

**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-01  
Часть 1**

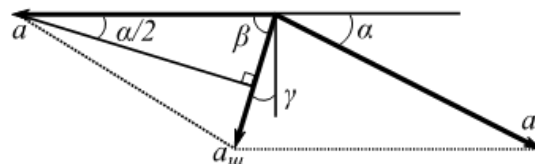
1. Пусть  $M$  – масса шара,  $m$  – масса клина,  $a$  – ускорение клина,  $T$  – сила натяжения нити.

1) Ускорение шара относительно клина тоже  $a$ . Ускорение шара  $a_{ш}$  равно сумме переносного и относительного ускорений (см. рис.).  $\beta = 90^\circ - \alpha / 2$ .

$$\sin \beta = \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \quad (\cos \beta = \frac{\sqrt{5}}{5}, \operatorname{tg} \beta = 2).$$

2) Уравнение движения для шара в проекциях на ось, перпендикулярную нити,  $Ma \sin \alpha = Mg \cos \alpha$ .

$$a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{g \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{3}{4} g.$$



3) Уравнения движения в проекциях на горизонтальную ось для шара и клина

$$M(a - a \cos \alpha) = T \cos \alpha, \quad ma = T - T \cos \alpha. \quad \text{Отсюда} \quad \frac{M}{m} = \frac{\cos \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} = \frac{15}{4}.$$

4) Относительно стола  $H = \frac{1}{2}(a \sin \alpha)t^2$ . Так как  $a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha}$ , то  $t = \sqrt{\frac{2H}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$ .

*Замечание.* Время можно найти, рассмотрев движение шара относительно клина.

2. Площадь под графиком зависимости теплоемкости от температуры есть теплота, полученная газом.

Зависимость линейная. При изменении температуры от  $T_0$  до  $T$  теплота  $Q = \nu \frac{1}{2}(C(T) + C(T_0))(T - T_0)$ .

$$1) -Q_1 = \nu \frac{1}{2} \left( C\left(\frac{5}{6}T_0\right) + C(T_0) \right) \left( \frac{5}{6}T_0 - T_0 \right) = -\frac{11}{36} \nu RT_0. \quad Q_1 = \frac{11}{36} \nu RT_0.$$

$$2) Q(T) = \nu \frac{1}{2} (C(T) + C(T_0))(T - T_0) = \nu R \left( 1 + \frac{T}{T_0} \right) (T - T_0). \quad Q(T) = \nu \frac{3}{2} R(T - T_0) + A. \quad \text{Отсюда}$$

$A = \frac{\nu R}{2T_0}(T - T_0)(2T - T_0)$ . Имеем параболическую зависимость. Минимальная работа  $A_M$  при

$$T_M = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2}T_0 + T_0 \right) = \frac{3}{4}T_0.$$

$$3) A_M = A(T_M) = -\frac{1}{16} \nu RT_0 < 0.$$

**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-01**  
**Часть 2**

3. 1) До замыкания напряжение на  $C_2$  равно  $U_{02} = \frac{EC_1}{C_1+C_2} = \frac{2}{3}E$ . Ток  $I_{0R} = \frac{U_{02}}{R} = \frac{2}{3} \frac{E}{R}$ .

2) Работа источника  $A = Q + \Delta W_C$ .  $A = E \left( C_1 E - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E \right) = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Изменение энергии конденсаторов  $\Delta W_C = \frac{1}{2} C_1 E^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Отсюда  $Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{2}{3} CE^2$ .

3) Пусть в некоторый момент после замыкания заряд левой обкладки у  $C_1$  равен  $q_1$ , а заряд нижней обкладки у  $C_2$  равен  $q_2$ . Тогда  $E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = 0$ . За малое время  $\Delta t$  будет  $\Delta \left( E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} \right) = 0$ .

$-\frac{\Delta q_1}{\Delta t C_1} + \frac{\Delta q_2}{\Delta t C_2} = 0$ .  $-\frac{I_1}{C_1} + \frac{I_2}{C_2} = 0$ .  $\frac{I_1}{C_1} = \frac{I_2}{C_2}$ . У нас  $\frac{I_1}{2} = I_2$ ,  $I_1 = I_0$ ,  $I_2 = \frac{1}{2} I_0$ . Ток в резисторе

$$I = I_1 + I_2 = \frac{3}{2} I_0.$$

4. 1) Начальный ток  $I_0 = \frac{BV_0 L}{R_1 + R_2}$ . Ускорение второй перемычки  $a_{02} = \frac{BI_0 L}{m_2} = \frac{B^2 V_0 L^2}{m_2 (R_1 + R_2)} = \frac{1}{6} \frac{B^2 V_0 L^2}{mR}$ .

2) Суммарная сила на перемычки равна нулю. Поэтому  $m_1 V_0 = (m_1 + m_2) V$ .  $V = V_0 / 3$ .

3) Пусть в произвольный момент  $V_1$  и  $V_2$  - скорости перемычек,  $S_1$  и  $S_2$  - их пути,  $I$  - ток. Тогда  $m_2 \frac{\Delta V_2}{\Delta t} = BIL = BL \frac{BV_1 L - BV_2 L}{R_1 + R_2}$ .  $m_2 \Delta V_2 = BL \frac{BV_1 \Delta t L - BV_2 \Delta t L}{R_1 + R_2} = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (\Delta S_1 - \Delta S_2)$ . Суммируем:

$$m_2 (V - 0) = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (S_1 - S_2). \text{ Надо найти } S = S_0 - (S_1 - S_2). \text{ С учетом } V = V_0 / 3 \text{ находим } S = S_0 - \frac{2V_0 R m}{B^2 L^2}.$$

5. На рисунке  $A_1 B_1$  - изображение, рассматриваемое глазом  $\Gamma$ . У нас  $F = 9$  см,  $d = 36$  см,  $d_0 = 24$  см.

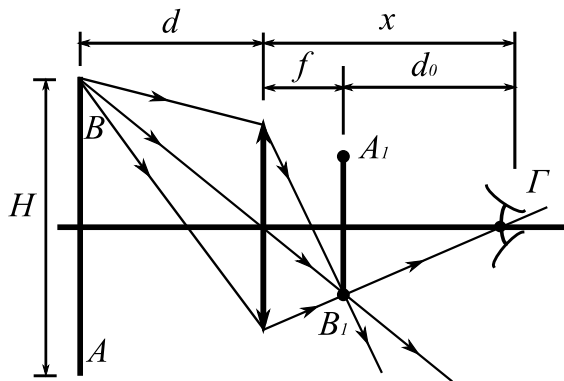
1)  $f = \frac{dF}{d-F} = 12$  см.  $x = f + d_0 = 36$  см.

2) На рисунке показан ход лучей через линзу от т.  $B$  при минимальном диаметре линзы  $D_M$ . Пусть  $A_1 B_1 = h$ .

$$h = \frac{f}{d} H = 3 \text{ см. } \frac{D_M}{h} = \frac{x}{d_0}, \quad D_M = \frac{hx}{d_0} = 4,5 \text{ см.}$$

3) Все лучи, попавшие в зрачок глаза после прохождения линзы, должны выйти из точки, сопряженной зрачку в линзе.  $\frac{1}{z} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ . Экран надо

поместить на главной оптической оси линзы слева от линзы на расстоянии  $z = \frac{xF}{x-F} = 12$  см.



**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-02  
Часть 1**

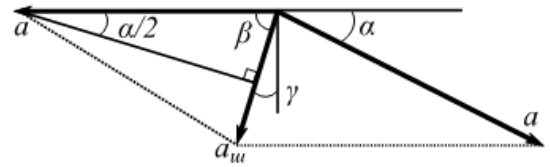
1. Пусть  $M$  – масса шара,  $m$  – масса клина,  $a$  – ускорение клина,  $T$  – сила натяжения нити.

1) Ускорение шара относительно клина тоже  $a$ . Ускорение шара  $a_{ш}$  равно сумме переносного и относительного ускорений (см. рис.).  $\gamma = \alpha / 2$ .

$$\cos \gamma = \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{3}{\sqrt{10}} \quad (\sin \gamma = \frac{1}{\sqrt{10}}, \operatorname{tg} \gamma = \frac{1}{3}).$$

2) Уравнение движения для шара в проекциях на ось, перпендикулярную нити,  $Ma \sin \alpha = Mg \cos \alpha$ .

$$a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{g \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{4}{3} g.$$



3) Уравнения движения в проекциях на горизонтальную ось для шара и клина

$$M(a - a \cos \alpha) = T \cos \alpha, \quad ma = T - T \cos \alpha. \quad \text{Отсюда} \quad \frac{M}{m} = \frac{\cos \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} = 20.$$

4) Относительно стола  $H = \frac{1}{2}(a \sin \alpha)t^2$ . Так как  $a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha}$ , то  $t = \sqrt{\frac{2H}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{5H}{2g}}$ .

*Замечание.* Время можно найти, рассмотрев движение шара относительно клина.

2. Площадь под графиком зависимости теплоемкости от температуры есть теплота, полученная газом.

Зависимость линейная. При изменении температуры от  $T_0$  до  $T$  теплота  $Q = \nu \frac{1}{2}(C(T) + C(T_0))(T - T_0)$ .

$$1) -Q_1 = \nu \frac{1}{2} \left( C\left(\frac{1}{2}T_0\right) + C(T_0) \right) \left( \frac{1}{2}T_0 - T_0 \right) = -\frac{15}{16} \nu RT_0. \quad Q_1 = \frac{15}{16} \nu RT_0.$$

$$2) Q(T) = \nu \frac{1}{2} (C(T) + C(T_0))(T - T_0) = \nu R \frac{1}{2} \left( \frac{5}{2} + \frac{5T}{2T_0} \right) (T - T_0). \quad Q(T) = \nu \frac{3}{2} R(T - T_0) + A. \quad \text{Отсюда}$$

$A = \frac{\nu R}{4T_0}(T - T_0)(5T - T_0)$ . Имеем параболическую зависимость. Минимальная работа  $A_M$  при

$$T_M = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{5}T_0 + T_0 \right) = \frac{3}{5}T_0.$$

$$3) A_M = A(T_M) = -\frac{1}{5} \nu RT_0 < 0.$$

**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-02**  
**Часть 2**

3. 1) До замыкания напряжение на  $C_2$  равно  $U_{02} = \frac{EC_1}{C_1+C_2} = \frac{3}{4}E$ . Ток  $I_{0R} = \frac{U_{02}}{R} = \frac{3}{4} \frac{E}{R}$ .

2) Работа источника  $A = Q + \Delta W_C$ .  $A = E \left( C_1 E - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E \right) = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Изменение энергии конденсаторов  $\Delta W_C = \frac{1}{2} C_1 E^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Отсюда  $Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{9}{8} CE^2$ .

3) Пусть в некоторый момент после замыкания заряд левой обкладки у  $C_1$  равен  $q_1$ , а заряд нижней обкладки у  $C_2$  равен  $q_2$ . Тогда  $E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = 0$ . За малое время  $\Delta t$  будет  $\Delta \left( E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} \right) = 0$ .

$-\frac{\Delta q_1}{\Delta t C_1} + \frac{\Delta q_2}{\Delta t C_2} = 0$ .  $-\frac{I_1}{C_1} + \frac{I_2}{C_2} = 0$ .  $\frac{I_1}{C_1} = \frac{I_2}{C_2}$ . У нас  $\frac{I_1}{3} = I_2$ ,  $I_2 = I_0$ ,  $I_1 = 3I_0$ . Ток в резисторе

$I = I_1 + I_2 = 4I_0$ . Напряжение на резисторе  $U = IR = 4I_0 R$ .

4. 1) Начальный ток  $I_0 = \frac{BV_0 L}{R_1 + R_2}$ . Ускорение второй перемычки  $a_{02} = \frac{BI_0 L}{m_2} = \frac{B^2 V_0 L^2}{m_2 (R_1 + R_2)} = \frac{2}{5} \frac{B^2 V_0 L^2}{mR}$ .

2) Суммарная сила на перемычки равна нулю. Поэтому  $m_1 V_0 = (m_1 + m_2) V$ .  $V = 2V_0 / 3$ .

3) Пусть в произвольный момент  $V_1$  и  $V_2$  - скорости перемычек,  $S_1$  и  $S_2$  - их пути,  $I$  - ток. Тогда  $m_2 \frac{\Delta V_2}{\Delta t} = BIL = BL \frac{BV_1 L - BV_2 L}{R_1 + R_2}$ .  $m_2 \Delta V_2 = BL \frac{BV_1 \Delta t L - BV_2 \Delta t L}{R_1 + R_2} = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (\Delta S_1 - \Delta S_2)$ . Суммируем:

$m_2 (V - 0) = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (S_1 - S_2)$ . Надо найти  $\Delta S = S_1 - S_2$ . С учетом  $V = 2V_0 / 3$  находим  $\Delta S = \frac{5V_0 R m}{3B^2 L^2}$ .

5. На рисунке  $A_1 B_1$  - изображение, рассматриваемое глазом  $\Gamma$ . У нас  $F = 12$  см,  $d = 48$  см,  $d_0 = 24$  см.

1)  $f = \frac{dF}{d-F} = 16$  см.  $x = f + d_0 = 40$  см.

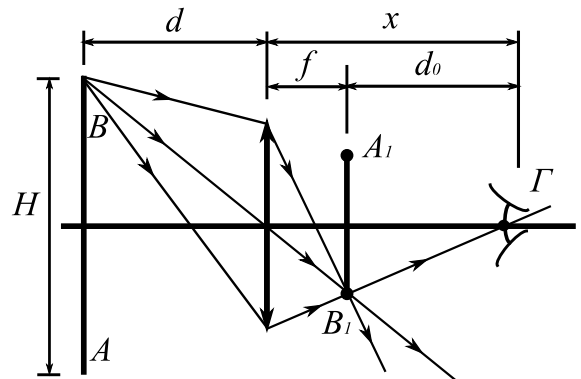
2) На рисунке показан ход лучей через линзу от т.  $B$  при минимальном диаметре линзы  $D_M$ . Пусть  $A_1 B_1 = h$ .

$h = \frac{f}{d} H = 3$  см.  $\frac{D_M}{h} = \frac{x}{d_0}$ ,  $D_M = \frac{hx}{d_0} = 5$  см.

3) Все лучи, попавшие в зрачок глаза после прохождения линзы, должны выйти из точки,

сопряженной зрачку в линзе.  $\frac{1}{z} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ . Экран надо

поместить на главной оптической оси линзы слева от линзы на расстоянии  $z = \frac{xF}{x-F}$ .  $z = 120/7$  см = 17,1 см.



**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-03**  
**Часть 1**

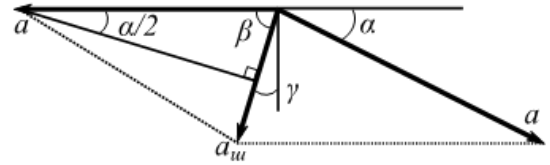
1. Пусть  $M$  – масса шара,  $m$  – масса клина,  $a$  – ускорение клина,  $T$  – сила натяжения нити.

1) Ускорение шара относительно клина тоже  $a$ . Ускорение шара  $a_{ш}$  равно сумме переносного и относительного ускорений (см. рис.).  $\beta = 90^\circ - \alpha/2$ .

$$\sin \beta = \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{3}{\sqrt{13}} \quad (\cos \beta = \frac{2}{\sqrt{13}}, \operatorname{tg} \beta = \frac{3}{2}).$$

2) Уравнение движения для шара в проекциях на ось, перпендикулярную нити,  $Ma \sin \alpha = Mg \cos \alpha$ .

$$a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{g \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{5}{12} g.$$



3) Уравнения движения в проекциях на горизонтальную ось для шара и клина

$$M(a - a \cos \alpha) = T \cos \alpha, \quad ma = T - T \cos \alpha. \quad \text{Отсюда} \quad \frac{M}{m} = \frac{\cos \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} = \frac{65}{64}.$$

4) Относительно стола  $H = \frac{1}{2}(a \sin \alpha)t^2$ . Так как  $a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha}$ , то  $t = \sqrt{\frac{2H}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{26H}{5g}}$ .

*Замечание.* Время можно найти, рассмотрев движение шара относительно клина.

2. Площадь под графиком зависимости теплоемкости от температуры есть теплота, полученная газом.

Зависимость линейная. При изменении температуры от  $T_0$  до  $T$  теплота  $Q = \nu \frac{1}{2}(C(T) + C(T_0))(T - T_0)$ .

$$1) -Q_1 = \nu \frac{1}{2} \left( C\left(\frac{3}{5}T_0\right) + C(T_0) \right) \left( \frac{3}{5}T_0 - T_0 \right) = -\frac{24}{25} \nu RT_0. \quad Q_1 = \frac{24}{25} \nu RT_0.$$

$$2) Q(T) = \nu \frac{1}{2} (C(T) + C(T_0))(T - T_0) = \nu R \frac{3}{2} \left( 1 + \frac{T}{T_0} \right) (T - T_0). \quad Q(T) = \nu \frac{3}{2} R(T - T_0) + A. \quad \text{Отсюда}$$

$A = \frac{3\nu R}{2T_0}(T - T_0)T$ . Имеем параболическую зависимость. Минимальная работа  $A_M$  при

$$T_M = \frac{1}{2}(T_0 + 0) = \frac{1}{2}T_0.$$

$$3) A_M = A(T_M) = -\frac{3}{8} \nu RT_0 < 0.$$

**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-03  
Часть 2**

3. 1) До замыкания напряжение на  $C_2$  равно  $U_{02} = \frac{EC_1}{C_1+C_2} = \frac{4}{5}E$ . Ток  $I_{0R} = \frac{U_{02}}{R} = \frac{4}{5} \frac{E}{R}$ .

2) Работа источника  $A = Q + \Delta W_C$ .  $A = E \left( C_1 E - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E \right) = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Изменение энергии конденсаторов  $\Delta W_C = \frac{1}{2} C_1 E^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Отсюда  $Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{8}{5} CE^2$ .

3) Пусть в некоторый момент после замыкания заряд левой обкладки у  $C_1$  равен  $q_1$ , а заряд нижней обкладки у  $C_2$  равен  $q_2$ . Тогда  $E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = 0$ . За малое время  $\Delta t$  будет  $\Delta \left( E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} \right) = 0$ .

$-\frac{\Delta q_1}{\Delta t C_1} + \frac{\Delta q_2}{\Delta t C_2} = 0$ .  $-\frac{I_1}{C_1} + \frac{I_2}{C_2} = 0$ .  $\frac{I_1}{C_1} = \frac{I_2}{C_2}$ . У нас  $\frac{I_1}{4} = I_2$ ,  $I_1 = I_0$ ,  $I_2 = \frac{1}{4} I_0$ . Ток в резисторе

$I = I_1 + I_2 = \frac{5}{4} I_0$ . Напряжение на резисторе  $U = IR = \frac{5}{4} I_0 R$ .

4. 1) Начальный ток  $I_0 = \frac{BV_0 L}{R_1 + R_2}$ . Ускорение первой перемычки  $a_{01} = \frac{BI_0 L}{m_1} = \frac{B^2 V_0 L^2}{m_1 (R_1 + R_2)} = \frac{1}{8} \frac{B^2 V_0 L^2}{mR}$ .

2) Суммарная сила на перемычки равна нулю. Поэтому  $m_1 V_0 = (m_1 + m_2) V$ .  $V = 2V_0 / 3$ .

3) Пусть в произвольный момент  $V_1$  и  $V_2$  - скорости перемычек,  $S_1$  и  $S_2$  - их пути,  $I$  - ток. Тогда  $m_2 \frac{\Delta V_2}{\Delta t} = BIL = BL \frac{BV_1 L - BV_2 L}{R_1 + R_2}$ .  $m_2 \Delta V_2 = BL \frac{BV_1 \Delta t L - BV_2 \Delta t L}{R_1 + R_2} = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (\Delta S_1 - \Delta S_2)$ . Суммируем:

$m_2 (V - 0) = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (S_1 - S_2)$ . Надо найти  $S = S_0 - (S_1 - S_2)$ . С учетом  $V = 2V_0 / 3$  находим

$S = S_0 - \frac{8V_0 R m}{3B^2 L^2}$ .

5. На рисунке  $A_1 B_1$  - изображение, рассматриваемое глазом  $\Gamma$ . У нас  $F = 18$  см,  $d = 72$  см,  $d_0 = 24$  см.

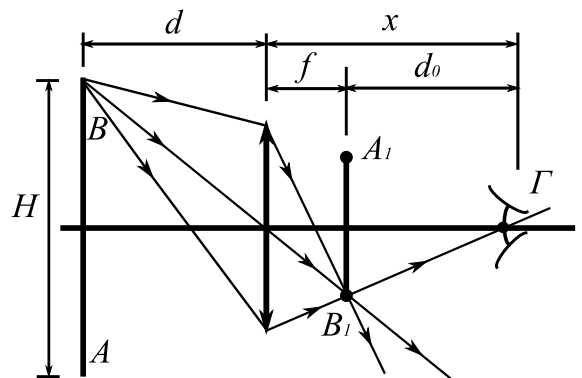
1)  $f = \frac{dF}{d-F} = 24$  см.  $x = f + d_0 = 48$  см.

2) На рисунке показан ход лучей через линзу от т.  $B$  при минимальном диаметре линзы  $D_M$ . Пусть  $A_1 B_1 = h$ .

$h = \frac{f}{d} H = 3$  см.  $\frac{D_M}{h} = \frac{x}{d_0}$ ,  $D_M = \frac{hx}{d_0} = 6$  см.

3) Все лучи, попавшие в зрачок глаза после прохождения линзы, должны выйти из точки, сопряженной зрачку в линзе.  $\frac{1}{z} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ . Экран надо

поместить на главной оптической оси линзы слева от линзы на расстоянии  $z = \frac{x F}{x - F}$ .  $z = 144/5$  см = 28,8 см.



**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-04**  
**Часть 1**

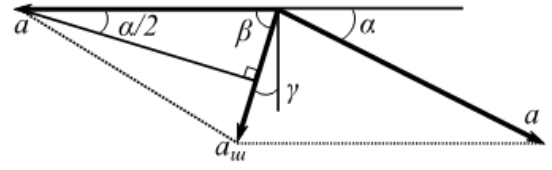
1. Пусть  $M$  – масса шара,  $m$  – масса клина,  $a$  – ускорение клина,  $T$  – сила натяжения нити.

1) Ускорение шара относительно клина тоже  $a$ . Ускорение шара  $a_{ш}$  равно сумме переносного и относительного ускорений (см. рис.).  $\gamma = \alpha / 2$ .

$$\cos \gamma = \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{5}{\sqrt{34}} \quad (\sin \gamma = \frac{3}{\sqrt{34}}, \operatorname{tg} \gamma = \frac{3}{5}).$$

2) Уравнение движения для шара в проекциях на ось, перпендикулярную нити,  $Ma \sin \alpha = Mg \cos \alpha$ .

$$a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{g \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{8}{15} g.$$



3) Уравнения движения в проекциях на горизонтальную ось для шара и клина

$$M(a - a \cos \alpha) = T \cos \alpha, \quad ma = T - T \cos \alpha. \quad \text{Отсюда } \frac{M}{m} = \frac{\cos \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} = \frac{136}{81}.$$

4) Относительно стола  $H = \frac{1}{2}(a \sin \alpha)t^2$ . Так как  $a = \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha}$ , то  $t = \sqrt{\frac{2H}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{17H}{4g}}$ .

*Замечание.* Время можно найти, рассмотрев движение шара относительно клина.

2. Площадь под графиком зависимости теплоемкости от температуры есть теплота, полученная газом.

Зависимость линейная. При изменении температуры от  $T_0$  до  $T$  теплота  $Q = \nu \frac{1}{2}(C(T) + C(T_0))(T - T_0)$ .

1)  $-Q_1 = \nu \frac{1}{2} \left( C\left(\frac{3}{4}T_0\right) + C(T_0) \right) \left( \frac{3}{4}T_0 - T_0 \right) = -\frac{63}{160} \nu RT_0.$   $Q_1 = \frac{63}{160} \nu RT_0.$

2)  $Q(T) = \nu \frac{1}{2} (C(T) + C(T_0))(T - T_0) = \frac{9\nu R}{10T_0} (T + T_0)(T - T_0).$   $Q(T) = \nu \frac{3}{2} R(T - T_0) + A.$  Отсюда

$A = \frac{3\nu R}{10T_0} (T - T_0)(3T - 2T_0).$  Имеем параболическую зависимость. Минимальная работа  $A_M$  при

$$T_M = \frac{1}{2} \left( \frac{2}{3}T_0 + T_0 \right) = \frac{5}{6}T_0.$$

3)  $A_M = A(T_M) = -\frac{1}{40} \nu RT_0 < 0.$

**Олимпиада «Физтех». 2021 г. Физика. Решения. Вариант 11-04**  
**Часть 2**

3. 1) До замыкания напряжение на  $C_2$  равно  $U_{02} = \frac{EC_1}{C_1+C_2} = \frac{5}{6}E$ . Ток  $I_{0R} = \frac{U_{02}}{R} = \frac{5}{6} \frac{E}{R}$ .

2) Работа источника  $A = Q + \Delta W_C$ .  $A = E \left( C_1 E - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E \right) = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Изменение энергии конденсаторов  $\Delta W_C = \frac{1}{2} C_1 E^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2$ . Отсюда  $Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} E^2 = \frac{25}{12} CE^2$ .

3) Пусть в некоторый момент после замыкания заряд левой обкладки у  $C_1$  равен  $q_1$ , а заряд нижней обкладки у  $C_2$  равен  $q_2$ . Тогда  $E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = 0$ . За малое время  $\Delta t$  будет  $\Delta \left( E - \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} \right) = 0$ .

$-\frac{\Delta q_1}{\Delta t C_1} + \frac{\Delta q_2}{\Delta t C_2} = 0$ .  $-\frac{I_1}{C_1} + \frac{I_2}{C_2} = 0$ .  $\frac{I_1}{C_1} = \frac{I_2}{C_2}$ . У нас  $\frac{I_1}{5} = I_2$ ,  $I_2 = I_0$ ,  $I_1 = 5I_0$ . Ток в резисторе

$$I = I_1 + I_2 = 6I_0.$$

4. 1) Начальный ток  $I_0 = \frac{BV_0 L}{R_1 + R_2}$ . Ускорение первой перемишки  $a_{01} = \frac{BI_0 L}{m_1} = \frac{B^2 V_0^2 L^2}{m_1 (R_1 + R_2)} = \frac{1}{12} \frac{B^2 V_0^2 L^2}{mR}$ .

2) Суммарная сила на перемишки равна нулю. Поэтому  $m_1 V_0 = (m_1 + m_2) V$ .  $V = 4V_0 / 5$ .

3) Пусть в произвольный момент  $V_1$  и  $V_2$  - скорости перемишек,  $S_1$  и  $S_2$  - их пути,  $I$  - ток. Тогда  $m_2 \frac{\Delta V_2}{\Delta t} = BIL = BL \frac{BV_1 L - BV_2 L}{R_1 + R_2}$ .  $m_2 \Delta V_2 = BL \frac{BV_1 \Delta t L - BV_2 \Delta t L}{R_1 + R_2} = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (\Delta S_1 - \Delta S_2)$ . Суммируем:

$$m_2 (V - 0) = \frac{B^2 L^2}{R_1 + R_2} (S_1 - S_2). \text{ Надо найти } \Delta S = S_1 - S_2. \text{ С учетом } V = 4V_0 / 5 \text{ находим } \Delta S = \frac{12V_0 R m}{5B^2 L^2}.$$

5. На рисунке  $A_1 B_1$  - изображение, рассматриваемое глазом  $\Gamma$ . У нас  $F = 24$  см,  $d = 96$  см,  $d_0 = 24$  см.

1)  $f = \frac{dF}{d-F} = 32$  см.  $x = f + d_0 = 56$  см.

2) На рисунке показан ход лучей через линзу от т.  $B$  при минимальном диаметре линзы  $D_M$ . Пусть  $A_1 B_1 = h$ .

$$h = \frac{f}{d} H = 3 \text{ см. } \frac{D_M}{h} = \frac{x}{d_0}, \quad D_M = \frac{hx}{d_0} = 7 \text{ см.}$$

3) Все лучи, попавшие в зрачок глаза после прохождения линзы, должны выйти из точки, сопряженной зрачку в линзе.  $\frac{1}{z} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$ . Экран надо

поместить на главной оптической оси линзы слева от линзы на расстоянии  $z = \frac{xF}{x-F}$ .  $z = 42$  см.

