

**Відповіді III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики
(2022-2023 навчальний рік)
11 клас**

1.

$$\omega = 2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}$$

$$a = \omega^2 R$$

$$ma = F_{\text{тр}} = \mu mg$$

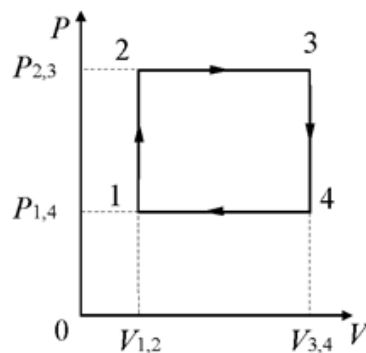
$$\mu = \frac{a}{g} = \left(2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{R}{g} = \left(2 \cdot 3,14 \cdot \frac{33}{60} \pm \frac{2 \cdot 3,14}{10}\right)^2 \cdot \frac{0,2}{10}$$

$$\mu_1 = 0,34$$

$$\mu_2 = 0,16$$

2.

Процес 3-4 та 1-2 ізохорний, тому $V_3 = V_4$, $V_1 = V_2$. Процес 2-3 ізобарний, тому для нього можна записати $\frac{T_2}{T_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{V_1}{V_3}$ (1). Процес 4-1 ізобарний, тому для нього можна записати $\frac{T_1}{T_4} = \frac{V_1}{V_4} = \frac{V_1}{V_3}$ (2). З рівнянь (1) і (2) $\frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_4}$. Бачимо також, що $T_2 = T_4$. Тому $\frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_2}$. Звідси $T_3 = \frac{T_2^2}{T_1}$. $T_3 = \frac{160000}{250} = 640 \text{ К}$. Щоб визначити роботу зручно перемалювати графіки в осях PV .

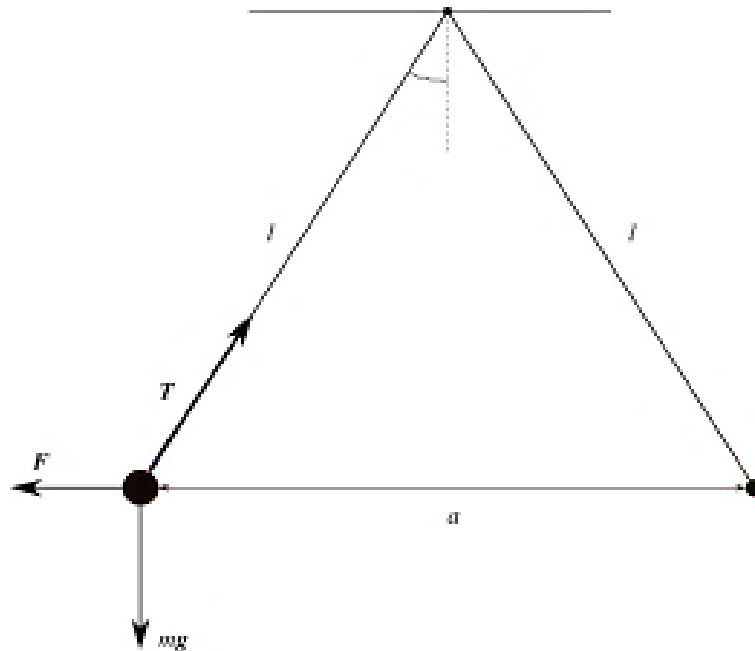


Робота дорівнює площі прямокутника: $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_2)$;

$A = p_2 V_3 - p_1 V_3 - p_2 V_2 + p_1 V_2$. Оскільки $p_1 = p_4$, $p_2 = p_3$, $V_1 = V_2$, $V_3 = V_4$, то $A = p_3 V_3 - p_4 V_4 - p_2 V_2 + p_1 V_1$. Ураховуючи, що $pV = \nu RT$, $\nu = 1$ моль і $T_2 = T_4$, одержимо: $A = R(T_3 - 2T_2 + T_1)$. $A \approx 748 \text{ Дж}$.

3.

На кожному із кульок діють такі сили: сила тяжіння mg , сила натягу нитки T та сила кулонівського відштовхування F_c (див. рисунок).



Оскільки кульки перебувають у стані рівноваги, то сумарна сила, яка діє на кожному із кульок рівна нулю. З умови рівності сил можемо знайти зв'язок між зарядами кульок. Відстанню між ними та їхніми масами:

$$F_c = k \frac{q^2}{a^2}, \quad \frac{F_c}{T} = \frac{a}{2l}, \quad mg = T \cos \alpha, \quad (\cos \alpha \cong 1, \quad a \ll l) \Rightarrow \frac{2kl}{mg} = \frac{a^3}{q^2} \quad (1)$$

Кульки зійдуться після розряджання більшої з них і відбудеться перетікання заряду від меншої до більшої таким чином, що потенціали на них вирівнюються і вони знову розійдуться на певну віддаль. З умови рівності потенціалів та закону збереження заряду знайдемо:

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}, \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}. \quad (R_1 = 2R_2), \quad q = q_1 + q_2. \Rightarrow q_1 = \frac{2}{3} q, \quad q_2 = \frac{q}{3}. \quad (2)$$

Використовуючи такі ж міркування, які привели нас до кінцевої формули у ланцюжку рівностей (1) можемо написати:

$$\frac{2kl}{mg} = \frac{9x^3}{2q^2}. \quad (3)$$

де x – шукана віддаль між зарядами. З рівностей (1) і (3) знаходимо:

$$x = \sqrt[3]{\frac{2}{9}} a. \quad (4)$$

Повторюючи дослід N раз тримаємо:

$$x_N = \sqrt[3]{2} \left(\frac{1}{9} \right)^{\frac{N}{3}} a.$$

4.

Проходження електричного струму в електроліті пов'язано з перенесенням маси. У даному випадку на катоді відбувається відновлення металеві ртуті з розчину електроліту, а на аноді – окислення ртуті, тобто перехід її в розчин електроліту. Відповідно до закону електролізу Фарадея маса ртуті, яка виділиться на катоді за час t , дорівнює $m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It$, де $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль – число Фарадея, $M = 0,201$ кг/моль – молярна маса ртуті, $n = 2$ – валентність ртуті, I – струм, який протікає. Цей струм практично визначається опором R , тому що в порівнянні з ним опори металеві ртуті, електроліту та внутрішній опір джерела мізерно малі. Тому

$$I = \frac{\varepsilon}{R}, \text{ і } m = \frac{M\varepsilon}{FnR} t. \quad (1)$$

Виділення ртуті на катоді і розчинення її на аноді призводить до зміщення крапельки електроліту в бік анода на відстань l таке, що $m = \rho \frac{\pi d^2}{4} l$. (2), де $\rho = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³ – густина ртуті.

$$\begin{aligned} \frac{M\varepsilon}{FnR} t &= \rho \frac{\pi d^2}{4} l \\ t &= \frac{\rho \pi d^2 l F n R}{4 M \varepsilon} \end{aligned}$$