Часть 1

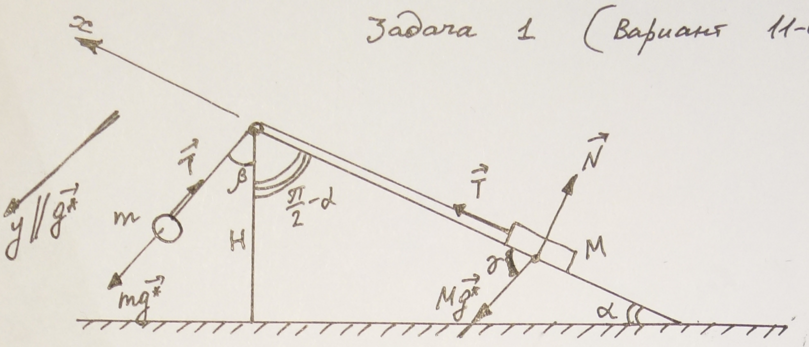
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

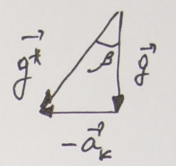
Шифр: **21202638**

ID профиля: **284421**

Вариант 5

Задача 1 (Вариант 11-05)





1) Перейдём в НИСО клина. В этой с.о. на шарик и груз действует мнимая сила инерции $\vec F = -m\vec a_к$ (m-масса тела, $\vec a_к$ – ускорение клина). Иначе говоря, можно считать, что изменилось ускорение свободного падения. Теперь оно равно $\vec g^* = \vec g - \vec a_к$.

Т.к. блок в с.о. клина неподвижен, то шарик массы m движется вдоль прямой, параллельной $\vec g^*$ (сначала его скорость была нулевой, а потом ускорение было сонаправлено с $\vec g^*$)

β – угол между нитью и вертикалью, т.е. между $\vec g^*$ и $\vec g$.

Значит, $a_к = g\,\mathrm{tg}\,\beta = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{3g}{4}$. Причём ускорение клина направлено вправо. Для п.2: $g^* = \frac{g}{\cos\beta}$

2) Сначала найдём $\cos\gamma$ и $\sin\gamma$ (γ – угол, указанный на рис. – угол между $\vec g^*$ и пов-тью клина):

$$\gamma = \pi - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) = \frac{\pi}{2} + \alpha - \beta;\quad \cos\gamma = \sin(\beta - \alpha) = \left| \begin{array}{l} \sin\alpha = \frac{5}{13},\ \cos\alpha = \frac{12}{13}, \\ \sin\beta = \frac{3}{5},\ \cos\beta = \frac{4}{5} \end{array} \right| =$$

$$= \frac{3}{5}\cdot\frac{12}{13} - \frac{4}{5}\cdot\frac{5}{13} = \frac{16}{65};\quad \sin\gamma = \cos(\beta - \alpha) = \frac{48+15}{65} = \frac{63}{65}.$$ Т.к. $\cos\gamma > 0$, то $\gamma < \frac{\pi}{2}$.

Пусть T – сила натяжения нити. (одинакова для бруска и шарика в силу нерастяжимости нити и невесомости) ($M = 13m$)

II з.Н. для бруска: $M\vec g^* + \vec T + \vec N = M\vec a_б$;

$$Ox:\ Mg^*\cos\gamma + T = Ma_б;$$

$$a_б = g^*\cos\gamma + \frac{T}{M}.$$

II з.Н. для шарика: $m\vec g^* + \vec T = m\vec a_ш$;

$$Oy:\ mg^* - T = ma_ш;$$

$$a_ш = g^* - \frac{T}{m}.$$

Т.к. нить нерастяжима, то ускорения бруска и шарика равны, т.е. $g^*\cos\gamma + \frac{T}{M} = g^* - \frac{T}{m} \Leftrightarrow T\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m}\right) = g^*(1 - \cos\gamma) \Rightarrow$

$$\Leftrightarrow T = \frac{Mm}{M+m}\cdot\frac{g}{\cos\beta}(1 - \cos\gamma).$$

Откуда $a = g^* - \frac{T}{m} = \frac{g}{\cos\beta}\left(1 - \frac{M}{M+m}(1 - \cos\gamma)\right) = \frac{g}{\cos\beta}\left(1 - \frac{M}{M+m}\left(1 - \sin(\beta - \alpha)\right)\right) =$

$$= \frac{5g}{4}\cdot\left(1 - \frac{13}{14}\cdot\frac{49}{65}\right) = \frac{5g}{4}\cdot\frac{3}{10} = \frac{3g}{8} > 0$$ (т.е. брусок и шарик действительно движутся вдоль введённых осей)

лист 1

см. продолжение на листе 2.

Задача 1 — продолжение

3) В с.о. клина точки стола конечно движутся, но, в целом, стол неподвижен (т.к. ускорение клина горизонтально).
Шарик движется вдоль оси y; до стола ему нужно пройти расстояние $\frac{H}{\cos\beta}$; ускорение постоянно и равно $a = \frac{3g}{8}$.
Пусть τ - искомое время. Тогда $S = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{a\tau^2}{2} =$

$$= \frac{3g}{16}\tau^2 \Rightarrow \tau^2 = \frac{\cancel{16}^{\,4}}{3g}\cdot\frac{H\cdot 5}{\cancel{4}_{\,1}} = \frac{5H}{3g} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{5H}{3g}}.$$

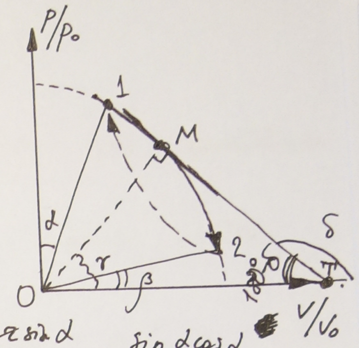
Ответ:

1. $a_к = g\,tg\,\beta = \frac{3g}{4}$;

2. $a = \frac{g}{\cos\beta}\left(1 - \frac{13}{14}\left(1 - \sin(\beta - \alpha)\right)\right) = \frac{3g}{8}$;

3. $\tau = \sqrt{\frac{5H}{3g}}$.

Задача 2 (Вариант 11-05)



1) Пусть $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 15^\circ$, r – радиус описанной в условии окружности.

В точке 1 (из диаграммы): $p_1 = p_0 \cdot r\cos\alpha$, $V_1 = V_0 r\sin\alpha$; в точке 2: $p_2 = p_0 r\sin\beta$, $V_2 = V_0 r\cos\beta$.

Согласно общему газовому закону: $\frac{pV}{T} = const$, т.е. $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ $\Rightarrow$ $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2} = \frac{p_0 r\cos\alpha \cdot V_0 r\sin\alpha}{p_0 r\sin\beta \cdot V_0 r\cos\beta} = \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{\sin\beta\cos\beta} =$

$$= \frac{\frac{1}{2}\sin 2\alpha}{\frac{1}{2}\sin 2\beta} = \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3} \approx 1{,}73.$$

2). Пусть M – некоторая точка на диаграмме в процессе расширения газа. γ – угол между радиусом, проведённым в эту точку и горизонтальной осью. Согласно I началу термодинамики, для газа при малом изменении состояния вблизи точки M: Пусть p, V, T – х-ки состояния газа в ~~состоянии~~ точке M.

$$dQ = dA + dU.$$

При этом: $dA = p\,dV$;

$$dU = \underset{\uparrow}{\frac{3}{2}}\nu R\,dT = \frac{3}{2}d(pV) = \frac{3}{2}(p\,dV + V\,dp).$$

т.к. газ идеальной одноатомной

Значит, $dQ = \frac{5}{2}p\,dV + \frac{3}{2}V\,dp$.

Теплоёмкость газа в точке M равна 0 в том и только в том случае, когда $dQ = 0$, т.е. $\frac{5}{\cancel{2}}p\,dV = -\frac{3}{\cancel{2}}V\,dp \Leftrightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{5}{3}\cdot\frac{p}{V} \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow \frac{d(P/P_0)}{d(V/V_0)} = -\frac{5}{3}\,\frac{P/P_0}{V/V_0} \quad (*).$$

$\frac{d(P/P_0)}{d(V/V_0)}$ есть тангенс угла δ наклона касательной к графику процесса расширения газа в точке M. Нетрудно видеть, что $\delta = 90^\circ + \gamma$ (поскольку касательная в точке M перпендикулярна радиусу OM, т.е. в ΔOMT (см. рис.): $\widehat{OTM} = 90^\circ - \gamma$; $\delta \underset{\uparrow}{=} 180^\circ - \widehat{OTM} = 90^\circ + \gamma$).

смежные углы

Значит, $\frac{d(P/P_0)}{d(V/V_0)} = \operatorname{tg}\gamma = -\operatorname{ctg}\gamma$; в то же время $\frac{P/P_0}{V/V_0} = \frac{r\sin\gamma}{r\cos\gamma} = \operatorname{tg}\gamma$.

Значит, $(*)$: $-\operatorname{ctg}\gamma = -\frac{5}{3}\operatorname{tg}\gamma \Rightarrow \operatorname{tg}^2\gamma = \frac{3}{5} \Rightarrow \operatorname{tg}\gamma = \sqrt{\frac{3}{5}} = \frac{\sqrt{15}}{5}$.

Т.к. $\operatorname{tg}\gamma > \frac{1}{\sqrt{3}} = \operatorname{tg}30^\circ > \operatorname{tg}15^\circ$ и $\operatorname{tg}\gamma < \sqrt{3} = \operatorname{tg}30^\circ$, то точка M лежит на дуге 12.

лист 3

см. продолжение на листе 4.

Чистовик (лист 4 из 4)

Задача 2 (продолжение)

3) ~~Найдём зависимость $p(V)$ в виде функции при расширении газа~~

~~т.к. $\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_2}\right)^2 = r^2 \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \sqrt{1-\left(\frac{V}{V_0 r}\right)^2}$~~

Работа A_1 газа при расширении равна:

$$A_1 = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{90^\circ-\alpha}^{\beta} (p_0 r \sin\gamma)\cdot d(V_0 r\cos\gamma) = p_0 V_0 r^2 \int_{90^\circ-\alpha}^{\beta} \sin\gamma \cdot(-\sin\gamma)\,d\gamma =$$

т.к. $\cos 2\gamma = 1-2\sin^2\gamma$

$$= p_0 V_0 r^2 \int_{90^\circ-\alpha}^{\beta} \frac{\cos 2\gamma - 1}{2}\,d\gamma = p_0 V_0 r^2 \cdot\left(\frac{1}{4}\int_{90^\circ-\alpha}^{\beta} \cos 2\gamma\, d(2\gamma) - \frac{1}{2}\int_{90^\circ-\alpha}^{\beta} d\gamma\right) =$$

$$= p_0 V_0 r^2 \left(-\frac{1}{4}\sin 2\gamma - \frac{1}{2}\gamma\right)\Bigg|_{90^\circ-\alpha}^{\beta} = p_0 V_0 r^2 \cdot\left(\frac{1}{2}\cdot(90^\circ-\alpha) - \frac{1}{2}\beta + \frac{1}{4}\sin(180^\circ - 2\alpha) -\right.$$

$$\left. - \frac{1}{4}\sin 2\beta\right) = p_0 V_0 r^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha+\beta}{2} + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\beta}{4}\right) =$$

далее буду записывать углы в радианах; я бы делал так с начала решения, но всё же изначально углы были даны в градусах

$$= p_0 V_0 r^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}/2 - 1/2}{4}\right) = p_0 V_0 r^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\right).$$

Вычислим работу газа в [redacted] процессе сжатия $2\to 1$:

$$Q = A_2 + \Delta U \quad \Rightarrow \quad A_2 = -\Delta U = -\frac{3}{2}\Delta(pV) = -\frac{3}{2}\cdot(p_1 V_1 - p_2 V_2) =$$

Q — 0

$$= \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2}\left(p_0 r\sin\beta \cdot V_0 r\cos\beta - p_0 r\cos\alpha \cdot V_0 r \sin\alpha\right) =$$

$$= \frac{3}{2} p_0 V_0 r^2 \cdot \left(\frac{\sin 2\beta}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right) = \frac{3}{2} p_0 V_0 r^2 \cdot \frac{1-\sqrt{3}}{4} = p_0 V_0 r^2 \cdot \frac{3-3\sqrt{3}}{8}.$$

Значит, $A_{цикла} = A_1 + A_2 = p_0 V_0 r^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{2-2\sqrt{3}}{8}\right) =$

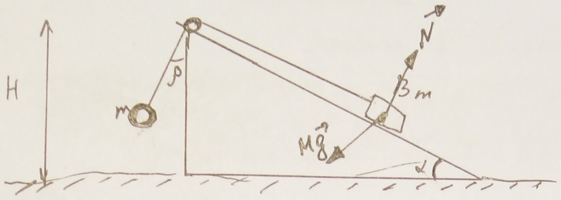
$$= p_0 V_0 r^2 \left(\frac{\pi}{8} + \frac{1-\sqrt{3}}{4}\right).$$

Значит, $$\frac{A_{цикла}}{A_1} = \frac{\frac{\pi}{8} + \frac{1-\sqrt{3}}{4}}{\frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}} = \frac{\pi + 2 - 2\sqrt{3}}{\pi + \sqrt{3} - 1} \approx 0{,}43.$$

Процесс сжатия газа нельзя считать адиабатическим (подчиняющимся уравнению $pV^\gamma = const$); однако теплообмена не было, поэтому в любой момент времени $\delta Q = 0$, а значит, $dA = -dU \Rightarrow A_2 = -\Delta U$.

Ответ:
1. $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3} \approx 1{,}73$;
2. $tg\,\gamma = \frac{\sqrt{15}}{5}$;
3. $\frac{A_{цикла}}{A_1} = \frac{\pi + 2 - 2\sqrt{3}}{\pi + \sqrt{3} - 1} \approx 0{,}43$.

Черновик



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

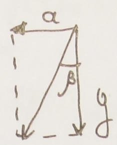
$\sin\alpha = \frac{5}{13}$

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

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

?

$\frac{\rho}{\rho_{0r}} = \frac{V}{V_{0r}}$



$a = g\,\mathrm{tg}\,\beta = \frac{3g}{4}$

$Q =$

1,68

3,87

Часть 2

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

Шифр: **21202638**

ID профиля: **284421**

Вариант 5

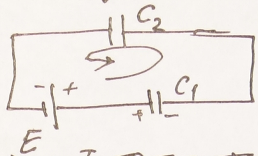
Чистовик (лист 1 из 4)

Задача 3 (вариант 11-05)

1) Ток, текущий через катушку мгновенно измениться не может (т.к. последовательно с катушкой подключен резистор) (см. правила коммутации). Поэтому напряжение на катушке будет равно напряжению на конденсаторе C_2 (т.к. напряжение на резисторе будет равно 0: $U_{C_2} = U_L + U_R = U_L$).

Кроме того, напряжения на конденсаторах мгновенно не изменятся, т.к. до замыкания ключа режим уже установился, а новый участок цепи в первое мгновение не оказывает влияния на старый ($i_0 = 0$)

До замыкания ключа:



~~режим установился ⇒ I = 0 ⇒ E = U_{C_1} + U_{C_2}~~

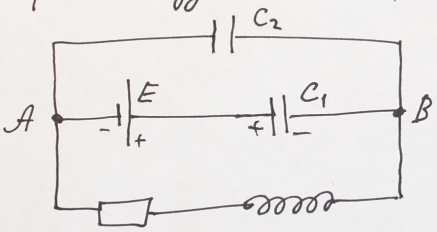
По II правилу Кирхгофа: $E = U_{C_1} + U_{C_2} \Rightarrow E = \frac{q_0}{C_1} + \frac{q_0}{C_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow q_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E$ — заряд каждого из конденсаторов.

Значит, $U_{C_2} = \frac{q_0}{C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} E$; $U_{C_2} = L\frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \boxed{\frac{C_1 E}{L(C_1 + C_2)}} = \boxed{\frac{E}{3L}}$; для п. 2. $U_{C_1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} E = \frac{2E}{3}$

2) ~~Т.к. параллельно ко~~

Т.к. последовательно с катушкой подключён резистор, то рано или поздно процесс установится. В установившемся режиме ток по проводам, подведённым к конденсаторам, не течёт ($I_{C_1} = I_{C_2} = 0$). Поэтому ток не будет течь и по нижней RL-ветви (иначе не выполнено I правило Кирхгофа для узлов A и B)



На основании вышеизложенного: $I_L = 0$; $U_{C_2} = 0$; $U_{C_1} = E$. Откуда $q_{C_1} = C_1 E = CE$. Заряд, протёкший за всё это время (после зам. ключа) через источник равен $q_{C_1} - q_0 = C_1 E - \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E = \frac{CE}{3}$ (это заряд, протёкший „через" конденсатор — по среднему проводу). При этом конденсатор зарядился, $A_{ист} = E\Delta q = \frac{CE^2}{3} > 0$. Согласно закону сохранения энергии:

$$A_{ист} = Q + \underbrace{\Delta U_{C_1}}_{=\frac{C_1 U^2}{2} - \frac{C_1 U_0^2}{2}} + \overbrace{\Delta U_{C_2}}^{=\frac{C_2 U^2}{2} - \frac{C_2 U_0^2}{2}} + \overbrace{\Delta U_L}^{=\frac{LI^2}{2} - \frac{LI_0^2}{2}} \Rightarrow \frac{CE^2}{3} = Q + \frac{C\left(E^2 - \left(\frac{2E}{3}\right)^2\right)}{2} - \frac{\cancel{2}C\cdot\left(\frac{E}{3}\right)^2}{\cancel{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{CE^2}{3} - \frac{5CE^2}{18} + \frac{CE^2}{9} = \frac{4CE^2}{9} - \frac{5CE^2}{18} = \boxed{\frac{CE^2}{6}}.$$

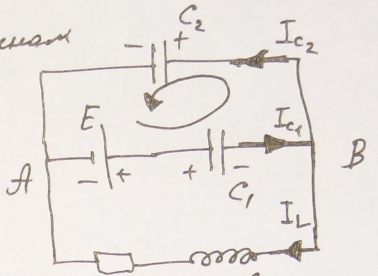
лист 1

См. продолжение на след. листе

21202638 (U284421 M1268043)

Чистовик (лист 2 из 4)

Задача 3 (продолжение)



3) По II правилу Кирхгофа в выделенном контуре:

$$E = \frac{q_{c_1}}{C_1} + \frac{q_{c_2}}{C_2};$$ продифференцируем по времени:

$$0 = \frac{I_{c_1}}{C_1} + \frac{I_{c_2}}{C_2} \Rightarrow I_{c_2} = -I_{c_1}\cdot\frac{C_2}{C_1} = -I_0\cdot\frac{C_2}{C_1};$$ условные направления токов показаны на рисунке.

По I-му правилу Кирхгофа для узла B:

$$I_L = I_{c_1} - I_{c_2} = I_0 + I_0\frac{C_2}{C_1} = \boxed{3I_0}$$

Абсолютное значение I_L не зависит от направления I_0.

Ответ: 1. $\frac{di}{dt} = \frac{E}{3L}$

2. $Q = \frac{cE^2}{6}$

3. $I_L = 3I_0$.

лист 2

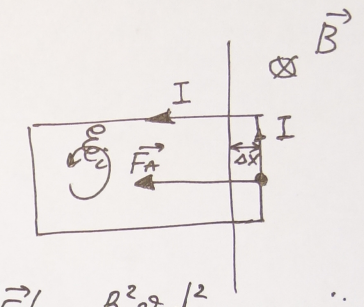
Чистовик (лист 3 из 4)

Задача 4 (вариант 11-05)

1. Когда рамка попадает в магнитное поле, в контуре возникает ЭДС индукции (вихревое электрическое поле); в рамке начинает течь ток; поэтому на стороны рамки начинает действовать сила ампера.

Когда рамка только вошла в поле:

$$|\mathcal{E}_i| = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{d\cdot\Delta x\cdot B}{\Delta t}\right| = |B\vartheta d| = B\vartheta d$$



$I = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{B\vartheta d}{R}$; $\vec F_A = \vec I \times \vec B \cdot d$; $|F_A| = BId = \frac{B^2\vartheta d^2}{R}$.

Откуда, по II з. Н.: $\sum \vec F = m\vec a$; $|a| = \frac{|\sum \vec F|}{m} = \frac{B^2\vartheta d^2}{R}$, причём $\vec a$ направлено влево. В нач. момент времени $\vartheta = \vartheta_0$; $|a| = \frac{B^2\vartheta_0 d^2}{R}$.

2. Стоит отметить, что силы ампера, действующие на нижнее и верхнее рёбра рамки, противоположны, т.к. токи, текущие по ним, противоположны, а их участки, находящ. в поле, одинаковы.

Значит, пока правая сторона рамки не вышла из поля,

$$\left|\frac{d\vartheta}{dt}\right| = |a| = \frac{B^2\vartheta d^2}{R} \Rightarrow \frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{B^2\vartheta d^2}{R} \Rightarrow R\,d\vartheta = -B^2d^2\underbrace{\vartheta\,dt}_{dS} \Rightarrow$$

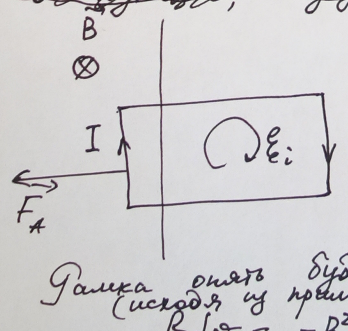
$\left|\frac{d\vartheta}{dt}\right| = -\frac{d\vartheta}{dt}$ т.к. рамка тормозится

$\Rightarrow$ (проинтегрируем от нач. момента до выхода правой стороны рамки из поля) $R\Delta\vartheta = -B^2d^2\underbrace{\Delta S}_{=H} \Rightarrow \Delta\vartheta = -\frac{B^2d^2H}{R}$,

$$V_1 = V_0 - \frac{B^2d^2H}{R} = V_0 - \frac{B^3d^3}{3R}.$$

~~Пока левая и правая части рамки вне поля силы ампера, на них действующие, будут скомпенсированы. Когда же левое ребро войдёт в область поля,~~

Т.к. $b > H$, то сначала из поля выйдет правое ребро, а затем войдёт левое.



3. Пока левое ребро рамки не войдёт в поле, сила ампера действовать не будет, т.к. не будет изменения магнитного потока, т.е. не будет тока.

При выходе левого ребра из рамки, опять появится $\mathcal{E}_i$: $|\mathcal{E}_i| = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = B\vartheta d$; $I = \frac{B\vartheta d}{R}$; $|F_A| = \frac{B^2\vartheta d^2}{R}$.

Рамка опять будет тормозиться (исходя из применённого правила правого буравчика); $a = \frac{B^2\vartheta d^2}{R}$; $-R\,d\vartheta = B^2d^2\vartheta\,dt \Rightarrow$

$\Rightarrow R\,d\vartheta = -B^2d^2dS \Rightarrow \Delta\vartheta = -\frac{B^2d^2H}{R}$.

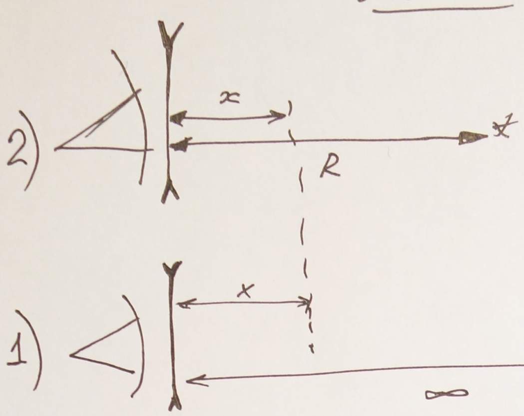
лист 3

Поэтому $V_2 = V_1 - \frac{B^2d^2H}{R} = V_0 - \frac{2B^2d^3}{3R}$.

Ответ: 1. $a = \frac{B^2\vartheta d^2}{R}$ (влево); 2. $V_1 = V_0 - \frac{B^2d^3}{3R}$; 3. $V_2 = V_0 - \frac{2B^2d^3}{3R}$.

21202638 (U284421 M1268043)

Задача 5 (вариант 11-05)



1) Пусть $R = 25$ см – указанное в условии задачи расстояние от текста до глаза.

Т.к. человек близорукий, то для рассмотрения далеких предметов ему нужны очки с рассеивающей линзой. По формуле тонкой линзы для двух случаев (рассмотрение далёких предметов и чтение текста):

Т.к. у человека нулевой предел аккомодации, то для чёткого рассмотрения предметов, ему нужно, чтобы их мнимое изображение в линзе было на расст. x от глаза.

1. Рассмотрение далёких предметов:

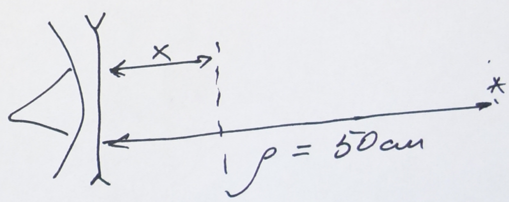
$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{x} = D_1 \Rightarrow D_1 = -\frac{1}{x};$$

2. Чтение текста:

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{x} = D_2 \Rightarrow D_2 = \frac{x-R}{Rx}.$$

Т.е. $$\frac{D_1}{D_2} = \frac{-\frac{1}{x}}{\frac{x-R}{Rx}} = \frac{R}{R-x} = 2 \Rightarrow R = 2R - 2x \Rightarrow x = \frac{R}{2} = 12{,}5 \text{ см}.$$

2) Вычислим искомую оптическую силу по формуле тонкой линзы (пусть $\rho = 50$ см — данное в условии расстояние):



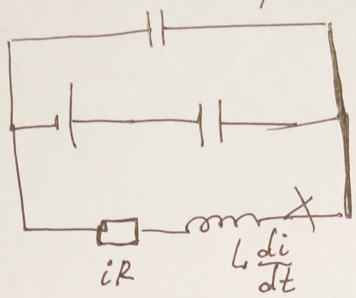
$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{x} = D \Longrightarrow$$

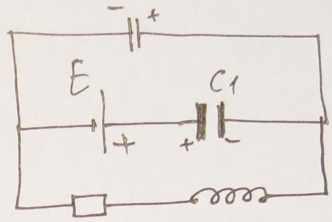
$$\Rightarrow D = -\frac{1}{0{,}125\text{ м}} + \frac{1}{0{,}5\text{ м}} = 2 \text{ дптр} - 8 \text{ дптр} = -6 \text{ дптр}.$$

Ответ: 1. $x = 12{,}5$ см,

2. $D = -6$ дптр.

Черновик

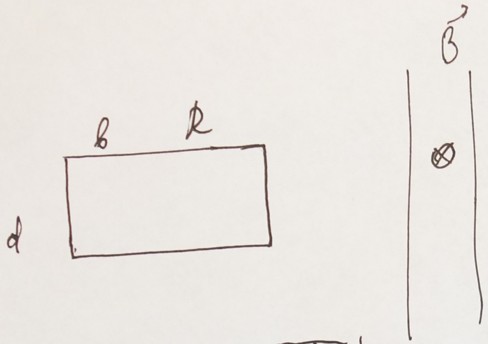




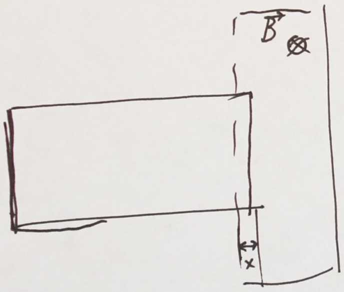
$$\mathcal{E} - \frac{q_c}{C} =$$

$$E - \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$$

$$-\frac{i_1}{C_1} = \frac{i_2}{C_2}$$



$$F = Bl\upsilon$$

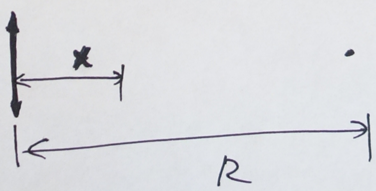


$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{d x B}{t} = -d\upsilon B$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \cancel{} \frac{\upsilon B d}{R}$$

V_0

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{B i d}{m} = \boxed{\frac{\upsilon B^2 d^2}{mR}}$$



$$\frac{1}{R} - \frac{1}{x} = D_1$$

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{x} = D_2$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\frac{x-R}{Rx}}{-\frac{1}{x}} = \frac{R-x}{R} = 2$$

$$\frac{R}{R-x} = 2$$

$$R = 2R - 2x$$

$$x = \frac{R}{2}.$$