

**ОБЛАСНА ОЛІМПІАДА З ФІЗИКИ – 2023**  
**8 КЛАС (ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР)**

1. **Маршрутка.** Якщо Оленка їде в школу на автобусі, а повертається додому пішки тим самим маршрутом, то всього на дорогу між автобусними зупинками вона витрачає одну годину і п'ять хвилин. Якщо вона їде на автобусі в школу і назад, то на подолання шляху між зупинками вона витрачає 40 хвилин. Відстань від дому до автобусної зупинки Оленка проходить за 9 хвилин і відстань від зупинки до школи також проходить за 9 хвилин. Скільки часу витрачає Оленка на дорогу, якщо в школу і зі школи вона йде пішки?

**Розв'язок**

Нехай  $t_a$  – час, який витрачено на поїздку на автобусі,  $t_{\Pi}$  – час, затрачений на прогулянку пішки між автобусними зупинками і  $t_d$  – час, за який Оленка проходить відстань від дому до автобусної зупинки і від зупинки автобуса до школи.

Дано:

$$t_1 = 65 \text{ хв};$$

$$t_2 = 40 \text{ хв};$$

$$t_d = 9 \text{ хв}.$$

$$t_3 = ?$$

І у випадку, коли Оленка шлях між автобусними зупинками в обидва кінці проходить пішки, то повний час, затрачений на дорогу буде становити

$$t_3 = 2 t_{\Pi} + 4 t_d$$

У випадку, коли Оленка їде до школи на автобусі, а додому повертається пішки, то час пішки буде становити

$$t_{\Pi} = t_1 - t_a .$$

$$t_a = \frac{t_2}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ хв}$$

Тоді

$$t_{\Pi} = t_1 - t_a = 65 \text{ хв} - 20 \text{ хв} = 45 \text{ хв}.$$

І у випадку, коли Оленка шлях між автобусними зупинками в обидва кінці проходить пішки, то повний час, затрачений на дорогу буде становити

$$t_3 = 2 t_{\Pi} + 4 t_d = 2 \cdot 45 \text{ хв} + 4 \cdot 9 \text{ хв} = 126 \text{ хв}.$$

**Відповідь:** Оленка затратить 126 хвилин на дорогу, якщо в школу і зі школи вона буде йти пішки.

2. **Місце злочину.** На місці злочину криміналіст зафіксував наскрізний отвір в металевих дверях та знайшов одразу за ними повністю розплавлену кулю. Після аналізу кулі криміналіст встановив, що це була свинцева куля масою 9 г. Допоможіть криміналісту визначити швидкість кулі в момент пострілу, вважаючи, що 20 % кінетичної енергії кулі витрачено на пробиття дверей. Температура плавлення свинцю становить приблизно 327 °С, температура кулі до пострілу становила 27 °С. (Питома теплоємність свинцю – 130 Дж/кг·°С, питома теплота плавлення свинцю – 25 кДж/кг).

### Розв'язок

Дано:

$$m = 9 \text{ г} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$c_{\text{Pb}} = 130 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°С};$$

$$t_1 = 27 \text{ °С};$$

$$\lambda_{\text{Pb}} = 25 \text{ кДж/кг} = 25 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг};$$

$$t_2 = 327 \text{ °С};$$

$$v - ?$$

Оскільки куля розплавилася після пробиття дверей, це означає, що вся кінетична енергія кулі, вистріленої з пістолета була витрачена на пробиття дверей та нагрівання і розплавлення кулі.

$$E_k = Q = Q_d + Q_k;$$

При цьому слід врахувати, що на пробиття дверей пішло 20% цієї енергії ( $Q_d = 0,2E_k$ ), а, отже, 80% енергії, що залишилося, пішло на нагрівання та розплавлення кулі. Тому запишемо

$$E_k = 0,2E_k + Q_k;$$

$$0,8E_k = Q_k;$$

Щоб визначити швидкість кулі в момент пострілу, необхідно визначити кількість енергії, яка пішла на нагрівання і розплавлення кулі:

$$Q_k = Q_n + Q_p = mc\Delta t + \lambda m;$$

$$\begin{aligned} Q_k &= 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{°С} \cdot (327 - 27) \text{°С} + 25 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = \\ &= 351 \text{ Дж} + 225 \text{ Дж} = 576 \text{ Дж} \end{aligned}$$

Тепер можемо визначити кінетичну енергію кулі. Оскільки

$$0,8E_k = 576 \text{ Дж},$$

тоді кінетичну енергію кулі становить

$$E_k = \frac{576 \text{ Дж}}{0,8} = 720 \text{ Дж}.$$

Тепер можемо визначити швидкість кулі під час пострілу:

$$E_k = \frac{mv^2}{2};$$

Звідси

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 720 \text{ Дж}}{9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}} = 400 \text{ м/с}.$$

**Відповідь:** Швидкість кулі в момент пострілу становила 400 м/с.

3. **Кулька на пружині.** Кулька масою  $m = 12$  г та об'ємом  $V = 30$  см<sup>3</sup> висить у повітрі на пружині. Коли цю кульку на тій самій пружині повністю занурюють у рідину, то значення величини деформації пружини не змінюється. Знайдіть густину рідини.

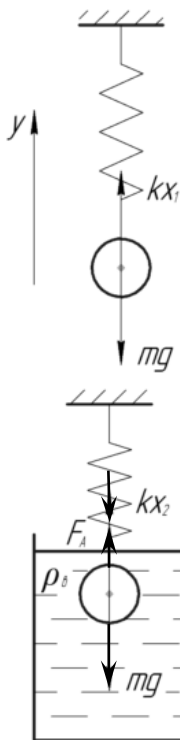
**Розв'язок**

Дано:

$$m = 12 \text{ г} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$V = 30 \text{ см}^3 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

$\rho_{\text{рідини}} - ?$



Розглянемо випадок, коли кулька висить на пружині в повітрі, тоді на неї діє сила тяжіння (вниз) та сила пружності (вгору), які зрівноважують одна одну, тому можемо записати

$$\vec{F}_T + \vec{F}_H = 0,$$

У проекції на вісь  $Oy$  отримаємо рівняння

$$mg = kx_1. \quad (1)$$

Якщо кульку на пружині повністю помістити у воду, то на неї вгору буде діяти сила Архімеда, яка буде виштовхувати кульку з рідини. Оскільки сила Архімеда виштовхує кульку на поверхню, то пружина стиснеться (сила пружності буде напрямлена вниз). Тоді рівнодійну всіх сил, що діють на кульку можна записати як

$$\vec{F}_T + \vec{F}_H + \vec{F}_A = 0,$$

або у проекції на вісь  $Oy$  отримаємо

$$mg + kx_2 = V_{\text{кульки}} \rho_{\text{рідини}} g. \quad (2)$$

Оскільки за умовою задачі деформація пружини не змінилася при переміщенні кульки з повітря у воду, тобто  $x_1 = x_2$ , тому можемо підставити рівняння (1) у рівняння (2)

$$2mg = V_{\text{кульки}} \rho_{\text{рідини}} g$$

Або

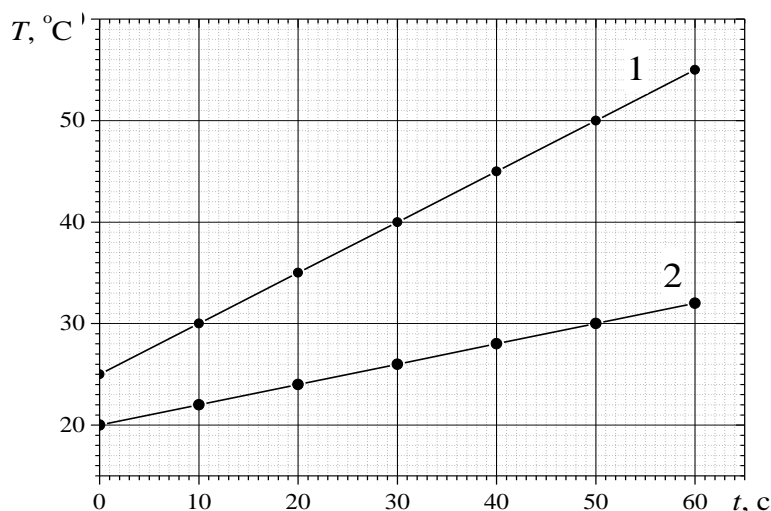
$$2m = V_{\text{кульки}} \rho_{\text{рідини}}$$

Звідси

$$\rho_{\text{рідини}} = \frac{2m}{V_{\text{кульки}}} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-5}} = 800 \text{ кг/м}^3$$

**Відповідь: густина рідини 800 кг/м<sup>3</sup>.**

4. **Нагрівання рідини.** Виконуючи лабораторну роботу Петро налив 200 г рідкого парафіну у калориметр та увімкнув нагрівник на повну потужність. За результатами експерименту він побудував графік залежності температури рідини від часу роботи нагрівника (графік 1 на рисунку). На наступний день Петро долив у калориметр певну кількість парафіну і повторив вимірювання, увімкнувши нагрівник на половину потужності (графік 2). Скільки грамів рідкого парафіну було додано у другому експерименті?



### Розв'язок

Дано:

$$m_1 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$$

$$m_2 = ?$$

Запишемо рівняння теплового балансу для першого графіка

$$P\Delta t_1 = Q$$

Або

$$P\Delta t_1 = m_1 c \Delta T_1. \quad (1)$$

Тоді рівняння теплового балансу для другого графіка матиме вигляд

$$\frac{1}{2} P\Delta t_2 = m c \Delta T_2,$$

де  $m = m_1 + m_2$ , тоді

$$\frac{1}{2} P\Delta t_2 = (m_1 + m_2) c \Delta T_2 \quad (2)$$

З графіка 1:

$$\Delta t_1 = 60 - 0 = 60 \text{ с},$$

$$\Delta T_1 = 55 - 25 = 30 \text{ °C}.$$

З графіка 2:

$$\Delta t_2 = 60 - 0 = 60 \text{ с},$$

$$\Delta T_2 = 32 - 20 = 12 \text{ °C}.$$

З рівняння (1) визначасмо  $P$  і підставимо в рівняння (2):

$$P = \frac{m_1 c \Delta T_1}{\Delta t_1}$$

$$\frac{m_1 c \Delta T_1}{\Delta t_1} \Delta t_2 = 2(m_1 + m_2) c \Delta T_2$$

Оскільки  $\Delta t_1 = \Delta t_2$ , то наше рівняння набуде вигляду

$$m_1 \Delta T_1 = 2(m_1 + m_2) \Delta T_2,$$

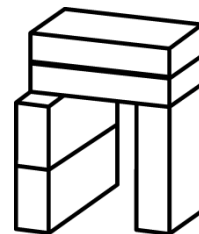
$$m_1 (\Delta T_1 - 2\Delta T_2) = 2m_2 \Delta T_2$$

Тепер визначимо масу парафіну додану другого дня в калориметр

$$m_2 = \frac{m_1 (\Delta T_1 - 2\Delta T_2)}{2\Delta T_2} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot (30 - 2 \cdot 12)^\circ\text{C}}{2 \cdot 12^\circ\text{C}} = 0,05 \text{ кг} = 50 \text{ г}$$

**Відповідь:** у другому експерименті у калориметр було додано **0,05 кг (50 -г)** парафіну.

5. **Доміно.** На столі складено конструкцію із п'яти плиток доміно, як зображено на рисунку. Плитка доміно є паралелепіпедом зі сторонами 1 см, 2 см і 4 см. Визначте відношення тисків  $p_1$  і  $p_2$ , з якими тиснуть нижнє лівє та нижнє правє доміно на поверхню стола.



### Розв'язок

Дано:

$$a = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м};$$

$$b = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м};$$

$$c = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м};$$

$$\frac{p_1}{p_2} - ?$$

Нехай  $p_1$  – тиск, з яким нижнє лівє доміно тисне на поверхні стола, тоді  $p_2$  – це тиск, з яким нижнє правє доміно тисне на поверхню стола. Тоді можемо записати, що

$$p_1 = \frac{F_L}{S_L}$$

і

$$p_2 = \frac{F_P}{S_P}$$

Розглянемо силу  $F_L$ , з якою лівє частина конструкції з доміно тисне на стіл. Нехай  $F$  це сила тяжіння, яка діє на одну плитку доміно, тоді  $F_L$  буде складатися з половини сили тяжіння, яка діє на дві верхні плитки доміно і сили тяжіння, яка діє на дві нижні плитки доміно.

$$F_L = \frac{2}{2}F + 2F = 3F.$$

Тоді для правої частини конструкції сила  $F_P$ , з якою права частина конструкції з доміно тисне на стіл буде складатися також з половини сили тяжіння, яка діє на дві верхні плитки доміно і сили тяжіння, яка діє на нижню плитку доміно.

$$F_P = \frac{2}{2}F + F = 2F.$$

Площа основи лівєї плитки доміно

$$S_L = a \cdot c,$$

а площа основи правої плитки доміно

$$S_P = a \cdot b.$$

Тепер знайдемо відношення тисків

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{F_L}{S_L}}{\frac{F_P}{S_P}} = \frac{F_L \cdot S_P}{F_P \cdot S_L} = \frac{3F \cdot a \cdot b}{2F \cdot a \cdot c} = \frac{3b}{2c} = \frac{3 \cdot 0,02 \text{ м}}{2 \cdot 0,04 \text{ м}} = \frac{0,06}{0,08} = \frac{6}{8} = 0,75.$$

**Відповідь:** відношення тисків  $\frac{p_1}{p_2} = 0,75$ .