Часть 1

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

Шифр: **21202144**

ID профиля: **201891**

Вариант 7

Чистовик

(1)

№1

Дано:

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

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

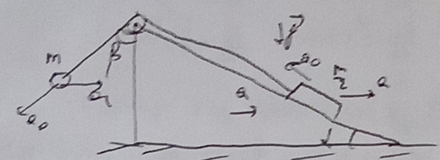
$a = ?$

$a_0 = ?$

$\tau = ?$

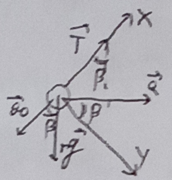
1) $\cos\beta = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\beta = \frac{4}{5}$ (α, β – острые)

$\cos\alpha = \frac{5}{13} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{12}{13}$

2) 

Пусть клин движется с ускорением a вправо.
Пусть в СО клина ускорение бруска a_0 вверх.
Так как нить нерастяжима, то ускорение шарика тоже a_0 в СО клина.

а) Рассмотрим силы на шарик:



$\vec{T} + m\vec{g} = m(\vec{a_0} + \vec{a})$

Спроецируем на ось X и Y.

Y: $0 + mg\sin\beta = 0 + ma\cos\beta$

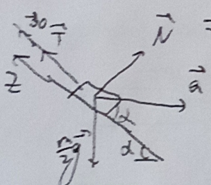
$a = g\,tg\beta = g \cdot \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{4}{3}g = \frac{4}{3} \cdot 10 \approx 13 \frac{м}{с^2}$

X: $T - mg\cos\beta = -ma_0 + ma\sin\beta$

$$\boxed{T = m(g\cos\beta - a_0 + a\sin\beta)}$$

б) Рассмотрим силы на брусок.

Заметим, так как нить легкая и нерастяжимая, то одна нить – одно натяжение. То есть на брусок действует точно такая же по модулю сила натяжения нити.



$\vec{T} + \frac{m}{2}\vec{g} + \vec{N} = \frac{m}{2}(\vec{a} + \vec{a_0})$

проецирую на ось Z:

$T - \frac{m}{2}g\sin\alpha + 0 = \frac{m}{2}(-a\cos\alpha + a_0)$

$$\boxed{T = \frac{m}{2}(g\sin\alpha + a_0 - a\cos\alpha)}$$

в) Приравняем силы натяжения из (а) и (б):

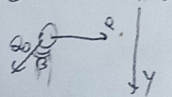
$m(g\cos\beta - a_0 + a\sin\beta) = \frac{m}{2}(g\sin\alpha + a_0 - a\cos\alpha)$

$2g\cos\beta - 2a_0 + 2a\sin\beta = g\sin\alpha + a_0 - a\cos\alpha$

$3a_0 = 2g\cos\beta + 2a\sin\beta - g\sin\alpha + a\cos\alpha$

$a_0 = \frac{1}{3}\left(2g \cdot \frac{3}{5} + 2 \cdot \frac{4}{3}g \cdot \frac{4}{5} - g \cdot \frac{12}{13} + \frac{4}{3}g \cdot \frac{5}{13}\right) = \frac{114}{117}g \approx 0{,}97g \approx 9{,}7 \frac{м}{с^2}$

3) Шарик движется вниз равноускоренно с ускорением $a_y = a_0\cos\beta =$

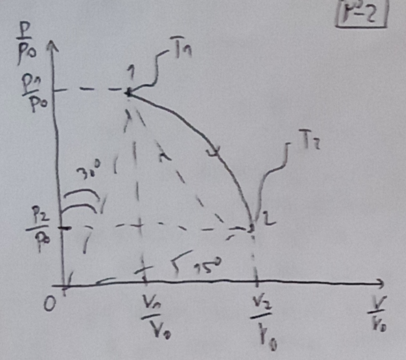


$= \frac{114}{117}g \cdot \frac{3}{5} = \frac{342}{585}g =$

И шарик за время τ проходит вдоль оси Y расстояние H. Причём его начальная скорость 0. Тогда: $H = \frac{a_y\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{342}{585}g}} =$

$= \sqrt{\frac{585}{171} \cdot \frac{H}{g}} = \sqrt{\frac{65}{19} \cdot \frac{H}{g}}$

№2 | Чистовик | ②



1) Пусть радиус окружности S, тогда:

$\frac{p_1}{p_0} = S\cos 30^\circ \quad \frac{V_1}{V_0} = S\cdot\sin 30^\circ$

$\frac{p_2}{p_0} = S\sin 15^\circ \quad \frac{V_2}{V_0} = S\cdot\cos 15^\circ$

$\Downarrow$

а) ~~из~~ Менд-Клайп для точки 1:

$\nu R T_1 = p_1 V_1 = (S\cos 30^\circ\cdot p_0)\cdot(S\sin 30^\circ\cdot V_0)$

$T_1 = \frac{S^2 p_0 V_0\cdot 2\cos 30^\circ\cdot\sin 30^\circ}{2\nu R} = \frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}\cdot\frac{\sin(60^\circ)}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}\cdot\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}$

б) Менд-Клайп для точки 2:

$\nu R T_2 = p_2 V_2 = (S\sin 15^\circ\cdot p_0)\cdot(S\cos 15^\circ\cdot V_0) = S^2 p_0 V_0\cdot\frac{2\cdot\sin(15^\circ)\cdot\cos(15^\circ)}{2} = S^2 p_0 V_0\cdot\frac{\sin 30^\circ}{2}$

$T_2 = \frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}\cdot\frac{\sin 30^\circ}{2} = \frac{1}{4}\cdot\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}$

в) $\Delta T = T_2 - T_1 = \left(\frac{1}{4} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right)\cdot\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R} = \frac{1-\sqrt{3}}{4}\cdot\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R} < 0$. То есть $T_2 < T_1$.

Тогда $\frac{\Delta T}{T_2} = \left(\frac{1-\sqrt{3}}{4}\cdot\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}\right) : \left(\frac{1}{4}\frac{S^2 p_0 V_0}{\nu R}\right) = 1-\sqrt{3}$ или же $\frac{|\Delta T|}{T_2} = \sqrt{3}-1$.

2) а) Пусть в некой точке теплоёмкость $C=0$. Тогда запишем I начало терм:

$\Delta Q = \Delta A + \Delta U$ для этой точки, а точнее в её окрестности, то есть изменения $\Delta p, \Delta V, \Delta T$ и т.д. — малы. Тогда:

$\Delta Q = \Delta A + \Delta U = 0 \quad \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T \quad \Delta A = p\Delta V$

$\Downarrow$

$\boxed{\frac{3}{2}\nu R\Delta T + p\Delta V = 0}$

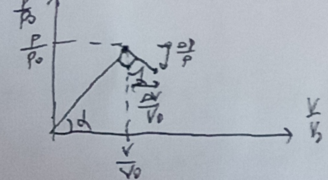
Запишем Менд. Клайп и преобраз.: $pV = \nu RT$, $p\Delta V + V\Delta p = \nu R\Delta T$

~~[illegible]~~ приравняем $\nu R\Delta T$:

$\frac{3}{2}(p\Delta V + V\Delta p) + p\Delta V = 0$

$\frac{5}{2}p\Delta V + \frac{3}{2}V\Delta p = 0 \Rightarrow -\frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{5}{3}\cdot\frac{p}{V} \Rightarrow -\frac{\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)}{\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)} = \frac{5}{3}\cdot\frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)}{\left(\frac{V}{V_0}\right)}$

б) Теперь рассмотрим эту точку на самом цикле:



Заметим, что движение в данной малой окрестности идёт по дуге окружности, которая близка к отрезку, а точнее к касательной в этой точке.

Тогда тангенс угла α можно записать двумя способами:

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)}{\left(\frac{V}{V_0}\right)} \quad \left(\operatorname{tg}\alpha = \frac{-\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)}{\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)}\right.$ (минус потому, что давление уменьшается)

$\Downarrow$

подставим в (а):

$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{5}{3}\operatorname{tg}\alpha \Rightarrow \boxed{\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{3}{5}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\frac{3}{5}} \Rightarrow \alpha \approx 38^\circ$. То есть эта точка действительно принадлежит дуге цикла!

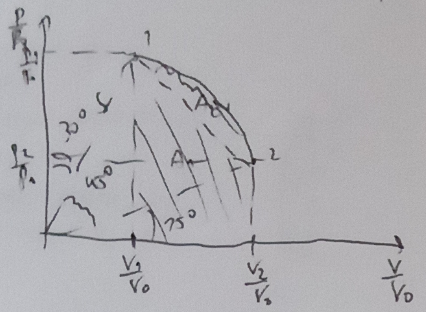
Чистовик

3

3) а) Так как на пунктирном участке 2–1 тепло не подводилось, то:

$0 = A_{21} + \Delta U_{21} = A_{21} + \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2) \Leftrightarrow \boxed{A_{21} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2)}$, то $A_{21} = \frac{3}{2}\left(s^2 p_0 V_0 \cdot \frac{1}{4} - s^2 p_0 V_0 \frac{\sqrt{3}}{4}\right) = \frac{3}{8}(1 - \sqrt{3})s^2 p_0 V_0$

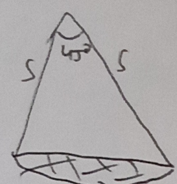
б) Найдём работу на участке 1–2, как площадь под графиком:



Разделим на 2 куска площадь A_1 и A_2

$\frac{A_1}{p_0 V_0} = \frac{s\cos 30^\circ + s\sin 75^\circ}{2}(s\cos 75^\circ - s\sin 30^\circ) = \frac{s^2}{2}(\sin 75^\circ + \cos 30^\circ)(\cos 75^\circ - \sin 30^\circ)$

$A_1 = \frac{p_0 V_0 s^2}{2}$

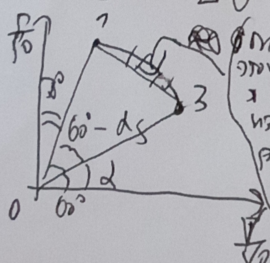


$\frac{A_2}{p_0 V_0} = -\frac{s^2 \cdot \sin 45^\circ}{2} + \pi s^2 \cdot \frac{45^\circ}{360^\circ} = s^2\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$

$A_{12} = p_0 V_0 s^2\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$

в) Тогда сум. работа за цикл: $A = A_{12} + A_{21} = p_0 V_0 s^2\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} - \frac{1}{2\sqrt{2}} + \frac{3}{8} - \frac{3\sqrt{3}}{8}\right)$

г) Заметим, что до точки, где $C = 0$, $C \geq 0$, дальше $C < 0$. Значит подведённое тепло нужно считать до этой точки. Для этого найдём ΔU^* и A^*.



Площадь этой дуги я пренебрёг из-за ужасных расчётов, при необход. можно её учесть

$\frac{V_3}{V_0} = s\cos\alpha = s \cdot \cos 33^\circ$ и $\frac{p_3}{p_0} = s\sin 33^\circ$

$\Delta U^* = \frac{3}{2}(p_3 V_3 - p_1 V_1) = \frac{3}{2}\left(s^2 \sin 33^\circ \cdot \cos 33^\circ \cdot p_0 V_0 - p_0 V_0 s^2 \cos 30^\circ \cdot \sin 30^\circ\right) = \frac{3}{2}s^2 p_0 V_0\left(\sin 33^\circ \cdot \cos 33^\circ - \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$

Теперь найдём работу A^* по аналогии с пунктом (3б).

$\frac{A^*}{p_0 V_0} \approx (s\cos\alpha - s\cos 60^\circ)\frac{s\sin 60^\circ + s\sin\alpha}{2}$ — можно пренебречь площадью дуги она мала

$A^* \approx p_0 V_0 s^2 (\cos 33^\circ - \frac{1}{2})\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} + \sin 33^\circ}{2}$

$Q^+ = A^* + \Delta U^* = p_0 V_0 s^2\left(\frac{(\cos 33^\circ - \cos 60^\circ)(\sin 60^\circ + \sin 33^\circ)}{2} + \frac{3}{2}\left(\sin 33^\circ \cdot \cos 33^\circ - \frac{\sqrt{3}}{4}\right)\right)$

д) Тогда КПД цикла:

$$\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} - \frac{1}{2\sqrt{2}} + \frac{3}{8} - \frac{3\sqrt{3}}{8}}{\frac{(\cos 33^\circ - \cos 60^\circ)(\sin 60^\circ + \sin 33^\circ)}{2} + \frac{3}{2}\left(\sin 33^\circ \cdot \cos 33^\circ - \frac{\sqrt{3}}{4}\right)}$$

Чистовик

Пусть клин ... ускорением ... пусть в ... бруска a_0 ... Так как нит... ускорение ш... (о кли...

...на ось X и Y.

$= 0 + ma\cos\beta$

$tg\beta = g \cdot \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g \cdot$ ...

$= -ma_0 + ma\sin\beta$

$-a_0 + a\sin\beta)$

...стоянная, то одна... такая же по мод...

ось Z:

$= \frac{m}{2}(-a\cos\alpha +$ ...

$-a\cos\alpha)$

$\cos\alpha)$

$\cos\alpha$

$\frac{12}{13} + \frac{4}{3}g \cdot \frac{5}{13}) =$

с ускорением

Y расстояние

$\Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_y}}$

$= \sqrt{\frac{63}{19} \cdot \frac{H}{g}}$

$= \frac{117}{117}g \cdot \frac{2}{5} = \frac{112}{585}g$

$= \sqrt{\frac{1170}{342} \cdot \frac{H}{g}} = \sqrt{\frac{585}{171} \cdot \frac{H}{g}} =$

21202144 (U201891 M1269758)

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

μ_1, $\cos\beta = \frac{3}{5}$

$\sin\beta = \frac{4}{5}$

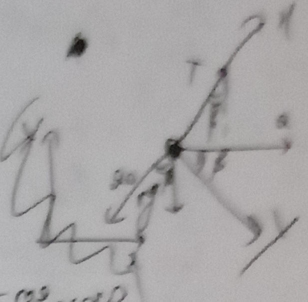
$tg\beta = \frac{4}{3}$

$\sin\alpha = \frac{12}{13}$

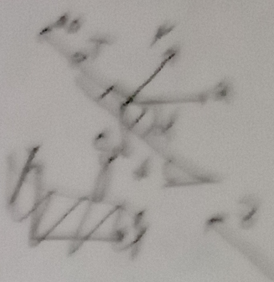
$a = ?$

ИСО клином

(силы на шарик)



(силы на грузик)



~~y: $T\cos\beta - mg = -ma_0\cos\beta$~~

~~x: $T\sin\beta = m(a - a_0\sin\beta)$~~

z: $T - \frac{m}{2}g\sin\alpha = \frac{m}{2}a_0 - \frac{m}{2}a\cos\alpha$

$T = \frac{m}{2}(a_0 - a\cos\alpha + g\sin\alpha)$

y: $mg\sin\beta = ma\cos\beta$

$a = g\,tg\beta = g\cdot\frac{4}{3} = 10\cdot\frac{4}{3} \approx 13{,}3\ \frac{м}{с^2}$

x: $T - mg\cos\beta = ma\sin\beta - ma_0$

$m(g\cos\beta + a\sin\beta - a_0) = \frac{m}{2}(a_0 - a\cos\alpha + g\sin\alpha)$

$2g\cos\beta + 2a\sin\beta - 2a_0 = a_0 - a\cos\alpha + g\sin\alpha$

$-g\sin\alpha + \frac{4}{3}g\cos\alpha + 2g\cos\beta + 2\cdot\frac{4}{3}g\sin\beta = 3a_0$

$a_0 = \frac{1}{3}g\left(-\sin\alpha + \frac{4}{3}\cos\alpha + 2\cos\beta + \frac{8}{3}\sin\beta\right) =$

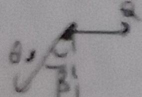
$= \frac{1}{3}g\left(-\frac{12}{13} + \frac{4}{3}\cdot\frac{5}{13} + 2\cdot\frac{3}{5} + \frac{8}{3}\cdot\frac{4}{5}\right) =$

$= \frac{1}{3}g\left(\frac{20}{39} - \frac{12}{13} + \frac{6}{5} + \frac{32}{15}\right) =$

$= \frac{1}{3}g\left(\frac{20-36}{39} + \frac{18+32}{15}\right) = \frac{1}{3}g\left(-\frac{16}{39} + \frac{50}{15}\right) = \frac{1}{3}g\left(\frac{10}{3} - \frac{16}{39}\right) =$

$= \frac{1}{3}g\,\frac{130-16}{39} = \frac{1}{3}g\cdot\frac{114}{39} = g\cdot\frac{114}{117} \approx 0{,}97g \approx 9{,}7 \approx 10\ \frac{м}{с^2}$

В СО клином $a_y = a_0\cos\beta =$



$= \frac{114}{117}g\cdot\frac{3}{5} = \frac{342}{585}g$

$H = \frac{a_y t^2}{2}$

$t = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{342}{585}g}} =$

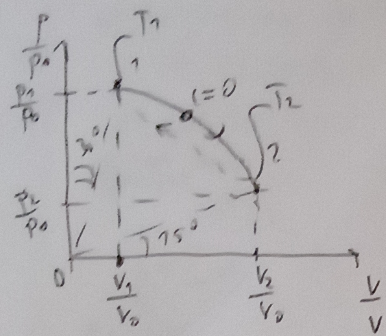
$= \sqrt{\frac{1170}{342}\cdot\frac{H}{g}} = \sqrt{\frac{585}{171}\cdot\frac{H}{g}} =$

$= \sqrt{\frac{195}{57}\cdot\frac{H}{g}} =$

$= \sqrt{\frac{65}{19}\cdot\frac{H}{g}}$

$i = 3$

$\cancel{\nu R T_1 = p_1 V_1}$



1) Пусть радиус окружности равен S.

$$\frac{p_1}{p_0} = S\cos 30^\circ \qquad \frac{V_1}{V_0} = S\sin 30^\circ$$

$$\frac{p_2}{p_0} = S\sin 75^\circ \qquad \frac{V_2}{V_0} = S\cos 75^\circ$$

а) $\nu R T_1 = p_1 V_1 = (p_0 \cdot S \cdot \cos 30^\circ)(S \cdot V_0 \cdot \sin 30^\circ)$

$$\nu R T_1 = p_0 V_0 S^2 \cdot \frac{2\cos 30^\circ \cdot \sin 30^\circ}{2} = \frac{p_0 V_0 S^2 \cdot \sin(60^\circ)}{2}$$

$$T_1 = \frac{p_0 V_0 S^2 \sin(60^\circ)}{2\nu R} = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R}$$

б) $\nu R T_2 = (S \cdot \sin 75^\circ \cdot p_0) \cdot (V_0 \cdot S \cdot \cos 75^\circ) = S^2 p_0 V_0 \cdot \frac{2\sin 75^\circ \cdot \cos 75^\circ}{2} = \frac{S^2 p_0 V_0 \sin(150^\circ)}{2}$

$$T_2 = \frac{p_0 V_0 S^2 \sin(30^\circ)}{2\nu R} = \frac{1}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R}$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R}\left(\frac{\sqrt{3}}{4} - \frac{1}{4}\right) = \frac{\sqrt{3}-1}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T_2} = \left(\frac{\sqrt{3}-1}{4} \cdot \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R}\right) : \left(\frac{1}{4} \frac{p_0 V_0 S^2}{\nu R}\right) =$$

$$= \frac{\sqrt{3}-1}{4} \cdot 4 = \sqrt{3} - 1$$

Если нужно $\frac{T_2 - T_1}{T_2}$, то можно и это посчитать: $\frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{-\Delta T}{T_2} = 1 - \sqrt{3}$

2) Пусть в некой точке $C = 0$.

а) $\Delta Q = A + \Delta U$ б) $pV = \nu R T$

$0 = p\Delta V + \frac{3}{2}\nu R \Delta T$ $\quad p\Delta V + V\Delta p = \nu R \Delta T$

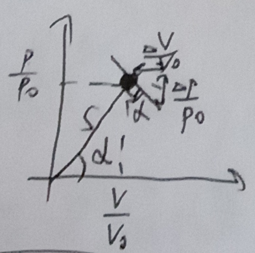
$$0 = p\Delta V + \frac{3}{2}(p\Delta V + V\Delta p)$$

$\Delta U = C\nu\Delta T$

$$0 = \frac{5}{2}p\Delta V + \frac{3}{2}V\Delta p \Rightarrow -5p\Delta V = 3V\Delta p$$

$$-\frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{5p}{3V}$$

$$-\frac{\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)}{\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)} = \frac{5}{3} \cdot \frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)}{\left(\frac{V}{V_0}\right)}$$



$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)}{\left(\frac{V}{V_0}\right)} \qquad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{\left(\frac{\Delta p}{p_0}\right)}{\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)}$$

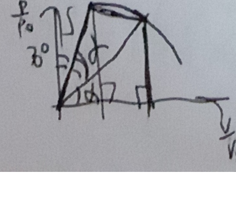
$$+\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{5}{3}\operatorname{tg}\alpha$$

$$\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\frac{3}{5}} \Rightarrow \alpha \approx 38^\circ$$

1) $0 = A_{12} + \Delta U_{12}$

$$0 = A_{12} + \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2)$$

$$A_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$



21202144 (U201891 M1269758)

Часть 2

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

Шифр: **21202144**

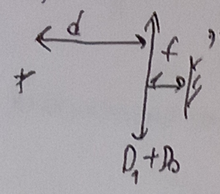
ID профиля: **201891**

Вариант 7

1) а) Почти нулевой ~~д~~ предел аккомодации глаза означает, что человек чётко видит предмет только на одном расстоянии x, и глаз утратил способность менять свою оптическую силу, для расстояний отличных от x требуются очки. Пусть оптическая сила глаза D_0.

б) Рассмотрим 3 случая расположения предмета

б1) $d = 25 см = 0,25 м$. Тогда



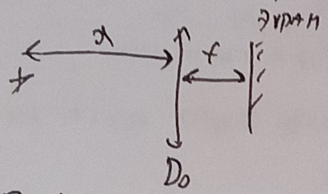
$D_1 + D_0 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ f - расстояние от линзы до экрана. D_1 - оптическая сила очков, т.к. очки и глаз вплотную, то их оптические силы складываются.

$\underbrace{D_0 - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} - D_1}$

б2) Аналогично для рассмотрения удалённых предметов $d \to +\infty$. Тогда

$D_2 + D_0 = \frac{1}{f}$ $\underbrace{D_0 - \frac{1}{f} = -D_2}$

б3) Для случая „без очков":



$\frac{1}{x} + \frac{1}{f} = D_0 \Leftrightarrow \underbrace{D_0 - \frac{1}{f} = \frac{1}{x}}$

в) Получаем: $\frac{1}{d} - D_1 = -D_2 = \frac{1}{x} > 0 \Leftrightarrow D_2 < 0$.

В условии сказано, что человек очень близорукий. Значит предполагается, что $x < d \Rightarrow D_1 = \frac{1}{d} - \frac{1}{x} < 0 \Leftrightarrow$ и те, и те очки с отр. опт. силой.

$D_2 = -\frac{1}{x} \Rightarrow D_2 < D_1 \Rightarrow |D_2| > |D_1| \Rightarrow \left|\frac{D_2}{D_1}\right| = k = 3$, $\Rightarrow D_2 = kD_1$

г) Получаем систему уравнений:

$\frac{1}{x} = -D_2 = \frac{1}{d} - D_1 \Leftrightarrow D_1 - D_2 = \frac{1}{d}$

$D_1 - kD_1 = \frac{1}{d}$

$D_1 = \frac{1}{d(1-k)} = \frac{1}{0,25 м \cdot (1-3)} = -\frac{1}{0,5 м} = -2$ дптр

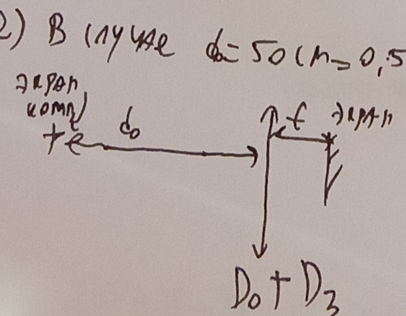
$\Downarrow$

$D_2 = kD_1 = 3 \cdot (-2) = -6$ дптр

$\Downarrow$

$x = -\frac{1}{D_2} = -\frac{1}{-6} = \frac{1}{6} м \approx 0,167 м = 16,7 см$

2) В случае $d_0 = 50 см = 0,5 м$:



$D_0 + D_3 = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_0}$

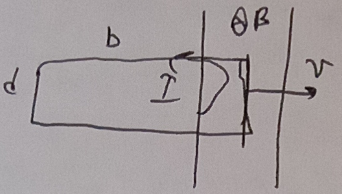
$D_0 - \frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} - D_3 = -D_2$

$D_3 = D_2 + \frac{1}{d_0} = -6 + \frac{1}{0,5} = -4$ дптр

$\boxed{№4}$ Чистовик ③

Дано: m, d, v_0, R, B, $b = 3d$, $H = \frac{d}{5}$

1) Пусть правая сторона рамки ещё не вышла, но зашла на некое x. ($x < H = \frac{d}{5}$):

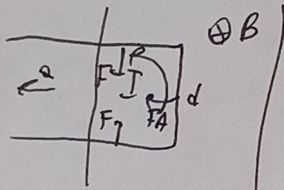


а) пусть скорость рамки v. Тогда в рамке возрастает магнитный поток и появляется ЭДС индукции. Ясно, что ток хочет идти так, чтобы препятствовать увелич. магнитного потока. То есть ток пойдёт против часовой. Найдём его.

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BS\cdot 1)}{\Delta t} = -B\frac{\Delta S}{\Delta t} = -B\frac{vd\Delta t}{\Delta t} = -Bvd$$

$$I = \frac{|\varepsilon_i|}{R} = \frac{Bvd}{R}$$

б) На рамку действует сила Ампера, ясно что сила в горизонтальных участках компенсирует друг друга, а вот ускорение создаёт как раз вертикальный участок:



$$F_A = BId\cdot 1 = B\cdot\frac{Bvd}{R}\cdot d = \frac{B^2d^2v}{R}$$

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2d^2}{Rm}v$$

Как видим ускорение переменное и зависит от скорости. Сразу можем найти ускорение рамки сразу после вхождения в поле.

$$\boxed{a_0 = \frac{B^2d^2}{Rm}v_0}$$

2) Пусть правая сторона рамки ещё не вышла. Тогда справедливо следующее:

$$a = \frac{B^2d^2}{Rm}v$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$\Delta v = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\Delta x$ — просуммируем малые изменения координаты справа и малые изменения скорости слева. Тогда

$$\Delta v_i = \frac{B^2d^2}{Rm}\Delta x_i \Rightarrow \sum \Delta v_i = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\sum\Delta x_i \Rightarrow \Delta v_{общ} = \frac{B^2d^2}{Rm}\Delta x_{общ}$$

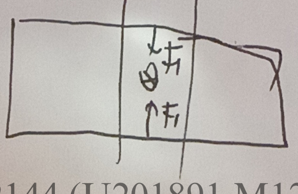
$\Delta v_{общ}$ — общее изменение скорости, т.е. $\Delta v_{общ} = v_0 - v_1$, $\Delta x_{общ} = H$

Тогда $-v_1 + v_0 = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot H = \frac{B^2d^3}{5Rm}$

$$\boxed{v_1 = v_0 - \frac{B^2d^3}{5Rm}}$$

Сразу отмечу, что $v_1 < v_0$, т.к. ускорение направлено всегда влево.

3) а) Как только вышла правая часть, до момента входа левой части вертикальные участки вне поля, поэтому если ток и есть, то сила действует только на горизонтальные участки, эта сила Ампера скомпенсирована суммарно:

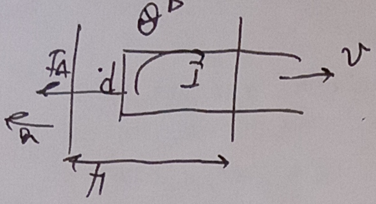


~~Поэтому на контур не действует ускорения~~

Поэтому ускорение контура нулевое.

Чистовик

б) Как только левая сторона контура попадает в магнитное поле, то наступает картина ~~аналогичная~~ аналогичная пунктам (1б) и (2):



Магнитный поток уменьшается, поэтому ток в рамке будет направлен по часовой стрелке.

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(B\cdot S)}{\Delta t} = -BVd$$

$$I = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{BVd}{R}$$

На левую сторону действует сила $F_A = BId = B\cdot\frac{BVd}{R}\cdot d = \frac{B^2d^2}{R}V$

$$\boxed{a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2d^2}{Rm}V}$$

Теперь распишем $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ и просуммируем слева и справа.

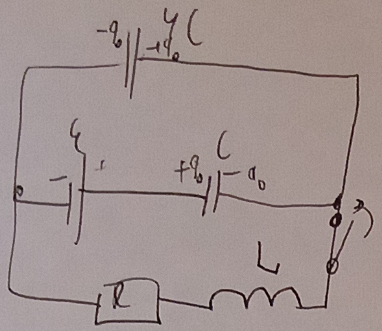
$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\sum \Delta V = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\sum \Delta x$$

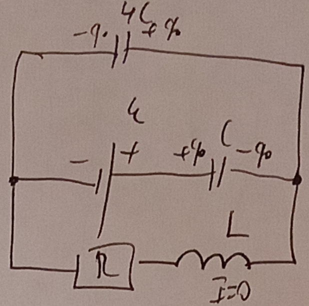
$$\Downarrow$$

$$V_1 - V_2 = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot l = \frac{B^2d^3}{5Rm} \Leftrightarrow V_2 = V_1 - \frac{B^2d^3}{5Rm} = V_0 - \frac{B^2d^3}{5Rm} - \frac{B^2d^3}{5Rm}$$

$$\boxed{V_2 = V_0 - \frac{2}{5}\cdot\frac{B^2d^3}{Rm}}$$



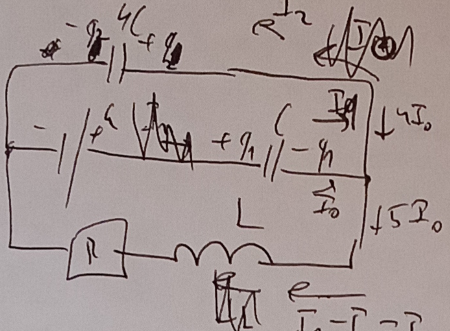
$$1)\ \frac{q_0}{C}+\frac{q_0}{4C}=\mathcal{E} \qquad \frac{5}{4}\frac{q_0}{C}=\mathcal{E} \qquad q_0=\frac{4}{5}C\mathcal{E}$$



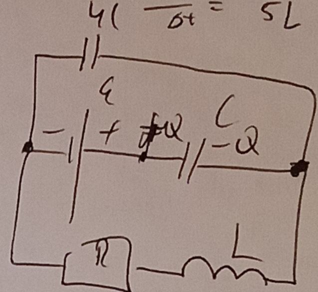
$$L\frac{\Delta I}{\Delta t}+\frac{q_0}{C}=\mathcal{E}$$

$$L\frac{\Delta I}{\Delta t}=\mathcal{E}-\frac{q_0}{C}=\mathcal{E}-\frac{4}{5}\mathcal{E}=\frac{1}{5}\mathcal{E}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{\mathcal{E}}{5L}$$



$$I_1-I_2=I_L$$



$$\frac{Q}{C}=\mathcal{E}$$

$$Q=C\mathcal{E}$$

$$(Q-q_0)\mathcal{E}=Q_{тепл}+\frac{Q^2}{2C}-\frac{q_0^2}{2C}-\frac{q_0^2}{8C}$$

$$\left(C\mathcal{E}-\frac{4}{5}C\mathcal{E}\right)\mathcal{E}=Q_{теп}+\frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C}-\frac{\frac{16}{25}C^2\mathcal{E}^2}{2C}-\frac{\frac{16}{25}C^2\mathcal{E}^2}{8C}$$

$$\frac{2}{5}-\frac{1}{2}=\frac{4-5}{10}=-\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{5}C\mathcal{E}^2=\frac{1}{2}C\mathcal{E}^2-\frac{8}{25}C\mathcal{E}^2-\frac{2}{25}C\mathcal{E}^2+Q_{тепл}$$

$$Q_{тепл}=C\mathcal{E}^2\left(\frac{1}{5}-\frac{1}{2}+\frac{2}{5}\right)=C\mathcal{E}^2\,\frac{2-5+4}{10}=\frac{1}{10}C\mathcal{E}^2$$

$$\frac{q_1}{C}+\frac{q_2}{4C}=\mathcal{E}$$

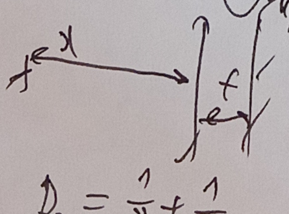
$$I_1+\frac{I_2}{4}=0$$

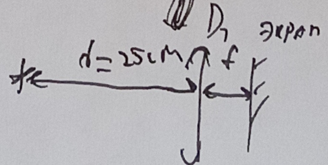
$$D_1=\frac{1}{d(1-k)}=\frac{1}{0{,}25(1-3)}=\frac{-1}{0{,}5}=-2\ \text{дптр}$$

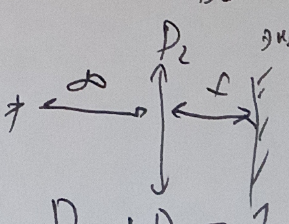
$$D_2=kD_1=-6\ \text{дптр}$$

$$x=-D_2=$$

$$=\frac{1}{6}\ м$$







$$D_0+D_1=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$

$$D_2+D_0=\frac{1}{f}$$

$$D_0=\frac{1}{x}+\frac{1}{f}$$

$$D_1>D_2$$

$$\boxed{D_2<0}$$

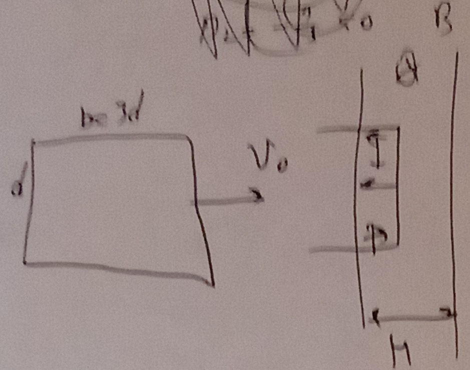
$$D_1<0$$

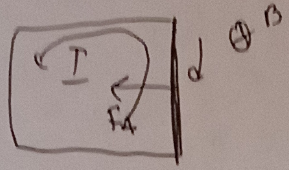
$$D_0-\frac{1}{f}=\frac{1}{x}=\frac{1}{d}-D_1=-D_2$$

$$\left|\frac{D_2}{D_1}\right|=k=3$$

$$D_2=D_1k$$

$$\frac{1}{d}=D_1-D_2=$$





$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = -B\cdot\frac{d\cdot v_0 \cdot}{\Delta t} =$$

$$= -Bdv$$

$$\Downarrow$$

$$I = \frac{|\varepsilon_i|}{R} = \frac{Bdv}{R}$$

$$\Downarrow$$

$$F_A = BId = B\cdot\frac{Bdv}{R}\cdot d = \frac{B^2d^2v}{R}$$

$$\Downarrow$$

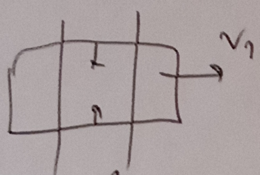
$$\boxed{a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2d^2v}{Rm}}$$

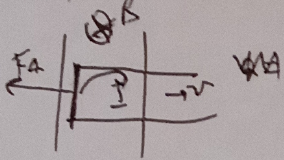
~~$F_A \cdot H = B^2 d^2 v$~~

$$\sum \frac{\Delta v}{\cancel{\Delta t}} = \frac{\Delta x}{\cancel{\Delta t}}\cdot\frac{B^2d^2}{Rm}$$

$$v_0 - v_1 = H\cdot\frac{B^2d^2}{Rm}$$

$$\boxed{v_1 = v_0 - \frac{B^2d^2H}{Rm}} = v_0 - \frac{B^2d^3}{5Rm}$$





$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} =$$

$$= -\frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = -B\cdot\frac{v\,\Delta t\, d}{\Delta t} =$$

$$= -Bvd$$

$$\Downarrow$$

$$I = \frac{|\varepsilon_i|}{R} = \frac{Bvd}{R} \Rightarrow F_A = BId = B\frac{Bvd}{R}\cdot d = \frac{B^2d^2}{R}v$$

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2d^2}{Rm}v$$

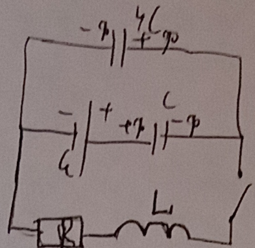
$$\sum\frac{\Delta v}{\cancel{\Delta t}} = \frac{B^2d^2}{Rm}\sum\frac{\Delta x}{\cancel{\Delta t}}$$

$$v_1 - v_2 = \frac{B^2d^2}{Rm}\cdot H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = v_1 - \frac{B^2d^3}{5Rm} = v_0 - \frac{2B^2d^3}{5Rm}$$

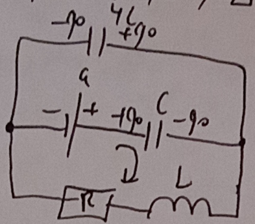
№3 Чистовик ①

1) а) До замыкания ключа:



$\mathcal{E} = \frac{q_0}{C} + \frac{q_0}{4C} = \frac{5}{4}\cdot\frac{q_0}{C} \Rightarrow \boxed{q_0 = \frac{4}{5}\mathcal{E}C}$

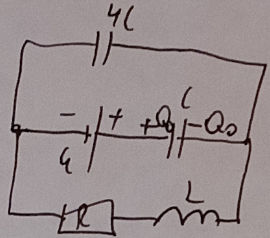
б) Сразу после замыкания ключа заряды на конденсаторах не успеют измениться, а ток через катушку L не потечёт.



$\frac{q_0}{C} + L\frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathcal{E}$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1}{L}\left(\mathcal{E} - \frac{q_0}{C}\right) = \frac{1}{L}\left(\mathcal{E} - \frac{\frac{4}{5}\mathcal{E}C}{C}\right) = \frac{1}{L}\cdot\frac{1}{5}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{5L}$

2) В устан. режиме токов не будет. Рассмотрим эту конечную ситуацию:



$U_L + U_R = 0 \Rightarrow U_{4C} = 0 \Rightarrow$ заряд будет только на C. Пусть это заряд Q_0. Тогда $\mathcal{E} = \frac{Q_0}{C} \Rightarrow Q_0 = \mathcal{E}C$.

Тогда за время перехода в установ. состояние через батарейку пройдёт заряд $\Delta q = Q_0 - q_0 = \mathcal{E}C - \frac{4}{5}\mathcal{E}C = \frac{1}{5}\mathcal{E}C$.

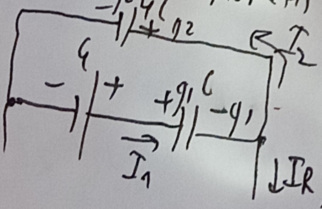
Тогда закон сохр. эн.: $A = W_2 - W_1 + Q$

$\mathcal{E}\Delta q = \left(\frac{Q_0^2}{2C}\right) - \left(\frac{q_0^2}{2C} + \frac{q_0^2}{8C}\right) + Q$

$\frac{1}{5}\mathcal{E}C^2 = \frac{\mathcal{E}^2C^2}{2C} - \left(\frac{16}{25}\frac{\mathcal{E}^2C^2}{2C} + \frac{16}{25}\cdot\frac{\mathcal{E}^2C^2}{8C}\right) + Q$

$Q = \mathcal{E}C^2\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{2} + \frac{8}{25} + \frac{2}{25}\right) = \left(\frac{3}{5} - \frac{1}{2}\right)\mathcal{E}C^2 = \frac{1}{10}\mathcal{E}C^2$

3) Рассмотрим некий момент времени. Пусть ток через C_1 I_1, ток через C_2 I_2.



$\frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C} = \mathcal{E}$

$4q_1 + q_2 = 4C\mathcal{E}$

Продифер. по времени это выражение:

$4\dot{q}_1 + \dot{q}_2 = 0$

$4I_1 + I_2 = 0$

$\boxed{I_2 = -4I_1}$

Значит если $I_1 = I_0$, то $I_2 = -4I_0$, а ток через резистор: $I_R = I_1 - I_2 = I_0 - (-4I_0) = 5I_0$