Часть 1

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

Шифр: **21200651**

ID профиля: **823950**

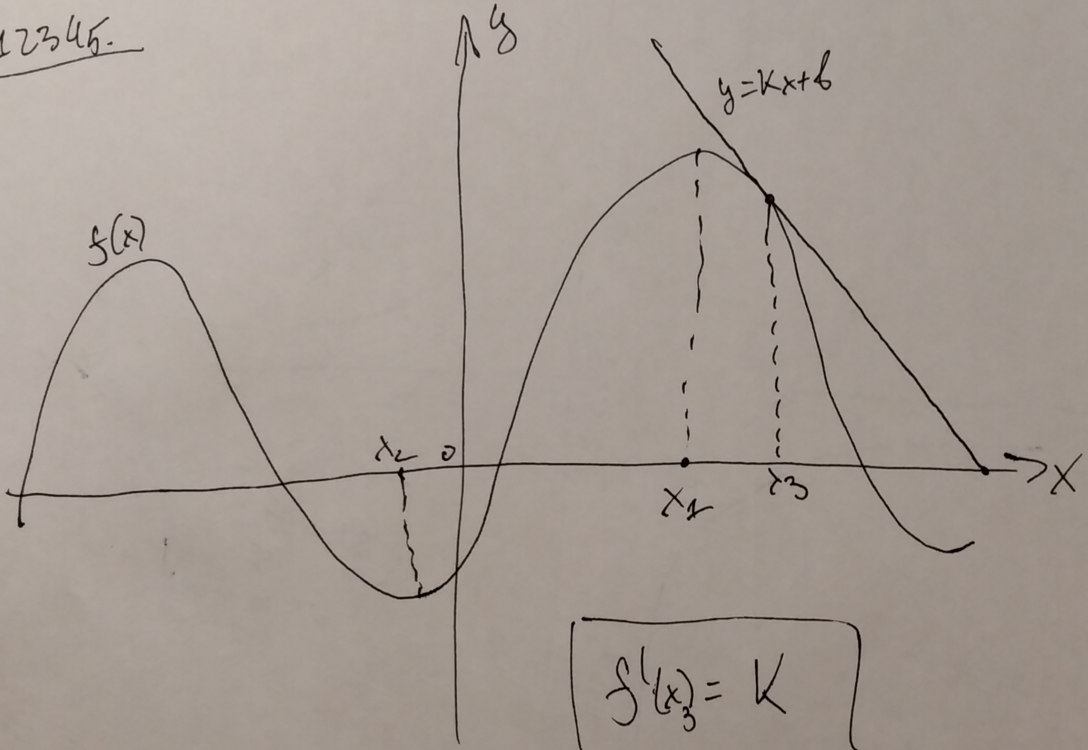
Вариант 8

Черновик

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Проверка качества.

№12345.



$$\boxed{f'(x_3) = k}$$

Ответ: $f'(x_3) = k$.

$4x^2 - 16x + 16 = 0 \quad | : 4$

$x^2 - 4x + 4 = 0$

Т.к. Виета: $x_1 x_2 = 4$, $x_1 + x_2 = 4$ | $x_1 = 2$, $x_2 = 2$

Ответ: 2.

21200651 (U823950 M1268866)

чистовик

$$a=\frac{\left(\frac{4}{5}+\frac{5}{13}\right)g}{\frac{5}{13}-\frac{3}{5}+\frac{6\cdot 13}{5\cdot 5}}=\frac{\frac{77}{5\cdot 13}g}{\frac{5}{13}-\frac{3}{5}+\frac{78}{25}}=\frac{\frac{77}{5\cdot 13}g}{\frac{5}{13}-\frac{2}{5}+\frac{78}{25}}=\frac{77g}{25-26+130}=$$

$$=\cancel{\frac{77}{129}g}\ \cancel{\Rightarrow}\ \boxed{\cancel{a=\frac{77}{129}g}}\approx 0{,}41g$$

9) $a_{бx}=g\sin\alpha-\frac{T}{5m}=g\sin\alpha-\frac{a}{5\sin\beta}\approx g\cdot\frac{3}{5}-\frac{0{,}41g}{5\cdot\frac{12}{13}}=-0{,}6g$

$a_{бy}=a\sin\alpha\approx 0{,}41g\cdot\frac{4}{5}\approx 0{,}33g.$

По th. Пифагора: $a_б=\sqrt{a_{бx}^2+a_{бy}^2}=\sqrt{(-0{,}6)^2g^2+0{,}33^2g^2}\approx 0{,}68g.$

10) Найдём ускорение шарика в проекции на ось z относительно клина: $a_{ш\ отн\ z}=a_{ш z}-a\sin\beta=a_{бx}-a\sin\beta=$

$=-0{,}6g-a\cdot\frac{12}{13}\approx-1{,}52g$

11) Из кинематики равноускоренного движения:

$$-\frac{h}{\sin\beta}=\frac{a_{ш\ отн\ z}\tau^2}{2}\Rightarrow\tau=\sqrt{\frac{-2h}{a_{ш\ отн\ z}\sin\beta}}=$$

$$=\sqrt{\frac{-2h}{-1{,}52g}}\approx 1{,}15\sqrt{\frac{h}{g}}.$$

Ответ: $a=\frac{\sin\alpha+\cos\beta}{\cos\alpha-\sin\beta+\frac{6}{5\sin\beta}}g\approx 0{,}41g$; $a_б=\sqrt{\left(g\sin\alpha-\frac{a}{5\sin\beta}\right)^2+a^2\sin^2\alpha}\approx 0{,}33g$; $\tau=\sqrt{\frac{-2h}{a_{ш\ отн\ z}\sin\beta}}\approx 1{,}15\sqrt{\frac{h}{g}}$, где

$a_{ш\ отн\ z}=g\sin\alpha-\frac{a}{5\sin\beta}-a\sin\beta.$

4) Запишем II закон Ньютона для шарика в проекции на ось y:

$$m a_{отн\,y} = T\sin\beta \text{, но } T = \frac{5}{6} mg(\sin\alpha + \cos\beta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{m} a_{отн\,y} = \frac{5}{6}\cancel{m} g(\sin\alpha + \cos\beta)\sin\beta$$, но, по условию, шарик занимает стационарный угол наклона нити относительно клина, значит: $a_{отн\,y} = a$, тогда:

$$a = \frac{5}{6} g(\sin\alpha + \cos\beta)\sin\beta$$, поскольку

$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$;

$\cos\beta = \frac{5}{13} \Rightarrow \sin\beta = \sqrt{1-\frac{25}{169}} = \sqrt{\frac{144}{169}} = \frac{12}{13}$, тогда:

$$a = \frac{5}{\cancel{6}} g\left(\frac{4}{5} + \frac{5}{13}\right)\cdot\frac{\cancel{12}^{2}}{13} = \frac{10}{13} g\left(\frac{52}{5\cdot13} + \frac{25}{5\cdot13}\right) =$$

$$= \frac{\cancel{10}^{2}}{13} g \cdot \frac{77}{\cancel{5}\cdot 13} = \frac{154}{169} g \Rightarrow \boxed{a = \frac{154}{169} g}$$

5) Из пункта 1: $5m a_{абс\,x} = 5mg\sin\alpha - T$, но $T = \frac{5}{6} mg(\sin\alpha + \cos\beta) \Rightarrow$

$$5\cancel{m} a_{абс\,x} = 5\cancel{m} g\sin\alpha - \frac{5}{6}\cancel{m} g(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$$a_{абс\,x} = g\underbrace{\sin\alpha}_{=\frac{4}{5}} - \frac{1}{6} g(\underbrace{\sin\alpha}_{=\frac{4}{5}} + \underbrace{\cos\beta}_{=\frac{5}{13}}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_{абс\,x} = \frac{4}{5} g - \frac{1}{\cancel{6}} g\left(\frac{4}{5} + \frac{5}{13}\right) = \frac{4}{5} g - g\cdot\frac{77\cdot 2}{5\cdot 13\cdot 13} =$$

$$= \frac{4\cdot 169 - 154}{5\cdot 13\cdot 13} g = \frac{830}{845} g = \frac{166}{169} g \Rightarrow \boxed{a_{абс\,x} = \frac{166}{169} g}$$

6) $a_{абс\,y} = a\sin\alpha = \frac{154}{169} g\cdot\frac{4}{5} = \frac{616}{845} g \Rightarrow \boxed{a_{абс\,y} = \frac{616}{845} g}$

Чистовик

Ответ: $\dfrac{T_1 - T_2}{T_2} = \dfrac{\sin\alpha \cos\alpha}{\sin\beta \cos\beta} - 1$, где $\alpha = 22{,}5^\circ$; $\beta = 15^\circ$.

№1. Дано:

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

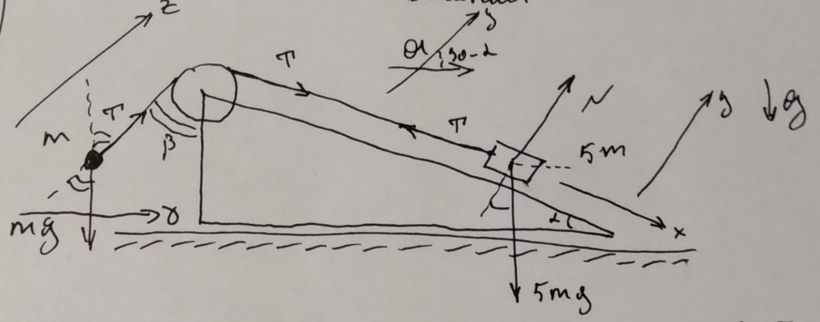
$m,\ 5m$

H

$\cos\beta = \frac{5}{13}$

$a,\ a_б,\ \tau$ — ?

Решение:



1) Запишем II закон Ньютона для $5m$ в проекции на оси:

$$Ox:\quad 5m a_{бx} = 5mg\sin\alpha - T$$

$$Oy:\quad 5m a_{бy} = -5mg\cos\alpha + N,$$

но брусок не отрывается от поверхности клина $\Rightarrow a_{бy} = a\cos(90-\alpha) = a\sin\alpha$, тогда:

$$5ma\sin\alpha = -5mg\cos\alpha + N$$

2) Запишем II закон Ньютона для шарика m в проекции на ось z:

$$m a_{шz} = T - mg\cos\beta$$

3) Условие нерастяжимости нити: $a_{бx} = a_{шz}$, тогда:

$$\div\begin{cases} 5m a_{бx} = 5mg\sin\alpha - T \\ m a_{шz} = m a_{бx} = T - mg\cos\beta \end{cases} \Rightarrow 5 = \frac{5mg\sin\alpha - T}{T - mg\cos\beta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5T - 5mg\cos\beta = 5mg\sin\alpha - T$$

$$6T = 5mg(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$$\boxed{T = \frac{5}{6}mg(\sin\alpha + \cos\beta)}$$

чистовик

$\cancel{\Delta V = -\frac{5}{2}\frac{p\Delta V}{\Delta R}}$

$$-\frac{5}{2} p\Delta V = p\Delta V + \Delta p V$$

$$-\frac{7}{2} p\Delta V = \Delta p V \Rightarrow \boxed{-\frac{7}{2} p = \frac{\Delta p V}{\Delta V}}$$

4) Процесс 1-2 описывается формулой для окружности:

$\boxed{p^2 + V^2 = R^2 = const}$, продифференцируем это соотношение по объёму:

$$2p\frac{\Delta p}{\Delta V} + 2V = 0$$

$$\cancel{2\frac{\Delta p}{1}\cdot\frac{V}{\Delta V} + \frac{2V^2}{p} = 0} \Rightarrow \text{т.к. } \cancel{\frac{\Delta V}{\Delta V} = -\frac{7}{2}\frac{p}{\Delta V}}$$

$$\cancel{2\cdot V\left(-\frac{7}{2}\frac{p}{\Delta V} - \frac{V}{\Delta V}\right) + \frac{2}{p} = 0}$$

$$\cancel{-7p}$$

$$\cancel{2\left(-\frac{7}{2}\frac{p}{V}\right)V + \frac{2V^2}{p} = 0}$$

$$-7\frac{p}{V} + \frac{2V^2}{p} = 0.$$

Т.к. $\frac{\Delta p}{\Delta V} = -\frac{7}{2}\frac{p}{V}$, то $2p\cdot\left(-\frac{7}{2}\frac{p}{V}\right) + 2V = 0.$

$$-7\frac{p^2}{V} + 2V^2 = 0$$

$$-7p^3 + 2V^3 = 0.$$

$5mg\sin\alpha - T = 5m\,a_{5x} \quad | : 5$

$$\cancel{m}a_{5x} = mg\sin\alpha - \frac{T}{5} = \frac{1}{6}\cancel{m}g(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$g\sin\alpha -$

$$a_{5x} = \frac{4}{5}g - \frac{1}{6}\cdot\frac{4}{5}g - \frac{1}{6}\cdot\frac{5}{13}g \approx$$

$\approx 0{,}6g$

21200651 (U823950 M1268866)

7)

По т. Пифагора: $\delta б = \sqrt{\delta б x^2 + \delta б y^2} = \sqrt{\frac{166^2}{169^2} g^2 + \frac{616^2}{845^2} g^2} =$

$= g \sqrt{\frac{166^2 \cdot 5^2}{169^2 \cdot 5^2} + \frac{616^2}{845^2}} = g \frac{689516}{845} \Rightarrow \boxed{\delta б = \frac{689516}{845} g}$

б)

$$(x^2)'_y = 2x \frac{dx}{dy}$$

$$x^2 + y^2 = const$$

$$2x \frac{dx}{dy} + 2y = 0.$$

Чистовик

№1. Дано:

$m, 5m$

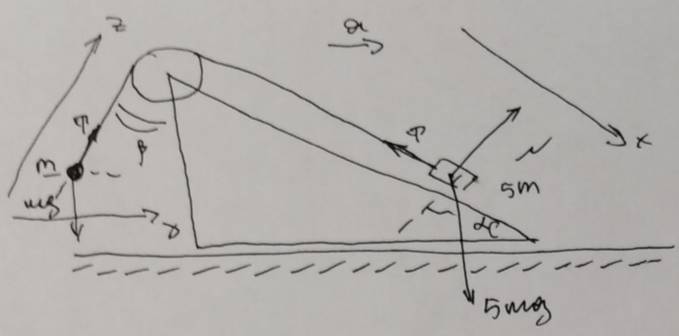
$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\beta = \frac{5}{13}$

$m, 5m, H$

$a, a_б, T - ?$

Решение:



1) Запишем II закон Ньютона для $5m$ в проекции на ось x:

$$\boxed{5m\,a_{бx} = 5mg\sin\alpha - T} \Rightarrow \boxed{a_{бx} = g\sin\alpha - \frac{T}{5m}}$$

2) Брусок не отрывается от поверхности клина =>

$$\Rightarrow \boxed{a_{бy} = a\sin\alpha}$$

3) Перейдём в СО клина: по закону сложения ускорений для $5m$: $\vec{a}_{б\,отн} = \vec{a}_{б\,абс} - \vec{a}$, тогда в проекции на ось Ox:

$$\boxed{a_{б\,отн\,x} = a_{бx} - a\cos\alpha}$$

Закон сложения ускорений для m: $\vec{a}_{m\,отн} = \vec{a}_{m\,абс} - \vec{a}$, тогда в проекции на ось z:

$$\boxed{a_{m\,отн\,z} = a_{mz} - a\sin\beta}$$

4) Из нерастяжимости нити следует, что:

$$a_{б\,отн\,x} = a_{m\,отн\,z}$$

$$a_{бx} - a\cos\alpha = a_{mz} - a\sin\beta$$

Черновик

Запишем ур-ние сост. ид. газа в процессе 1-2, пренебрегая малыми прира-щениями и без:

$$-\begin{cases} (p+\Delta p)(V+\Delta V) = \nu R (T+\Delta T) \\ pV = \nu R T \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad p\Delta V + \Delta p V + \underbrace{\Delta p \Delta V}_{\to 0} = \nu R \Delta T \quad \div \quad pV = \nu R T!$$

$$\boxed{\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta T}{T}}$$

Запишем I закон терм. для рассматриваемой точки:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A, \text{ где } \Delta U = \frac{5}{2}\nu R \Delta T; \quad \Delta A = p\Delta V,$$

но $\Delta Q = 0 \Rightarrow \quad 0 = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + p\Delta V$

$$0 = \frac{5}{2}(p\Delta V + \Delta p V) + p\Delta V$$

$$0 = \frac{7}{2} p\Delta V + \Delta p V \quad | : pV$$

$$0 = \frac{7}{2}\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta p}{p} \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta p}{p} = -\frac{7}{2}\frac{\Delta V}{V}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad \Delta p = p \cdot \left(-\frac{7}{2}\frac{\Delta V}{V}\right)$$

$$p\Delta V + p\left(-\frac{7}{2}\frac{\Delta V}{\cancel{V}}\right)\cancel{V} = \nu R \Delta T$$

$$-\frac{5}{2} p\Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\boxed{-\frac{5}{2} p\Delta V = \nu R \Delta T}$$

5

Чистовик

№2.

Дано:

$C_V = \frac{5}{2} R$

$Q_{2-1} = 0$

$\alpha = 22{,}5^\circ$

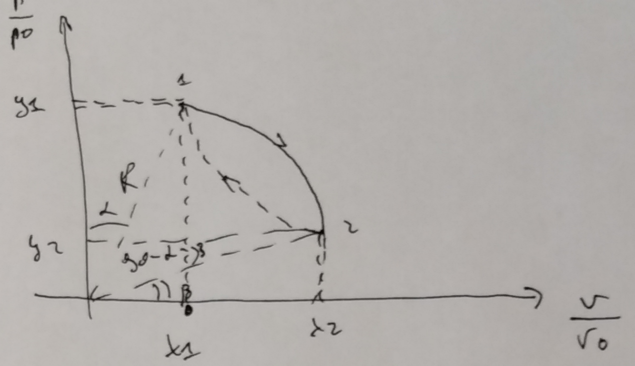
$\beta = 15^\circ$

$\frac{T_1 - T_2}{T_2}$ - ?

γ - ?

η ?

Решение:



1) Из геометрии: $x_1 = R\sin\alpha$; $x_2 = R\cos\beta$; $y_1 = R\cos\alpha$; $y_2 = R\sin\beta$

2) Запишем ур-ние состояния ид. газа в точках 1 и 2:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \qquad p_1 = p_0 y_1,\ p_2 = p_0 y_2$$
$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad \text{, но} \quad V_1 = V_0 x_1;\ V_2 = V_0 x_2 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} p_0 V_0\, x_1 y_1 = \nu R T_1 \\ p_0 V_0\, x_2 y_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \nu R (T_1 - T_2) = p_0 V_0 (x_1 y_1 - x_2 y_2),$$

поделим это на 2 выражение:

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{x_1 y_1 - x_2 y_2}{x_2 y_2} = \frac{x_1 y_1}{x_2 y_2} - 1 =$$

$$= \frac{\cancel{R}\sin\alpha \cdot \cancel{R}\cos\alpha}{\cancel{R}\cos\beta \cdot \cancel{R}\sin\beta} - 1 = \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\beta\cos\beta} - 1 \Rightarrow \boxed{\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\beta\cos\beta} - 1}$$

3) В точке с теплоёмкостью, равной 0 $\Delta Q = 0$.

Чистовик

$$\boxed{a_{бx} - a_{шz} = a(\cos\alpha - \sin\beta)}$$

5) Запишем II закон Ньютона для шарика в проекции на ось z:

$$m a_{шz} = T - mg\cos\beta$$

$$\boxed{a_{шz} = \frac{T}{m} - g\cos\beta}$$

6) Подставим значения ускорений:

$$g\sin\alpha - \frac{T}{5m} - \frac{T}{m} + g\cos\beta = a(\cos\alpha - \sin\beta)$$

$$\boxed{g(\sin\alpha + \cos\beta) - \frac{6}{5}\frac{T}{m} = a(\cos\alpha - \sin\beta)}$$

7) Запишем II закон Ньютона для шарика, учитывая, что в проекции на ось y он движется вместе с клином:

$$m a_{шy} = T\sin\beta, \quad a_{шy} = a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ma = T\sin\beta \Rightarrow \boxed{T = \frac{ma}{\sin\beta}}$$

8) $$g(\sin\alpha + \cos\beta) - \frac{6}{5}\frac{a}{\sin\beta} = a(\cos\alpha - \sin\beta)$$

$$a\left(\cos\alpha - \sin\beta + \frac{6}{5\sin\beta}\right) = g(\sin\alpha + \cos\beta)$$

$$a = \frac{\sin\alpha + \cos\beta}{\cos\alpha - \sin\beta + \frac{6}{5\sin\beta}}\, g, \quad \sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5},$$

$\sin\beta = \sqrt{1 - \frac{25}{169}} = \frac{12}{13}$, тогда!

Часть 2

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

Шифр: **21200651**

ID профиля: **823950**

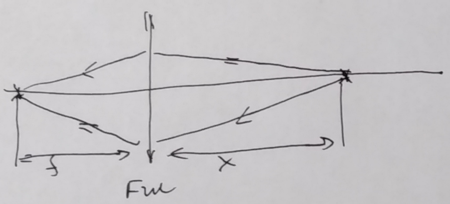
Вариант 8

Чистовик

$\boxed{D_1 = -\frac{5}{4l}}$

5) $\boxed{D_2 = \frac{5}{5} D_1 = -\frac{5}{4l}} = -\frac{5}{4\cdot 0{,}25} = -5$ дптр

6) Рассмотрим глаз без очков:



Формула тонкой линзы:

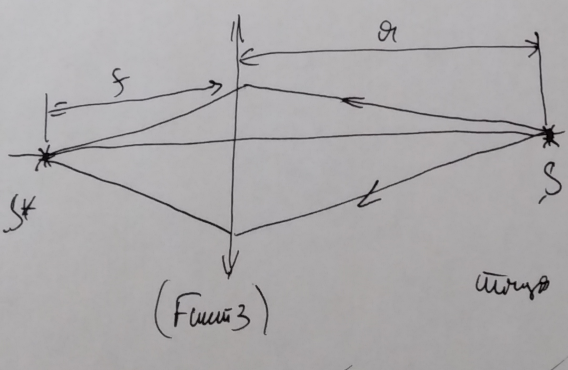
$D_{гл} = \frac{1}{x} + \frac{1}{f}$, где

$f = \frac{1}{D_{гл} + D_2}$, тогда:

$$\cancel{D_{гл}} = \frac{1}{x} + \cancel{D_{гл}} + D_2 \Rightarrow x = -\frac{1}{D_2} = -\frac{1}{-\frac{5}{4l}} =$$

$$= \frac{4}{5} l = \frac{4}{\cancel{5}} \cdot \cancel{25}^{5} = 20 \text{ см.} \Rightarrow \boxed{x = \frac{4}{5} l = 20 \text{ см}}$$

7) Рассмотрим систему „глаз + линза 3";



Формула тонкой линзы:

$D_{линз3} = \frac{1}{f} + \frac{1}{a}$, где

$D_{линз3} = D_{гл} + D_3$; $f = \frac{1}{D_{гл} + D_2}$

тогда:

$$\cancel{D_{гл}} + D_3 = \cancel{D_{гл}} + D_2 + \frac{1}{a}$$

$$D_3 = D_2 + \frac{1}{a} = -\frac{5}{4l} + \frac{1}{a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{D_3 = -\frac{5}{4l} + \frac{1}{a}} = -\frac{5}{4\cdot 0{,}25} + \frac{1}{0{,}5} = -5 + 2 = -3 \text{ дптр}$$

Чистовик

№5.

Дано:

$l = 25$ см;

$\frac{D_2}{D_1} = 5$

X, $d = 50$ см,

найти D_3 – ?

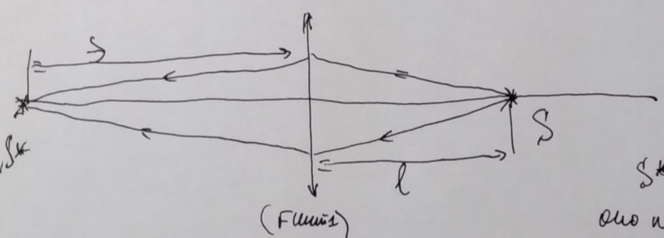
Решение:

1) Найдём оптическую силу системы "глаз + линза 1":

Они соединены вплотную => $\boxed{D_{сист1} = D_{гл} + D_1}$

2) Аналогично для системы $\boxed{D_{сист2} = D_{гл} + D_2}$

3) Для первой системы:

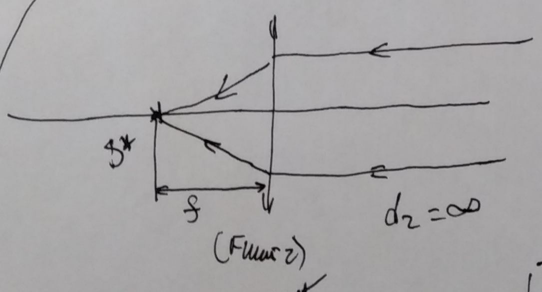


Запишем формулу тонкой линзы для системы 1:

S^* – действительное изобр. (т.к. оно попадает на сетчатку глаза),

тогда: $\boxed{D_{сист1} = \frac{1}{f} + \frac{1}{l}}$

4) Для второй системы:



f одинаковое, т.к. оно зависит от строения глаза.

$f = F_{сист2} = \frac{1}{D_{гл} + D_2}$, но

по условию $D_2 = 5 D_1$ => $\boxed{f = \frac{1}{D_{гл} + 5 D_1}}$

5) $D_{сист1} = \cancel{D_{гл}} + D_1 = \cancel{D_{гл}} + 5 D_1 + \frac{1}{l}$

$- 4 D_1 = \frac{1}{l}$

Чистовик

$$m a_x = -\frac{B^2 d^2}{R} v$$

$$m\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = -\frac{B^2 d^2}{R} v \quad | \cdot \Delta t$$

$$m \Delta v_x = -\frac{B^2 d^2}{R} v \Delta t \quad (**)$$, просуммируем соотношение (**) от момента начала выезда рамки до полного выезда:

$$m \underbrace{\sum \Delta v_x}_{=(v_2 - v_1)} = -\frac{B^2 d^2}{R} \underbrace{\sum v \Delta t}_{=\frac{2}{3}d}$$

$$m(v_2 - v_1) = -\frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{R} \Rightarrow v_2 = v_1 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm}$$, но

$$v_1 = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm} \Rightarrow \quad v_2 = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm} - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_2 = v_0 - \frac{4}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm}}$$

~~Ответ:~~ б) Если требовалось ускорение рамки после вхождения в поле, то оно равно 0, т.к. $\mathcal{E}_i$ компенсируют друг друга

Ответ: $a = \frac{B^2 v_0 d^2}{Rm}$ (при касании правой стороной поля) или $a = 0$ (при касании левой стороной границы поля); $v_1 = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm}$;

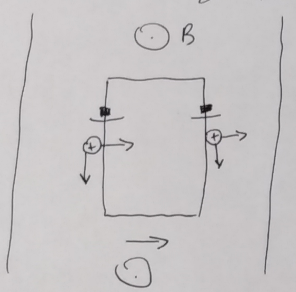
$v_2 = v_0 - \frac{4}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm}$.

Чистовик

Ответ: $x = \frac{4}{5} l = 20$ см; $D_2 = -\frac{5}{4l} = -5$ дптр; $D_3 = -\frac{5}{4l} + \frac{1}{a} = -3$ дптр

Чистовик

3) Рассмотрим рамку в произвольный момент внутри поля:

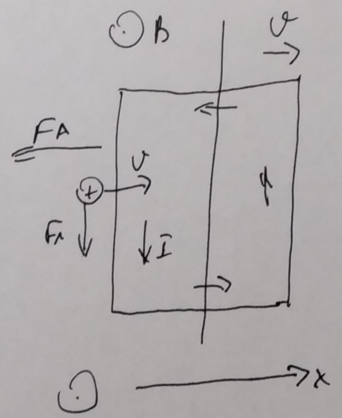


Видно, что $\mathcal{E}_i$, образующиеся в передней и задней сторонах рамки равны и взаимокомпенсируются, т.е. в рамке нет тока, а значит не возникает F_A => нет ускорения => рамка движется равномерно прямолинейно со скоростью u.

4) Значит, при выходе правой стороны рамки из поля скорость рамки ещё не поменялась и осталась равной u, тогда:

$$\boxed{v_1 = u = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{RM}}$$

5) Рассмотрим рамку в произвольный момент выхода из поля:



5.1) На заряды в левой стороне рамки действует $F_л$, порождающая $\mathcal{E}_i$:

$\mathcal{E}_i = BVd$, тогда по закону Ома:

$$\boxed{I = \frac{BVd}{R}}$$

5.2) Тогда на рамку действует $F_A = BId = \frac{B^2Vd^2}{R}$

5.3) Запишем II закон Ньютона для рамки в проекции на ось Ox:

$Ma_x = -F_A$

Чистовик

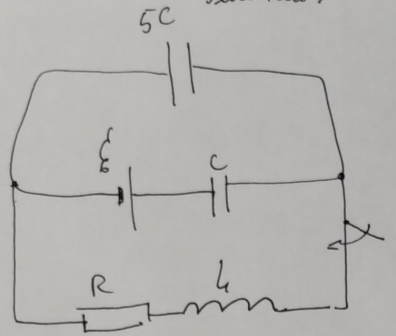
№3. Дано:

$C,\ 5C,\ \mathcal{E},\ R,\ L$

$\dot{I}_L(0),\ Q,$

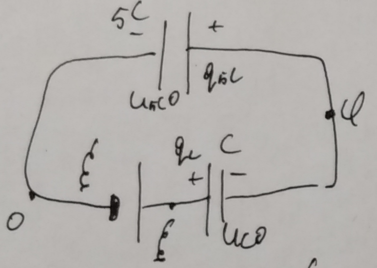
$I_{5C}(\tau)=I_0,\ U_R(\tau)$ – ?

Решение:



1) Рассмотрим цепь до замыкания ключа:

Метод потенциалов:



Цепь в установившемся режиме => => ток через конд. не течёт. Полярность конденсаторов задаёт источник, тогда $0<\varphi<\mathcal{E}$. Запишем потенциал φ через элементы цепи:

$$\begin{cases} \varphi = \mathcal{E} - U_{C0} \\ \varphi - U_{5C0} = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\mathcal{E} - U_{C0} = U_{5C0}}$$

Запишем закон сохранения заряда для правых обкладок конд.:

$$-q_C + q_{5C} = 0 \Rightarrow \boxed{q_C = q_{5C} = q_0}, \text{ но}$$

$$U_{C0} = \frac{q_0}{C};\quad U_{5C0} = \frac{q_0}{5C}, \text{ тогда:}$$

$$\mathcal{E} - \frac{q_0}{C} = \frac{q_0}{5C} \Rightarrow \frac{6}{5}\frac{q_0}{C} = \mathcal{E} \Rightarrow q_0 = \frac{5\mathcal{E}C}{6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{C0} = \frac{q_0}{C} = \frac{5}{6}\mathcal{E}},\quad \boxed{U_{5C0} = \frac{q_0}{5C} = \frac{1}{6}\mathcal{E}}$$

$U_L(t_{уст}) = U_R(t_{уст}) = 0 \Rightarrow$ разность потенциалов (источник) $\varphi_A - \varphi_B = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{U_{RC}(t_{уст}) = \varphi_A - \varphi_B = 0} \Rightarrow$ ещё $\varphi_A - \varphi_B = -\mathcal{E} + U_C(t_{уст}) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{U_C(t_{уст}) = \mathcal{E}} \Rightarrow \boxed{q_C(t_{уст}) = CU_C(t_{уст}) = C\mathcal{E}}$

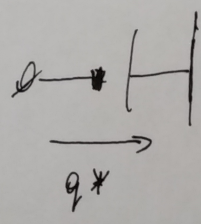
5) Энергия цепи в уст. режиме: $W(t_{уст}) = \frac{1}{2}CU_C^2(t_{уст}) =$

$= \frac{1}{2}C\mathcal{E}^2 \Rightarrow \boxed{W(t_{уст}) = \frac{1}{2}C\mathcal{E}^2}$

6) Запишем закон сохранения энергии для цепи от момента $t=0$ замыкания ключа до момента $t = t_{уст}$ установления стационарного состояния:

$$A_{ист} = W(t_{уст}) - W(0) + Q \Rightarrow \boxed{Q = W(0) + A_{ист} - W(t_{уст})}$$

7) Найдём работу источника: рассмотрим ~~основную~~ левую обкладку конд. C:



Было: $q_0 = +\frac{5}{6}C\mathcal{E}$

Стало: $q_C(t_{уст}) = C\mathcal{E} > q_0$

Значит, на левую обкладку притёк заряд:

$q^* = |q_C(t_{уст}) - q_0| =$

$= \frac{1}{6}C\mathcal{E}$, тогда

работа источника: $A_{ист} = +\mathcal{E}\cdot q^* = \mathcal{E}\cdot\frac{1}{6}C\mathcal{E} \Rightarrow \boxed{A_{ист} = \frac{1}{6}C\mathcal{E}^2}$

8) Вернёмся к закону сохранения энергии:

$Q = W(0) + A_{ист} - W(t_{уст})$, где $W(0) = \frac{1}{2}C\cdot\frac{25}{36}\mathcal{E}^2 + \frac{1}{2}\cdot 5C\cdot$

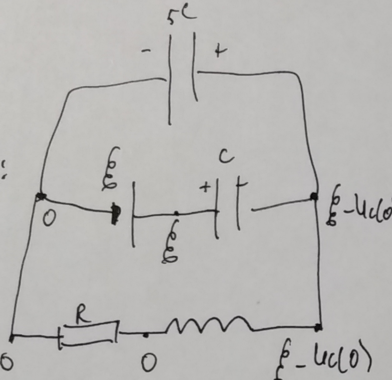
$\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{36} = \frac{25}{72}C\mathcal{E}^2 + \frac{5}{72}C\mathcal{E}^2 = \frac{30}{72}C\mathcal{E}^2 = \frac{10}{24}C\mathcal{E}^2 = \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2$,

2) Рассмотрим цепь в момент $t=0$ (источник) сразу после замыкания ключа: напряжения на конд. и ток в катушке не изменились скачком и остались равными: $U_C(0)=U_{C0}=\frac{5}{6}\mathcal{E}$; $U_{5C}(0)=U_{5C0}=\frac{1}{6}\mathcal{E}$;

$I_L(0)=0$; энергия системы $\left[W(0)=\frac{1}{2}CU_C(0)^2+\frac{1}{2}5CU_{5C}^2(0)=\frac{1}{2}C\cdot\frac{25}{36}\mathcal{E}^2+\frac{1}{2}C\cdot 5\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{36}\right]$

3) В момент $t=0$ сразу после замыкания ключа:

Метод потенциалов:



$I_L(0)=0 \Rightarrow I_R(0)=0$ (послед. соединение) $\Rightarrow$ по закону Ома $U_R(0)=0$

Найдём напряжение на катушке $U_L(0)$: видно, что:

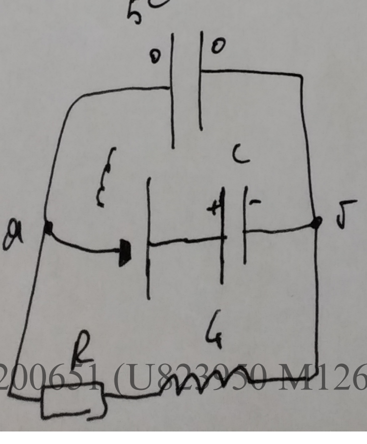
$$\left[U_L(0)=\mathcal{E}-U_C(0)-0=\mathcal{E}-\frac{5}{6}\mathcal{E}=\frac{\mathcal{E}}{6}\right]$$

Но напряжение на катушке выражается так:

$$U_c(0)=L\cdot\dot{I}_L(0) \Rightarrow \dot{I}_L(0)=\frac{U_c(0)}{L}=\frac{\mathcal{E}}{6L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{I}_L(0)=\frac{\mathcal{E}}{6L}$$

4) Рассмотрим цепь в момент $t=t_{уст}$ установления стационарного режима: в уст. режиме $U_L(t_{уст})=0$; $I_C(t_{уст})=I_{5C}(t_{уст})=0$:



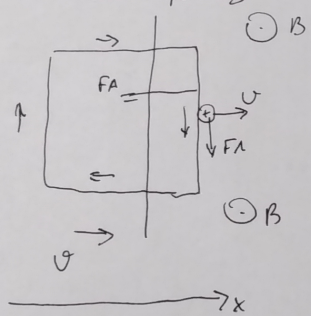
$I_C(t_{уст})=I_{5C}(t_{уст})=0 \Rightarrow$ по закону сохранения заряда $I_L(t_{уст})=0=I_R(t_{уст}) \Rightarrow$ по закону Ома $U_R(t_{уст})=0$, т.е. во всей цепи нет тока.

чистовик

1.4) Запишем II закон Ньютона для рамки по модулю в этот момент:

$$ma = F_A \Rightarrow \boxed{a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2 v_0 d^2}{Rm}}$$

2) Рассмотрим рамку в произвольный момент заезда в поле:



2.1) Аналогично пункту 1:

$F_A = \frac{B^2 v d^2}{R}$ (не учитываем заряды в боковых сторонах, т.к. $F_Л \perp$ сторонам, а F_A скомпенсированы друг с другом).

2.2) Запишем II закон Ньютона для рамки в проекции на ось x в этот момент:

$$ma_x = -F_A \Rightarrow ma_x = -\frac{B^2 v d^2}{R}$$

$$m\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = -\frac{B^2 v d^2}{R} \quad \Big| \cdot \Delta t$$

$$m\Delta v_x = -B^2 v \Delta t d^2 \cdot \frac{1}{R} \quad (*)$$

2.3) Просуммируем соотношение (*) от момента начала въезда в поле до полного въезда:

$$m\underbrace{\sum \Delta v_x}_{(u - v_0)} = -B^2 d^2 \cdot \frac{1}{R} \underbrace{\sum v \Delta t}_{\frac{2}{3}d}$$

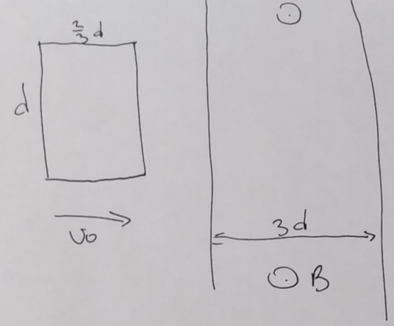
$$m(u - v_0) = -\frac{B^2 d^2}{R} \cdot \frac{2}{3} d$$, где u – скорость после заезда.

$$\boxed{u = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2 d^3}{Rm}}$$

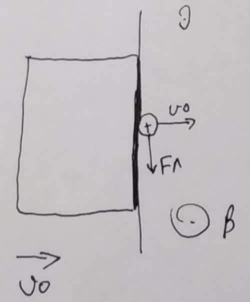
№4. Дано: m, d, v_0, R, B

a, v_1, v_2 — ?

Чистовик

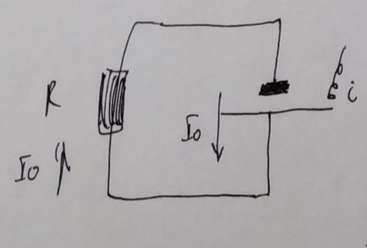


1) Рассмотрим рамку при вхождении в поле:



1.1) На положительные заряды в передней стороне рамки, движущиеся со скоростью v_0 вместе с рамкой, действует Fл, направление которой определяется по правилу левой руки (см. рис.).

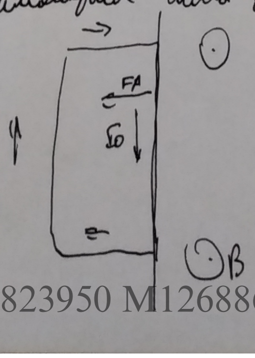
1.2) Тогда переднюю сторону рамки можно заменить на эквивалентную ε_i:



$\varepsilon_i = B v_0 d$ => по закону Ома:

$$\boxed{I_0 = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{B v_0 d}{R}}$$

1.3) Рассмотрим силы, действующие на рамку:



На рамку действует F_A, направление которой определяется по правилу левой руки. Модуль она равна:

$$\left[F_A = B I_0 d = \frac{B \cdot B v_0 d}{R} \cdot d = \frac{B^2 v_0 d^2}{R} \right]$$

(6)

9.2) Ток через $5C$ в момент τ выражается как:

$$I_0 = 5C\,\dot U_{5C}(\tau) \Rightarrow \boxed{\dot U_{5C}(\tau) = \frac{I_0}{5C}}$$

9.3) Аналогично для C: $\boxed{\dot U_C(\tau) = \frac{I_C(\tau)}{C}}$

9.4) Разность потенциалов $\varphi_Б - \varphi_А = +U_{5C}(\tau)$;

$\varphi_Б - \varphi_А = -U_C(\tau) + \mathcal{E} \Rightarrow U_{5C}(\tau) = -U_C(\tau) + \mathcal{E}$, продифференцируем это соотношение:

$$\dot U_{5C}(\tau) = -\dot U_C(\tau) + 0$$

$$\frac{I_0}{5C} = -\frac{I_C(\tau)}{C} \Rightarrow \boxed{I_C(\tau) = -\frac{I_0}{5}},$$ знак минус обозначает, что ток $I_C(\tau)$ течёт против полярности конденсатора, что мы учтём $\Rightarrow \boxed{I_C(\tau) = +\frac{I_0}{5}}$

9.5) Тогда по закону сохранения заряда: $I_L(\tau) = I_C(\tau) + I_0 = \frac{I_0}{5} + I_0 = \frac{6}{5} I_0$

9.6) По закону Ома для резистора: $\boxed{U_R(\tau) = I_L(\tau)\cdot R = \frac{6}{5} I_0 R}$

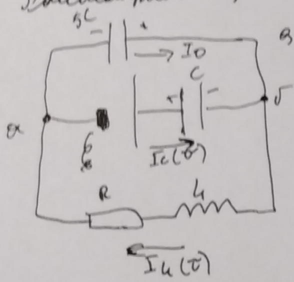
Ответ: $\dot I_L(0) = \frac{\mathcal{E}}{6L}$; $Q = \frac{1}{12} C\mathcal{E}^2$; $U_R(\tau) = \frac{6}{5} I_0 R$.

Чистовик

$A_{ист} = \frac{1}{6} C\mathcal{E}^2$; $W(t_{уст}) = \frac{1}{2} C\mathcal{E}^2$, тогда:

$$\left[Q = \frac{5}{12}C\mathcal{E}^2 + \frac{1}{6}C\mathcal{E}^2 - \frac{1}{2}C\mathcal{E}^2 = \frac{7-6}{12}C\mathcal{E}^2 = \frac{1}{12}C\mathcal{E}^2 \right]$$

9) Рассмотрим цепь в момент τ, когда через $5C$ течёт ток I_0:



9.1) Пусть токи в цепи направлены так, как на рисунке, тогда:

Запишем разность потенциалов между точками б и а ~~тремя~~ несколькими способами:

$$\begin{cases} \varphi_б - \varphi_а = U_{5C}(\tau) = 5C\frac{\Delta I_{5C}}{\Delta t} & (1) \\ \varphi_б - \varphi_а = -U_C(\tau) + \mathcal{E} = -C\frac{\Delta I_C}{\Delta t} + \mathcal{E} & (2) \\ \varphi_б - \varphi_а = U_L(\tau) + U_R(\tau) = L\frac{\Delta I_L}{\Delta t} + I_L(\tau)R & (3) \end{cases}$$

9.2) Приравняем (1) и (2):

$$5C\frac{\Delta I_{5C}}{\Delta t} = -C\frac{\Delta I_C}{\Delta t} + \mathcal{E} \quad \Big| \cdot \Delta t$$

$$5C\Delta I_{5C} = -C\Delta I_C + \mathcal{E}\Delta t \quad (4),$$ просуммируем

данное соотношение от момента $t=0$ до момента $t=\tau$:

$$5C\underbrace{\Sigma\Delta I_{5C}}_{=(I_0-0)} = -C\underbrace{\Sigma\Delta I_C}_{=(I_C(\tau)-0)} + \mathcal{E}\underbrace{\Sigma\Delta t}_{=\tau}$$

$$\boxed{5C I_0 = -C I_C(\tau) + \mathcal{E}\tau}$$

9.3) Приравняем (2) и (3): $-C\frac{\Delta I_C}{\Delta t} + \mathcal{E} = L$