

Розв'язання
теоретичного туру III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
15 січня 2016р.

11 клас

1. Нехай t – початкова температура гарячої води, θ_1 – температура теплової рівноваги після того, як у калориметр влили першу ложку гарячої води, θ_2 – температура теплової рівноваги після того, як у калориметр влили другу ложку гарячої води, Δt_1 – зміна температури калориметра у першому випадку, а Δt_2 – у другому.

$$\begin{cases} C\Delta t_1 = cm_0(t - \theta_1) \\ C\Delta t_2 + cm_0\Delta t_2 = cm_0(t - \theta_2) \\ \theta_2 = \theta_1 + \Delta t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C\Delta t_1 = cm_0(t - \theta_1) \\ C\Delta t_2 + cm_0\Delta t_2 = cm_0(t - \theta_1 - \Delta t_2) \end{cases} \Rightarrow C = \frac{2cm_0\Delta t_2}{\Delta t_1 - \Delta t_2} = 3cm_0.$$

Після того, як у калориметр додали 48 ложок гарячої води $C\Delta t_3 + 2cm_0\Delta t_3 = 48cm_0(t - \theta_3)$, де $\theta_3 = \theta_2 + \Delta t_3 = \theta_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$. Звідси $C\Delta t_3 + 2cm_0\Delta t_3 = 48cm_0(t - \theta_1) - 48cm_0(\Delta t_2 + \Delta t_3)$;
 $3cm_0\Delta t_3 + 2cm_0\Delta t_3 = 48C\Delta t_1 - 48cm_0(\Delta t_2 + \Delta t_3)$;

$$3cm_0\Delta t_3 + 2cm_0\Delta t_3 = 48 \cdot 3cm_0\Delta t_1 - 48cm_0(\Delta t_2 + \Delta t_3); \Delta t_3 = \frac{48(3\Delta t_1 - \Delta t_2)}{53} \approx 11^\circ \text{C}.$$

$$2. \begin{cases} m_1v - m_2v = (m_1 + m_2)u \\ \frac{m_1v^2}{2} + \frac{m_2v^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} + Q \end{cases} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{Q(m_1 + m_2)}{2m_1m_2}} \approx 14,1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

$$3. \eta = \frac{A_{\text{Кор.}}}{Q} \cdot 100\%; \quad Q = A + \Delta U;$$

$$\Delta U = \frac{imR\Delta T}{2M} = \frac{3mR(T_2 - T_1)}{2M} = \frac{3}{2} \left(\frac{mRT_2}{M} - \frac{mRT_1}{M} \right) = \frac{3}{2} (p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2} (3p_1 \cdot 3V_1 - p_1V_1) = 12p_1V_1$$

де $p_1V_1 = \frac{mRT_1}{M}$, а $p_2V_2 = \frac{mRT_2}{M}$; $\text{tg}\beta = \frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$. Звідси $p_2 = \frac{V_2p_1}{V_1} = \frac{3V_1p_1}{V_1} = 3p_1$.

$$S_{\text{СЕГМЕНТА}} = S_{\text{СЕКТОРА}} - S_{\text{ТРИКУТНИКА}} = \frac{\alpha r^2}{2} - \frac{r^2}{2} = \frac{\pi \cdot 4p_1V_1}{2 \cdot 2} - \frac{4p_1V_1}{2} = (\pi - 2)p_1V_1, \quad \text{де} \quad \alpha = \frac{\pi}{2};$$

$$r^2 = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = (3p_1 - p_1)(3V_1 - V_1) = 4p_1V_1;$$

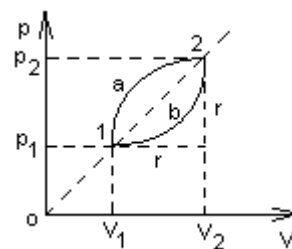
$$S_{\text{ТРАПЕЦІЇ}} = \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{(p_1 + 3p_1)(3V_1 - V_1)}{2} = 4p_1V_1;$$

$$A = S_{\text{СЕГМЕНТА}} + S_{\text{ТРАПЕЦІЇ}} = (\pi - 2)p_1V_1 + 4p_1V_1 = (\pi + 2)p_1V_1;$$

$$Q = (\pi + 2)p_1V_1 + 12p_1V_1 = (\pi + 14)p_1V_1;$$

$$A_{\text{Кор.}} = 2S_{\text{СЕГМЕНТА}} = 2(\pi - 2)p_1V_1;$$

$$\eta = \frac{2(\pi - 2)p_1V_1}{(\pi + 14)p_1V_1} = 13,3\%$$



4. $Q = cm\Delta t = c\rho_0 S_0 4a\Delta t$ (1); Згідно закону Джоуля-Ленца $Q = I_i^2 R \Delta t'$; $I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{BS}{\Delta t' R}$;

$S = a^2 = av\Delta t'$; $I_i = \frac{Bav}{R}$; $Q = \frac{B^2 a^3 v}{R}$ (2). З рівнянь (1) і (2) слідує

$$\Delta t = \frac{B^2 a^3 v}{4c\rho_0 S_0 R} = 25 \cdot 10^{-5} \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Експериментальний тур

1. Робота з видування мильної бульбашки може бути визначена таким чином: $A = 2\sigma\Delta S$, де σ – коефіцієнт поверхневого натягу мильного розчину, ΔS – зміна площі поверхні мильної плівки. Числовий коефіцієнт «2» є результатом урахування наявності двох поверхонь плівки. Площа поверхні сфери $S = 4\pi r^2$, де r – радіус сфери (бульбашки). Для визначення радіусу потрібно прослідити, який об'єм повітря увійде у бульбашку при видуванні. Оскільки видування бульбашки здійснюється шприцом, то його можна використати як засіб вимірювання об'єму. Тоді з формули об'єму сфери $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ можна знайти радіус та

підставити його у формулу для розрахунку роботи $A = 8\pi\sigma \left(\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \right)^2$