Часть 1

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

Шифр: **21200712**

ID профиля: **363516**

Вариант 3

Чистовик. Страница 1.

Задание 2.

Дано:
ν, T_0, R
$c(T) = 3R\frac{T}{T_0}$

1) Q_1 — ? (при $T_к = \frac{3}{5}T_0$)

2) $T'_{A\min}$ — ?

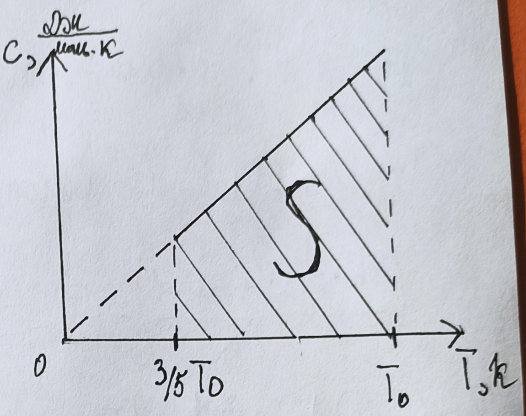
3) $A'_{\min}$ — ?

Решение:

1) Построю эскиз графика зависимости $c(T)$ в осях T, c.

Это будет прямая (т.к. зависимость линейная), проходящая через начало координат, т.к.

$c(0) = 3R \cdot \frac{0}{T_0} = 0$.



$|Q_1| = |c\nu\Delta T|$ по определению молярной теплоёмкости *.

Точнее: $Q_{получ} = c\nu\Delta T \Rightarrow Q_{отд} = Q_1 = -Q_{получ} = -c\nu\Delta T$.

Нас всё равно будет интересовать модуль самой величины, ведь знак строго оговорен в условии.

Формула * в чисто таком виде была бы верна для процесса с постоянной мол. теплоёмкостью. В нашем же случае под $c\Delta T$ можно понимать площадь под графиком зависимости $c(T)$ (ведь это сумма бесконечного числа элементарных прямоугольников со сторонами $c_x \approx const$ и $\Delta T_x \ll T$.

S — это площадь трапеции с основаниями $c(\frac{3}{5}T_0)$ и $c(T_0)$ и высотой $(T_0 - \frac{3}{5}T_0)$.

$$S = \frac{\left(3R \cdot \frac{3/5\,T_0}{T_0} + 3R\frac{T_0}{T_0}\right)}{2} \cdot \frac{2}{5}T_0 = \frac{\left(\frac{9}{5}R + 3R\right)}{5}T_0 = \frac{24}{25}RT_0.$$

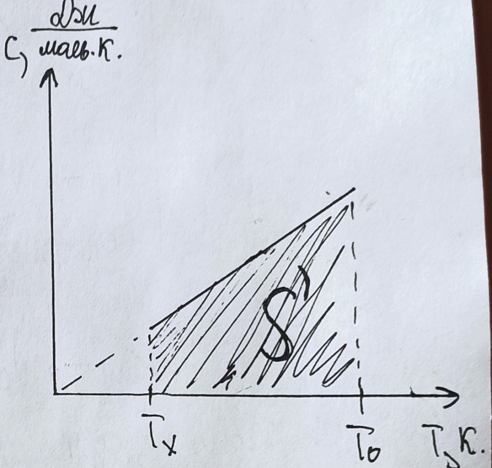
Тогда $Q_1 = S\nu = \frac{24}{25}\nu R T_0 = \cancel{\frac{4{,}8\nu R T_0}{5}} = 0{,}96\,\nu R T_0$.

Продолжение см. на странице 2

Чистовик. Страница 2.

Задача 2 (продолжение) 2) Пусть $T_{A'_{min}}$ — искомая температура — равна T_x. По тому же принципу, как и в 1), найду, сколько теплоты отдал газ. Эта величина вновь >0, что очевидно из уравнения зависимости $c(T)$.

$Q_{отд} = S'\nu$. Новая трапеция (с площадью S') будет иметь основания $c(T_x)$ и $c(T_0)$ и высоту $T_0 - T_x$.



$$S' = \left(\frac{3R\cdot\frac{T_x}{T_0} + 3R\cdot 1}{2}\right)\cdot(T_0 - T_x) = \frac{3R}{2}\left(\frac{T_x}{T_0}+1\right)(T_0 - T_x).$$

$$Q_{отд} = S'\nu = \frac{3\nu R}{2}\left(\frac{T_x}{T_0}+1\right)(T_0 - T_x).$$

Гелий — одноатомный газ, поэтому изменение его внутренней энергии: $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_0)$.

По первому закону термодинамики: ~~$\Delta U = Q_{отд} + A'$. Отсюда $A' = \Delta U - Q_{отд}$~~

$Q_{получ} = \Delta U + A'$ $\quad A' = Q_{получ} - \Delta U = -Q_{отд} - \Delta U$

$$A' = \frac{3\nu R}{2}\left(\frac{T_x}{T_0}+1\right)(T_x - T_0) - \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_0) = \frac{3\nu R}{2}(T_x - T_0)\left(\frac{T_x}{T_0}+1-1\right) =$$

$$= \frac{3\nu R}{2}(T_x - T_0)\frac{T_x}{T_0} = \frac{3\nu R}{2T_0}T_x^2 - \frac{3\nu R}{2}\cdot T_x.$$

$(A'(T_x))' = \frac{3\nu R}{T_0}T_x - \frac{3\nu R}{2}$. $\quad A'(T_x) = 0$ при $T_x = \frac{T_0}{2}$. И, т.к. $T_x \geq 0$, то это и точка минимума для ф-ции $A'(T_x) \Rightarrow T_{A'_{min}} = T_0/2$.

3) $A'_{min} = A'\left(\frac{T_0}{2}\right) = \frac{3\nu R}{2T_0}\cdot\frac{T_0^2}{4} - \frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{2} = -\frac{3\nu R T_0}{8} = -0{,}375\,\nu R T_0$

Ответ: 1) ~~$4{,}8\nu R T_0$~~; $0{,}96\,\nu R T_0$.
2) $\frac{T_0}{2}$;
3) $-\frac{3\nu R T_0}{8} = -0{,}375\,\nu R T_0$.

Чистовик. Страница 3.

Дано:

$\cos\alpha = 5/13$

H

1) φ - ?

2) $a_{кл}$

3) ~~M~~ $\frac{m}{M}$ - ?

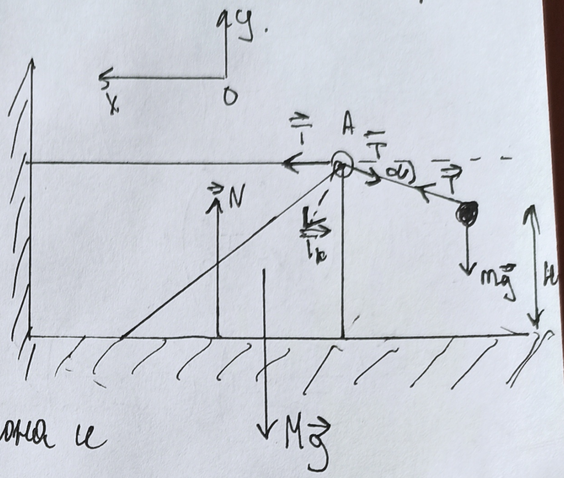
4) τ - ?

Решение:

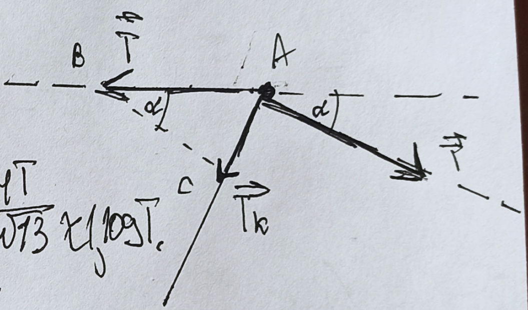
Изображу силы, действующие на клин и на шар.

Пусть m - это масса шарика, а M - масса клина.

На клин действует равнодействующая двух сил натяжения нити T (все их я взял равными в силу 3-го зак. Ньютона и нерастяжимости нити). Найду её: (см. рис.). Она равна T_k.



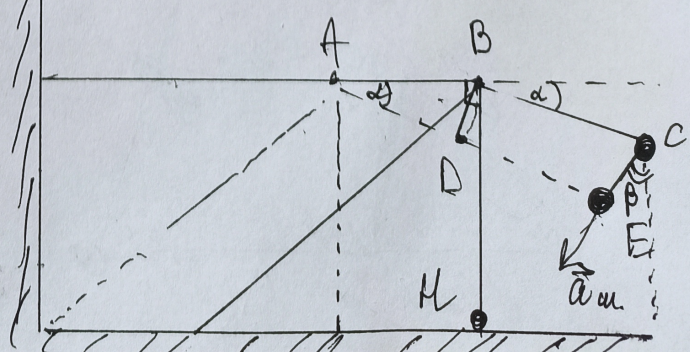
Найду её по т. косинусов из $\triangle ABC$:



$$T_k = \sqrt{T^2+T^2-2T^2\cos\alpha} = \sqrt{2T^2\left(1-\frac{5}{13}\right)} = \sqrt{T^2\cdot\frac{16}{13}} = \frac{4T}{\sqrt{13}} \approx 1{,}109T.$$

Силы, действующие на клин: $\vec{N}$, $M\vec{g}$ и $\vec{T_k}$. Из всех них только $\vec{T_k}$ имеет ненулевую проекцию на ось Ox $\Rightarrow$ она и вызывает движение клина. (т.к. по оси Oy ~~...~~ клин не движется).

Нарисую положение клина с шариком в нач. момент времени и через некоторое время (второе — пунктиром): угол α, по условию, сохраняется или $AB=AD$, то $AB+BC=AD+DE$ (длина нити постоянна)



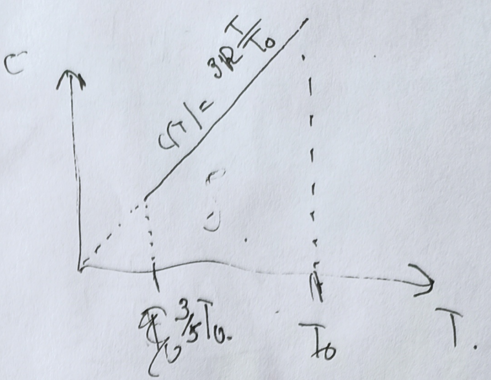
$\Rightarrow BC=DE$. но $BC \parallel DE$ $\Rightarrow DBCE$ - п-м.

$\angle DBH$ тогда равен углу β, а угол β - это угол между ускор. шарика и вертик.

Черновик.

ν моль, He

охлажд. от T_0 : $c(T) = 3R\frac{T}{T_0}$.



$\Delta U = Q_{отд}$. Вроде. Не забыть про работу.

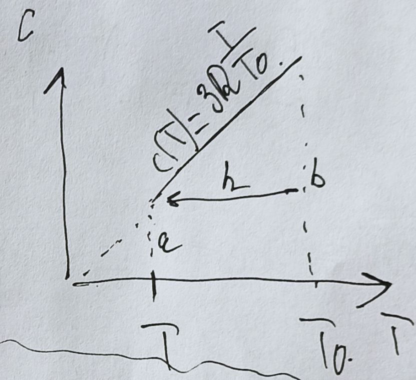
$c(\frac{3}{5}T_0) = 3R\cdot\frac{3}{5} = \frac{9}{5}R$ $c(T_0) = 3R$ $S = (\frac{9}{5}R + 3R)\cdot\frac{1}{5} = \frac{24}{25}R$.

Итого газ теряет $\cancel{\Delta U} = \frac{24}{25}\nu R$. Это и есть $\cancel{\Delta Q}$! Т.е. Q1.

$Q = \Delta U + A'_г$

$\Delta U = Q_{пол} + A$

Пусть теперь просто до T. $\cancel{\Delta U = Q_{отд}}$



$a = c(T) = 3R\frac{T}{T_0}$

$b = c(T_0) = 3R$. $h = T_0 - T$.

$$S = \frac{(a+b)\cdot h}{2} = \frac{(3R + 3R\frac{T}{T_0})\cdot(T_0 - T)}{2}$$

$$\boxed{Q = S\nu = \frac{\nu(T_0 - T)(3R + 3R\frac{T}{T_0})}{2}}.$$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T - T_0)$.

$$A' = Q - \Delta U = \frac{\nu(T_0 - T)(3R + 3R\frac{T}{T_0})}{2} + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T) =$$

$Q = -c\nu\Delta T$.

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

$A'(T) / \frac{3\nu R}{2} = const$ $\Rightarrow$ буду искать произв. от $(T_0 - T)(2 + \frac{T}{T_0}) =$

$= 2T_0 + T - 2T - \frac{T^2}{T_0}$

$A' = \Delta U + Q_{пол} = \Delta U - Q_{отд}$

$Q_{пол} = \Delta U + A'$ $A' = Q_{пол} - \Delta U$.

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

$\Delta U = \cancel{\frac{3}{2}\nu R\cdot\Delta T}$.

$c\nu\Delta T=\Delta U$

$\nu T_0\cdot\frac{3R}{T_0}$..

$$\frac{(T-T_0)\nu\cdot 3R\left(1+\frac{T}{T_0}\right)}{2}-\frac{3}{2}\nu R(T-T_0)=A'=$$

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

$$=\frac{3\nu R}{2}(T-T_0)\cdot\frac{T}{T_0}.$$

$\frac{3\nu R}{2T_0}=const \Rightarrow$ буду счит, что $A'=(T-T_0)T.=T^2-TT_0.$

$x_в=\frac{T_0}{2}$

$A'_{мин}=\frac{3\nu R}{2T_0}\cdot A\left(\frac{T_0}{2}\right)=\frac{3\nu R}{2T_0}\cdot\left(\frac{T_0^2}{4}-\frac{T_0^2}{2}\right)$. ну мб-отриц.

$\frac{\cancel{3R}}{T_0}T_x=\frac{\cancel{3R}}{2}$ $\quad T_x=\frac{T_0}{2}.$ $\quad \frac{24}{25}\nu RT_0=$

$$\frac{3\nu R}{2\cancel{T_0}}\cdot\frac{T_0^{\cancel{2}}}{4}-\frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{2}.=\frac{3\nu R}{2}\left(\frac{T_0}{4}-\frac{T_0}{2}\right)=-\frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{4}=\frac{-3\nu RT_0}{8}$$

$c(T)=\frac{3RT}{T_0}=\frac{3R}{T_0}\cdot T$ $\qquad \int c(T)=\frac{3RT^2}{2T_0}\Big|_{3/5T_0}^{T_0}=$

$$=\frac{3R\cdot T_0^{\cancel{2}}}{2\cancel{T_0}}-\frac{3R}{2\cancel{T_0}}\cdot\frac{9T_0^{\cancel{2}}}{25}=\frac{3RT_0}{2}-\frac{27RT_0}{50}=\frac{(75-27)RT_0}{50}=$$

$$=\frac{48}{50}RT_0=\boxed{\frac{24}{25}RT_0.}$$

Черновик.

$$\frac{3RT^2}{2T_0}\Big|_{T}^{T_0} = \frac{3RT_0}{2} - \frac{3RT^2}{2T_0} = \frac{3RT_0^2 - 3RT^2}{2T_0} = \frac{3R}{2}\left(\frac{T_0^2-T^2}{T_0}\right) =$$

$$= \frac{3R}{2}(T_0-T)(T_0+T)/T_0 = \frac{3R}{2}\left(1+\frac{T}{T_0}\right)(T_0-T).$$

$\frac{3}{2}\nu R(T_{\cancel{x}}-T_0)$ $\qquad Q_{нади} = \Delta U + A'.$

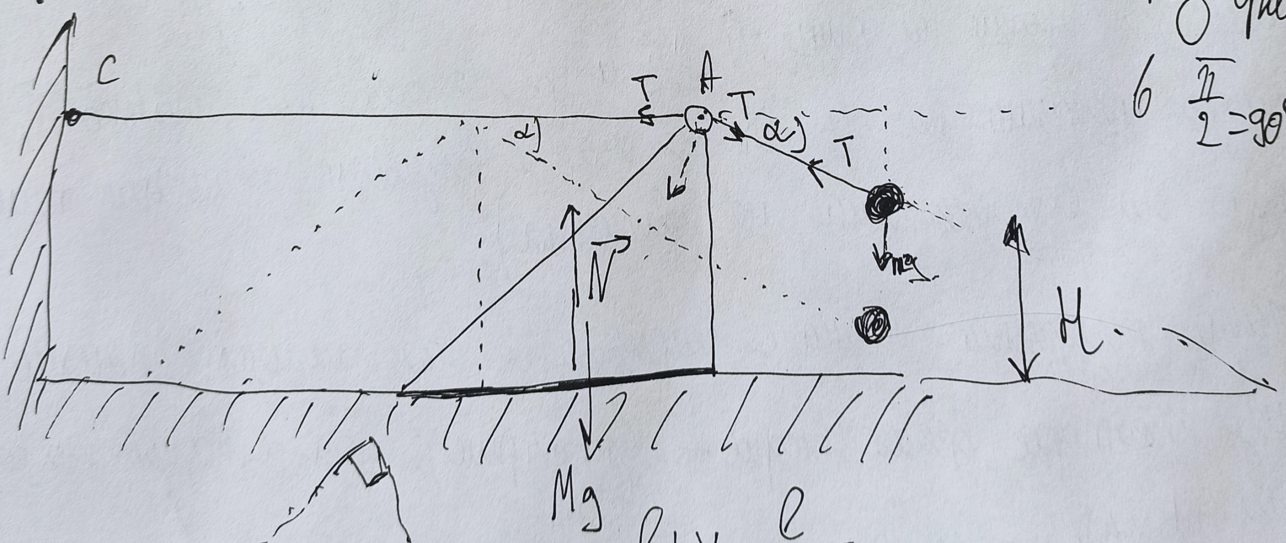
$$\frac{3\nu R}{2}\left(\frac{T}{T_0}+1\right)(T_{\cancel{x}}-T_0) - \frac{3}{2}\nu R(T_x-T_0) = \frac{3\nu R}{2}(T-T_0)\left(\frac{T}{T_0}+1\right) - \frac{3\nu R}{2}(T-T_0) =$$

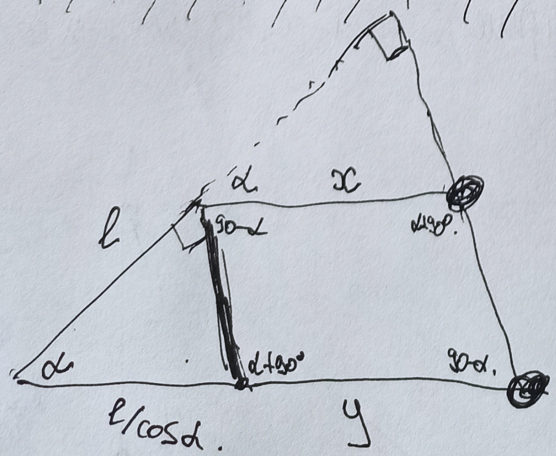
$$= \frac{3\nu R}{2}(T-T_0)\left(\frac{T}{T_0}+1-1\right) = \frac{\cancel{3\nu R}}{2}(T-T_0)\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

$\frac{T^2}{T_0} - T$ $\qquad x_{min} = \frac{1\,T_0}{2} = \frac{T_0}{2}$ $\qquad -\frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{2}\cdot\frac{1}{2} = -\frac{3\nu RT_0}{8}.$

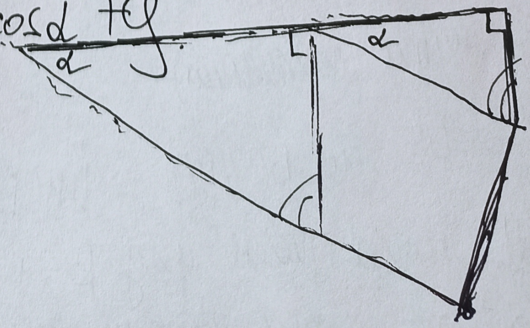
м.б. под углом

в $\frac{\pi}{2} = 90°$?





$l + x = \frac{l}{\cos\alpha} + tg$



Часть 2

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

Шифр: **21200712**

ID профиля: **363516**

Вариант 3

Задание 5.

Дано:

$F = 18$ см

$H = 9$ см

$d = 72$ см

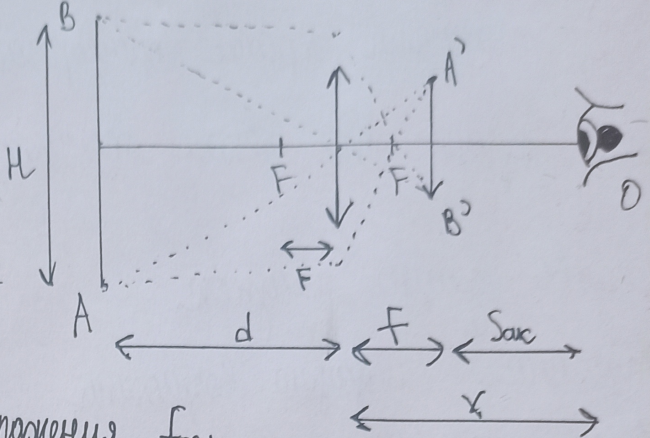
$S_{ак} = 24$ см

1) x – ?

2) $D_м$ – ?

3) y – ?

Решение:



1) Линза собирающая, $d > F$, даже $d > 2F$ ⇒ изображение картины будет перевёрнутым, уменьшенным.

Путь от линзы до изображения f см.

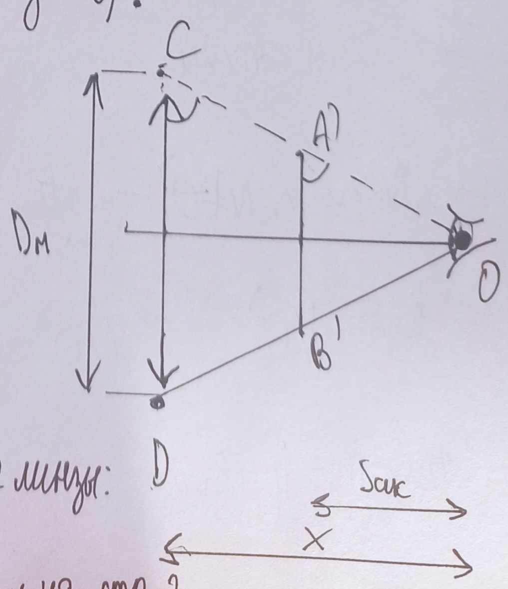
По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, откуда $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{18} - \frac{1}{72} = \frac{3}{72} = \frac{1}{24} \Rightarrow f = 24 \text{ см}$$

Тогда $x = f + S_{ак} = 24 + 24 = 48$ см

2) Наблюдатель может увидеть целиком всё изображение картины, ~~если линза будет больше (или равна) данного изображения.~~ ~~Т.е. необходимо: $D_м \geq A'B'$.~~ если его проекция (с центром в глазу) будет „помещаться" в линзе. Т.е. (см. рисунок):

Линза должна кончаться в точках C и D или выходить за них.



Из подобия △$A'OB'$ и COD:

$$\frac{A'B'}{D_м} = \frac{S_{ак}}{X}, \text{ откуда } D_м = \frac{A'B' \cdot X}{S_{ак}} = 2A'B'$$

Размеры изображения (т.е. $A'B'$) найду по формуле для линзы:

$$\frac{F}{d} = \frac{A'B'}{H}, \text{ т.е. } A'B' = \frac{F}{d} \cdot H = \frac{24}{72} \cdot 9 = 3 \text{ см}$$

см. на стр. 2

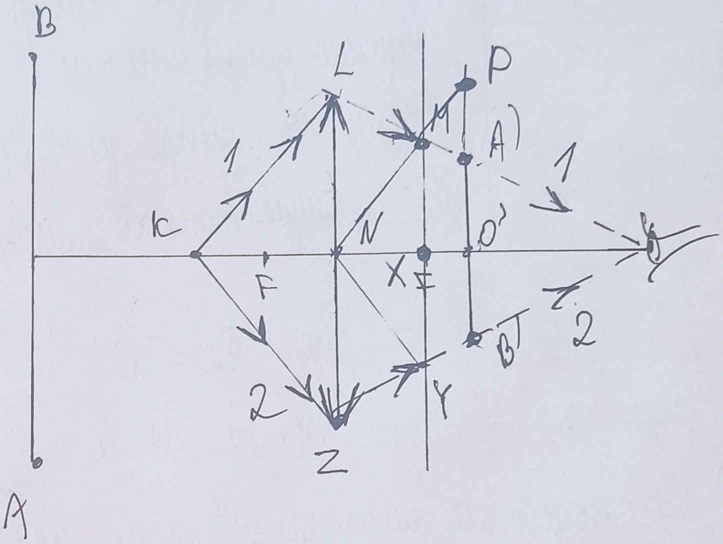
Чистовик. Страница 2.

Задание 5 (продолж).

Тогда $D_м = 2\cdot 3 = 6$ см

3) Размерами экрана пренебрегаем по сравнению с диаметром линзы; т.е экран — это некая точка, не пропускающая лучи света.

Вновь сделаю рисунок.



Описанная ситуацию возможна, если перекрыты лучи 1 и 2. (Совпало, что они проходят через концы линзы).

Построю их ход до преломления (по известным правилам).

KL∥NM и KZ∥NY. Видно, что необходимо поместить экран в точку K между картиной и линзой

~~Сначала найду NX из подобия △NMX и NPO')~~.

При этом O' лежит между фокусом и двойным фокусом линзы.

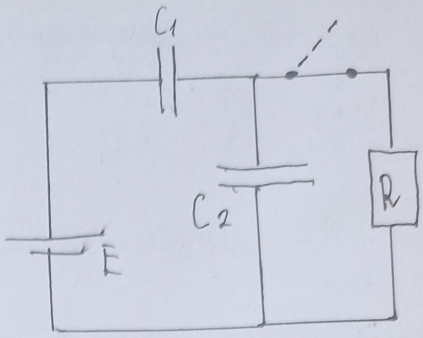
△KLN ~ △NPO' и по построению окажутся равными.

→ KN = NO'. NO' = ~~f~~ f = 24 см.

Ответ: 1) 48 см; 2) 6 см; 3) между картиной и линзой на расст. 24 см от линзы.

21200712 (U363516 M1270139)

Чистовик. Страница 3.



Задание 3. $C_1=4C$, $C_2=C$.

До замыкания ключа режим установился $\Rightarrow$ конденсаторы зарядились и при этом $U_1+U_2=E$, где U_1 и U_2 – напряж. на конденсат.

Конденсаторы предв. не заряжались $\Rightarrow$ протёкший через них заряд одинаков. Т.к. $C=\frac{q}{U}$, то $C_1U_1=C_2U_2$, откуда $U_2=\frac{C_1U_1}{C_2}=4U_1$

$$\begin{cases} U_2=4U_1 \\ U_1+U_2=E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1=E/5 \\ U_2=4E/5. \end{cases}$$

1) Сразу после замыкания ключа на резисторе появится такое же напряжение, как на конденсаторе C_2 (т.к. они соединены параллельно).

Тогда ток через резистор сразу после ~~[illegible]~~ замыкания ключа равен $I_{зам}=\frac{U_2}{R}=\frac{4E}{5R}=0{,}8\frac{E}{R}$.

2) До замыкания ключа конденсаторы запасли энергию:

$$W_н=W_1+W_2=\frac{C_1U_1^2}{2}+\frac{C_2U_2^2}{2}=\frac{4C}{2}\cdot\frac{E^2}{25}+\frac{C}{2}\cdot\frac{16E^2}{25}=\frac{2CE^2}{25}+\frac{8CE^2}{25}=\frac{10CE^2}{25}=\frac{2CE^2}{5}.$$

После замыкания ключа рано или поздно конденсаторы, хоть и будут некоторое время разряжаться, зарядятся и вновь накопят такие же энергии.

Если ~~не~~ ~~[illegible]~~ успел протечь заряд q через источник, то из ЗСЭ:

$$Eq+W_н=W_{\cancel{н}}+Q,$$ где Q – искомое кол-во теплоты.

$W_к=W_н$

21200712 (U363516 MH270139)

см. на странице 4.

Чистовик. Страница 4.

Задание 1 (продолжение).

Тогда $Q = Eq$.

3) В любой момент времени будет справедливо: $U_R = U_2$.

Ток через C_1 равен I_0 $\Rightarrow$ ток через C_2 равен $\frac{C_2}{C_1} I_0 = \frac{1}{4} I_0$

$\Rightarrow$ по первому закону Кирхгофа ток через резистор равен $I_0 - \frac{1}{4} I_0 = \frac{3}{4} I_0$,

а напряжение на нём $U_R = \frac{3}{4} I_0 R$.

Ответ: 1) $0{,}8 \frac{E}{R}$.

3) $\frac{3}{4} I_0 R$.

21200712 (U363516 M1270139)

Чистовик. Страница 5.

Задание 4.

Длина каждой перемычки – это L.

Сопротивление „прямоугольной цепи" постоянно и равно $R+3R=4R$.

Движение перемычки уменьшает магнитный поток $\Phi = LS_0$ через данный п/у контур. Поэтому в цепи будет возникать направленный по часовой стрелке ток.

Можно показать, что в первой перемычке возникнет ЭДС, равная $\mathcal{E} = B v_0 L$. Тогда по контуру потечёт ток $\frac{\mathcal{E}}{4R} = \frac{B v_0 L}{4R}$.

Сила ампера равна BIL (здесь $\alpha = 90°$).

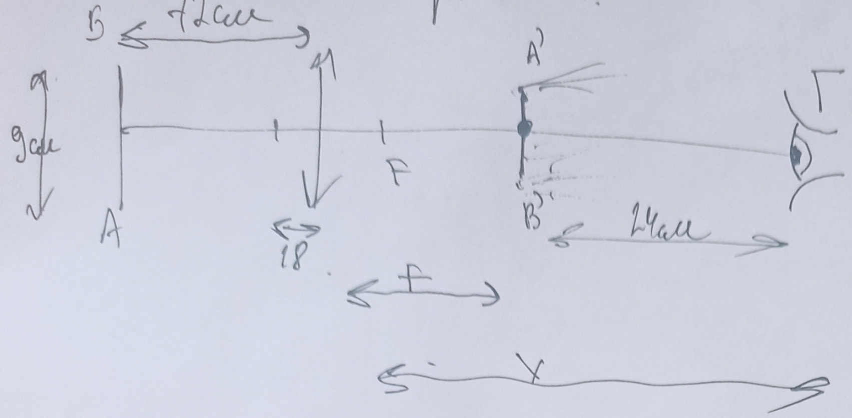
Для перемычки 1 $F_A = B \cdot \frac{B v_0 L}{4R} \cdot L = \frac{B^2 L^2 v_0}{4R}$.

А её ускорение: $a_1 = \frac{F_A}{2m} = \frac{B^2 L^2 v_0}{8mR}$

Ответ: 1) $\frac{B^2 L^2 v_0}{8mR}$.

21200712 (U363516 M1270139)

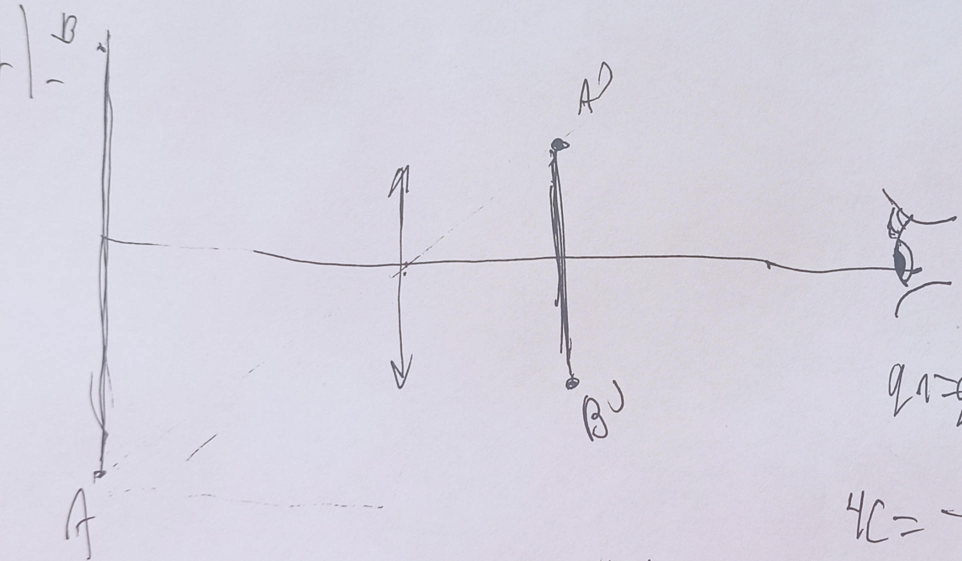
Черновик.



$\frac{1}{72}+\frac{1}{f}=\frac{1}{18}$ $\frac{1}{f}=\frac{4}{72}-\frac{1}{72}=\frac{3}{72}=\frac{1}{24}$ $f=24$см

1) 24+24=48 см

2)



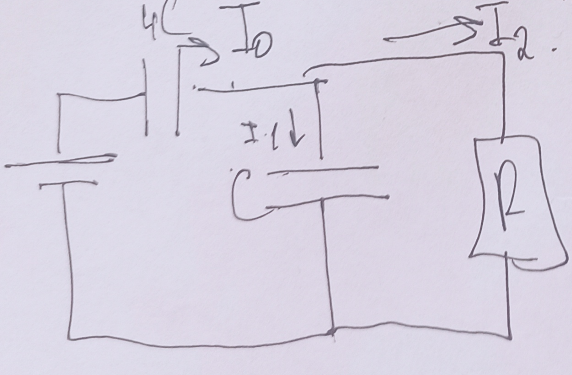
$C=\frac{q}{U}$.

$q_1=q_2$

$4C=\frac{q}{U_4}$ $C=\frac{q}{U_1}$

$U_1+U_4=E=5U_4$

$U_4=\frac{q}{4C}$ $U_1=\frac{q}{C}=4U_4$.



$U_4=\frac{E}{5}$

$U_1=\frac{4E}{5}$.

3) $I_{через}=\frac{4E}{5R}$.

$I_2R=?$ $I_2R=U_2$ $I_0=I_1+I_2$.

$$I^2Rt = \frac{q^2}{t^2}Rt = q^2R/t.$$

21200712 (U363516 M1270139)