

**Розв'язки задач фінального туру
Всеукраїнської олімпіади з фізики
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка**

Задача №1

Автомобіль витратив 10 л бензину на 100 км шляху, розвиваючи середню потужність 36 кВт. Визначте середню швидкість руху автомобіля, якщо ККД його двигуна 30%. Питома теплота згорання бензину 42 МДж/кг, його густина 750 кг/м³.

Розв'язок

Двигун виконав корисну роботу $A = P \cdot t = P \cdot \frac{S}{v}$, де P, S, v - середня потужність двигуна, шлях, пройдений автомобілем, та його середня швидкість, відповідно. Теплова енергія, що виділилась при згоранні палива: $Q = q\rho V$, де q, ρ, V позначають питому теплоту згорання палива, його густину та об'єм. За означенням коефіцієнт корисної дії: $\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$ Після підстановок та елементарних перетворень отримаємо:

$$v = \frac{PS \cdot 100\%}{q\rho V\eta} = \frac{36000 \cdot 10^5 \cdot 100}{42 \cdot 10^6 \cdot 750 \cdot 10^{-2} \cdot 30} = 38,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь: Середня швидкість автомобіля дорівнює 38,1 м/с.

Задача №2

Балон, який містить деяку масу кисню, розривається при температурі $t_1 = 600^\circ\text{C}$. Такий самий балон, що містить у два рази меншу масу кисню та у три рази меншу масу деякого невідомого одноатомного газу, розривається вже при температурі $t_2 = 528^\circ\text{C}$. Знайдіть молярну масу невідомого газу. Що це може бути за газ? Молярна маса кисню $M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$.

Розв'язок

- Нехай P, V – тиск, при якому розривається балон, та об'єм балона. Рівняння Менделєєва-Клапейрона у першому та другому випадках має вигляд відповідно:

$$PV = \frac{m}{M_O} RT_1 \quad (1)$$

$$PV = \left(\frac{m}{2M_O} + \frac{m}{3M_x} \right) RT_2 \quad (2)$$

де m, M_O, M_x – відповідно початкова маса кисню, молярна маса кисню, молярна маса невідомого газу.

Прирівнюємо (1) та (2):

$$\frac{m}{M_O} T_1 = \left(\frac{m}{2M_O} + \frac{m}{3M_x} \right) T_2 \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2} + \frac{M_O}{3M_x} \rightarrow$$

$$\frac{m}{M_O} T_1 = \left(\frac{m}{2M_O} + \frac{m}{3M_x} \right) T_2 \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2} + \frac{M_O}{3M_x} \rightarrow$$

$$M_x = \frac{M_O}{3} \left(\frac{T_1}{T_2} - \frac{1}{2} \right)^{-1}$$

Обчислення:

$$M_x = \frac{32}{3} \left(\frac{873}{801} - 0,5 \right)^{-1} \approx 18$$

Відповідь: Молярна маса невідомого газу дорівнює 18 г/моль. Таку молярну масу має водяна пара, що є трьохатомним газом. Із одноатомних газів найближчим за молярною масою є неон ($M_{Ne} \approx 20$ г/моль). Отже, або твердження про те, що невідомий газ є одноатомним, є хибним, або числові значення фізичних величин задані в умові із деякою похибкою. У першому випадку відповідь – водяна пара, у другому – неон. Зазначимо, що такі невизначеності часто виникають при обробці даних реального експерименту.

Задача №3

Кусок проводу завдовжки 2 м складають вдвоє і його кінці замикають. Потім провід розтягують у квадрат так, що площа квадрата перпендикулярна до горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі, що дорівнює 0,02 мТл. Який заряд пройде по контуру, якщо його опір 1 Ом?

Розв'язок

Нехай провід розтягують у квадрат рівномірно, тобто так, що площа, охоплена замкненим проводом, зростає на однакову величину за однакові проміжки часу. Тоді у контурі діє постійна Е.Р.С. індукції $\mathcal{E} = B \frac{S}{t}$. Тут B, S, t – індукція магнітного поля, площа квадрату, що утвориться при розтягуванні проводу, та час розтягування, відповідно. Заряд, що протече по контуру: $q = \frac{\mathcal{E}}{R} t$, де R – опір проводу. Враховуючи $S = \frac{L^2}{16}$ (L – довжина проводу) після підстановки отримаємо:

$$q = \frac{BL^2}{16R}$$

Відповідь: По контуру протече заряд 5 мкКл.

Задача №4

Коливальний контур складається з індуктивності $L=5$ мГн, та плоского конденсатора C . Про конденсатор відомо, що простір між обкладинками заповнено трьома діелектричними пластинками рівної товщини $d=2$ мм з скла ($\epsilon=7$), слюди ($\epsilon=6$) та парафіну ($\epsilon=2$). Площі обкладинок та пластинок однакові і дорівнюють $S=200$ см². Знайти частоту, на яку налаштований даний контур.

Розв'язок

Конденсатор можна розглядати як три окремі конденсатори, що сполучені послідовно:

$$\frac{1}{C_{\text{зар}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d} \quad C_3 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_3 S}{d}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\text{зар}}}} = 215 \text{ кГц}$$

Відповідь: Контур налаштовано на частоту 215 кГц.

Задача №5

Точкове джерело світла рухається зі сталою швидкістю $V = 1$ см/с в площині, яка перпендикулярна до головної оптичної осі тонкої лінзи з оптичною силою $D = +5$ дптр. Відстань від лінзи до точки перетину осі з площиною $d = 30$ см. З якою швидкістю рухається зображення джерела?

Розв'язок

Нехай точкове джерело світла починає рівномірно рухатися з точки перетину головної оптичної осі перпендикулярною площиною. Тоді за час τ джерело пройде здовж площини прямолінійний відрізок довжиною h . Зображення цього відрізка буде також в перпендикулярній площині, яка розташована на відстані f від лінзи. З рівняння лінзи:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D \rightarrow f = \frac{d}{Dd - 1}$$

Нехай H – довжина відрізка від точки зображення джерела до головної оптичної осі. З подібності трикутників:

$$\frac{h}{d} = \frac{H}{f} \rightarrow H = \frac{fh}{d} = \frac{h}{Dd - 1}$$

Поділивши відрізки h та H на проміжок часу τ , отримаємо відповідні швидкості:

$$\frac{H}{\tau} = \frac{h}{\tau} \frac{1}{Dd - 1} \rightarrow V = v \frac{1}{Dd - 1}$$

Обчислення:

$$V = 10^{-2} \frac{1}{5 \cdot 0.3 - 1} = 0,02 \text{ (м/с)}$$

Відповідь: Зображення рухається із швидкістю 0,02 м/с.