

**Офіційні розв'язки завдань конкурсу "Школа Фізтеху 2023"**  
**Варіант №3, рекомендований для учнів 9-11 класів і старших**

*Завдання з фізики*

1. Михайло мріє стати професійним велогонщиком. Для цього він часто їздить на велосипеді своїм улюбленим маршрутом Тернопіль–Львів, довжина якого дорівнює 130 км. Вранці в суботу Михайло виїхав з Тернополя зі швидкістю 24 км/год і їхав 3 год, потім 1 год полежав у тіні, а потім відстань, що залишилася, проїхав за 2 год. Знайдіть середню швидкість руху Михайла.



**Розв'язок**

Середня швидкість – це відношення пройденого шляху до часу, витраченого на цей шлях. Знайдемо час, витрачений велосипедистом:

$$t_1 + t_2 + t_3 = 3 + 1 + 2 = 6 \text{ (ч)}.$$

Тоді середня швидкість руху становитиме:

$$V_{\text{cp}} = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{130}{6} \approx 21,7 \left(\frac{\text{км}}{\text{ч}}\right).$$

**Відповідь:** 21,7 км/год.

2. Медики використовують ізотоп ітрію-90 для лікування деяких захворювань. Період напіврозпаду ізотопу становить 64 год. У скільки разів зменшиться кількість атомів ітрію-90 в деякому об'ємі через 8 діб?

**Розв'язок**

Порахуємо, скільки у 8-й добі годин:

$$T = 24 \cdot 8 = 192 \text{ (год.)}.$$

Згідно із законом радіоактивного розпаду, число ядер атомів визначається зі співвідношення:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{T}{t}}}$$

Тоді:

$$\frac{N_0}{N} = 2^{\frac{T}{t}} = 2^{\frac{192}{64}} = 2^3 = 8.$$

**Відповідь:** у 8 разів.

3. Колібри масою 5 г стоїть на столі. Площа кожної лапки птаці становить 0,25 см<sup>2</sup>. Який тиск колібри чинить на стіл?

**Розв'язок**

Тиск, який чинить птах на стіл, визначається силою тиску та площею, на яку він діє. Сила тиску – це вага птаха. Вона розподіляється на дві лапки колібри.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{2S_1} = \frac{0,005 \cdot 10}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}} = 1000 \text{ (Па)}.$$

**Відповідь:** 1кПа.

4. Торін Дубоцит наказав підгірним ювелірам виготовити золотий спис масою 15 кг. Для цього гномам потрібно розплавити 15 кг золота, яке знаходиться при температурі 14°C. У ювелірів є 3 магичні кулі, кожна з яких дає 1 МДж теплової енергії. Чи вистачить їх для розплавлення золота? Питома теплоємність золота – 130 Дж/(кг·°C), питома теплота плавлення золота – 67 кДж/кг, температура плавлення золота – 1 064°C.

### Розв'язок

Щоб розплавити золото, його спочатку слід нагріти до температури плавлення, а потім розплавити. Загальна кількість теплоти  $Q$ , необхідна для цього процесу, дорівнює сумі кількості теплоти  $Q_1$ , витраченої на нагрівання до температури плавлення, і кількості теплоти  $Q_2$ , витраченої на плавлення:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

$$Q_1 = cm\Delta t,$$

де  $c$  – питома теплоємність золота,  $m$  – його маса,  $\Delta t$  – температура плавлення золота мінус його початкова температура.

$$Q_2 = \lambda m,$$

де  $\lambda$  – питома теплота плавлення золота.

Тоді

$$Q = cm\Delta t + \lambda m.$$

Перевіримо одиниці виміру і знайдемо  $Q$ :

$$[Q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж}$$

$$Q = 130 \cdot 15 \cdot 1050 + 67000 \cdot 15 = 3,0525 \text{ (МДж)}.$$

У ювелірів є 3 магичні кулі по 1 МДж теплової енергії кожна. Отже, куль не вистачить для виконання замовлення.

**Відповідь:** не вистачить.

5. На антарктичній станції "Академік Вернадський" вчений розглядає зразок за допомогою лупи з оптичною силою +5 дптр, розташувавши його на відстані 10 см від лупи.

Визначте:

- фокусну відстань лінзи;
- на якій відстані від лупи знаходиться зображення зразка;
- дійсним або уявним є це зображення;
- яке збільшення дає лупа.

### Розв'язок

а) Фокусну відстань знайдемо, користуючись визначенням оптичної сили лінзи:

$$D = \frac{1}{F}; F = \frac{1}{D}.$$

$$F = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ (м)}.$$

б) Оскільки лупу можна вважати тонкою лінзою, скористаємося формулою тонкої лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d};$$

$$f = \frac{Fd}{d - F};$$

$$f = \frac{0,2 \cdot 0,1}{0,1 - 0,2} = -0,2 \text{ (м)}.$$

Знак мінус перед значенням  $f$  вказує, що зображення уявне.

в) Зображення уявне.

г) Знаючи  $f$ , знайдемо збільшення:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|};$$

$$\Gamma = \frac{0,2}{0,1} = 2.$$

**Відповідь:** а)  $F = 20$  см; б)  $f = -20$  см; в) зображення уявне; г)  $\Gamma = 2$ .

6. На взуттєвому заводі знаходиться 5 кг хлору  $Cl_2$ . При ізобарному розширенні температура газу збільшилася на  $15^\circ\text{C}$ .

а) Яку роботу виконав газ?

б) Збільшиться чи зменшиться його внутрішня енергія? На скільки?

Молярна маса атома хлору дорівнює  $35,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ , універсальна газова стала –  $8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}}$ , питома теплоємність хлору при сталому тиску –  $500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

### Розв'язок

а) Ізобарний процес – це процес, який відбувається за постійного тиску. Робота газу під час ізобарного процесу дорівнює

$$A = P\Delta V = PV_2 - PV_1.$$

Згідно з рівнянням Менделєєва-Клапейрона,

$$PV = \frac{m}{M}RT.$$

Тому,

$$A = \frac{m}{M}RT_2 - \frac{m}{M}RT_1 = \frac{m}{M}R(T_2 - T_1) = \frac{m}{M}R\Delta T.$$

Кожна молекула  $Cl_2$  складається з двох атомів хлору. Тому молярна маса газу  $Cl_2$  дорівнює  $2 \cdot 35,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ .

$$A = \frac{5 \text{ кг}}{71 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 15^\circ\text{C} \approx 8,8 \text{ кДж}.$$

б) З першого початку термодинаміки виразимо зміну внутрішньої енергії:

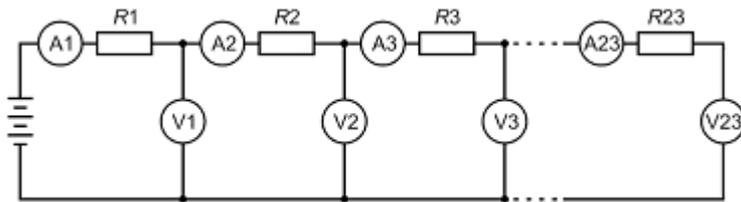
$$Q = \Delta U + A;$$

$$\Delta U = Q - A = cm\Delta T - A;$$

$$\Delta U \approx 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 5\text{кг} \cdot 15\text{К} - 8\,800 \text{ Дж} = 28\,700 \text{ Дж}.$$

**Відповідь:** а)  $A \approx 8,8$  кДж, б)  $\Delta U \approx 28,7$  кДж.

7. Коло, схему якого наведено на малюнку, складено з 23 різних амперметрів, 23 різних резисторів і 23 однакових вольтметрів. Всі амперметри та вольтметри дають вірні покази, але невідомо, чи є ці прилади ідеальними. Перший амперметр показує 8 мА, другий – 7,5 мА, третій – 7,2 мА. Другий вольтметр показує 12 В. Визначте суму показів усіх 23 вольтметрів.



### Розв'язок

Вольтметри не можуть бути ідеальними, тобто мати нескінченний опір. У такому разі ланцюг був би розімкнутий, а показання амперметрів дорівнювали б нулю.

Розглянемо вузол ланцюга, в якому "сходяться" резистор  $R_2$ , амперметр  $A_3$  і вольтметр  $V_2$ . Згідно із законом збереження заряду,

$$I_{R2} = I_{A3} + I_{V2}.$$

Тоді,

$$I_{V2} = 7,5 \text{ мА} - 7,2 \text{ мА} = 0,3 \text{ мА}.$$

Знайдемо опір вольтметра із закону Ома:

$$R_{V2} = \frac{U_{V2}}{I_{V2}} = \frac{12 \text{ В}}{3 \cdot 10^{-4} \text{ А}} = 40\,000 \text{ Ом}.$$

Усі вольтметри однакові, за умовою задачі. Отже,

$$R_{V1} = R_{V2} = \dots = R_{V23}.$$

Оскільки опори вольтметрів рівні, позначимо опір кожного як  $R_v$ .

Сума показань усіх 23 вольтметрів дорівнює

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_{23}.$$

Розпишемо кожен з напруг через закон Ома і винесемо опір вольтметра за дужки:

$$U_{\text{общ}} = R_v (I_{V1} + I_{V2} + \dots + I_{V23}).$$

Сума струмів через вольтметри дорівнює силі струму, що проходить через перший амперметр. Тому

$$U_{\text{общ}} = R_v \cdot I_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 40\,000 \text{ Ом} = 320 \text{ В}.$$

Як бачимо, відповідь ніяк не залежить від невідомих параметрів ланцюга.

**Відповідь:** 320 В.