
4. Енергія магнітного поля.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв І. В. Курс общей физики. т.2. – М. : Наука, 1989. §§ 35-40, 42, 47-48, 51-58, 60.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Дайте визначення магнітної індукції.
2. Сформулюйте закон Біо-Савара-Лапласа.
3. Вкажіть величину та напрямок магнітного поля прямого та кругового струму.
4. В яких випадках діє сила Лоренца? Як визначити її величину і напрямок?
5. По якій траєкторії рухається заряджена частинка, що влітає в магнітне поле перпендикулярно його напрямку? Як і від чого залежать параметри даної траєкторії?
6. В яких випадках діє сила Ампера? Як визначити її величину і напрямок?
7. Дайте визначення магнітного потоку.
8. Сформулюйте закон електромагнітної індукції.
9. Сформулюйте правило Ленца.
10. Дайте визначення індуктивності. Як і від яких параметрів залежить індуктивність соленоїда?
11. Дайте визначення густини енергії магнітного поля. Від яких характеристик магнітного поля вона залежить?

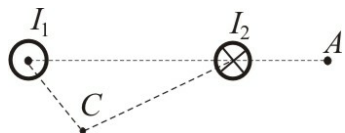


Рис.1

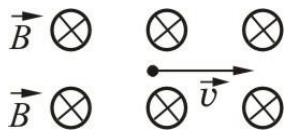


Рис. 2

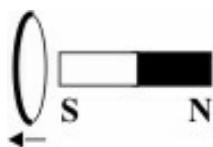


Рис. 3

12. На рис. 1 наведені перерізи двох нескінченно довгих провідників з струмом. Вкажіть напрямок вектора індукції \vec{B} магнітного поля, що створюється струмами I_1 та I_2 в точках А і С.

13. Вкажіть напрямок сили Лоренца, що діє на електрон (рис.2), якщо його швидкість \vec{v} перпендикулярна вектору магнітної індукції \vec{B} .

14. Вкажіть напрямок індукційного струму в провідному контурі, при переміщенні цього контуру в полі постійного магніту за напрямком вказаним стрілкою (рис. 3).

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Струм силою $I = 20$ А, спрямований по довгому провіднику, що зігнутий під прямим кутом (рис. 4). Знайти індукцію магнітного поля в точці А, що лежить на бісектрисі прямого кута. Відстань від вершини кута до точки А дорівнює $r = 10$ см.

Розв'язання:

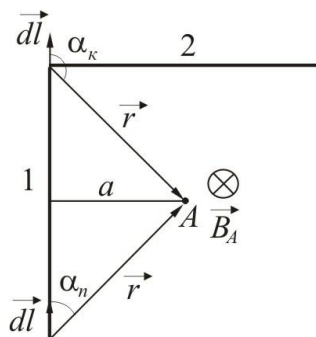


Рис. 4

Якщо розділяти провідник на вертикальну та горизонтальну частини, магнітна індукція поля в довільній точці може бути знайдена, як суперпозиція (векторна сума) магнітних індукцій полів, що створені ділянками 1 (\vec{B}_1) і 2 (\vec{B}_2) провідника, тобто $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$. Оскільки вони напівнескінченні, то, очевидно, необхідно використати вираз для магнітної індукції поля, створеного скінченим провідником

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha_n - \cos \alpha_k),$$

де a – відстань від розглядуваної точки поля до провідника з струмом; α_n і α_k – кути, що створені радіус-векторами, спрямованими, відповідно, з початку та кінця провідника до цієї точки і відповідним елементом струму.

Для ділянки 1 $\alpha_{1нА} = 0$, а $\alpha_{1кА} = 135^\circ$, для ділянки 2 $\alpha_{2нА} = 45^\circ$, а $\alpha_{2кА} = 180^\circ = \pi$. Відстань від точки А до кожної з ділянок $a = r \cos 45^\circ = r/\sqrt{2}$. Підставивши дані в попередню формулу для магнітної індукції, одержимо

$$B_{1A} = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{4\pi r} (\cos 0^\circ - \cos 135^\circ) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r \sqrt{2}} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right),$$

$$B_{2A} = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{4\pi r} (\cos 45^\circ - \cos 180^\circ) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r \sqrt{2}} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right).$$

Оскільки $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2|$, а напрямок магнітних індукцій полів (згідно з правилом правого гвинта), що створюються ділянками 1 і 2 в точці А однаковий (за малюнок "від нас"), то результуюча магнітна індукція в точці А дорівнює

$$B_A = B_{1A} + B_{2A} = \frac{\mu_0 I}{\pi r \sqrt{2}} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл.}$$

Задача 2. Котушку з індуктивністю $L = 3$ Гн з'єднали з джерелом струму, електрорушійна сила якого дорівнює $\varepsilon = 15$ В. Через який проміжок часу t сила струму в котушці досягне значення $I = 5$ А. Опором котушки і джерела струму знехтувати.

Розв'язання:

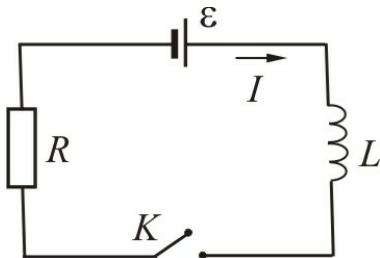


Рис. 5

При наростанні струму в колі (рис. 5) виникає ЕРС самоіндукції, тому згідно з другим правилом Кірхгофа $\varepsilon + \varepsilon_c = 0$, де ε_c – ЕРС самоіндукції. ЕРС самоіндукції протидіє зростанню сили струму в колі і дорівнює

$$\varepsilon_c = -L \frac{dI}{dt}.$$

З цього рівняння, враховуючи що $\varepsilon_c = -\varepsilon$, одержимо

$$dI = \frac{\varepsilon}{L} dt,$$

Після інтегрування маємо

$$I = \frac{\varepsilon}{L} t.$$

Отже, з останнього знайдемо необхідний час

$$t = \frac{IL}{\varepsilon} = \frac{5 \cdot 3}{15} = 1 \text{ с.}$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], 11. 26. Нескінченно довгий дрiт утворює кругову петлю, дотичну до дроту. Дротом iде струм силою $I = 5 \text{ А}$. Знайти рiдiус R петлi, якщо вiдомо, що напруженiсть магнiтного поля в центрi петлi $H = 41 \text{ А/м}$.

Вiдповiдь: $R = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

[2], 11. 70. Електрон прискорюється рiзницею потенцiалiв $U = 300 \text{ В}$ i рухається паралельно прямолiнiйному довгому дроту на вiдстанi $r = 4 \text{ мм}$ вiд нього. Яка сила дiє на електрон, якщо дротом тече струм силою $I = 5 \text{ А}$?

Вiдповiдь: $F = 4 \cdot 10^{-16} \text{ Н}$.

[2], 11. 94. Котушка дiаметром $d = 10 \text{ см}$ має $N = 500$ виткiв i розташована в магнiтному полi так, що площа виткiв перпендикулярна напрямку поля. Чому дорiвнює середнє значення ЕРС iндукцiї ε_i в цiй котушцi, якщо магнiтна iндукцiя поля збiльшується на протязi часу $\Delta t = 0,1 \text{ с}$ вiд початкового значення $B_0 = 0$ до кiнцевого значення $B_k = 2 \text{ Тл}$?

Вiдповiдь: $\varepsilon_i = 78,5 \text{ В}$.

[2], 11. 112. Соленоїд довжиною $l = 50 \text{ см}$ i площею поперечного перерізу $S = 2 \text{ см}^2$ має iндуктивнiсть $L = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$. При якiй силi струму I об'ємна густина енергiї магнiтного поля всерединi соленоїда $w = 10^{-3} \text{ Дж/м}^3$?

Вiдповiдь: $I = 1 \text{ А}$.



**Завдання на самопідготовку до практичного заняття
„Кінематика та динаміка коливань”.**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Гармонічні коливання.
2. Додавання коливань.
3. Власні (вільні) коливання.
4. Вимушені коливання.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв И. В. Курс общей физики. т.2. – М. : Наука, 1989. §§ 63-71.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Які коливання мають назву гармонічних? Запишіть рівняння гармонічного коливання і поясніть фізичний зміст величин, що входять до нього (амплітуда, період, частота, циклічна частота, фаза).
 2. Як зображати гармонічні коливання за допомогою векторних діаграм?
 3. Як знайти амплітуду та початкову фазу коливання, що є результатом додавання двох гармонічних коливань одного напрямку та однакової частоти?
 4. Який результат додавання двох гармонічних коливань одного напрямку та різної (близької) частоти?
 5. Який результат додавання двох взаємно перпендикулярних коливань однакової частоти?
 6. Яка сила має назву зворотної?
 7. Які коливання мають назву вільних? Запишіть диференціальне рівняння вільних незгасаючих коливань та поясніть фізичний зміст величин, що входять до нього.
 8. Запишіть диференціальне рівняння згасаючих коливань та поясніть фізичний зміст величин, що входять до нього.
 9. Дайте визначення таких характеристик згасаючих коливань як:
а) логарифмічний декремент згасання; б) час релаксації; в) добротність.
 10. Які коливання мають назву вимушених?
-

11. Запишіть диференціальне рівняння вимушених коливань та поясніть фізичний зміст величин, що входять до нього.
12. Знайдіть максимальну швидкість та максимальне прискорення матеріальної точки, якщо рівняння її коливань має вигляд $y = 3\cos(5\pi t + \pi/2)$.
13. Яка амплітуда результуючого коливання, якщо рівняння складових коливань одного напрямку мають вигляд $x_1 = 3\cos\pi t$, $x_2 = 5\cos\pi t$.
14. Визначте амплітуду результуючого коливання, яке одержане додаванням коливань однакового напрямку, рівняння яких має вигляд $x_1 = 5\sin\pi t$ і $x_2 = 3\sin(\pi t + \pi/2)$, де x_1 і x_2 вимірюються в метрах.
15. Точка приймає участь в двох взаємно перпендикулярних коливаннях, рівняння яких має вигляд $y = 3\cos(\pi t + \pi/2)$, $x = 2\cos\pi t$. Знайти траєкторію результуючого коливання.

Приклади розв'язання типових задач

Задача. Через який час після початку руху точка, що виконує синусоїдальні гармонічні коливання, зміститься з положення рівноваги на половину амплітуди. Період коливань дорівнює 24 с, початкова фаза дорівнює нулю.

Розв'язання:

Оскільки початкова фаза $\varphi_0 = 0$, рівняння гармонічних коливань має вигляд

$$x = A\sin \omega t.$$

Згідно з умовою задачі, в невідомий момент часу t_1 зміщення з положення рівноваги $x = A/2$, тому

$$\frac{A}{2} = A\sin \omega t_1,$$

звідки

$$\sin \omega t_1 = \frac{1}{2}.$$

Циклічна частота коливань зв'язана з періодом коливань співвідношенням $\omega = 2\pi / T$. Тому маємо

$$\omega t_1 = \frac{2\pi}{T} t_1 = \pi/6.$$

Отже

$$t_1 = \frac{T}{12} = \frac{24}{12} = 2\text{с}.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], 12. 20. Повна механічна енергія тіла, що гармонічно коливається, $W = 3 \cdot 10^{-5}$ Дж; максимальна сила, що діє на тіло, $F_{\max} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ Н. Запишіть рівняння гармонічних коливань тіла, якщо період коливань $T = 2$ с і початкова фаза $\varphi_0 = 60^\circ$.
Відповідь: $x(t) = 0,04 \left(\pi t + \frac{\pi}{3} \right)$ м.

[2], 12. 38. Точка приймає участь в двох гармонічних коливаннях з однаковими періодами і однаковими початковими фазами. Амплітуди коливань $A_1 = 3$ см і $A_2 = 4$ см. Знайти амплітуду результуючого коливання, якщо: 1) коливання відбуваються в одному напрямку; 2) коливання взаємно перпендикулярні.

Відповідь: 1) $A_{p1} = 0,07$ м; 2) $A_{p2} = 0,05$ м.

[2], 14. 10 (п.1-3). Електроємність конденсатора коливального контуру $C = 7$ мкФ, індуктивність котушки $L = 0,23$ Гн і опір $R = 40$ Ом. Конденсатор заряджений, величина заряду $q = 5,6 \cdot 10^{-4}$ Кл. 1) Знайдіть період коливань контуру. 2) Знайдіть логарифмічний декремент згасання. 3) Запишіть рівняння залежності різниці потенціалів на обкладинках конденсатора від часу.

Відповідь: 1) $T = 8 \cdot 10^{-3}$ с; 2) $\lambda = 87$; 3) $U(t) = 80e^{-87t} \cos 250\pi t$ В.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„Хвильові процеси”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Рівняння біжучої хвилі. Основні характеристики хвиль.
2. Пружні та електромагнітні хвилі .
3. Інтерференція хвиль. Інтерференція у тонких плівках. Просвітлення оптики.
4. Явище дифракції. Дифракція на щілині.
5. Природне і поляризоване світло. Подвійне заломлення променів.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв И. В. Курс общей физики. т.2. – М. : Наука, 1989. §§ 72, 73, 75-78, 80, 81, 84–87, 90–94, 98–103.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Дайте визначення хвильового процесу (хвилі), фронту хвилі, хвильової поверхні.
 2. Запишіть рівняння біжучої хвилі. Дайте визначення довжини хвилі та вкажіть її зв'язок з швидкістю хвилі.
 3. Які хвилі мають назву пружних? Які з них відносяться до звукових, від чого і як залежить швидкість їх розповсюдження?
 4. Сформулюйте основні властивості електромагнітних хвиль.
 5. Дайте визначення потоку та інтенсивності хвилі, як і від чого вони залежать для пружних та електромагнітних хвиль?
 6. В чому полягає акустичний ефект Доплера?
 7. В чому полягає явище інтерференції хвиль? За якої різниці ходу та різниці фаз спостерігаються максимуми (мінімуми) інтерференційної картини?
 8. Від яких параметрів залежить інтерференційна картина в тонких плівках?
 9. В чому полягає явище дифракції хвиль? Сформулюйте принцип Гюйгенса – Френеля.
 10. За яких умов можливе спостереження максимумів (мінімумів) при дифракції Фраунгофера на щілині?
-

11. За яких умов виникає поляризація світла та подвійне заломлення променів? Яке призначення і будова призми Ніколя?
12. Знайти різницю фаз коливань двох точок, що лежать на одному промені і розташовані на відстані $\ell = 2\text{ м}$ одна від одної, якщо довжина хвилі $\lambda = 1\text{ м}$.

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Рівняння незгасаючих коливань джерела хвиль має вигляд: $\xi(t) = 10 \sin 0,5\pi t$ (см). Знайдіть: а) рівняння плоскої біжучої хвилі, якщо швидкість її розповсюдження 300 м/с ; б) період коливань, довжину хвилі, хвильове число; в) рівняння коливань точки, що знаходиться на відстані 600 м від джерела коливань; г) рівняння коливань для точок хвилі через 4 с після початку коливань.

Розв'язання:

а) Якщо швидкість хвилі відома, то рівняння плоскої біжучої хвилі можна записати в вигляді

$$\xi(x, t) = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad \text{або} \quad \xi(x, t) = 0,1 \sin 0,5\pi \left(t - \frac{x}{300} \right) \text{ м.}$$

б) Оскільки з рівняння коливань циклічна частота $\omega = 0,5\pi$ а період $T = \frac{2\pi}{\omega}$, то одержимо $T = 4\text{ с}$. Довжина хвилі $\lambda = vT = 300 \cdot 4 = 1200\text{ м}$. Модуль хвильового вектора $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1200} = \frac{\pi}{600}$. Знаючи ці параметри, рівняння хвилі можна записати в вигляді

$$\xi(x, t) = A \sin(\omega t - kx) \quad \text{або} \quad \xi(x, t) = 0,1 \sin \left(0,5\pi t - \frac{\pi}{600} x \right) \text{ м.}$$

в) Рівняння коливань для точки, що знаходиться на відстані $x_1 = 600\text{ м}$ від джерела коливань має вигляд

$$\xi(x_1, t) = A \sin(\omega t - kx_1) \quad \text{або} \quad \xi(x_1, t) = 0,1 \sin(0,5\pi t - \pi) \text{ м.}$$

г) Рівняння коливань для точок хвилі через $t_1 = 4\text{ с}$ після початку коливань має вигляд

$$\xi(x, t_1) = A \sin(\omega t_1 - kx) \quad \text{або} \quad \xi(x, t_1) = 0,1 \sin \left(2\pi - \frac{\pi}{600} x \right) \text{ м.}$$

Задача 2. Два когерентних точкових джерела розміщені на відстані $d = 5 \cdot 10^{-3}$ м один від одного і на відстані $L = 6$ м від екрану. Довжина хвилі світла, що випромінюється кожним джерелом у вакуумі дорівнює $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ м, а амплітуди коливань однакові. Визначити : а) залежність інтенсивності світла від відстані до центру екрану і зобразити її графічно; б) координату п'ятого максимуму на екрані; в) ширину інтерференційної смуги.

Розв'язання:

Як відомо, при додаванні коливань однакового напрямку і частоти результуюча амплітуда $E_p^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \Delta\varphi$, де E_1 і E_2 – амплітуди коливань, а $\Delta\varphi$ різниця фаз. За умовою $E_1 = E_2 = E_0$, тому маємо

$$E_p^2 = 2E_0^2 (1 + \cos \Delta\varphi) = 4E_0^2 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2}.$$

Оскільки $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$, де Δ – різниця ходу, то за умови $d \ll L$ різниця ходу

$\Delta = \frac{d}{L} x$. Інтенсивність світла на екрані пропорційна E_p^2 і визначається за виразом

$$J = 2J_0 \left[1 + \cos \frac{2\pi d}{\lambda L} x \right].$$

Графік залежності $J(x)$ зображений на рис.1

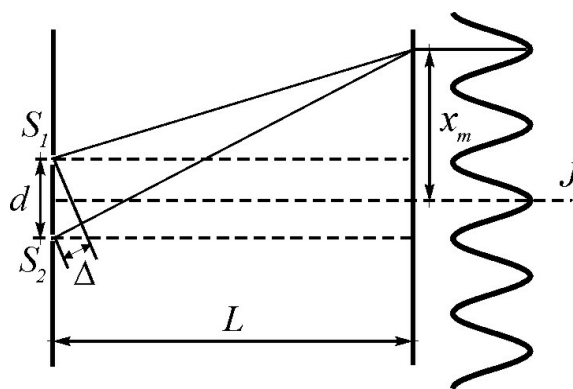


Рис.1

З виразу для інтенсивності випливає, що максимум спостерігається коли $J = J_{max} = 2J_0$, тобто коли

$$\frac{2\pi d}{\lambda L} x_m = 2\pi m; \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

звідки координати максимумів дорівнюють

$$x_m = \frac{L}{d} m \lambda .$$

З останнього можна знайти координату п'ятого максимуму

$$x_{5\max} = \frac{L}{d} 5 \lambda = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

а також ширину інтерференційної смуги

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{L}{d} \lambda \text{ або } \Delta x = \frac{6 \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], 13. 8. В скільки разів швидкість розповсюдження звуку в повітрі літом (температура $t_1 = 27^\circ \text{ C}$) більша від швидкості розповсюдження звуку зимою (температура $t_2 = -33^\circ \text{ C}$).
Відповідь: в 1,12 рази.

[2], 16. 9. На тонку плівку ($n = 1,33$) падає паралельний пучок білого світла під кутом $\alpha = 45^\circ$. За якої найменшої товщини плівки відбите світло буде жовтого кольору ($\lambda = 600 \text{ нм}$)?
Відповідь: $d = 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

[2], 16. 36. На щілину падає нормально паралельний пучок монохроматичного світла з довжиною хвилі λ . Ширина щілини дорівнює 6λ . Під яким кутом φ буде спостерігатись третій дифракційний мінімум світла?
Відповідь: $\varphi = 30^\circ$.

[2], 16. 64. Чому дорівнює кут α між головними площинами поляризатора і аналізатора, якщо інтенсивність природного світла після проходження через поляризатор і аналізатор зменшилась в чотири рази? Поглинанням і відбиттям світла знехтувати.
Відповідь: $\alpha = 45^\circ$.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„Теплове випромінювання і фотоефект”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Властивості і характеристики теплового випромінювання.
2. Гіпотеза і формула Планка. Закони теплового випромінювання.
3. Фотоелектричний ефект та рівняння Ейнштейна.
4. Хвилі де-Бройля і співвідношення невизначеностей Гейзенберга?

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв І. В. Курс общей фізики. т.3. – М. : Наука, 1989. §§ 1- 6, 8, 11-13.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу фізики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Яке випромінювання є тепловим і які його властивості ?
2. Дайте визначення основних кількісних характеристик теплового випромінювання: енергетичної світності і спектральної густини енергетичної світності. Який зв'язок між цими величинами.
3. Що розуміють під спектральною поглинальною здатністю? Які тіла називаються абсолютно чорними і сірими?
4. В чому полягає закон Кірхгофа для теплового випромінювання? Які наслідки з нього випливають?
5. На якій гіпотезі базується формула Планка для теплового випромінювання?
6. Сформулюйте закони Стефана – Больцмана та Віна для теплового випромінювання абсолютно чорного тіла.

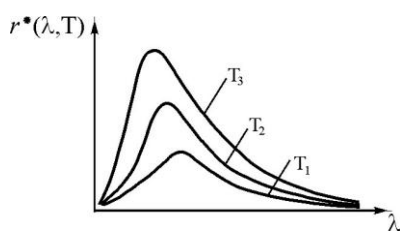


Рис. 1

7. Вкажіть, яка з залежностей для температур T_1, T_2, T_3 , зображених на рисунку, відповідає розподілу енергії в спектрі абсолютно чорного тіла за найбільш високої температури. Відповідь обґрунтуйте.

8. В чому полягає явище зовнішнього фотоефекту і які його основні закономірності?

9. Яке пояснення закономірностей зовнішнього фотоелектру запропоновано Ейнштейном?
10. Як і від чого залежить максимальна кінетична енергія фотоелектронів?
11. Як і від чого залежить червона границя зовнішнього фотоелектру?
12. Що розуміють під гальмівною напругою? Поясніть хід вольтамперної характеристики при зовнішньому фотоелекті.
13. Сформулюйте гіпотезу де-Бройля. Як і від чого залежить довжина хвилі де-Бройля? В яких випадках хвильовими властивостями частинки можна знехтувати?
14. Які експерименти підтверджують наявність хвильових властивостей мікрочастинок?
15. Поясніть сутність співвідношення невизначеностей Гейзенберга для координати і імпульсу; для енергії і часу. В яких випадках співвідношення невизначеностей можна не враховувати?

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Знайти кількість енергії, що випромінюється з 1 см^2 поверхні абсолютно чорного тіла за 1с, якщо відомо, що максимум спектральної густини його енергетичної світності приходить на довжину хвилі 4840 \AA .

Розв'язання:

Згідно з законом Віна, довжина хвилі, яка відповідає максимуму густини енергетичної світності, знаходиться за законом Віна

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

де $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – стала Віна, T – температура абсолютно чорного тіла. Із закону Віна маємо

$$T = \frac{b}{\lambda_m}.$$

Визначивши температуру, можна знайти енергетичну світність випромінювання абсолютно чорного тіла R^* за законом Стефана –Больцмана

$$R^* = \sigma T^4,$$

де $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – стала Стефана - Больцмана.

З другого боку, за визначенням енергетична світність дорівнює

$$R^* = \frac{W}{St}.$$

З останнього рівняння, використавши закон Стефана – Больцмана, знаходимо кількість енергії W , що випромінюється з площі S за час t

$$W = R^*St = \sigma T^4 St = \sigma \frac{b^4}{\lambda_m^4} St = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{2,9^4 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-4}}{4,84^4 \cdot 10^{-28}} = 7,3 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Задача 2. Визначити сталу Планка h , якщо відомо, що фотоелектрони, вибиті з поверхні метала світлом з частотою $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$ Гц, повністю затримуються гальмівною напругою $U_1 = 6,6$ В, а вибиті світлом з частотою $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$ Гц – напругою $U_2 = 16,5$ В.

Розв'язання:

Струм у фотоелементі припиняється, коли фотоелектрони з максимальною кінетичною енергією не в змозі здолати гальмуюче їх електричне поле, що існує між катодом і анодом, тобто при умові

$$\frac{mv^2}{2} \leq eU_r$$

З урахуванням цього рівняння Ейнштейна для двох частот опромінювання можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= A + eU_1, \\ h\nu_2 &= A + eU_2. \end{aligned}$$

Віднявши від другого рівняння перше, одержимо

$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_2 - U_1),$$

звідки

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (16,5 - 6,6)}{(4,6 - 2,2) \cdot 10^{15}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2]. 18.15. При нагріванні абсолютно чорного тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності змінилась від 690 до 500 нм. В скільки разів збільшилась при цьому енергетична світність тіла?
Відповідь: В 3,6 рази.

[2]. 19.16. Знайти гальмівну напругу для фотоелектронів, що випромінюються при освітленні калію (робота виходу 2 еВ) світлом з довжиною хвилі 330 нм.

Відповідь: $U = 1,75$ В.



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
"Молекулярна фізика і термодинаміка".**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Основні рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Рівняння стану.
2. Перший закон термодинаміки. Ізопроеци.
3. Колові процеси та теплові машини. ККД теплової машини і циклу Карно.

Література

- [1]. Конспект лекцій, Савельєв И. В. Курс общей физики. т. 1. – М. : Наука, 1989. §§ 59-64, 73-76, 78-80; §§ 65-72, 81-86.
- [2]. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985.

Контрольні питання та вправи

1. Дайте визначення стану макроскопічної системи?
2. Дайте визначення ідеального газу.
3. Запишіть та проаналізуйте основне рівняння молекулярно – кінетичної теорії.
4. Вкажіть зв'язок середньої кінетичної енергії молекули газу та абсолютної температури?
5. Вкажіть зв'язок між тиском і температурою ідеального газу.
6. Запишіть вираз для барометричної формули та проаналізуйте його.
7. За яких умов виникають явища переносу?
8. Дайте визначення внутрішньої енергії. Як визначити внутрішню енергію ідеального газу?
9. Дайте визначення роботи та кількості теплоти.
10. Сформулюйте перший закон термодинаміки.
11. Дайте визначення процесів: ізотермічного, ізохорного, ізобарного.
12. Запишіть вираз першого закону термодинаміки для цих процесів?
13. Дайте визначення теплоємності тіла, молярної і питомої теплоємності.
14. Чому для розріджених газів завжди $c_p > c_v$?
15. Який процес має назву колового (циклу)?
16. Яка машина має назву теплової ? Як визначити ККД теплової машини?
17. Який цикл має назву циклу Карно? Як визначити ККД циклу Карно?

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1 ([2], 5.62). Енергія поступального руху молекул азоту, що знаходяться в балоні об'ємом $V = 20$ л дорівнює $\bar{\varepsilon} = 5$ кДж, а середня квадратична швидкість його молекул $\sqrt{\overline{v^2}} = 2 \cdot 10^3$ м/с. Знайти: а) масу m азоту в балоні; б) тиск p , під яким він знаходиться.

Розв'язання:

а) Середня кінетична енергія поступального руху всіх молекул азоту в об'ємі

$$\bar{\varepsilon} = \frac{m\overline{v^2}}{2},$$

звідки

$$m = \frac{2\bar{\varepsilon}}{\overline{v^2}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^6} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

б) Згідно з основним рівнянням молекулярно – кінетичної теорії тиск газу виражається через середню кінетичну енергію однієї молекули

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \overline{v^2}}{2},$$

де m_0 є маса однієї молекули газу, а добуток nm_0 є густина газу. Якщо помножити обидві частини рівняння на об'єм V , то одержимо

$$PV = \frac{2}{3} nm_0 V \frac{\overline{v^2}}{2}.$$

Добуток $nm_0 V = m$ і є маса всього об'єму газу, а добуток $\frac{m\overline{v^2}}{2}$ є кінетична енергія всіх молекул об'єму. Тому одержимо для тиску

$$P = \frac{2\bar{\varepsilon}}{3V} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^3}{3 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 167 \text{ кПа}.$$

Задача 2. Внаслідок ізотермічного розширення маси $m = 10$ г азоту з $t = 17^{\circ}\text{C}$ була виконана робота $A = 575$ Дж. В скільки разів зміниться тиск в результаті розширення?

Розв'язання:

Робота в ізотермічному процесі

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Співвідношення параметрів в ізотермічному процесі

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{або} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}.$$

Тому вираз для роботи приймає вигляд

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

Перетворимо останнє співвідношення

$$\frac{A}{\frac{m}{\mu} RT} = \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

В результаті одержимо

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{\frac{A}{\frac{m}{\mu} RT}} = e^{\frac{575 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{0,01 \cdot 8,3 \cdot 290}} = 2,72.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

[2], **5.93.** Знайти середню арифметичну \bar{v} , середню квадратичну $\sqrt{v^2}$ і найбільш імовірну v_i швидкості молекул газу, який за тиску $p = 40$ кПа має густину $\rho = 0,3$ кг/м³. Відповідь: $\bar{v} = 579$ м/с, $\sqrt{v^2} = 628$ м/с, $v_i = 513$ м/с.

[2], **5.164.** При ізобарному розширенні двохатомного газу була виконана робота $A = 156,8$ Дж. Яку кількість теплоти Q було надано газу?

Відповідь: $Q = 550$ Дж.

[2], **5.282.** Знайти ККД карбюраторного двигуна внутрішнього згорання, якщо показник політропи $n = 1,33$ і ступінь стиснення: а) $\frac{V_1}{V_2} = 4$;

б) $\frac{V_1}{V_2} = 6$; в) $\frac{V_1}{V_2} = 8$. Відповідь: а) $\eta = 36,7\%$; б) $\eta = 44,6\%$; в) $\eta = 49,6\%$.