

ОБЛАСНА ОЛІМПІАДА З ФІЗИКИ – 2019
8 КЛАС (ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР)

1. **Молоток і цвях.** Молоток масою 0,9 кг зі швидкістю 9 м/с б'є по цвяхові (Рис.1) і після удару зупиняється. Визначіть на скільки нагріється залізний цвях масою 18 г після восьми послідовних швидких ударів по цьому цвяхові. Вважати, що втрат енергії немає.



Рис.1

Розв'язок.

Дано:

$$m_M = 0,9 \text{ кг}$$

$$V_M = 9 \text{ м/с}$$

$$m_{\text{ц}} = 18 \text{ г} = 0,018 \text{ кг}$$

$$c_{\text{заліза}} = 450 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$N=8;$$

$$\Delta T - ?$$

Оскільки втрат енергії немає, то вся кінетична енергія молотка переходить на нагрівання цвяха, тому можна записати, що

$$E_k = Q;$$

при цьому слід врахувати, що молоток вдарив по цвяхові 8 разів, тому $8E_k = Q$, тоді отримуємо

$$8 \left(\frac{m_M V^2}{2} \right) = m_{\text{ц}} c_{\text{заліза}} \Delta T$$

Звідси

$$\Delta T = \frac{8 \left(\frac{m_M V^2}{2} \right)}{m_{\text{ц}} c_{\text{заліза}}} = \frac{4 \cdot 0,9 \cdot (9)^2}{0,018 \cdot 450} = 36^{\circ}\text{C}$$

Відповідь: цвях нагріється на 36°C .

2. **Мандарини.** За рік з Каїру (географічна широта $\approx 30^\circ$, прискорення вільного падіння $9,79 \text{ Н/кг}$) до Львова (географічна широта $\approx 50^\circ$) доставлено 100 тонн мандарин. У якому місті і на скільки мандарини важать менше, якщо зміна ваги при перевезенні мандарин внаслідок зміни географічних широт становить $0,2 \%$? Чи однакова маса вантажу в обох містах?

Розв'язок.

Дано:

$$m_m = 100 \text{ т} = 100 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$g_K = 9,79 \text{ Н/кг}$$

$$\Delta P - ?$$

Як відомо, Земля сплюснута біля полюсів і має форму геоїда, що впливає на величину прискорення вільного падіння, яке збільшується при русі від екватора до полюсів. Внаслідок цього вага мандарин у Львові буде більшою, ніж у Каїрі, а маса мандарин у обох містах буде однаковою.

Вага мандарин у Каїрі становитиме

$$P_K = mg_K$$

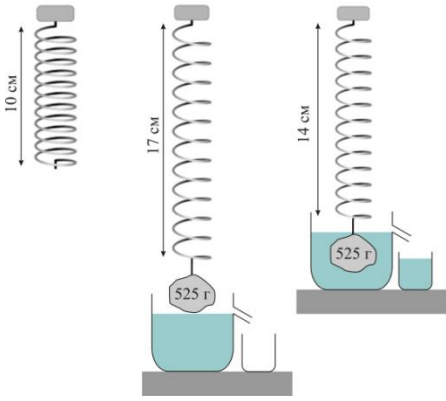
А вага мандарин у Львові

$$P_L = mg_L = P_K + \frac{0,2}{100} P_K$$

Тепер можемо визначити зміну ваги

$$\Delta P = P_L - P_K = P_K + \frac{0,2}{100} P_K - P_K = \frac{0,2}{100} P_K = \frac{0,2}{100} \cdot mg_K = \frac{0,2}{100} \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 9,79 = 1958 \text{ Н}$$

Відповідь: мандарини мають однакову масу в обох містах. Мандарини важать менше у Каїрі на 1958 Н .



3. **Вантаж на пружині.** Який об'єм води вилився з посудини у чашку (див. рис. 2)? Вважати, що прискорення вільного падіння $g \approx 10 \text{ Н/кг}$.

Розв'язок.

Дано:

$$l_0 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$l_1 = 17 \text{ см} = 0,17 \text{ м}$$

$$l_2 = 14 \text{ см} = 0,14 \text{ м}$$

$$m = 525 \text{ г} = 0,525 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$V = ?$$

Перший спосіб:

Оскільки нам відома довжина не розтягнутої пружини, то запишемо закон Гука для двох випадків:

$$F_1 = k(l_1 - l_0) \quad (1) \text{ або } mg = k(l_1 - l_0)$$

$$F_1 - F_A = k(l_2 - l_0) \quad (2) \text{ або } mg - \rho gV = k(l_2 - l_0)$$

З рівняння (1) визначаємо жорсткість пружини k

$$k = \frac{mg}{l_1 - l_0} = \frac{0,525 \cdot 10}{0,07} = 75 \text{ Н/м}$$

З другого рівняння визначаємо об'єм води, який витісняє вантаж:

$$\rho gV = mg - k(l_2 - l_0)$$

$$V = \frac{mg - k(l_2 - l_0)}{\rho g} = \frac{0,525 \cdot 10 - 75 \cdot 0,04}{1000 \cdot 10} = 0,000225 \text{ м}^3 = 225 \text{ см}^3$$

Другий спосіб:

Поділимо рівняння (1) на рівняння (2)

$$\frac{mg}{mg - \rho gV} = \frac{k(l_1 - l_0)}{k(l_2 - l_0)}$$

$$\frac{m}{m - \rho V} = \frac{(l_1 - l_0)}{(l_2 - l_0)}$$

$$m(l_2 - l_0) = (m - \rho V)(l_1 - l_0)$$

$$0,525 \cdot 0,04 = 0,07(0,525 - 1000 \cdot V)$$

$$\frac{0,021}{0,07} = 0,525 - 1000 \cdot V$$

$$V = \frac{0,525 - 0,3}{1000} = 0,000225 \text{ м}^3 = 225 \text{ см}^3$$

Відповідь: у чашку вилилося 225 см^3 води.

4. **Калориметр.** У калориметрі, в якому знаходиться суміш води з льодом занурюють мідну кульку масою 105 г, розпечену за температури 582 °С. Внаслідок цього в калориметрі встановлюється рівноважна температура 10 °С. Після цього в калориметр занурюють ще одну мідну кульку масою 105 г, розпечену за температури 272 °С, при цьому перша кулька залишається в калориметрі. Рівноважна температура в калориметрі стає 20 °С. Визначить початкову масу льоду в калориметрі.

Розв'язок.

Відомо, що суміш води з льодом має температуру 0°С.

Позначимо t_1 – початкова температура води, t_2 – початкова температура льоду, t_3 – початкова температура першої розпеченої мідної кульки, t_4 – початкова температура другої розпеченої мідної кульки, m_1 – маса води, m_2 – маса льоду, m_3 – маси мідних кульок, t_{p1} – рівноважна температура, що встановилася після занурення в калориметрі першої кульки, t_{p2} – рівноважна температура, що встановилася після занурення в калориметрі другої кульки.

$$t_1 = t_2 = 0^\circ\text{C}$$

$$m_3 = 105 \text{ г} = 0,105 \text{ кг}$$

$$t_3 = 582^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{води}} = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 272^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{міді}} = 400 \text{ Дж/кг}$$

$$t_{p1} = 10^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_{p2} = 20^\circ\text{C}$$

$$m_2 = ?$$

У калориметрі відбувається теплообмін між сумішшю води з льодом та мідною кулькою. Запишемо рівняння теплового балансу після опускання першої мідної кульки у калориметр.
Отримує енергію суміш води з льодом після занурення в калориметр мідної кульки:

Вода нагрівається

$$Q_1 = c_{\text{води}} m_1 (t_{p1} - t_1)$$

Лід плавиться

$$Q_2 = \lambda m_2$$

Лід нагрівається

$$Q_3 = c_{\text{води}} m_2 (t_{p1} - t_2)$$

Віддає енергію мідна кулька, яка охолоджується

$$Q_4 = c_{\text{міді}} m_3 (t_3 - t_{p1})$$

Тоді

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4,$$

Або

$$c_{\text{води}} m_1 (t_{p1} - t_1) + \lambda m_2 + c_{\text{води}} m_2 (t_{p1} - t_2) = c_{\text{міді}} m_3 (t_3 - t_{p1}) \quad (1)$$

Запишемо рівняння теплового балансу після опускання другої мідної кульки у калориметр

Отримує енергію суміш води з льодом після занурення в калориметр мідної кульки:

Вода нагрівається

$$Q'_1 = c_{\text{води}} m_1 (t_{p2} - t_{p1})$$

Вода, яка утворилася з льоду нагрівається

$$Q'_2 = c_{\text{води}} m_2 (t_{p2} - t_{p1})$$

Перша мідна кулька нагрівається

$$Q'_3 = c_{\text{міді}} m_3 (t_{p2} - t_{p1})$$

Віддає енергію друга мідна кулька, яка охолоджується

$$Q'_4 = c_{\text{міді}} m_3 (t_4 - t_{p2})$$

Тоді друге рівняння теплового балансу

$$Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 = Q'_4,$$

або

$$c_{\text{води}} m_1 (t_{p2} - t_{p1}) + c_{\text{води}} m_2 (t_{p2} - t_{p1}) + c_{\text{міді}} m_3 (t_{p2} - t_{p1}) = c_{\text{міді}} m_3 (t_4 - t_{p2}) \quad (2)$$

Підставимо значення температур у рівняння (1)

$$c_{\text{води}} m_1 (10 - 0) + \lambda m_2 + c_{\text{води}} m_2 (10 - 0) = c_{\text{міді}} m_3 (582 - 10)$$

Або

$$10c_{\text{води}} m_1 + \lambda m_2 + 10c_{\text{води}} m_2 = 572c_{\text{міді}} m_3 \quad (1.1)$$

І в рівняння (2)

$$c_{\text{води}} m_1 (20 - 10) + c_{\text{води}} m_2 (20 - 10) + c_{\text{міді}} m_3 (20 - 10) = c_{\text{міді}} m_3 (272 - 20)$$

Або

$$10c_{\text{води}} m_1 + 10c_{\text{води}} m_2 + 10c_{\text{міді}} m_3 = 252c_{\text{міді}} m_3 \quad (2.1)$$

Віднімемо від рівняння (1.1) рівняння (2.1)

$$\begin{aligned} 10c_{\text{води}} m_1 + \lambda m_2 + 10c_{\text{води}} m_2 - 10c_{\text{води}} m_1 - 10c_{\text{води}} m_2 - 10c_{\text{міді}} m_3 \\ = 572c_{\text{міді}} m_3 - 252c_{\text{міді}} m_3 \end{aligned}$$

Після скорочень отримуємо

$$\lambda m_2 - 10c_{\text{міді}} m_3 = 320c_{\text{міді}} m_3$$

Або

$$\lambda m_2 = 330c_{\text{міді}} m_3$$

Тоді

$$m_2 = \frac{330c_{\text{міді}} m_3}{\lambda} = \frac{330 \cdot 400 \cdot 0.105}{330000} = 0.042 \text{ кг} = 42 \text{ г}$$

Відповідь: початкова маса льоду 42 г.

5. **Бульбашки.** Із шматка глини, який рівномірно опускається від поверхні на дно водойми глибиною 27 м, щосекунди виділяється повітряна бульбашка, яка рівномірно прямує до поверхні. Швидкість руху шматка глини – 2 м/с, швидкість підйому бульбашки – 2,5 м/с. Скільки бульбашок досягне поверхні водойми в проміжку часу від початку руху шматка глини до моменту опускання його на дно. Вважати, що перша бульбашка утворюється через секунду від початку руху.

Розв'язок.

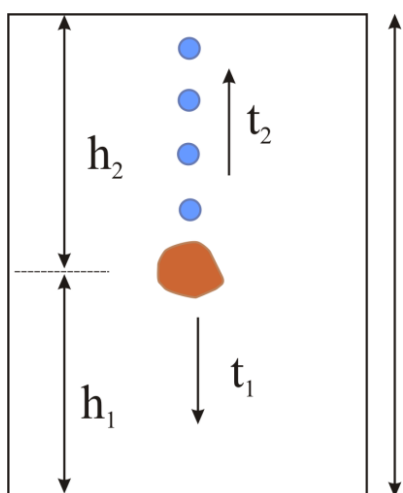
$$v_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 2,5 \text{ м/с}$$

$$h = 27 \text{ м}$$

$$N = ?$$

В певний момент часу шматок глини знаходиться на висоті h_1 від дна водойми (див. рис.).



Бульбашки, які виділилися до цього моменту часу встигнуть досягнути поверхні водойми до моменту опускання шматка глини на дно. Бульбашки, які виділяються пізніше будуть знаходитися в товщі води.

Час опускання шматка глини до дна $t_1 = \frac{h_1}{v_1}$;

час піднімання бульбашок до поверхні $t_2 = \frac{h_2}{v_2}$

Час опускання шматка глини (t_1) від вказаного на рисунку рівня дорівнює часу підйому бульбашок (t_2):

$$t_1 = t_2$$

Глибина водойми складає $h = h_1 + h_2$.

Отримуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{h_1}{v_1} = \frac{h_2}{v_2} \\ h_1 + h_2 = h \end{cases}$$

З першого рівняння визначаємо h_1 :

$$h_1 = h_2 \frac{v_1}{v_2}$$

І підставляємо в друге рівняння

$$h_2 \frac{v_1}{v_2} + h_2 = h$$

$$h_2 = \frac{h}{1 + \frac{v_1}{v_2}} = \frac{27}{1 + \frac{2}{2,5}} = 15 \text{ м}$$

На опускання до глибини h_2 шматок глини затрачає час

$$t_3 = \frac{h_2}{v_1} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ с}$$

За цей час буде випущено $N = 7$ бульбашок.

Відповідь: до поверхні водойми досягне 7 бульбашок.