

Часть 1

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

Шифр: **21203734**

ID профиля: **857956**

Вариант 2

(-2)

T_0

Черновик.

$\frac{3\sqrt{RT}}{2}$

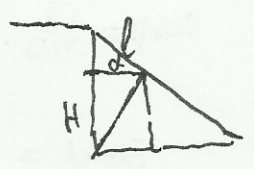
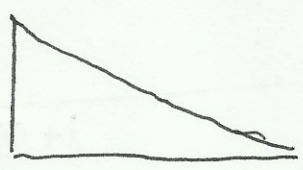
$C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$

$\delta Q = \frac{5R}{2T_0} T dT$

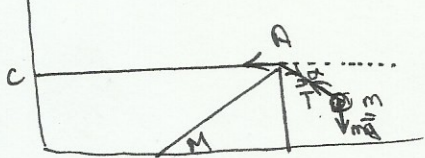
$Q = \frac{5R}{2T_0} \int_{T_0}^{T_1} T dT = \frac{5R}{2T_0} \left(\frac{T_1^2}{2} - \frac{T_0^2}{2} \right)$

пр.

$Q = \frac{5}{2}$

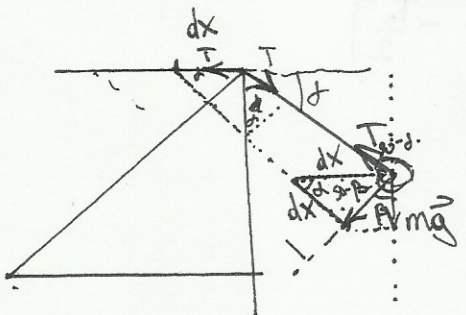


Упер хобуу



$a_{Mx} = a_{m1}$

$\frac{1}{5} \frac{T}{M} = \frac{3}{8} \frac{T}{m} \Rightarrow \left[\frac{m}{M} = \frac{15}{8} \right]$



$180 - \beta = 180 - \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{2}$
 $180 - 2\beta = 180 - \alpha$
 $(\alpha = 2\beta)$

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

$\frac{1 + \cos \alpha}{2} = \frac{9}{10}$

$\cos \beta = \frac{\sqrt{9}}{\sqrt{10}}$

$\tan^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta} - 1 = \frac{1}{9} \Rightarrow \tan \beta = \frac{1}{3}$

$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

$3 \frac{1}{3} = \frac{mg + T \cdot \frac{3}{5}}{T \cdot \frac{4}{5}} \Rightarrow 4T = 5mg$

$12T = 5mg + 3T$

$9T = 5mg$

$T = \frac{5}{9} mg = \frac{1}{3} mg$

$\frac{1}{5} = M a_{Mx}$

$\frac{mg}{5} = M \cdot a_{Mx} \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{9}{15} a_{Mx}$

$\frac{m}{M} = \frac{9 a_{Mx}}{g}$

$dl = \sqrt{(dx)^2 + (dx)^2 + 2(dx)^2 \cdot \frac{4}{5}}$

$= dx \cdot \sqrt{\frac{18}{5}}$

$\frac{2}{3} m \vec{g} + \vec{T} = (m+M) a_{acc}$

$(m+M) a_{||} = \frac{2}{3} mg$

$(m+M) a_{\perp} = \frac{2}{3} mg = \dots$

$\frac{2}{3} \frac{mg}{(m+M)} = \frac{9}{9} \frac{m}{M} + \left(\frac{4}{5} \frac{T}{m} \right) = 4$
 $\frac{4}{9} g$

① $C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$

$\delta Q = C(T) \cdot dT = \frac{5\sqrt{R}}{2T_0} T dT \Rightarrow Q = \frac{5\sqrt{R}}{2T_0} \int_{T_0}^{T_1} T dT = \frac{5\sqrt{R}}{2T_0} \left(\frac{T_1^2}{2} - \frac{T_0^2}{2} \right)$

Тогда: $Q_1 = \frac{5\sqrt{R}}{2T_0} \left(\frac{T_0^2}{8} - \frac{T_0^2}{2} \right) = -\frac{15\sqrt{R} T_0}{16} \Rightarrow \boxed{\text{газ отдает } \frac{15\sqrt{R} T_0}{16} \text{ Дж.}}$

② Второе начало термодинамики:

~~du =~~ $du = \delta Q - \delta A_{\text{газ}}$

$u = \frac{3}{2} \sqrt{R} T \Rightarrow du = \frac{3}{2} \sqrt{R} dT$

при охлаждении до T_1 :

$A_{\text{газ}} = Q - \Delta u = \frac{5\sqrt{R}}{4T_0} T_1^2 - \frac{5\sqrt{R}}{4T_0} T_0^2 + \frac{3}{2} \sqrt{R} T_0 - \frac{3}{2} \sqrt{R} T_1$

$A_{\text{газ}} = \sqrt{R} \left(\frac{5T_1^2}{2T_0} - \frac{5}{2} T_0 + \frac{3}{2} T_0 - \frac{3}{2} T_1 \right) = \sqrt{R} \left(\frac{5}{2T_0} T_1^2 - \frac{3}{2} T_1 - T_0 \right)$

Найдем минимум функции: $\frac{5}{2T_0} T_1^2 - \frac{3}{2} T_1 - T_0$

вершина параболы: $\frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{T_0}} = \frac{3}{10} T_0$

\Rightarrow минимальную работу газ совершает при охлаждении до температуры: $\frac{3}{10} T_0$

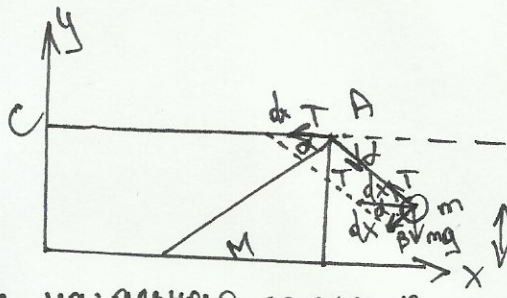
Эта работа: $A = \frac{\sqrt{R}}{2} \left(\frac{45}{200} T_0 - \frac{9}{20} T_0 - T_0 \right) = -0,6275 \sqrt{R} T_0$ (работу совершает над газом \Rightarrow работа газа отрицательна)

Ответ: ① $\frac{15}{16} \sqrt{R} T_0$

② $\frac{3}{10} T_0$

③ $-0,6275 \sqrt{R} T_0$

1-11



$\cos \alpha = 4/5$

1) Пусть клин сдвинется на $dx =$ длина веревки от точки А до шара увеличится на dx , при этом угол наклона останется α (по условию т.к. dx мало, то считаем что ускорение направлено по вектору, соединяющему два положения шара)

из начального положения проведем прямую, параллельную горизонту, тогда из равнобедренной треугольника получим:

$90^\circ - \beta = \frac{180^\circ - \alpha}{2} \Rightarrow \alpha = 2\beta$, где β - угол наклона к вертикали вектора ускорения

$\sin^2 \beta = \frac{1 - \cos \alpha}{2} = \frac{1}{10} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{1}{10}} \Rightarrow \beta = \arcsin \sqrt{\frac{1}{10}}$

2) и 3) Заметим, что путь пройденный клином равен смещению шара (по св-ву параллелограмма) \Rightarrow горизонтальному ускорению шара равно ускорению клина \Rightarrow горизонтальное

$a_{ш.х} = a_{кл} \Rightarrow \frac{T \cos \alpha}{m} = \frac{T(1 - \cos \alpha)}{M} \Rightarrow \frac{4}{m \cdot 5} = \frac{1}{M \cdot 5} \Rightarrow \frac{m}{M} = 4$

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

$\tan \beta = \frac{T \cos \alpha}{mg - T \sin \alpha} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{\frac{4}{5} T}{mg - \frac{3}{5} T} \Rightarrow 5mg - 3T = 12T \Rightarrow T = \frac{1}{3} mg$

Второй закон Ньютона для клина по Ox
 $-M a_{кл} = T \cos \alpha - T \Rightarrow M a_{кл} = \frac{1}{5} T \Rightarrow M a_{кл} = \frac{mg}{15}$

$a_{кл.} = \frac{m}{M} \frac{g}{15} = \frac{4}{15} g = 2.7 \text{ м/с}^2$

4) Пусть t - время, когда шар достигнет $ш$ стола (т.к. шар вначале покоился $v_0 = 0$)
 $m \cdot a_{ш.у.} = mg - T \sin \alpha = mg - \frac{1}{3} mg \cdot \frac{3}{5} = \frac{4}{5} mg \Rightarrow a_{ш.у.} = \frac{4}{5} g$

тогда: ~~$H = v_0 t + \frac{a_{ш.у.} t^2}{2} = \frac{4}{10} mg t^2 = \frac{2}{5} mg t^2$~~

$H = v_0 t + \frac{a_{ш.у.} t^2}{2} = \frac{2}{5} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{5H}{2g}}$

- Ответ: 1) угол между ускорением шара и вертикалью: $\arcsin \sqrt{\frac{1}{10}}$
 2) отношение массы шарика к массе клина: 4
 2) ускорение клина 2.7 м/с^2
 4) шарик достигнет стола через: $\sqrt{\frac{5H}{2g}}$ секунду

Часть 2

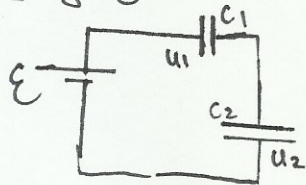
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203734**

ID профиля: **857956**

Вариант 2

1. до замыкания ключа



$$q_1 = q_2 = q$$

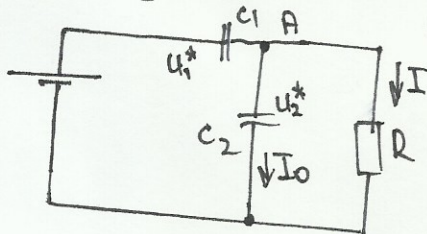
$$\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C} + \frac{1}{3C} = \frac{4}{3C} \Rightarrow C_{общ} = \frac{3}{4} C$$

$$q = \epsilon \cdot C_{общ} = \frac{3}{4} C \epsilon$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{1}{4} \epsilon; U_2 = \frac{3\epsilon}{4}; W_0 = \frac{3C U_1^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} = \frac{3C \epsilon^2}{32} + \frac{9C \epsilon^2}{32} = \frac{3}{8} C \epsilon^2$$

W₀ - энергия конденсаторов до замыкания ключа

2. после замыкания ключа



① Пусть I₀ - ток через резистор сразу после замыкания ключа

$$I_0 R = U_2 \Rightarrow I_0 = \frac{3\epsilon}{4R}$$

② через длительное время эквивалентен разрыву (первый конденсатор сразу разряжен, пусть q₂ - заряд на нем)

~~W - энергия конденсаторов в этот момент: $W = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{9C^2 \epsilon^2}{2 \cdot 3C} = \frac{3}{2} C \epsilon^2$~~

Q - кол-во теплоты, выделившееся в системе

$$\delta Q = I^2 R dt = (IR) \cdot (I dt) = U_2^* \cdot dq_2$$

U₂ - напряжение на втором конд. dq₂ - уменьшение заряда, прошедший через резистор за dt*

Второй закон Кирхгофа:

$$\epsilon = U_1^* + U_2^* \Rightarrow \epsilon = \frac{q_1}{3C} + \frac{q_2}{C}$$

продифференцируем по времени

$$\frac{dq_1}{3C} + \frac{dq_2}{C} = 0 \Rightarrow dq_2 = -\frac{dq_1}{3}$$

т.к. в узле А заряд не накапливается:

$$dq_1 = dq - dq_2 \Rightarrow dq = \frac{2}{3} dq_1 \Rightarrow \delta Q = (\epsilon - U_1^*) \cdot \frac{2}{3} dq_1 = \frac{2}{3} \epsilon dq_1 - \frac{2}{9C} q_1 dq_1$$

U₁ - заряд, установившийся на первом конденсаторе через длительное время (тогда первый конденсатор эквивалентен разрыву)*

$$Q = \frac{2}{3} \epsilon \int dq_1 - \frac{2}{9C} \int q_1 dq_1 = \frac{2}{3} \epsilon q_1^* - \frac{2}{9C} \left(\frac{q_1^{*2}}{2} \right) = \frac{2}{3} \epsilon q_1^* - \frac{1}{9C} q_1^{*2}$$

$$q_1^* = C_1 \cdot \epsilon = 3C \epsilon$$

$$Q = \frac{2}{3} \epsilon \cdot 3C \epsilon - \frac{1}{9C} (3C \epsilon)^2 = 2C \epsilon^2 - \frac{1}{2} C \epsilon^2 = \frac{3}{2} C \epsilon^2$$

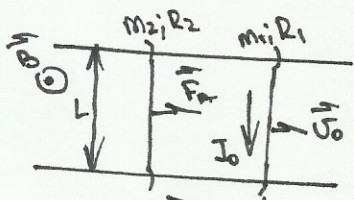
$$Q = \frac{9}{16} C \epsilon^2$$

③ когда ток через C₂ равен I₀, то по пункту ② I = 2I₀ ⇒ U_R = 2I₀R

Ответ: ① ток через резистор сразу после замыкания ключа: $\frac{3\epsilon}{4R}$

② выделится теплота: $\frac{9}{16} C \epsilon^2$

③ напряжение на резисторе в этот момент 2I₀R



$m_1 = m$
 $R_1 = R$
 $m_2 = m/2$
 $R_2 = 4R$

① В начальный момент времени

$\mathcal{E}_i = Bv_0 L$
 I_0 - ток в контуре в начальный момент
 $I_0(R_1 + R_2) = \mathcal{E}_i \Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}_i}{5R} = \frac{Bv_0 L}{5R}$
 $a_2 = \frac{FA}{m_2} = \frac{BI_0 L}{m/2} = \frac{2B^2 L^2 v_0}{5mR}$

② На перемычку действует сила Ампера равная по величине и противоположная по направлению \Rightarrow из второго закона Ньютона ($dP = F \cdot dt$):

$m_2 \cdot v = -(m_1 v - m_1 v_0)$, где v - скорость установившегося движения
 $(m_2 + m_1)v = m_1 v_0 \Rightarrow v = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_0 = \frac{m}{\frac{3}{2}m} v_0 = \frac{2}{3} v_0$

③ Пусть $v_{отн}$ - относительная скорость первой пластины относительно второй; dl - изменение расстояния между пластинками
 тогда: $dl = v_{отн} dt$ (*)

аналогично ①: $I = \frac{Bv_{отн} L}{5R}$

$a_2 = \frac{FA}{m_2} = \frac{BI_0 L}{m/2} = \frac{2B^2 L^2 v_{отн}}{5mR}$; $a_1 = \frac{FA}{m_1} = \frac{BI_0 L}{m} = \frac{B^2 L^2 v_{отн}}{5mR}$

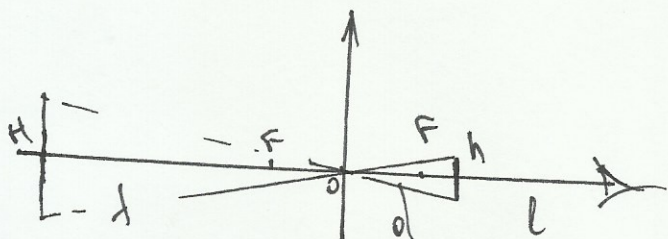
$\frac{dv_{отн}}{dt} = (a_1 + a_2) = -\frac{3B^2 L^2 v_{отн}}{5mR} \Rightarrow dt = -\frac{5mR}{3B^2 L^2 v_{отн}} dv_{отн}$ (**)
 Тогда: $dl = -\frac{5mR}{3B^2 L^2} dv_{отн}$ (***) \rightarrow (*)

$\Delta l = -\frac{5mR}{3B^2 L^2} \int_{v_0}^0 dv_{отн} = \frac{5mR v_0}{3B^2 L^2}$

Ответ ① ускорение перемычки 2 в начальный момент: $\frac{2B^2 L^2 v_0}{5mR}$

② $\frac{2}{3} v_0$

③ $\Delta l = \frac{5mR v_0}{3B^2 L^2}$



- ① глаз расположен на расстоянии $l = 24 \text{ см}$ от изображения
 f - расстояние от линзы до предмета
 d - расстояние от линзы до изображения
 X - расстояние от глаза до линзы

формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{F \cdot f}{f - F} = \frac{12 \text{ см} \cdot 48 \text{ см}}{48 \text{ см} - 12 \text{ см}} = 16 \text{ см}$

тогда $X = l + d$

- ② минимальный диаметр линзы, при котором наблюдатель сможет увидеть изображение целиком равен размеру полученного изображения

$$\frac{h}{H} = \frac{d}{f} \Rightarrow h = H \cdot \frac{d}{f} = 9 \text{ см} \cdot \frac{16 \text{ см}}{48 \text{ см}} = 3 \text{ см}$$

$\Rightarrow \underline{D_{\text{min}} = 3 \text{ см}}$

- ③ расположим пластину так, чтобы её изображение ^{в линзе} находилось в глазу наблюдателя для этого расположим её на расстоянии f' между линзой и циферблатом

тогда: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{X} \Rightarrow f' = \frac{F \cdot X}{X - F} = \frac{12 \text{ см} \cdot 30 \text{ см}}{30 \text{ см} - 12 \text{ см}} = \underline{20 \text{ см}}$

- Ответ: ① на расстоянии 30 см от линзы
 ② $D_{\text{min}} = 3 \text{ см}$
 ③ между циферблатом и линзой на расстоянии 20 см от линзы

Цепковух.

$$q_1 = q_2 = q$$

$$u_1 + u_2$$

$$C = \frac{q}{u}$$

$$\begin{cases} E = u_1^* + u_2^* \\ u_2^* = IR \end{cases}$$

$$\delta Q = \cancel{I^2 R dt} = \boxed{I \cdot dt} \quad u_2^* = dQ; u_2^*$$

$$\begin{cases} E = \frac{Q_1}{3C} + \frac{Q_2}{C} \\ \frac{Q_2}{C} = IR \end{cases} \quad E = \frac{Q_1}{3C} + \frac{dQ_1}{dt} R$$

$$\frac{dQ_1}{3C} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16} \right) \Delta E =$$

$$E_i = BL(u_1 - u_2)$$

$$dL = (u_1 - u_2) dt$$

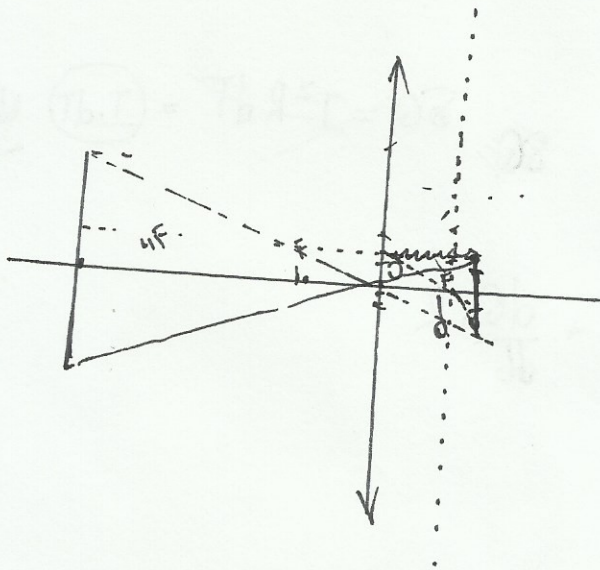
~~Рис~~

$$Q_2 = \frac{2B^2 L^2 U_{0TH}}{5mR}$$

$$Q_1 = \frac{B^2 L^2 U_{0TH}}{20mR}$$

$$dU_{0TH} = - \frac{2B^2 L^2 U_{0TH}}{5mR} dt \left(1 + \frac{1}{8} \right) = - \frac{9B^2 L^2 U_{0TH}}{20 \cdot mR} dt$$

Черновики



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f}$$

$$d = \frac{F \cdot f}{f - F}$$

$$d = \frac{12 \text{ cm} \cdot 48 \text{ cm}}{48 \text{ cm} - 12 \text{ cm}} = 16 \text{ cm}$$