

# Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

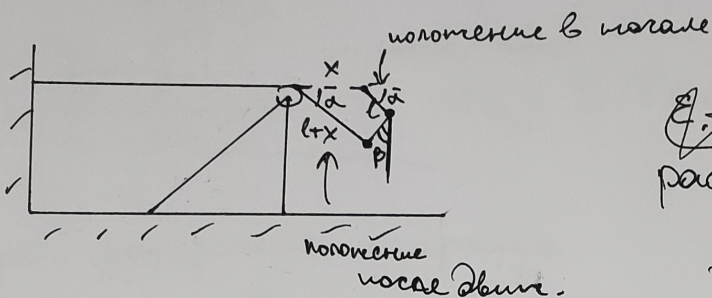
Шифр: **21200296**

ID профиля: **275338**

Вариант 4

1.

1) Т.к. начальной скорости у шарика нет, то он движется по ускорению:



~~Если шарик сместился на x, то раст. между концами нити~~  
~~x sin alpha~~

Т.к. длина нити в начале  $l$ , а смещение клона  $x$ , тогда смещение шарика по горизонтали

$$d_{гор} = x + l \cos \alpha - (l+x) \cos \alpha = x(1 - \cos \alpha)$$

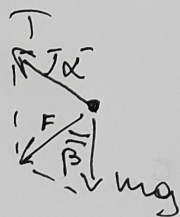
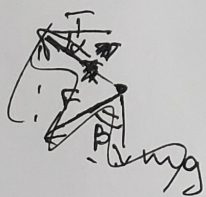
смещение по вертикали:

$$d_{верт} = (l+x) \sin \alpha - l \sin \alpha = x \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d_{гор}}{d_{верт}} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1 - \frac{8}{17}}{15/17} = \frac{9}{15} = , \text{ где } \beta - \text{иск. угол.}$$

$$= \frac{3}{5}$$

2) Сила натяжения нити  $T$ :



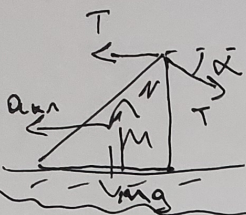
$$\begin{cases} F \cos \beta = mg - T \sin \alpha \\ F \sin \beta = T \cos \alpha \end{cases}$$

$$\frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \beta} = \frac{T \cos \alpha}{\sin \beta}$$

$$mg - T \sin \alpha = T \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$T = \frac{mg}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \beta}} = \frac{mg}{\frac{15}{17} + \frac{8}{17} \cdot \frac{5}{3}} = \frac{51}{85} mg$$

Уск. клина горизонтально



$\Rightarrow$  ~~...~~

$$Ma_{kn} = T - T \cos \alpha \quad (1)$$

верт. ускорение шарика

$$a_{m \text{ верт}} = \frac{mg - T \sin \alpha}{m} = g - \frac{g \sin \alpha}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\tan \beta}} = g \frac{\cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}$$

$$x = a_{kn} \frac{t^2}{2} \Rightarrow a_{kn} = a_{m \text{ верт}} \frac{x}{d_{\text{верт}}} = g \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta} =$$

$$= g \cdot \frac{\frac{8}{15} \cdot \frac{5}{3}}{\frac{15}{17} + \frac{8}{17} \cdot \frac{5}{3}} = g \frac{17 \cdot 8 \cdot 5}{45 + 40} = \frac{136}{85} g = \frac{8}{15} g$$

$$(1): Ma_{kn} = \frac{mg}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta} (1 - \cos \alpha)$$

$$M g \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta} = \frac{mg (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta}{1 - \cos \alpha} = \frac{\frac{8}{15} \cdot \frac{5}{3}}{1 - \frac{8}{17}} = \frac{17 \cdot 40}{45 - 9} = \frac{17 \cdot 8}{81} = \frac{136}{81}$$

$$4) H = a_{m \text{ верт}} \frac{z^2}{2} \Rightarrow z = \sqrt{2H a_{m \text{ верт}}} = \sqrt{2gH \frac{\cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}} =$$

$$= \sqrt{gH \cdot \frac{2 \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{5}{3}}{\frac{15}{17} + \frac{8}{17} \cdot \frac{5}{3}}} = \sqrt{\frac{16}{17} gH}$$

Ответ: 1)  $\operatorname{ctg} \beta = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{3}{5}$ ; 2)  $a_{kn} = g \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta} = \frac{8}{15} g$ ;

3)  $\frac{m}{M} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta}{1 - \cos \alpha} = \frac{136}{81}$ ; 4)  $z = \sqrt{2gH \frac{\cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta}} = \sqrt{\frac{16}{17} gH}$

2.

$$1) dQ_1 = \nu C(T) dT$$

$$Q_1 = \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} \nu C(T) dT = \frac{9}{5} \frac{\nu R}{T_0} \int_{\frac{3}{4}T_0}^{T_0} T dT = \frac{9}{10} \frac{\nu R}{T_0} (T_0^2 - (\frac{3}{4}T_0)^2) =$$

можно посчитать как площадь под графиком линейной  $\nu$ -ли

$$= \frac{9 \cdot 7}{160} \nu R T_0 = \boxed{\frac{63}{160} \nu R T_0}$$

2) При охлаждении до температуры  $T$ :

Аналогично п. 1

$$Q = \int_T^{T_0} \nu C(T) dT = 0,9 \frac{\nu R}{T_0} (T_0^2 - T^2)$$

При охлаждении вн. энергия газа уменьшается:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T)$$

$\nu$  имеет  
т.к. \* одинаковы.

$$Q = A_* + \Delta U, \quad A_* - \text{работа над газом}$$

$$A = -A_*$$

$$A = \Delta U - Q = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T) - 0,9 \frac{\nu R}{T_0} (T_0^2 - T^2) = 0,9 \frac{\nu R}{T_0} T^2 - 1,5 \nu R T + 0,6 \nu R T_0$$

$A(T)$  - парабола  
верт. вверх  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow T_{\infty} = - \frac{-1,5 \nu R}{2 \cdot 0,9 \frac{\nu R}{T_0}} = \boxed{\frac{5}{6} T_0}$$

продолжение задачи 2.

Цикловик

Лист № 4 из 4

$$A_{\min} = A(T_x) = A\left(\frac{5T_0}{6}\right) = 0,9 \frac{\nu R}{T_0} \left(\frac{5T_0}{6}\right)^2 - 1,5 \nu R \frac{5T_0}{6} + 0,6 \nu R T_0 =$$

$$= \left(\frac{9 \cdot 25}{360} - \frac{5}{4} + \frac{6}{10}\right) \nu R T_0 = -0,025 \nu R T_0 < 0$$

∩

У зависимости  $A(T)$  есть минимум  $\Rightarrow$

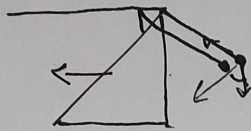
$\Rightarrow$  мин. работа  $A_{\min} = 0$

$$0,9 \frac{\nu R}{T_0} T_{\min}^2 - 1,5 \nu R T_{\min} + 0,6 \nu R T_0 = 0$$

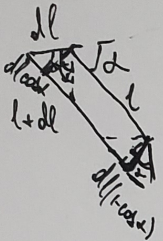
$$\begin{cases} T_{\min} = T_0 - \text{случай несоответствия} \\ T_{\min} = \frac{2}{3} T_0 \end{cases}$$

Ответ:  $\frac{63}{160} \nu R T_0$ ;  $\frac{2}{3} T_0$ ; 0.

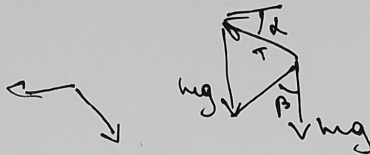
# Упружина



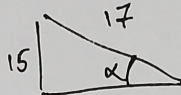
$dl \sin \alpha$



~~$\text{tg} \beta = \frac{dl \sin \alpha + \text{tg} \alpha \cdot dl}{dl} = 1 + \text{tg} \alpha$~~



$$\beta = \alpha - \text{tg}^{-1} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$



$$\text{tg} \beta = \frac{\text{tg} \alpha - \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}}{1 + \text{tg} \alpha \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}} = \frac{15/8 - \frac{8}{9.717}}{1 + \frac{15}{8} \cdot \frac{15}{9}} = \frac{\frac{15}{72}}{1 + \frac{225}{72}} = \frac{15}{297}$$

$$Q = \int c dt = \frac{g}{5} R \int_0^{T_0} dt = \frac{g}{5} R \left( \frac{10}{2} - \frac{g}{32} T_0 \right)$$

$\Delta U = \frac{3}{2} g R \Delta T$

# Часть 2

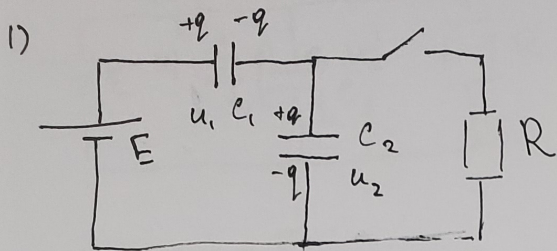
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200296**

ID профиля: **275338**

Вариант 4

3. До замыка:



заряды на конд. равны

$$q = C_1 U_1 = C_2 U_2$$

$$5U_1 = U_2$$

$$E - U_1 - U_2 = 0$$

$$U_2 = \frac{5E}{6} \quad U_1 = \frac{E}{6}$$

справа после замык. ключа  
напр. не изменится

$$U_2 = I \cdot R$$

$$\Rightarrow I = \frac{5E}{6R}$$

2) После второго замык. ключа  
установится равенство без тока  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow U_{1\text{уст}} = E \quad U_{2\text{уст}} = 0$

$$\frac{U_{1\text{уст}}}{U_1} = 6 \Rightarrow \text{заряд на } C_1 \text{ } q_{\text{уст}} = 6q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{через источник прошла } q_E = q_{\text{уст}} - q = 5q = \frac{25CE}{6}$$

$$A_E = Q + \Delta W_1 + \Delta W_2$$

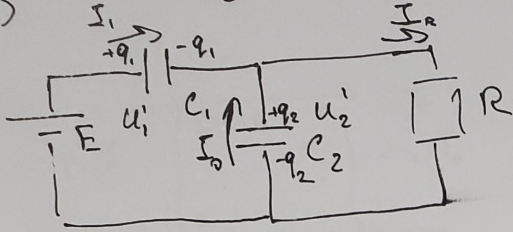
$$\frac{25CE^2}{6} = Q + \frac{C_1 U_{1\text{уст}}^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_{2\text{уст}}^2}{2} - \frac{C_2 U_2^2}{2}$$

$$Q = \frac{25}{6} CE^2 - \frac{5CE^2}{2} + \frac{5C\left(\frac{E}{6}\right)^2}{2} + \frac{C\left(\frac{5E}{6}\right)^2}{2} = \frac{25}{12} CE^2$$



продолжение задачи 3.

3)



$$U_1 + U_2 = E$$

$$\frac{q_1}{5C} + \frac{q_2}{C} = E \quad \text{дифференцируем ур-е}$$

$$\begin{matrix} \parallel \\ \vee \end{matrix}$$

$$\frac{\dot{q}_1}{5C} + \frac{\dot{q}_2}{C} = 0$$

$$-\frac{I_1}{5} + I_0 = 0$$

$$I_1 = 5I_0$$

$$\begin{matrix} \parallel \\ \vee \end{matrix}$$

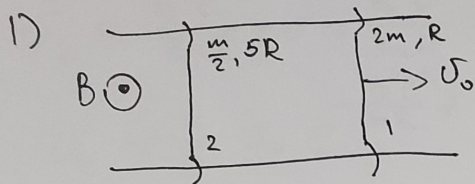
Через резистор течет  $I_R = I_0 + I_1 = 6I_0$

Ответ: 1)  $I = \frac{5E}{6R}$ ; 2)  $Q = \frac{25}{12} CE^2$ ; 3)  $I_R = 6I_0$

4.

Числовая

Лист № 3 из 5



из-за двукрат. перемещен. увеличивается  $\mathcal{E}_i$

$$\mathcal{E}_i = (B \dot{S}) = B \dot{S} = B l v_0$$

$$\Downarrow$$

$$\text{Ток } I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{5R + R} = \frac{B l v_0}{6R}$$

$$\Downarrow$$

Сила Ампера на перемычку

$$F_A = B I_i l = \frac{B^2 l^2 v_0}{6R}$$

$$a_0 = \frac{F_A}{2m} = \frac{B^2 l^2 v_0}{12mR} \quad \text{-- против двукрат. перемещен.}$$

2) В уст. режиме скорости перемычек одинаковы, т.е. сила Ампера не действует и  $\mathcal{E}_i = 0$

В общем случае:

$$\mathcal{E}_i = B l (v_1 - v_2)$$

$$I_i = \frac{B l (v_1 - v_2)}{6R}$$

$$F_A = \frac{B^2 l^2 (v_1 - v_2)}{6R} \quad \text{-- на разных перемычках в разн. направлении}$$

~~$$I_i$$~~

$$\dot{v}_1 = \frac{-B^2 l^2 (v_1 - v_2)}{12mR}$$

$$\dot{v}_2 = \frac{B^2 l^2 (v_1 - v_2)}{3mR}$$

$$(v_1 - v_2) = \dot{v}_1 - \dot{v}_2 = -\frac{5}{12} \frac{B^2 l^2 (v_1 - v_2)}{mR}$$

$$v_1 - v_2 = \Delta v = \frac{5B^2 l^2}{12mR} t$$

$$\Delta \dot{v} = -\frac{5}{12} \frac{B^2 l^2}{mR} \Delta v \Rightarrow \Delta v = v_0 e^{-\frac{5B^2 l^2}{12mR} t}$$

продолжение задачи 4.

Учетовки

Лист 1 из 5

$$\dot{U}_2 = \frac{B^2 \ell^2}{3mR} \Delta U = \frac{B^2 \ell^2}{3mR} U_0 e^{-\frac{5}{12} \frac{B^2 \ell^2}{mR} t}$$

$$U_2 = -\frac{4}{5} U_0 e^{-\frac{5}{12} \frac{B^2 \ell^2}{mR} t} + \frac{4}{5} U_0 \quad \text{при } t \rightarrow \infty$$

$U_2 \rightarrow U_{\text{уст}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_{\text{уст}} = \frac{4}{5} U_0$$

3) из н.2:

$$\Delta U = U_0 e^{-\frac{5}{12} \frac{B^2 \ell^2}{mR} t}$$

$$\Delta S = \int_0^{\infty} \Delta U dt = -\frac{12mR}{5B^2 \ell^2} U_0 e^{-\frac{5}{12} \frac{B^2 \ell^2}{mR} t} \Big|_0^{\infty} = \frac{12mR U_0}{5B^2 \ell^2}$$

Ответ: 1)  $a = \frac{B^2 \ell^2 U_0}{12mR}$ ; 2)  $U_{\text{уст}} = \frac{4}{5} U_0$ ; 3)  $\Delta S = \frac{12mR U_0}{5B^2 \ell^2}$

5.

1)  $d = 96 \text{ см}$      $F = 24 \text{ см}$

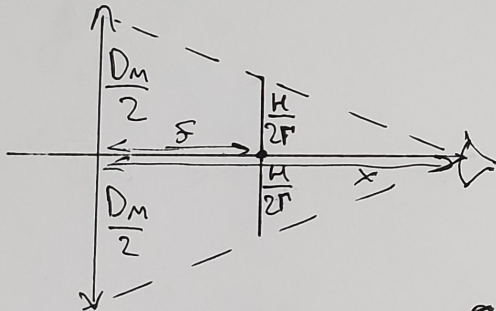
||  
v

по  $\varphi$ -ле тонкой линзы:

$$F = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} = 32 \text{ см} - \text{расст. от узора. до линзы}$$

$$x = F + l_{\text{акк}} = 56 \text{ см}$$

2)  $\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{1}{3}$     узор. уменьшился в 3 раза



Для того, чтобы было видно четкое изображение

$$\frac{D_m}{2x} = \frac{H}{2F(x-F)} = \frac{H}{2F l_{\text{акк}}}$$

$$D_m = H \frac{x}{F l_{\text{акк}}} = 21 \text{ см}$$

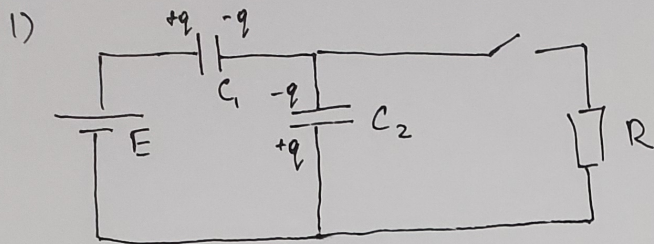
3) Все лучи ~~и~~ попадающие в глаз перед прохождением через линзу фокусируются в точке, координаты которой можно найти по  $\varphi$ -ле тонкой линзы

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{F_4} = \frac{1}{F} \Rightarrow F_4 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{x}} = 42 \text{ см} - \text{на } 42 \text{ см} \\ \text{левее линзы или} \\ \text{на } 54 \text{ см правее глаза.}$$

Ответ: 1)  $x = 56 \text{ см}$ ; 2)  $D_m = 21 \text{ см}$ ; 3)  $F_4 = 42 \text{ см}$  на  $\Gamma O$  линзы

3.

До замык. ключа: Черновик

~~Ответ 21~~

заряды на обоих конденсаторах равны  $\Rightarrow$

$$q_1 = C_1 U_1 = C_2 U_2$$

$$\downarrow$$

$$5U_1 = U_2$$

По II-зак. Кирхгофа:

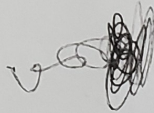
$$E - U_1 = U_2$$

$U_2 = \frac{5E}{6}$ . Сразу после замык. ключа напряжение сохраняется

$$\downarrow$$

$$U_2 = I_0 R$$

$$I_0 = \frac{U_2}{R} = \frac{5E}{6R}$$



2) После долгого замык. ключа ток через резистор станет равным 0  $\Rightarrow U_{2\text{уст}} = 0 \Rightarrow U_{1\text{уст}} = E - U_2 = E$

~~Видимо  $\Delta W_{\text{конденсаторов}}$  равен  $\Delta W_1 + \Delta W_2 = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_{\text{уст}}^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2} - \frac{C_2 U_2^2}{2}$~~

~~$= \frac{5C_1 (E/6)^2}{2} - \frac{5C_1 E^2}{2} + \frac{C_1 (5E/6)^2}{2} - 0$~~