Часть 1

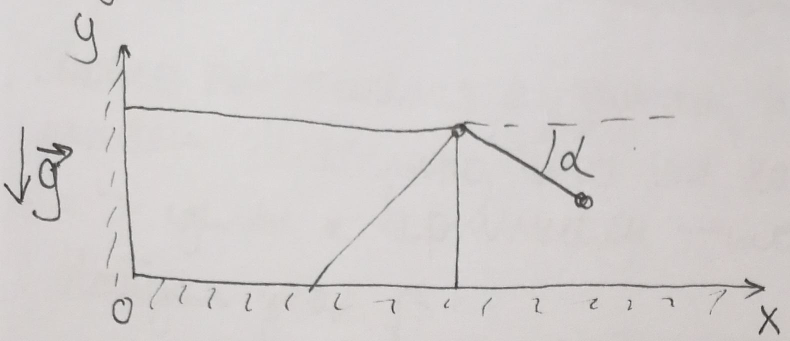
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21203047**

ID профиля: **865577**

Вариант 4

Задача 1. Чистовик Лист 1

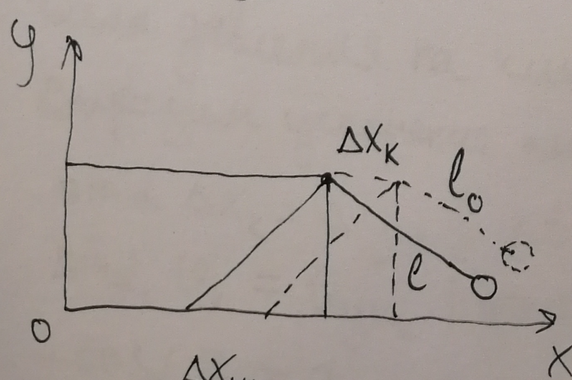


1) β – ?
2) $a_к$ – ?
3) $\frac{m}{M}$ – ?
4) τ – ?

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$
$\sin\alpha = \frac{15}{17}$
$tg\alpha = \frac{15}{8}$

Введём оси: OX – от стены вдоль стола; OY – от стола вверх вдоль стены.
Под давлением опускающегося шарика клин движется с ускорением влево (давление передаётся через нить).
Так как угол α не меняется, то и сила давления шара на клин, а, значит, и ускорение клина не меняются: $a_к = const$.

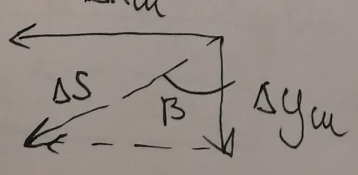
① Найдём угол β между ускорением шара и вертикалью.
Так как нить нерастяжима (и в ходе процесса всегда натянута вправо), то насколько влево уедет клин, настолько удлинится часть нити справа от него:



$$\boxed{\Delta l = l - l_0 = \Delta x_к}$$

Зная угол α между нитью и горизонтом, найдём изменение координат шара:

$\Delta x_ш = \cos\alpha\,\Delta l = \cos\alpha\,\Delta x_к$
$\Delta y_ш = \sin\alpha\,\Delta l = \sin\alpha\,\Delta x_к$

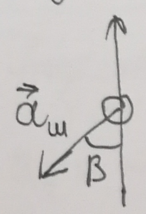


Как мы видим, смещение не меняет

Задача 1 Черновик Лист 2

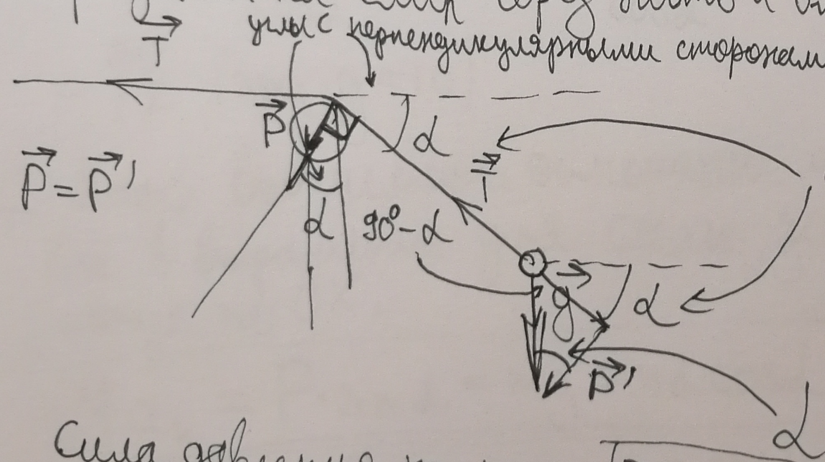
своего направления, а, значит, и ускорение шара его не меняет. Известно, что их направления совпадают => углы к вертикали — тоже.

Найдём угол β:



$$\boxed{ctg_\beta = \frac{\Delta y_ш}{\Delta x_ш} = \frac{\sin\alpha\cdot\Delta x_к}{\cos\alpha\cdot\Delta x_к} = tg\alpha = \frac{15}{8}}$$

② Найдём ускорение клина из соображений о том, что шар давит на клин через нить и блок:



соответств. углы

Сила натяжения нити:

$$\boxed{T = mg\cdot\sin\alpha}$$

Сила давления на клин $\boxed{P = mg\cdot\cos\alpha}$

Выразим ускорение клина через ускорение шара по OY:

$\sin\alpha\,\Delta x_к = \Delta y_ш \mid : \Delta t$

$\sin\alpha\,v_к = v_{yш} \mid$ диффереиц.

$-\cos\alpha\,a_к = a_{yш}$

$$\boxed{a_к = -\frac{a_{yш}}{\cos\alpha}} \Rightarrow \boxed{a_{yш} = -a_к\cdot\cos\alpha}$$

Задача 1 Чистовик лист 4

$$|a_{ущ}| = |-a_k \cdot \cos\alpha| = |-g\cos^2\alpha| = g\cos^2\alpha$$

$$\boxed{\tau = \sqrt{\frac{2H}{g\cos^2\alpha}}} = \sqrt{\frac{H}{5}} \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \text{ (при } g=10)$$

Задача 2

$$\nu,\ T_0,\ T,\ \cancel{C_\nu(T)} = C(T) = \frac{9}{5}R\frac{T}{T_0}$$

1) $Q_1 - ?$ 2) $T_m - ?$ 3) $A_m - ?$

① $\Delta Q = -C(T)\cdot\nu\,\Delta T$ при $T=const$

$$Q_1 = \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} -C(T)\nu\,dT = \int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} -\frac{9}{5}R\frac{T}{T_0}\,dT =$$

$$= -\frac{9}{5}\frac{R}{T_0}\int_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} T\,dT = -\frac{9}{5}\frac{R}{T_0}\cdot\frac{1}{2}T^2\Big|_{T_0}^{\frac{3}{4}T_0} =$$

$$= -\frac{9}{5}\frac{R}{T_0}\cdot\frac{1}{2}\left(\frac{9}{16}T_0^2 - T_0^2\right) = -\frac{9}{5}\cdot\frac{R}{T_0}\cdot\frac{1}{2}\cdot T_0^2\cdot\frac{-7}{16} =$$

$$= -\frac{-63}{160}T_0R = \frac{63}{160}T_0R$$

② $A = Q - \Delta U = Q - \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{9}{5}\frac{R}{T_0}\cdot\frac{1}{2}\left(T^2 - T_0^2\right) -$

$- \frac{3}{2}\nu R(T-T_0) = \cancel{\frac{3}{2}R(T-T_0)\left(\frac{3(T+T_0)}{5T_0}+\nu\right)} =$

$\cancel{= -\frac{3}{2}R(T-T_0)\cdot\left(\frac{3}{5}\frac{T}{T_0}+\frac{3}{5}+\nu\right)}$

~~Минимум этой функции достигается:~~

Задача 2 Чистовик Лист 5

~~При~~ $\cancel{(T-T_0)\cdot\left(\frac{3}{5}\frac{T}{T_0}+\left(\frac{3}{5}+\nu\right)\right)=max}$

$$=\frac{3}{2}R(T-T_0)\left(\frac{3(T+T_0)}{5T_0}-\nu\right)=$$

$$=\frac{3}{2}R(T-T_0)\left(T\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{1}{T_0}+\left(\frac{3}{5T_0}-\nu\right)\right)$$

~~Максим~~ Минимум этой функции достигается, очевидно, при $T=0$ $T_0=\underline{0K}$

3 $A_m=\frac{3}{2}R\cdot(-T_0)\left(\frac{3}{5T_0}-\nu\right)=$

$$=\frac{-3}{2}R\left(\frac{3}{5}-T_0\nu\right)=-\frac{9}{10}R+\frac{3}{2}\nu T_0=$$

$$=\frac{3}{2}\nu T_0-\frac{9}{10}R$$

21203047 (U865577 M1270056)

Задача 1 Чистовик Лист 3

Теперь найдём равнодействующую шара по OY:

$ma_{ym} = -mg + T\sin\alpha$

$$\boxed{a_{ym} = \frac{T\sin\alpha}{m} - g}$$

Подставим a_{ym} в формулу a_k:

$$a_k = -\frac{a_{ym}}{\cos\alpha} = -\frac{\frac{T\sin\alpha}{m} - g}{\cos\alpha} = -\frac{\frac{mg\sin^2\alpha}{m} - g}{\cos\alpha} =$$

$$= -\frac{g(\sin^2\alpha - 1)}{\cos\alpha} = -\frac{g(-\cos^2\alpha)}{\cos\alpha} = g\cos\alpha = \frac{8}{17}g =$$

$= \frac{80}{17}$ (при $g=10$)

3) Надо вычислить отношение масс. Подставим всё в выражение для силы, действующей на конус по OX:

$$\boxed{Ma_k = P\cdot\sin\alpha = mg\sin\alpha\cos\alpha}$$

$$\boxed{\frac{m}{M} = \frac{a_k}{g\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{g\cos\alpha}{g\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{17}{15}}$$

4) Осталось вычислить время падения шарика: Известно уравнение ускоренного движения:

$H = v_0 t + \frac{a}{2}t^2$ или же, в нашем случае:

$$H = \frac{|a_{ym}|}{2}\tau^2 \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{|a_{ym}|}}$$

21203047 (U865577 M1270056)

Часть 2

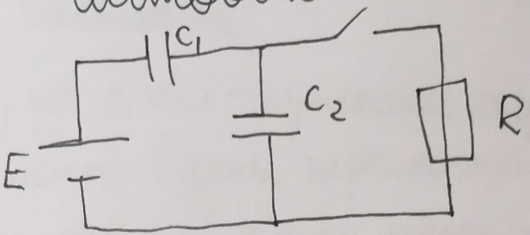
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203047**

ID профиля: **865577**

Вариант 4

Задача 3 Чистовик Лист 1



$C_2 = C$

$C_1 = 5C$

1) I_1 – ? сразу после замык. ключа

2) Q' – ? в цепи после замыкания

3) I_2 – ?

$I_{C2} = I_0$, где I_{C2} – I на C2;

① До замык:
По з-ну Кирхгофа для контура E–C₁–R:

$E = U_1 + U_2$, где U_1 и U_2 – напрят. на конденсаторах C_1 и C_2 соотв.

$\boxed{U_x = \frac{Q_x}{C_x}}$ – формула напрят. к-ра

$Q_1 = Q_2$ (т.к. конденсаторы соединены последовательно).

$$E = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = Q\left(\frac{1}{5C} + \frac{1}{C}\right) = \frac{6Q}{5C} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{5CE}{6}}.$$ Тогда:

$$\boxed{U_1 = \frac{Q}{5C} = \frac{E}{6}}; \quad \boxed{U_2 = \frac{Q}{C} = \frac{5E}{6}}$$

В момент замыкания на конденсаторе C_1 будет напряжение U_1 (как известно, напряжение на конденсаторе не меняется скачком)

Тогда по з-ну Кирхгофа для кон-ра E–C₁–R:

$$\boxed{E = U_1 + U_R} \Rightarrow \boxed{U_R} = E - U_1 = E - \frac{E}{6} = \boxed{\frac{5E}{6}},$$ где U_R – напрят. на резисторе в момент замык.

То есть, $\boxed{I_1 = \frac{U_R}{R} = \frac{5E}{6R}}$

Ответ: $I_1 = \frac{5E}{6R}$

21203047 (U865577 M1270057)

Задача 3 Чистовик Лист 2

② $\boxed{Q' = \Delta W_{C1} + \Delta W_{C2}}$, где ΔW_{Ci} – изменение энергии i-го к-ра

На момент, когда тепло в цепи перестанет выделяться, в цепи установится режим, и ток через элементы течь не будет ($I' = 0$, где I' – ток через R в установившемся режиме)

Тогда для контура $E - C_1 - R$ по Кирх.:

$E = U_1' + U_R' = U_1' + I'R = U_1' + 0 \Rightarrow$, где U_1', U_R' – напряж. на C_1 и R соответств. в установ. режиме

$\boxed{U_1' = E}$

Для контура $E - C_1 - C_2$:

$E = U_1' + U_2' \Rightarrow U_2' = E - U_1' = E - E = 0$, где U_2' – напряж на C_2 в уст. режиме

$$\boxed{Q'} = (\Delta W_{C1} + \Delta W_{C2}) = \left(\left(\frac{C_1 U_1'^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2}\right) + \left(\frac{C_2 U_2'^2}{2} - \frac{C_2 U_2^2}{2}\right)\right) =$$

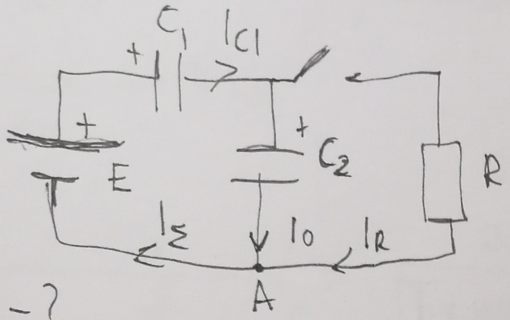
$$= \left(\left(\frac{5CE^2}{2} - \frac{5CE^2}{2 \cdot 36}\right) + \left(\frac{C \cdot 0}{2} - \frac{C \cdot 25E^2}{2 \cdot 36}\right)\right) =$$

$$= \frac{CE^2(\overset{180}{5 \cdot 36} - 5 - 25)}{72} = \frac{150CE^2}{72} = \frac{50CE^2}{24} = \boxed{\frac{25CE^2}{12}}$$

Ответ: $\boxed{Q' = \frac{25CE^2}{12}}$

Задача 3 Чистовик Лист 3

3



I_R – ?

По з-ну Кирхгофа: $I_\varepsilon = I_0 + I_R = I_{C1}$, см. рис. для узла A

С другой стороны, для контура $C_2 - R$: $U_2 = I_R R$

для $E - C_1 - R$: $E = U_1 + I_R R$

$(E = U_1 + U_2)$

Т.к. источник идеальный, то его $r = 0$, =>

~~I_R при $R_{C2} = 0$~~

$I_R = \frac{U_2}{R}$

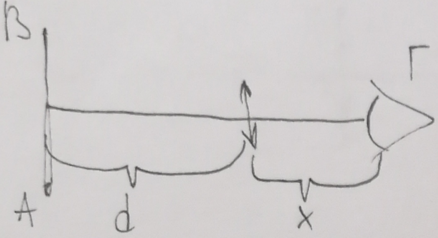
Ответ: ______

21203047 (U865577 M1270057)

Задача 5 Чистовик Лист 4

$F = 24$ см $d = 96$ см
$H = 9$ см

1) x – ?
2) $D_м$ – ?
3) l – ?



Т.к. изображ. действ., то линза – собирающая

① Если наблюдатель аккомодировал глаз на расстоянии 24см, то изображение находится на том же $d' = 24$ см от него.

Тогда по ф-ле т. линзы:

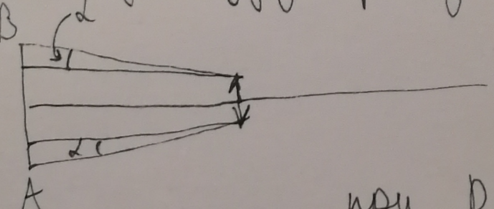
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{x-d'} \Rightarrow x = \frac{Fd}{d-F} + d' = \frac{24\cdot 96}{\underset{72}{96-24}} + 24 =$$

$$= \frac{96}{3} + 24 = 32 + 24 = \underline{56 \text{ см}}$$

Ответ: $x = 56$ см

② Эта линза даёт изображение циферблата на расстоянии $r = x - d' = 32$ см. Все лучи, параллельные Г.О.О. от циферблата, фокусируются на этом r.

Если диаметр циферблата будет больше диаметра линзы, то ~~часть лучей~~ от верхних и нижних участков циферблата лучи будут приходить в линзу только под углом α,

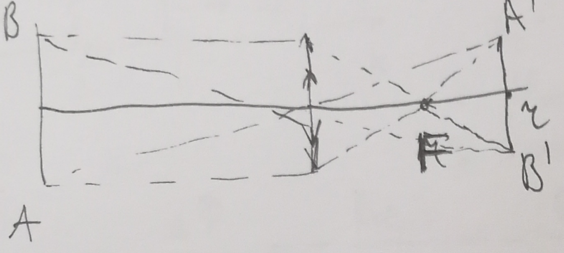


а, значит, не соберутся в изображение на расстоянии r. Таким образом лишь при $D_м = H = 9$ см и больше наблюдатель увидит циферблат полностью

Ответ: $D_м = H = 9$ см

Задача 5 Чистовик Лист 5

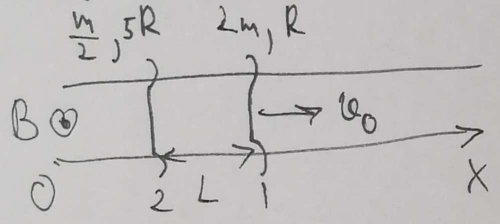
③



Если поместить небольшой непрозрачный экран справа на фокусном расстоянии от линзы, то все лучи, исходящие из циферблата и параллельные Г.О.О., после преломления уйдут в нём. Тогда ~~их~~ вместо изображения мы получим размытый пучок света ~~вместо~~ вокруг этого экрана

Ответ: $\boxed{l = F = 24 \text{ см}}$

Задача 4 Чистовик Лист 5



B, L

1) a_0 -?

2) v_∞ -?

3) L_∞ -?

① $$E_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{B\Delta S}{\Delta t} = -\frac{Bh\Delta L}{\Delta t} = -Bhv_0$$

В начальный момент:

$$I_0 = \frac{E_i}{R_1+R_2} = -\frac{Bhv_0}{6R}$$, где I_0 — ток в момент сообщения скорости первой рельсе

$$F_1 = BI_0h = -\frac{B^2h^2v_0}{6R}$$

$$a_0 = \frac{F_1}{m_1} = \cancel{-\frac{B^2h^2v_0}{2}} - \frac{B^2h^2v_0}{12Rm}$$

Ответ: $a_0 = -\frac{B^2h^2v_0}{12Rm}$