

**Завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
(2021-2022 навчальний рік)  
8 клас**

Завдання 1 (8 клас)

У воді плаває пуста плоска прямокутна коробка (без кришки) з площею поперечного перерізу  $S = 100 \text{ см}^2$ . Після того, як у середину коробки поклали брусок об'ємом  $V = 75 \text{ см}^3$ , вона занурилася ще на 3 см. Визначте густину бруска. Яку густину повинен мати брусок об'ємом  $V_1 = 150 \text{ см}^3$ , щоб коробка з одним таким бруском потонула? Маса коробки  $m = 100 \text{ г}$ , її висота  $h = 13 \text{ см}$ . Густина води  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Розв'язок

Під час плавання коробки (пустої або з бруском) діють дві сили – сила тяжіння та сила Архімеда. Запишемо умову плавання пустої коробки:

$$mg = \rho g S x.$$

Звідси,

$$x = \frac{m}{\rho S}. \quad [1]$$

Запишемо умову плавання коробки з бруском:

$$(m + m_6)g = \rho g S (x + \Delta x), \quad [2]$$

де  $m_6$  – маса бруска.

$$m_6 = \rho_6 V. \quad [3]$$

Підставимо вирази [1] та [3] у вираз [2]:

$$(m + \rho_6 V)g = \rho g S \left( \frac{m}{\rho S} + \Delta x \right).$$

Звідси,

$$\begin{aligned} \rho_6 &= \frac{\rho S \Delta x}{V}; \\ \rho_6 &= \frac{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 100 \text{ см}^2 \cdot 3 \text{ см}}{75 \text{ см}^3} = 4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}. \end{aligned}$$

Щоб коробка затонула, вона повинна зануритися на глибину, що перевищує  $h = 13 \text{ см}$ .

У даній ситуації умова плавання має вигляд:

$$(m + M_1)g = \rho g S h, \quad [4]$$

де  $M_1$  – маса бруска об'ємом  $V_1 = 150 \text{ см}^3$ .

$$M_1 = \rho_1 V_1 \quad [5]$$

Підставимо вирази [5] у вираз [4]:

$$\begin{aligned} (m + \rho_1 V_1)g &= \rho g S h; \\ \rho_1 &= \frac{\rho S h - m}{V_1}; \\ \rho_1 &= \frac{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 100 \text{ см}^2 \cdot 13 \text{ см} - 100 \text{ г}}{150 \text{ см}^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}. \end{aligned}$$

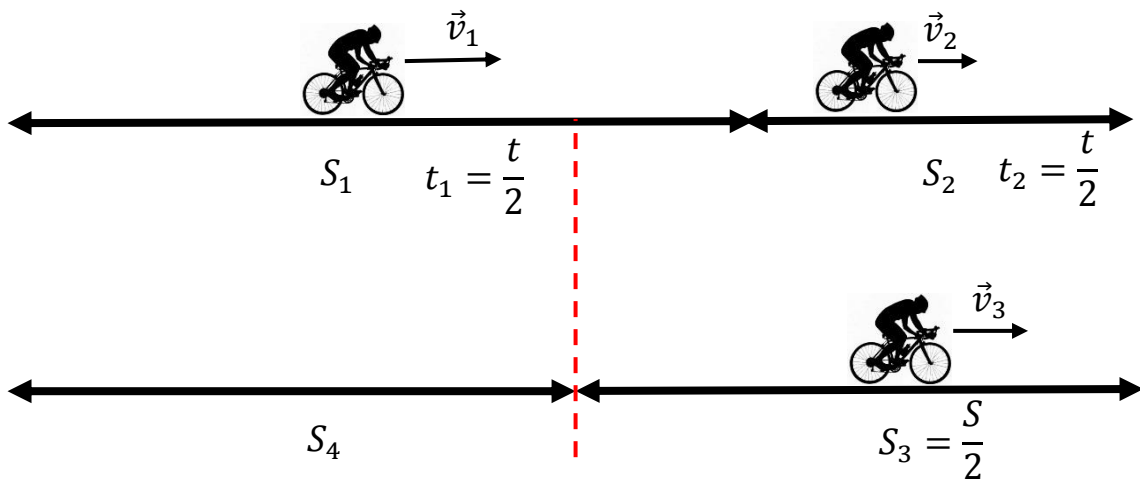
Отже, коробка з бруском затоне, якщо брусок буде мати густину, яка перевищує  $8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

## Завдання 2 (8 клас)

Велосипедист першу половину часу між двома пунктами проїхав зі швидкістю 30 км/год, а другу – зі швидкістю 15 км/год. З якою середньою швидкістю велосипедист проїхав другу половину шляху?

### Розв'язок

Зобразимо схематично умови руху велосипедиста.



Рух велосипедиста складається з двох етапів. Його шлях:

$$S = S_1 + S_2 = v_1 \cdot \frac{t}{2} + v_2 \cdot \frac{t}{2} = \frac{t}{2} (v_1 + v_2), \quad [1]$$

де  $S_1$  та  $S_2$  – шлях на відповідному етапі руху;  $v_1, v_2$  – швидкість на відповідному етапі руху.

Шляхи на цих етапах співвідносяться як  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_1}{v_2} = 2$ .

Отже,  $S_1 = 2S_2$ , а весь шлях  $S = S_1 + S_2 = 2S_2 + S_2 = 3S_2$ .

Друга половина шляху складається з повного шляху на другому етапі та частини шляху на першому етапі:

$$S_3 = \frac{S}{2} = \frac{3S_2}{2} = S_2 + \frac{S_2}{2},$$

де  $\frac{S_2}{2}$  – частина шляху на першому етапі.

Позначимо час руху на частині першого етапу  $t_x$ :

$$t_x = \frac{S_2}{2v_1} = \frac{v_2 \cdot \frac{t}{2}}{2v_1} = \frac{v_2 t}{4v_1}$$

Загальний час руху на другій половині шляху:

$$t_3 = \frac{t}{2} + t_x = \frac{t}{2} + \frac{v_2 t}{4v_1} = \frac{(2v_1 + v_2)t}{4v_1}. \quad [2]$$

Середня швидкість на другій половині шляху:

$$v_3 = \frac{S_3}{t_3} = \frac{S}{2t_3}. \quad [3]$$

Підставимо вирази [1] та [2] у вираз [3]:

$$v_3 = \frac{4v_1t(v_1+v_2)}{4(2v_1+v_2)t} = \frac{v_1(v_1+v_2)}{2v_1+v_2};$$

$$v_3 = \frac{30 \frac{\text{км}}{\text{год}} (30 \frac{\text{км}}{\text{год}} + 15 \frac{\text{км}}{\text{год}})}{2 \cdot 30 \frac{\text{км}}{\text{год}} + 15 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 26 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

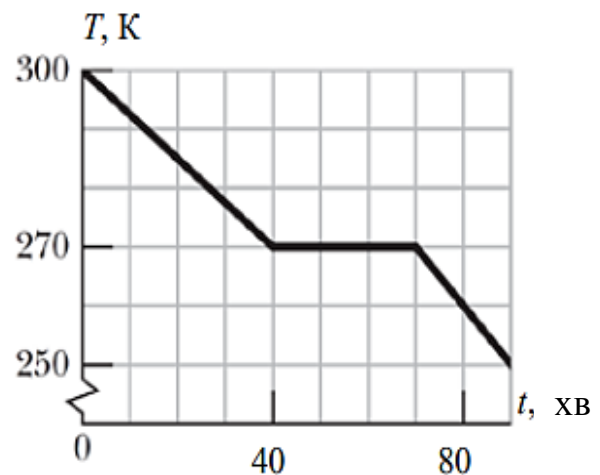
### Завдання 3 (8 клас)

Зразок речовини в рідкому стані розмістили в охолоджуючому пристрої, який відводить теплоту від зразка. На графіку наведено залежність температури  $T$  зразка (температура виражена в Кельвінах) від часу  $t$ .

Питома теплоємність речовини зразка в рідкому стані дорівнює  $3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

А) Визначте питому теплоту плавлення речовини зразка. Відповідь виразіть в  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  та округліть до десятих.

Б) Визначте питому теплоємність речовини зразка в твердому стані. Відповідь виразіть в  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  та округліть до цілих.



### Розв'язок

На графіку залежності температури  $T$  зразка від часу  $t$  видно, що речовина у рідкому стані охолоджується  $\tau_1 = 40$  хв від 300 К до 270 К (різниця температур дорівнює  $\Delta t_1 = 30 \text{ К} = 30^\circ\text{C}$ ), тверднення відбувається впродовж  $\tau_2 = 30$  хв, охолодження речовини у твердому стані триває  $\tau_3 = 20$  хв від 270 К до 250 К (різниця температур дорівнює  $\Delta t_3 = 20 \text{ К} = 20^\circ\text{C}$ ).

Визначимо кількість теплоти, яка відводиться від зразка, за 10 хвилин, використовуючи дані для охолодження речовини в рідкому стані:

$$Q_1 = \frac{cm\Delta t_1}{\tau_1}, \quad [1]$$

де  $c = 3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  – питома теплоємність речовини зразка у рідкому стані;  $m$  – маса зразка.

А) Кількість теплоти  $Q_2$ , яка відводиться від зразка під час тверднення:

$$Q_2 = Q_1 \tau_2 = \lambda m, \quad [2]$$

де  $\lambda$  – питома теплота плавлення речовини.

Підставимо вираз [1] у вираз [2]:

$$\frac{cm\Delta t_1 \tau_2}{\tau_1} = \lambda m.$$

$$\text{Звідси, } \lambda = \frac{c\Delta t_1\tau_2}{\tau_1} = \frac{3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 30^\circ\text{C} \cdot 30 \text{ хв}}{40 \text{ хв}} = 67500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 67,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Б) Кількість теплоти  $Q_3$ , яка відводиться від зразка під час охолодження у твердому стані:

$$Q_3 = Q_1\tau_3 = c_T m \Delta t_3, \quad [3]$$

де  $c_T$  – питома теплоємність речовини зразка в твердому стані.

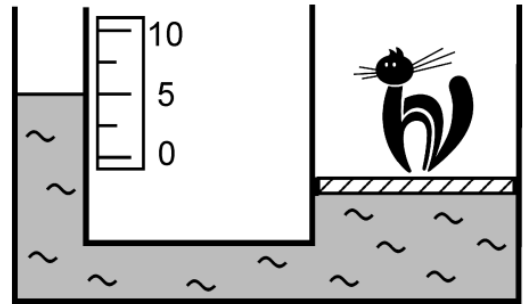
Підставимо вираз [1] у вираз [3]:

$$\frac{cm\Delta t_1\tau_3}{\tau_1} = c_T m \Delta t_3.$$

$$\text{Звідси, } c_T = \frac{c\Delta t_1\tau_3}{\tau_1 \cdot \Delta t_3} = \frac{3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 30^\circ\text{C} \cdot 20 \text{ хв}}{40 \text{ хв} \cdot 20^\circ\text{C}} = 2250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}.$$

#### Завдання 4 (8 клас)

Для зважування тіла вирішили використати гідравлічний прес. На ліву вузьку трубку преса нанесли сантиметрові риски висоти, а вантаж розмістили на великому поршні справа. По зміщенню рівня води у вузькій трубці вимірювалася маса вантажу. Виявилося, що його маса 5 см. Знайдіть його масу в кілограмах. Площа поршнів преса  $0,1 \text{ м}^2$  і  $100 \text{ см}^2$  відповідно, густина води  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .



#### Розв'язок

Позначимо масу вантажу  $m$ , різницю рівнів води  $h$ ,  $S_1 = 0,1 \text{ м}^2$ ,  $S_2 = 100 \text{ см}^2 = 0,01 \text{ м}^2$ .

Вода, перетікаючи з трубки в трубку, не змінює свій об'єм. Рівень води у вузькій трубці піднявся на 5 см. У широкій трубці рівень опустився на  $\frac{5S_2}{S_1} = 0,5 \text{ см}$ . Отже,  $h = 5,5 \text{ см} = 0,055 \text{ м}$ .

Запишемо умову рівноваги системи: гідростатичний тиск рідини на рівні поршня дорівнює тиску, який створює вантаж на поршень. Виразимо масу вантажу:  $\frac{mg}{S_1} = \rho gh$ . Звідси  $m = \rho h S_1$ .

$$m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,055 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}^2 = 5,5 \text{ кг}.$$