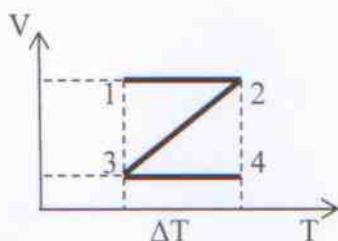


**Решение заданий
заключительного этапа
2015 – 2016 уч. г.**

Краткие решения задач заключительного этапа олимпиады по физике «Паруса надежды» 2016 гг.

Вариант 1

1.



На участках 1-2 и 3-4 идет на увеличение внутренней энергии.

$$1-2: \Delta Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2} v R \Delta T; \quad 3-4: \Delta Q_3 = \frac{3}{2} v R \Delta T; \quad \Delta Q_2 = -v C_p \Delta T;$$

$$C_v = \frac{3}{2} R; \text{ следовательно } \Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3$$

Ответ: 415,5 Дж

2.

α – частицы будут улетать из шара до тех пор, пока их кинетическая энергия не сравняется с работой электрического поля заряженного шара.

$$\frac{m_\alpha v^2}{2} = Q \frac{q_\alpha}{4\pi\epsilon_0 R}; \text{ следовательно } Q = \frac{2\pi m_\alpha v^2 R \epsilon_0}{q_\alpha} = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Ответ: $Q = 5,2 \cdot 10^{-9}$ Кл

3.

Нейтральная частица движется прямолинейно и равномерно.

Уравнения движения частицы $x_1 = vt; y_1 = 0$.

Заряженная частица, сделав половину оборота, покидает магнитное поле и далее движется прямолинейно и равномерно. $R = mv/qB, T = 2\pi m/qB$

Расстояние между частицами $L(t) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

a) Уравнения движения частицы при $t < T/2$

$$x_2 = R \sin(q B/m)t, y_2 = R(1 - \cos(q B/m)t)$$

б) Уравнения движения частицы при $t > T/2$

$$x_2 = -v(t - T/2), y_2 = 2R = \text{const}$$

$$T = 6,28c$$

Ответ: б) $L(5) = 40$ км

4.

$$I = I_0(1 + \alpha \sin \omega t); \quad Q = R(I^2)_{cp} = R I_0^2 \left(1 + \frac{\alpha^2}{2}\right);$$

$$(\sin \omega t)_{cp} = 0; (\sin^2 \omega t)_{cp} = \frac{1}{2},$$

т.е. ΔQ_{cp} увеличится на $\left(\frac{\alpha^2}{2}\right) \cdot 100\%$, $\alpha = 0, 1$

Ответ: на 0,5%

5.

Пусть U – напряжение на конденсаторе. Полный заряд, прошедший за период при установившемся процессе должен быть равен 0:

$$TU/3R + 2T(U-\mathcal{E})/4R = 0, \text{ откуда получаем } U = 0,6 \mathcal{E}$$

$$\text{Суммарное тепло: } W = TU^2/3R + 2T(U-\mathcal{E})^2/4R = T\mathcal{E}^2/5R.$$

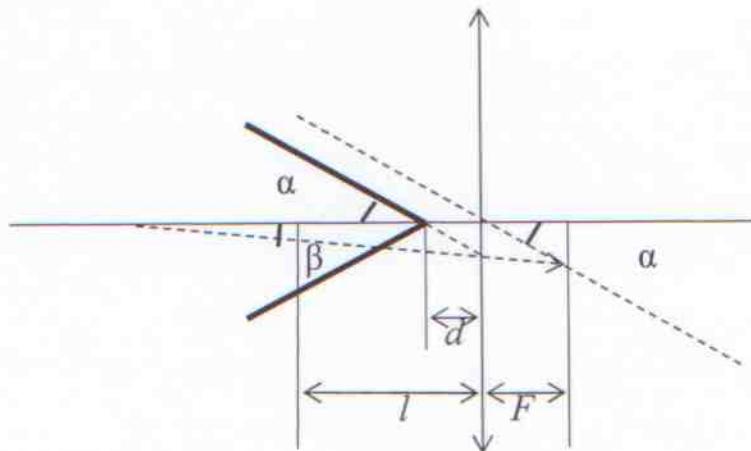
Мощность этого процесса за период равна $W/3T = \mathcal{E}^2/15R \approx 6,7 \text{ мкВт.}$

Ответ: $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ Вт.}$

6.

Изображение острия конуса – мнимое. Пусть оно находится на расстоянии l от лупы. Тогда

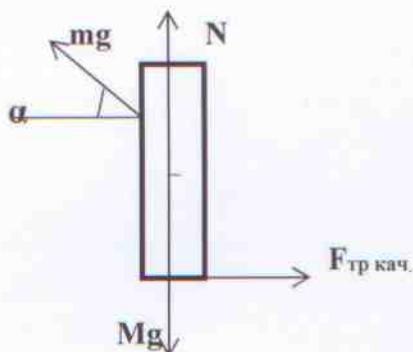
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{l} ; \quad l \operatorname{tg} \beta = d \operatorname{tg} \alpha ; \quad 2\beta = 2\operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\left(1 - \frac{d}{F} \right) \operatorname{tg} \alpha \right] \approx 27,3^\circ$$



Ответ: $\approx 27,3^\circ$

**Краткие решения задач заключительного этапа олимпиады по
физике «Паруса надежды» 2016 гг.
Вариант 2**

1.



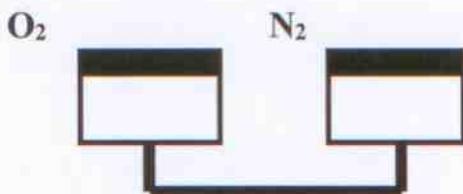
$$N + mg \sin \alpha - Mg = 0, \quad F_{mp} = mg \cos \alpha$$

$$a) N \geq 0, \text{ следовательно } m \leq \frac{M}{\sin \alpha} = 69,3 \text{ кг}$$

$$b) F_{tr,kach} \leq F_{tr,cm} = m\mu, \text{ следовательно } m \leq \frac{M\mu}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 18 \text{ кг}$$

Ответ: 18кг

2.



Из условия равновесия, $2p = p_1 + p_2, \quad p_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1} p_2 = \frac{14}{15} p$,

$p_2 = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} p = \frac{16}{15} p$ - начальные давления газов.

$$TV = const, \text{ следовательно } \frac{\Delta V_1}{V_1} = \frac{V_1^* - V_1}{V_1} = \frac{T_1^* - T_1}{T_1} = -0,5$$

Объем кислорода уменьшается в 2 раза. После нагрева кислорода

$$p_1^* = \frac{p_1 V_1 T_1^*}{T_1 V_1^*} = \frac{56}{15} p, \quad p_2^* = p_2 \frac{V_2}{V_2^*} = \frac{32}{15} p, \quad \frac{\Delta p_1}{p_1} = \frac{p_1^* - p_1}{p_1} = 3, \quad \frac{\Delta p_2}{p_2} = I,$$

$$2p^* = p_1^* + p_2^*, \quad \frac{\Delta p}{p} = \frac{p^* - p}{p} = 2$$

Ответ: 2;3;1

3.

$$\Delta n = I \Delta t / e, \text{ импульс электронов } \Delta p = mV \Delta n, \quad mV^2/2 = eU,$$

$$F \Delta t = mV \Delta n = mVI \Delta t / e, \text{ т.к. } I = bU^{3/2},$$

$$\text{Следовательно } F = ImV/e = bU^2 \sqrt{\frac{2m}{e}}, \quad F/F_0 = (U/U_0)^2 = 3^2 = 9$$

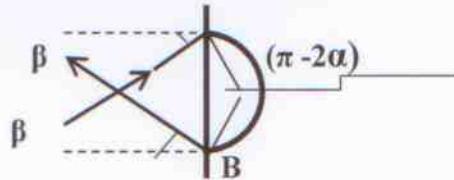
Ответ: в 9 раз

4.

В магнитном поле протон движется по окружности и вылетает под углом α .

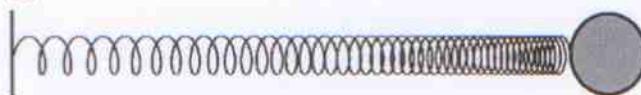
$$\text{Время движения протона в магнитном поле } \tau = T \frac{\pi+2\alpha}{2\pi}, \quad mV^2/\alpha = eVB,$$

$$T = 2\pi \alpha/V = 2\pi m/eB, \text{ следовательно } B = \frac{m(\pi+2\alpha)}{e\tau} = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

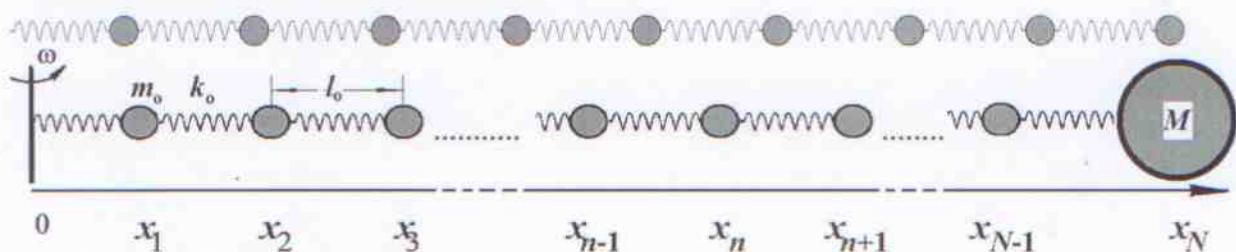


Ответ: $8,4 \cdot 10^{-3}$ Тл

5.



$$\dots \Rightarrow$$



$$m_0 = m/N, k_0 = Nk, l_0 = l/N,$$

$$m_0 a_n = k_0(x_{n+1} - x_n - l_0) - k_0(x_n - x_{n-1} - l_0) \quad (1)$$

\Rightarrow

$$-m_0 x_n \omega^2 = k_0(x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1}) \quad (2)$$

$$N \gg 1 \Rightarrow -m_0 x \omega^2 = k_0 x'' \quad (3)$$

$$x = A \sin(Bn + \varphi) \quad (4)$$

$$x_0 = 0 \Rightarrow \varphi = 0.$$

$$\omega_0^2 = k/m.$$

$$B = \frac{\omega}{\omega_0 N} \quad \text{и} \quad x = A \sin\left(\frac{\omega n}{\omega_0 N}\right) \quad (5)$$

$$-M x_N \omega^2 = -k_0(x_N - x_{N-1} - l_0) \quad (6)$$

$$x' = \frac{A \omega}{\omega_0 N} \cos\left(\frac{\omega n}{\omega_0 N}\right),$$

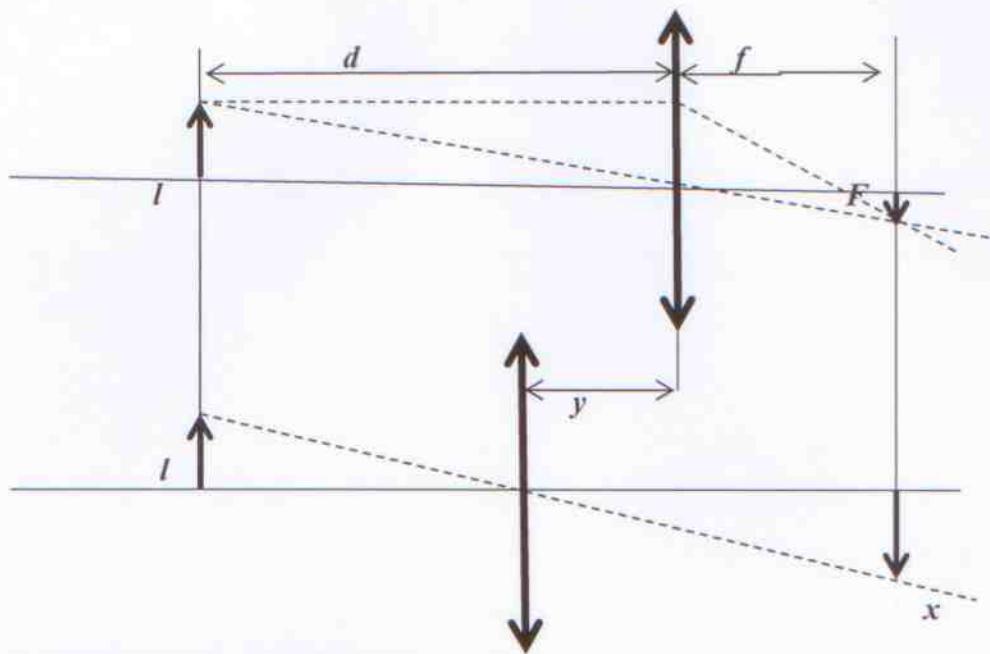
$$\left(\frac{\omega}{\omega_0} \cos \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{M \omega^2}{k} \sin \frac{\omega}{\omega_0} \right) A = l \quad (7)$$

$$\Omega = \omega/\omega_0 \quad \mu = M/m \Rightarrow \quad A = l / (\Omega \cos \Omega - \mu \Omega^2 \sin \Omega) \quad (8)$$

$$F = AM \omega^2 \sin \Omega = lk / ((\mu \Omega)^{-1} \operatorname{ctg} \Omega - 1) \quad (9)$$

Ответ: $F = 0,0209$ Н.

6.



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}, \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d-y} + \frac{1}{f+y},$$

$$d/f = 2, \quad \frac{l}{x} = \frac{d-y}{f+y}, \quad f = \frac{3}{2} F, \quad d = 3F, \quad y = 1,5F$$

$$\text{Следовательно, } x = l \frac{l+y}{d-y} = 2l = 40 \text{ см}$$

Ответ: 40 см