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.

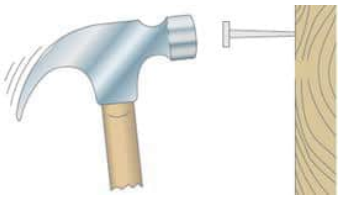


Рис.1

Розв'язок.

Дано:

$m_{\text{м}} = 0{,}9$ кг

$V_{\text{м}} = 9$ м/с

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

$c_{заліза}$= 450 Дж/кг·°С

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

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

Звідси

$$\Delta T = \frac{8\left(\frac{m_{\text{м}}V^2}{2}\right)}{m_{\text{ц}}c_{\text{заліза}}} = \frac{4 \cdot 0.9 \cdot (9)^2}{0.018 \cdot 450} = 36℃$$

Відповідь: цвях нагріється на 36 °С.

2. **Мандарини.** За рік з Каїру (географічна широта ≈ 30°, прискорення вільного падіння 9,79 Н/кг) до Львова (географічна широта ≈ 50°) 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:

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

$g_{\text{К}} = 9{,}79\ \text{Н/кг}$

$\Delta P - ?$

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

$$\text{Р}_{\text{К}} = mg_{\text{К}}$$

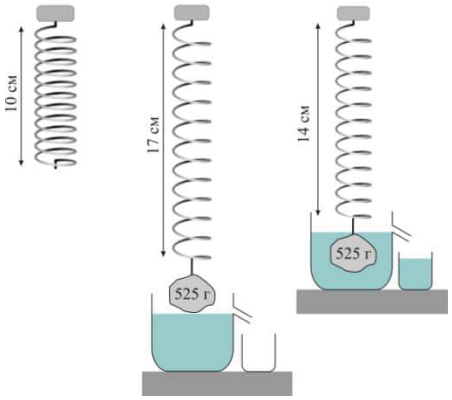
А вага мандарин у Львові

$$\text{Р}_{\text{Л}} = mg_{\text{Л}} = \ P_K + \frac{0.2}{100} P_K$$

Тепер можемо визначити зміну ваги

$$\Delta P = P_{\text{Л}} - P_K = P_K + \frac{0.2}{100} P_K - \ P_K = \frac{0.2}{100} P_K = \frac{0.2}{100} \cdot mg_K = \ \frac{0.2}{100} \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 9.79 = 1958\ H$$

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 $g \approx 10$ Н/кг.

Розв'язок.

Дано:

$l_0 = 10$ см $= 0{,}1$ м

$l_1 = 17$ см $= 0{,}17$ м

$l_2 = 14$ см $= 0{,}14$ м

m = 525 г= 0,525 кг

g= 10 Н/кг

ρ=1000 кг/м^3

V–?

Перший спосіб:

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

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

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

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:

$$\rho g V = mg - k(l_2 - l_0)$$

$$V = \frac{mg - k(l_2 - l_0)}{\rho g} = \frac{0.525 \cdot 10 - 75 \cdot 0.04}{1000 \cdot 10} = 0.000225 \text{ м}^3 = 225 \text{ см}^3$$

Другий спосіб:

Поділимо рівняння (1) на рівняння (2)

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

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

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

$$0.525 \cdot 0.04 = 0.07(0.525 - 1000 \cdot V)$$

$$\frac{0.021}{0.07} = 0.525 - 1000 \cdot V$$

$$V = \frac{0.525 - 0.3}{1000} = 0.000225 \text{ м}^3 = 225 \text{ см}^3$$

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. Визначіть 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.

$t_1 = t_2 = 0℃$

$t_3 = 582℃$

$t_4 = 272℃$

$t_{p1} = 10℃$

$t_{p2} = 20℃$

m_3= 105 г = 0,105 кг

$c_{води}$ = 4200 Дж/кг·°С

$c_{міді} = 400$ Дж/кг

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

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

$$Q_1 = c_{води} m_1 (t_{р1} - t_1)$$

Лід плавиться

$$Q_2 = \lambda m_2$$

Лід нагрівається

$$Q_3 = c_{води} m_2 (t_{р1} - t_2)$$

Віддає енергію мідна кулька, яка охолоджується

$$Q_4 = c_{міді} m_3 (t_3 - t_{р1})$$

Тоді

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

Або

$$c_{води} m_1 (t_{р1} - t_1) + \lambda m_2 + c_{води} m_2 (t_{р1} - t_2) = c_{міді} m_3 (t_3 - t_{р1}) \qquad (1)$$

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

$$Q_1' = c_{\text{води}} m_1 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1})$$

Вода, яка утворилася з льоду нагрівається

$$Q_2' = c_{\text{води}} m_2 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1})$$

Перша мідна кулька нагрівається

$$Q_3' = c_{\text{міді}} m_3 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1})$$

Віддає енергію друга мідна кулька, яка охолоджується

$$Q_4' = c_{\text{міді}} m_3 (t_4 - t_{\text{р}2})$$

Тоді друге рівняння теплового балансу

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

або

$$c_{\text{води}} m_1 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1}) + c_{\text{води}} m_2 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1}) + c_{\text{міді}} m_3 (t_{\text{р}2} - t_{\text{р}1}) = c_{\text{міді}} m_3 (t_4 - t_{\text{р}2}) \quad (2)$$

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

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

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

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

Віднімемо від рівняння (1.1) рівняння (2.1)

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

Після скорочень отримуємо

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

Або

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

Тоді

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

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.

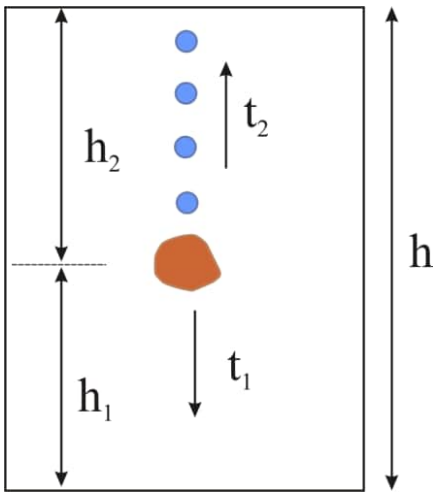
v_1= 2 м/с

v_2= 2,5 м/с

h = 27 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 виділяться 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.