Часть 1

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

Шифр: **21201556**

ID профиля: **343693**

Вариант 2

1

Чистовик

Задача 1

1)

рис. 1

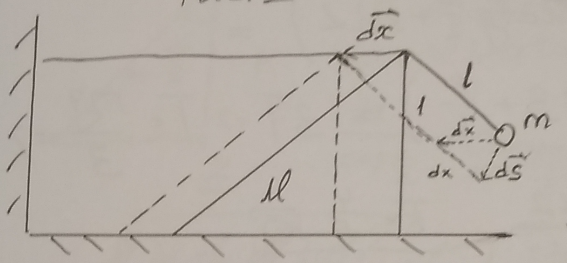
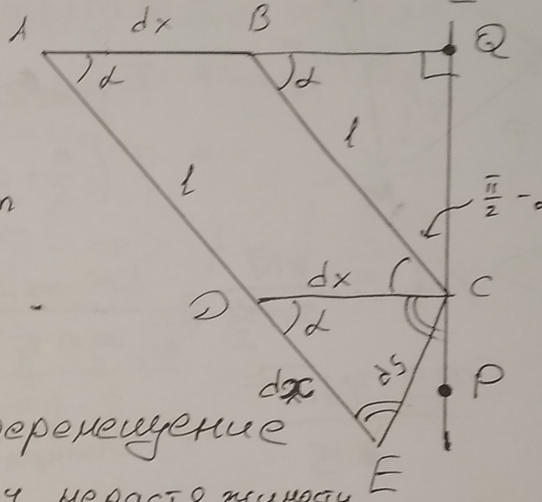


рис. 2



Рассмотрим малое перемещение клина на dx. В силу нерастяжимости нити, длина наклонного участка нити увеличивается на dx. На рис. 2 $d\vec{s}$ соответствует $\vec{CE}$. Т.к. ABCD — параллелограмм, $AB = DC = DE = dx \Rightarrow \triangle DCE$ — равнобедренный. Тогда $\angle DCE = \frac{\pi - \alpha}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \angle ECP = \pi - \angle BCQ - \angle DCB - \angle DCE =$$

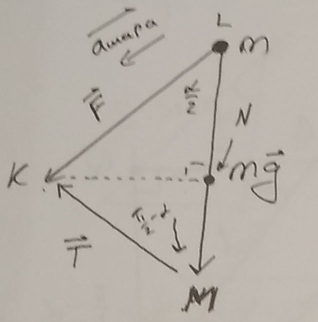
$$= \pi - \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha - \frac{\pi}{2} + \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}.$$

Заметим, что направление $d\vec{s}$ не зависит от l, т.е. $d\vec{s}$ всегда направлен под $\frac{\alpha}{2}$ к вертикали. Тогда и ускорение шара направлено под $\frac{\alpha}{2}$ к вертикали, как производная от $\frac{d\vec{s}}{dt}$ (далее ускорение шара обозначено за $a_{шара}$).

③ Чистовик

Без труда находим, н-р, $\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} = \frac{3}{\sqrt{10}}$.

2) Рассмотрим векторный треугольник $\overline{II}$ з-на Ньютона для шара. Здесь



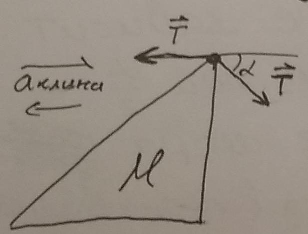
$$mg = LN + NM = KN\cdot ctg\frac{\alpha}{2} + KM\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$$
$$= KM\cdot\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)ctg\frac{\alpha}{2} + KM\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$$
$$= T\left(\cos\alpha\, ctg\frac{\alpha}{2} + \sin\alpha\right) =$$
$$= T\left(\frac{4}{5}\cdot 3 + \frac{3}{5}\right) = 3T \Rightarrow T = \frac{mg}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow KL = \frac{KN}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{KM\cdot\cos\alpha}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{T\cdot\frac{4}{5}\sqrt{10}}{1} = F =$$
$$= \frac{mg\cdot 4\sqrt{10}}{15} \Rightarrow a_{шара} = \frac{F}{m} = \frac{4\sqrt{10}}{15}g.$$

Возвращаясь к рис. 2, запишем теорему косинусов для $\triangle DCE$:

$$ds^2 = dx^2 + dx^2 - 2dx^2\cos\alpha = 4dx^2\sin^2\frac{\alpha}{2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow ds = 2dx\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{2}{\sqrt{10}}dx \Rightarrow dx = \frac{\sqrt{10}}{2}ds$$
$$\Rightarrow a_{клина} = \frac{\sqrt{10}}{2}a_{шара} = \frac{40}{30}g = \frac{3}{4}g.$$

3) По $\overline{II}$ з-ну Ньютона для клина



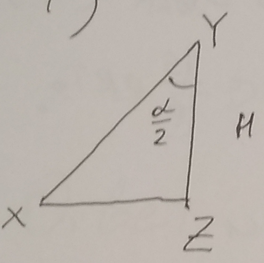
Чистовик ②

③ Чистовик

$$M a_{клина} = T - T\cos\alpha = \frac{mg}{3}\cdot\frac{1}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M\cdot\frac{3}{4}g = \frac{m}{15}g \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{15\cdot 3}{4} = \frac{45}{4}.$$

4)



Шар движется вдоль отрезка YX с ускорением $a_{шара}$. Из кинематики

$$\frac{H}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{a_{шара}t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_{шара}\cos\frac{\alpha}{2}}} =$$

$$= \cancel{\sqrt{\frac{2H\cdot 10\sqrt{10}}{4\sqrt{10}g\cdot 3}}} = \sqrt{\frac{2H\cdot 15\cdot\sqrt{10}}{4\sqrt{10}g\cdot 3}} =$$

$$= \sqrt{\frac{H}{g}\cdot\frac{5}{2}} = \sqrt{\frac{5H}{2g}}.$$

Ответ:

1) $\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{3}{\sqrt{10}}$ 3) $\frac{m}{M} = \frac{45}{4}$

2) $a_{клина} = \frac{3}{4}g$ 4) $t = \sqrt{\frac{5H}{2g}}$.

5

Чистовик

$$= \frac{\frac{6}{4}}{2 \cdot \frac{5}{4T_0}} = \frac{3}{5} T_0 .$$

$$3)\ A_{min} = \nu R \left(\frac{9}{20} T_0 - \frac{18}{20} T_0 + \frac{-5T_0}{20} \right) =$$

$$= -\frac{1}{5} \nu R T_0 .$$

Ответ:

1) $Q_1 = \frac{15}{16} \nu R T_0$

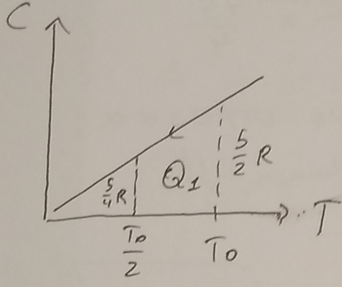
2) $T_{min} = \frac{3}{5} T_0$

3) $A_{min} = -\frac{1}{5} \nu R T_0 .$

5 Чистовик

4 Чистовик

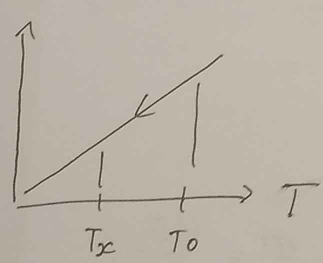
Задача 2



1) Q_1 есть площадь под графиком $C(T)$ на отрезке $[\frac{T_0}{2}; T_0]$ (умн. на ν):

$$Q_1 = \nu \frac{\frac{5}{4}R + \frac{5}{2}R}{2} \cdot \frac{T_0}{2} = \frac{15}{16}\nu R T_0.$$

2) По I з-ну термодинамики



$$\Delta Q = \Delta U + A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \Delta Q - \Delta U.$$

На участке $[T_x; T_0]$

$$\left.\begin{aligned} \Delta Q &= \nu(T_x - T_0)\frac{\frac{5}{2}R + \frac{5}{2}R\frac{T_x}{T_0}}{2} \\ \Delta U &= \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_0) \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \nu R(T_x - T_0)\left(\frac{\frac{5}{2} + \frac{5}{2}\frac{T_x}{T_0}}{2} - \frac{3}{2}\right) =$$

$$= \nu R(T_x - T_0)\left(\frac{5}{4T_0}T_x - \frac{1}{4}\right) =$$

$$= \nu R\left(\frac{5}{4T_0}T_x^2 - \frac{6}{4}T_x + \frac{T_0}{4}\right) \Rightarrow T_{min} = -\frac{b}{2a} =$$

Часть 2

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

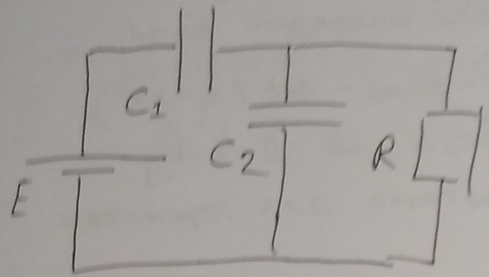
Шифр: **21201556**

ID профиля: **343693**

Вариант 2

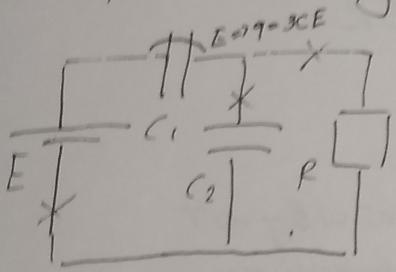
① Чистовик

Задача 3



1) Заметим, что в начале C_2 разряжен, т.е. на нём и на R падает нулевое напряжение, т.е. ток ч-з резистор – 0.

2) ~~По закону сохранения энергии~~

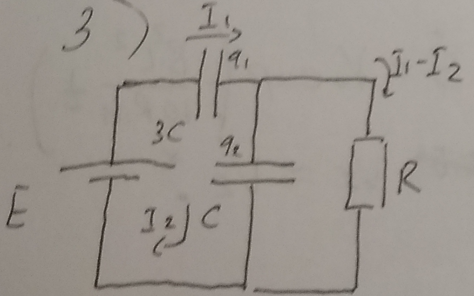


В установившемся режиме на C_2 падает нулевое напряжение, поскольку иначе через R течёт ток и система в равновесии не находится.

Тогда в цепи тока нет, а напряжение падает только на C_1 (падает E) (и заряд на C_1 равен $3CE$). По закону сохранения энергии*: ($A_{ист}$ – работа источника):

$$A_{ист} = \frac{3CE^2}{2} + Q \Rightarrow Q = 3CE^2 - \frac{3CE^2}{2} = \frac{3CE^2}{2}.$$

3)



По правилам Кирхгофа

$$\left.\begin{aligned} E &= \frac{q_1}{3C} + \frac{q_2}{C} \\ \frac{q_2}{C} &= (I_1 - I_2) R \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 3EC - 3q_2 \\ \frac{q_2}{C} = (3E\dot{C} - 3\dot{q}_2)R - \dot{q}_2 R \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{q_2}{C} = -4\dot{q}_2 R \Rightarrow \underline{U = 4I_0R}.$$

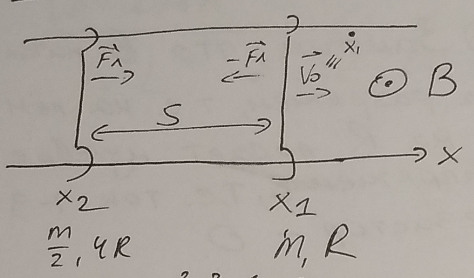
Ответ: 1) 0
2) $\frac{3CE^2}{2}$
3) $4I_0R$

(3) Чистовик

(2) Чистовик

VII

Задача 4



1) В контуре действует ЭДС индукции $E_{инд}$:

$$\dot{\Phi} = E_{инд} = BL(\dot{x}_1 - \dot{x}_2)$$

Тогда по II з-ну Ньютона для перемычек

$$(*)\begin{cases} m\ddot{x}_1 = \dfrac{B^2L^2(\dot{x}_1-\dot{x}_2)}{5R} \\ \dfrac{m}{2}\ddot{x}_2 \quad \dfrac{B^2L^2(\dot{x}_1-\dot{x}_2)}{5R} \end{cases} \Rightarrow \frac{m}{2}a = \frac{B^2L^2V_0}{5R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}$$

2) Т.к. по (*) на перемычки действуют одинаковые по модулю и противоположные по направлению силы, суммарный импульс системы не меняется, и

$$mV_0 = mV_1 + \frac{m}{2}V_2, \text{ где } V_1 \equiv \dot{x}_1; \ V_2 \equiv \dot{x}_2 \quad **$$

Из (*):

$$\frac{m}{2}(\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2) = -\frac{B^2L^2}{10R}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \Rightarrow \dot{S} = V_0 \exp\left(-\frac{B^2L^2}{10Rm}t\right)$$

При $t \to \infty$ $\dot{S} \to 0$, т.е. ~~$V_1 \approx V$~~ $V_1 \approx V_2$.

Тогда по (**):

$$V_1 = V_2 = \frac{2}{3}V_0.$$

③ Чистовик

3) $\Delta S = \int\limits_0^{\infty} \dot{s}\,dt = \cancel{v_0\left(\frac{1}{\alpha}\right)}$

$= \dfrac{V_0 \cdot 10mR}{B^2L^2}$. Ответ:

1) $a = \dfrac{2B^2L^2V_0}{5mR}$

2) $V_1 = V_2 = \frac{2}{3}V_0$

3) $\Delta S = \dfrac{V_0 \cdot 10mR}{B^2L^2}$.

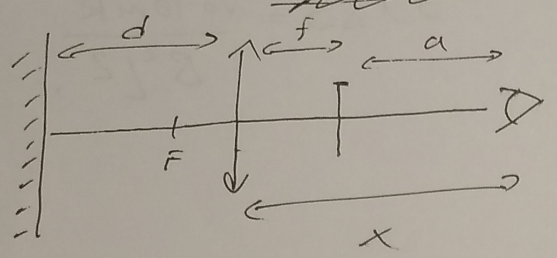
(5) Чистовик

(4) Чистовик

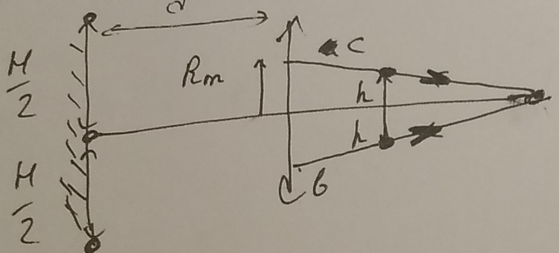
Задача 5

1) По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \Rightarrow f=\frac{Fd}{d-F}=16_{см} \Rightarrow x=f+a=40 см.$$



2) ~~Чтобы глаз видел линзу по~~



$$h=\Gamma\frac{H}{2}=\frac{f}{d}\cdot\frac{H}{2}=$$

$$=\frac{9}{2}\cdot\frac{1}{3}=\frac{3}{2} см.$$

Чтобы глаз видел изображение циферблата целиком, необходимо видеть лучи c и в (см. рис.). Тогда радиус линзы R_m не должен быть меньше $\frac{x}{a}h=$

$$=\frac{3}{2}\cdot\frac{40}{24}=2{,}5 см, \text{ т.е. } D_m=5 см.$$

(5) Чистовик

3) Все лучи, которые идут в глаз фокусируются в т. Q.; здесь и надо ставить экран. По формуле тонкой линзы для искомой