Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

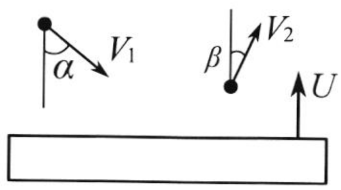
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



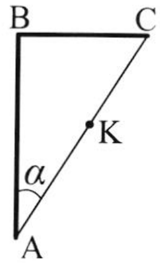
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

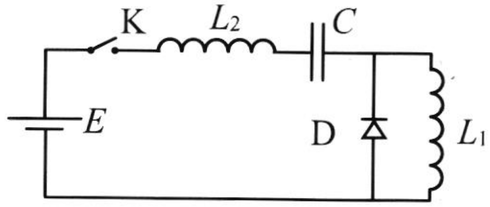
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

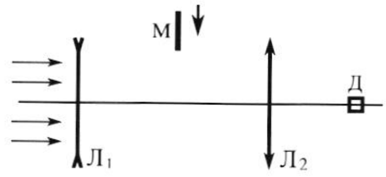
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

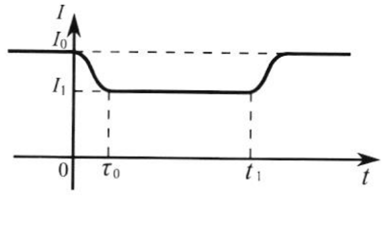
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от $Л_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$





.

1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

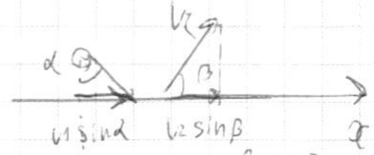
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1° 1) При соударении на шарик действует только сила реакции опоры $\vec{N}$, направленная перпендикулярно плоскости ~~пластины~~ плиты. Сил, действующих параллельно плите, нет. Поэтому импульс на ось, направленную вдоль плиты, сохраняется: ~~$mV+C$~~ $mV_1\sin\alpha = mV_2\sin\beta$ ~~изменение импульса~~

$V_2 = \frac{V_1\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{2V_1}{3}\cdot\frac{5}{3} = \frac{10}{9}\cdot 18\,(м/с) = 20\,(м/с)$



2) Переходим в систему отсчёта плиты. Относительная скорость шарика в ней $V_{отн1} = V_1\cos\alpha + U$. Отражаясь от неподвижной плиты, шарик меняет свою скорость по знаку, но сохраняет по модулю. $V_{отн2}$ (скорость после соуд.) $= -V_1\cos\alpha - U$. ~~(мы предполагаем, что плита дви~~. Переходим в лабораторную СО, вычтев из $V_{отн2}$ скорость плиты: $V_{лаб} = -V_1\cos\alpha - 2U$. $|V_{лаб}| = V_2\cos\beta$

~~V_1+2U~~

$V_1\cos\alpha + 2U = V_2\cos\beta$; $U = \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2} = \frac{20\cdot\frac{4}{5} - 18\cdot\frac{\sqrt5}{3}}{2} =$

$= \frac{16-6\sqrt5}{2} = 8-3\sqrt5\,(м/с)$

Если скорость плиты $\vec{U}$ сонаправлена с $\overrightarrow{V_1\cos\alpha}$, то:

Аналогично, $V'_{отн1} = V_1\cos\alpha - U$, $V'_{отн2} = -V_1\cos\alpha + U$, $V'_{лаб} = -V_1\cos\alpha + 2U$

Тогда: $|V_{лаб}|' = V_2\cos\beta = 2U - V_1\cos\alpha \Rightarrow U = \frac{V_2\cos\beta + V_1\cos\alpha}{2} =$

~~$= \frac{18}{2}\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{\sqrt5}{3} = \frac{9}{3}\cdot\frac{4\sqrt5}{5} = \frac{12\sqrt5}{5}$ м/с~~ $= \frac{20\cdot\frac{4}{5} + 18\cdot\frac{\sqrt5}{3}}{2} = \frac{16+6\sqrt5}{2} = 8+3\sqrt5$ (м/с)

Ответ: 1) $V_2 = 20\,(м/с)$; 2) $U \in \{8-3\sqrt5;\ 8+3\sqrt5\}$ (м/с)

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№2° 1) Давление в начальный момент Ar и Kr ~~равны~~ одинаковы и равны P_1. Тогда, из ур-ния Клапейрона-Менделеева:

$$P_1 V_{Ar0} = \nu R T_1$$
$$P_1 V_{Kr0} = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{V_{Ar0}}{V_{Kr0}} = \frac{T_1}{T_2},$$ где V_{Ar0} и V_{Kr0} – начальные объёмы аргона и криптона соответственно

$$\frac{V_{Ar0}}{V_{Kr0}} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

2) Т.к. объём изменяется медленно, то давление в сосудах остаётся постоянным. Тогда, в конечном состоянии:

$$P_1 V_{Ark} = \nu R T_k \ (1)$$
$$P_1 V_{Krk} = \nu R T_k \ (2)$$ V_{Ark} и V_{Krk}, T_k – конечные параметры газов

(1)/(2):

$$\frac{V_{Ark}}{V_{Krk}} = 1 \Rightarrow V_{Ark} = V_{Krk} = \frac{V}{2},$$ где V – объём всего сосуда.

В начальном состоянии: $V_{Ar0} = \frac{4}{5} V_{Kr0} = \frac{T_1}{T_2} V_{Kr0}$ и $V_{Ar0} + V_{Kr0} = V$

$$V_{Kr0}\left(\frac{T_1+T_2}{T_2}\right) = V; \quad V_{Ar0} = \frac{T_1 V}{T_1+T_2}.$$

$P_1 V_{Ar0} = \nu R T_1$ – поделим это ур-ние на (1):

$$\frac{P_1 V_{Ar0}}{P_1 V_{Ark}} = \frac{T_1}{T_k}; \quad T_k = \frac{T_1 \cdot V}{2 \cdot V} \cdot \frac{(T_1+T_2)}{T_1} = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{720\,K}{2} = 360\,K$$

3) Из первого з. термодинамики: $Q = A + \Delta U$, где $A = P_1(V_k - V_{Ar})$,

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1)$ (кол-во теплоты, которое криптон отдал аргону, равно кол-ву теплоты, которое Аргон получил)

$Q = P_1(V_k - V_{Ar0}) + \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1)$. Заметим, что $P_1 V_k = T_k$, $P_1 V_{Ar0} = T_1$

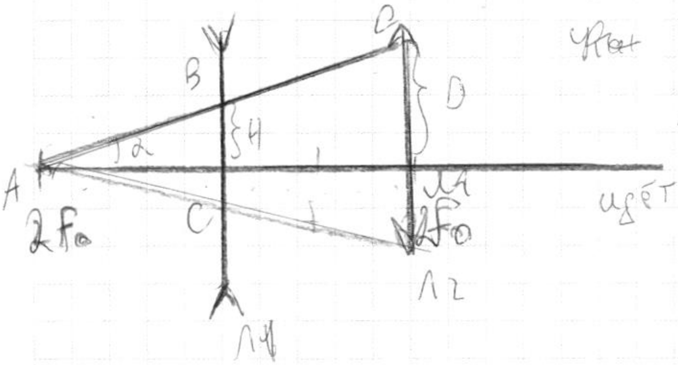
$$Q = \frac{5}{2}\nu R(T_k - T_1) = \cancel{\frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5}(360-320)\,Дж = \frac{3}{2} \cdot 40\,Дж = 60\,Дж}$$

$$= \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8{,}31(360-320) = 60 \cdot 8{,}31 = 498{,}6\,Дж.$$

Ответ: 1) $\frac{V_{Ar0}}{V_{Kr0}} = 0{,}8$; 2) $T_k = 360\,K$; 3) $Q = 498{,}6\,Дж$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5°. Чтобы свет попал на детектор, он должен пойти так:



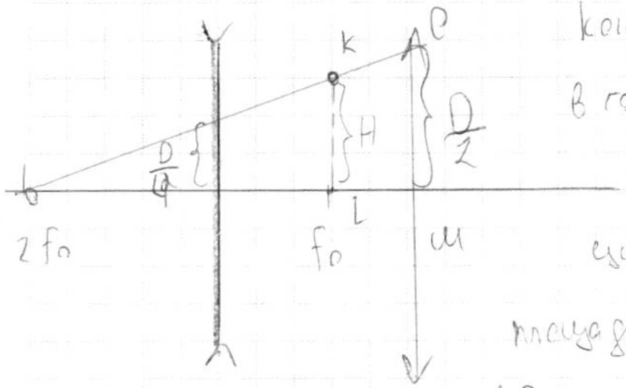
Из подобия треугольников ABC и AOM:

$\frac{H}{\frac{D}{2}} = \frac{2F_0}{4F_0} \Rightarrow \underline{H = \frac{D}{4}}$. Если свет идёт выше, он не попадёт на линзу Л1

1) Объект должен находится в точке, в которую сходится параллельный пучок. После прохождения линзы Л1, параллельный пучок продолжениями пересекает ~~двойной фок~~ задний фокус рассеивающей линзы. В этой точке находится источник относительно линзы Л1. Тогда, для линзы Л2:

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f}$; $f = \frac{4F_0}{3}$ – расстояние между Л2 и фотодетектором.

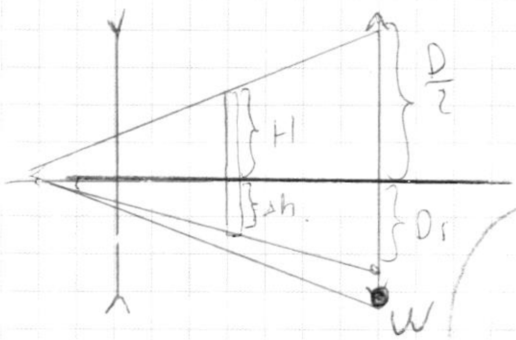
2) ~~Предположим, что диаметр мишени больше~~



Когда ~~ан~~ мишень ~~вс~~ нижней гранью попадёт в точку K, ток начнёт уменьшаться (т.к. кол-во лучей, падающих на детектор, прямо пропорционально ~~площади засвече~~ „засвеченной" площади линзы). Из подобия треугольников AOM и AKL: $\frac{D \cdot \frac{1}{2}}{H} = \frac{4F_0}{3F_0} \Rightarrow H = \frac{3}{8}D$. ~~При~~

~~Предположим, что диаметр мишени больше, чем H.~~

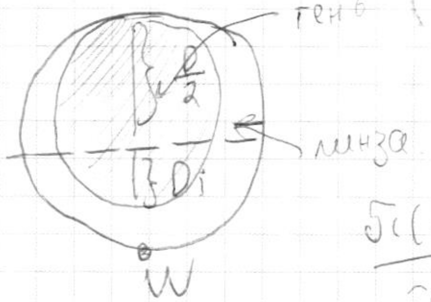
Предположим что диаметр мишени больше чем H. Тогда, когда ток перестанет изменятся, мишень частично пересечёт гл. опт. ось и верхней гранью будет касаться точки K, т.е. засвеченная пов. линзы Л2 составляет меньше половины от объекта. Как мы видим, ток I_1 также меньше $\frac{I_0}{2}$ => диаметр мишени больше, чем H.



~~Dт – диаметр затемнённой области нижней части пластины~~

Диаметр мишени $D_м = \frac{D}{2} + D_i$.

Мы знаем, что $\frac{S_T}{S_Л} = \frac{7}{16}$, где



S_T – площадь тени, $S_Л$ – площадь линзы Л2:

$S_T = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}+D_i\right)^2}{4}$, $S_Л = \frac{\pi D^2}{4}$.

$\frac{\pi\left(\frac{D}{2}+D_i\right)^2}{\pi D^2} = \frac{7}{16}$; $\left(\frac{D}{2}+D_i\right)^2 = \frac{7}{16}D^2$

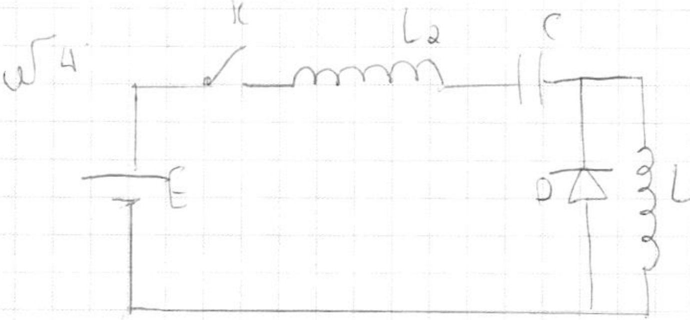
$\frac{D}{2}+D_i = \frac{\sqrt{7}}{4}D = D_т$.

тогда ~~$D_т =$~~ $D_i = D_т - \frac{D}{2} = \frac{\sqrt{7}}{4}D - \frac{D}{2} = \frac{\sqrt{7}\cdot D - 2D}{4}$. Пока ~~линза~~ тень мишени нижним концом не коснулась нижней точки линзы W, ток не изменяется. (Это пригодится для вопроса 3). ~~Тогда~~ V находим, зная, что за τ_0 мишень проходит $H+\Delta h$, где $\Delta h = \frac{3f_0}{4f_0}D_i = \frac{3}{4}\left(\frac{D(\sqrt{7}-2)}{4}\right)$. Тогда:

$$V = \frac{H+\Delta h}{\tau_0} = \frac{\frac{3}{8}D + \frac{3D(\sqrt{7}-2)}{16}}{\tau_0} = \frac{6D+3D\sqrt{7}-6D}{16\tau_0} = \frac{3D\sqrt{7}}{16\tau_0} = V$$

продолжение на стр. 5

№4



1) По 2-ому з. Кирхгофа:

~~E~~ $E + \mathcal{E}_{si2} - U_C + \mathcal{E}_{si1} = 0$

U_C – напр. на конденсаторе

$\mathcal{E}_{si2}$, $\mathcal{E}_{si1}$ – ЭДС самоинд. катушек L_2 и L_1 соответственно.

$E - L_2\ddot{q} - \frac{q}{C} - L_1\ddot{q} = 0$; $\ddot{q}(L_1+L_2) + \left(\frac{q}{C} - E\right) = 0$, $z = q - EC$; $\dot{z} = \dot{q}$;

$\ddot{z} = \ddot{q}$; $\ddot{z} + \frac{1}{C(L_1+L_2)}z = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}$, $T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 6\pi\sqrt{LC}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

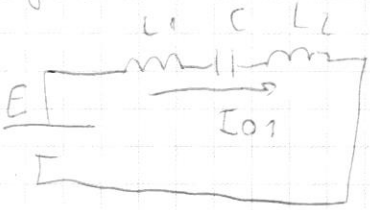
2) Когда ток через катушку L_1 максимален, изменение тока через эту катушку равно нулю. Тогда и через диод течёт нулевой ток. Соответственно, ~~нулевой ток~~ изменение тока и на катушке L_2 равно нулю (как в цепи с последовательным соединением).

Запишем второе пр. Кирхгофа:

$E - U_C = 0$ $(\mathcal{E}_{si1} = \mathcal{E}_{si2} = 0)$ $\Rightarrow U_C = E$. Теперь запишем ЗСЭ по отношению к начальному состоянию. В начальный момент времени конденсатор не заряжен, ток в катушках отсутствует.

ЗСЭ:

$$E\Delta q = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2} + \frac{CE^2}{2}$$



$\Delta q = CE$; $I_{01}^2\frac{(L_1+L_2)}{2} = \frac{CE^2}{2}$; $I_{01} = \sqrt{\frac{CE^2}{L_1+L_2}} =$

$= \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$ Ответ: 1) $T = 6\pi\sqrt{LC}$; 2) $I_{01} = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$, 3) —

№4 (продолжение)

3) Как мы уже выяснили, за время $t_1 - \tau_0$ тень линзы проходит $\frac{D}{2} - D_r$. Тогда сама мишень проходит $H - \Delta h$. Отсюда $t_1 - \tau_0 = \frac{H - \Delta h}{v}$;

$$t_1 = \frac{H-\Delta h}{v} + \tau_0 = \frac{\frac{3}{8}D - \frac{3}{4}\cdot\frac{D(\sqrt{7}-2)}{4}}{v} + \tau_0 = \frac{6D - 3D\sqrt{7} + 6D}{16v} + \tau_0 = \frac{12D - 3D\sqrt{7}}{16}\cdot\frac{16\tau_0}{3D\sqrt{7}} + \tau_0 =$$

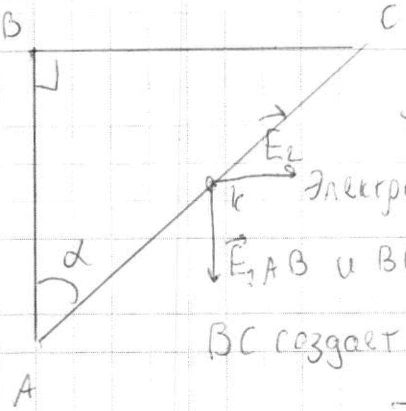
$$= \frac{12 - 3\sqrt{7}}{3\sqrt{7}}\tau_0 + \tau_0 = \frac{12\tau_0}{3\sqrt{7}} - \tau_0 + \tau_0 = \frac{12\tau_0}{3\sqrt{7}} = \frac{12\sqrt{7}\tau_0}{3\cdot 7} = \frac{4\sqrt{7}\tau_0}{7}.$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5° Ответ: 1) $\sigma = \frac{4 E_0}{3}$; 2) $V = \frac{30\sqrt{7}}{16 E_0}$; 3) $\frac{4\sqrt{7}}{7} E_0$.

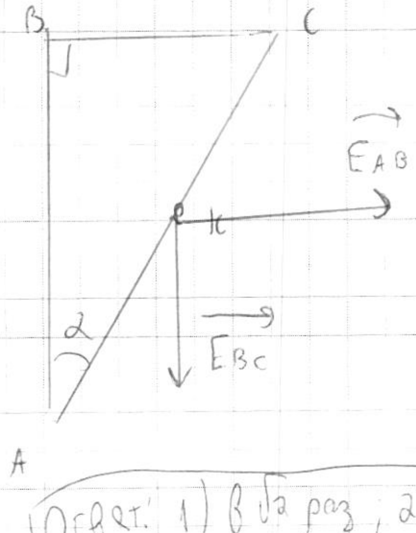
№3° 1)



1) При $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $BC = AB$. Соответственно, ~~поля~~ векторы напряжённости ~~поля~~ электростат. полей, создаваемые пластинами AB и BC, будут равны. Пусть пластина BC создает поле с вектором напр. $\vec{E_1}$. Тогда пластина AB создаёт вектор $\vec{E_2}$, причём $|\vec{E_1}| = |\vec{E_2}|$. Тогда, по принципу суперпозиции, $E_{сумм} = \sqrt{E^2 + E^2} = E\sqrt{2}$.

$\frac{E\sqrt{2}}{E} = \sqrt{2}$ – увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

2)



(–)

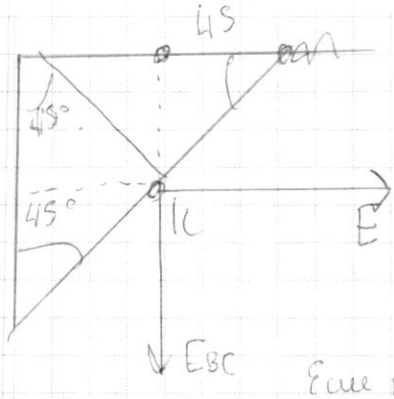
Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз ; 2) –

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. Дано:

$\alpha = \frac{\pi}{4}$.

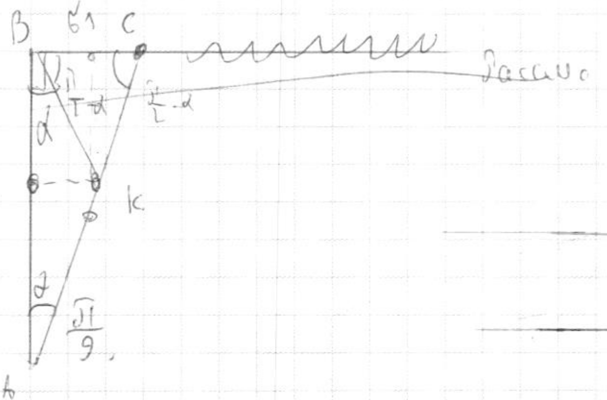
$\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$

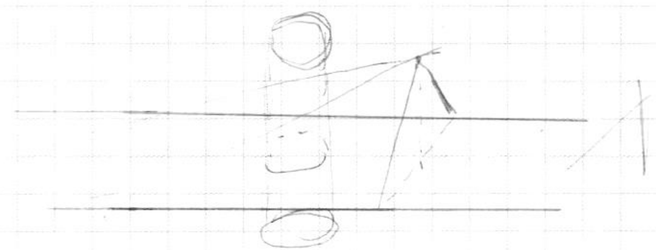


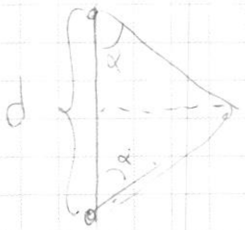
В случае 1) поля пластины BC направлено вниз, поле пластины AB – вправо. Каждое из них равно $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

Если пластины 2, то E_Σ по принципу суперпозиции $E_\Sigma = \sqrt{E^2+E^2} = E\sqrt{2}$. Ответ: ~~в $\sqrt{2}$~~ раз.

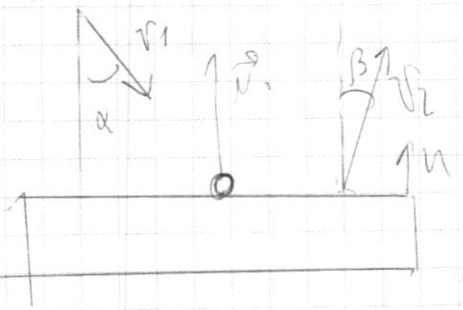
2).







№1.



В С.О. плиты шарик отскакивает от нее с такой же скоростью, с какой и подлетел:

$V_{отн1} = V + u$.

$V_{отн после отскока} = -V - u$.

Перейдём в лабораторную СО и вычтем из $V_{отн.отск}$ u: $V_{y_к} = -V_y - 2u$.

По модулю: $v_{1k} = \cancel{2u}\ v_{1y} + 2u \Rightarrow 2u = \frac{v_{1y} - v_{1y}}{2}$

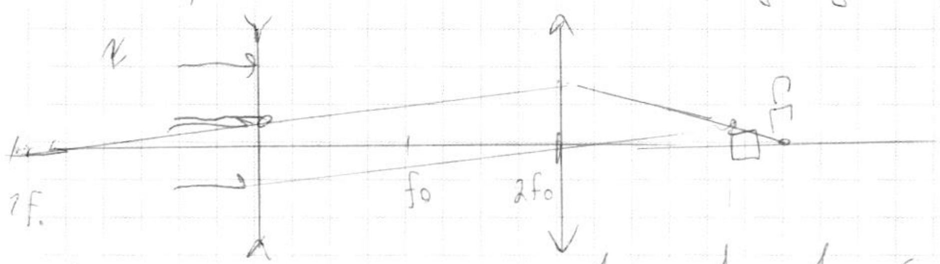
Если плита движется со скоростью u вниз:

$v_{отн1} = v_{1y} - u$, $v_{отн2} = -v_{2y} + u \Rightarrow v_{2yk} = -v_{1y} + 2u$. Отсюда $2u = \frac{v_{1y} + v_{1yk}}{2}$

№5°

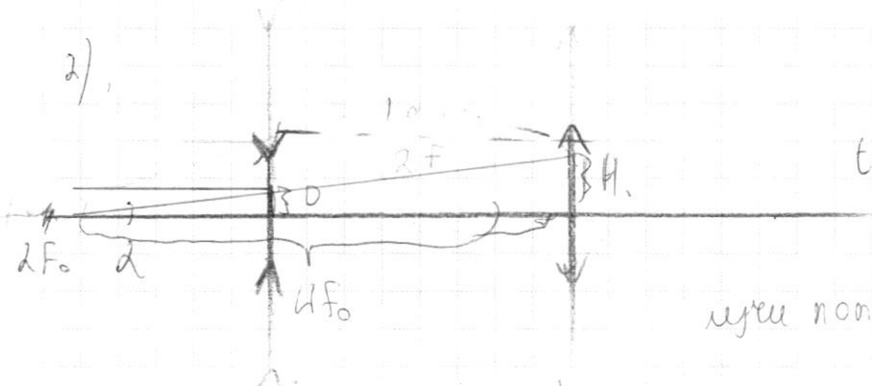
~~РАД~~

1) Чтобы свет вообще попадал на фотодетектор, ~~к~~ он должен



d для $Л_2$, $d_2 = 4F_0 \Rightarrow \frac{1}{F_0} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f}$, $f = \frac{F_0 \cdot d_2}{d_2 - F_0} = \frac{4F_0^2}{4F_0 - F_0} = \frac{4}{3}F_0$.

2).



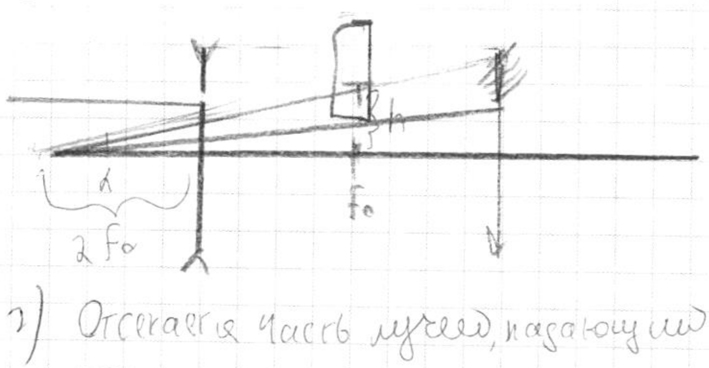
$tg\alpha = \frac{D}{2F_0} = \frac{H}{4F_0} \Rightarrow H = 2D$

Отсюда делаем вывод, что чтобы лучи попали на линзу $Л_2$ они должны проходить через линзу $Л_1$ в диапазоне ~~$\frac{D}{2}$~~ $\left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]$.

~~Iост~~

$I \sim J$ (интенсивность),

Вдвинули ~~линзу~~ на какую величину?



$tg\alpha = \frac{D}{4F_0} = \frac{h}{3F_0} \Rightarrow h = \frac{3D}{4}$.

Когда ~~линза~~ опустится h, ~~начне~~ ток начнёт уменьшаться.

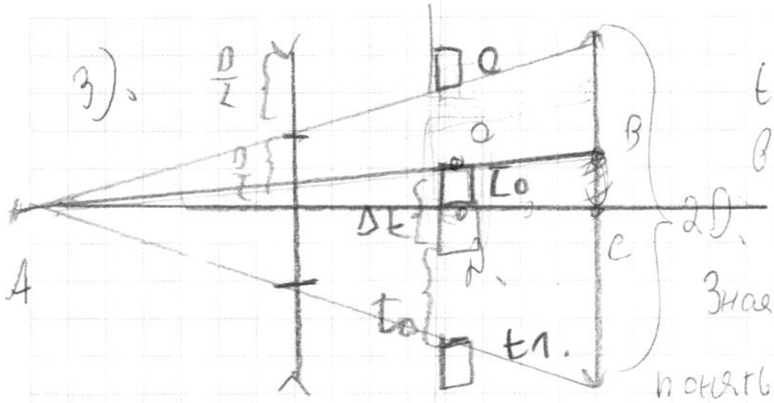
3) Отсекается часть лучей, падающих на детектор. Когда ~~их~~ пластина достигнет оси линз, уменьшение тока прекратится, т.с. $V = \frac{h}{t_0} = \frac{3D}{4t_0}$.

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3).



$t_1 = \Delta t + t_0$, где Δt - время, за время которого пластина пересекает оптическую ось.

Зная, что $t_1 = \frac{7t_0}{16}$ мы можем понять (учтя, что мощность света прямо пропорциональна количеству лучей, а оно, в свою очередь, прямо пропорционально площади незатемлённой поверхности линзы), какую ~~это~~ длину имеет наша монета!

~~ΔAOD $\frac{2D}{2D - BC} = \frac{16}{7}$, $14D = 32D - 16BC$, $16BC = 18D$, $BC = \frac{18}{16}D =$~~

~~$= \frac{9}{8}D$.~~ Все ~~не так просто. Получается~~, что ~~я решил неверно~~.

~~Пластина имеет больший диаметр, нежели~~ линза.

$S_0 = \frac{\pi D^2}{4}$, $S_л = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi \cdot (BC)^2}{4}$.

$\cancel{\frac{S_0}{S}}$ $\frac{S_л}{S_0} = \frac{7}{16} \Rightarrow 16\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (BC)^2}{4}\right) = 7S_0$

$16S_0 - 4\pi(BC)^2 = 7S_0$, $4\pi(BC)^2 = 9S_0$, $BC = \sqrt{\frac{9S_0}{4\pi}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{3D}{4}$,

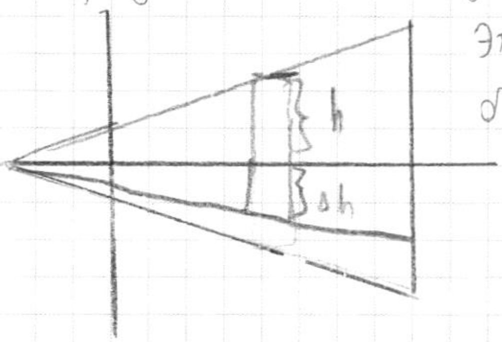
Из подобия $\Delta AOD \sim \Delta ABC$:

$\frac{BC}{OD} = \frac{4t_0}{3t_0} \Rightarrow OD = \frac{3}{4}BC = \frac{9}{16}D$ - диаметр монеты

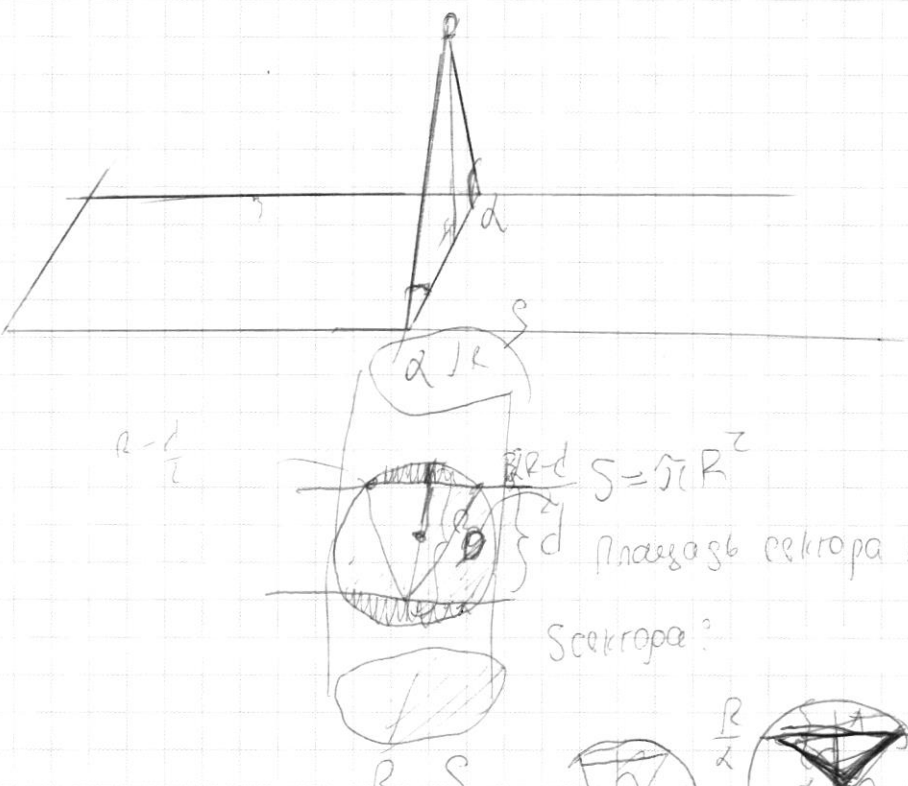
Тогда, $\Delta t = \frac{OD}{v} = \frac{9D}{4 \cdot 16} \cdot \frac{4}{3D} t_0 = \frac{3}{4}t_0$

$\cancel{t_1 = 2t}$ $t_0 + \Delta t = \frac{7t_0}{4}$

Предположим, что диаметр мишени $>h$!



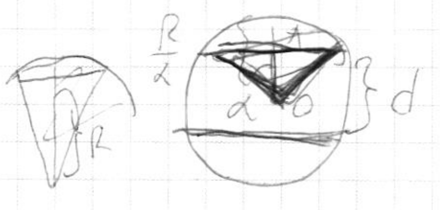
Это невозможно, т.к. тогда площадь уменьшилась бы более чем в 8 раза => и ток Δh уменьшился соответственно.



$S = \pi R^2$

Площадь сектора $R-d$

$S_{сектора}$?



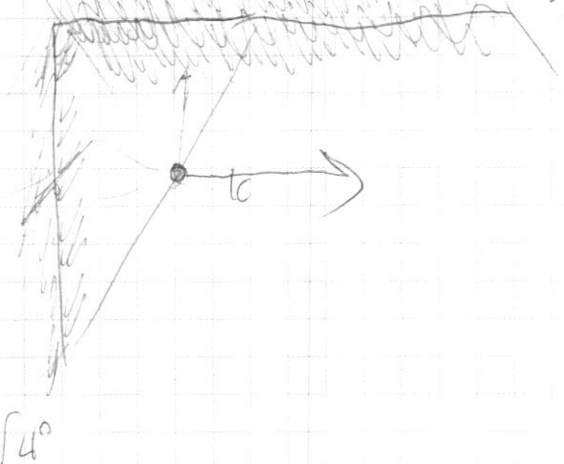
$OA = \frac{R}{2} - \frac{d}{2} = \frac{R-d}{2}$

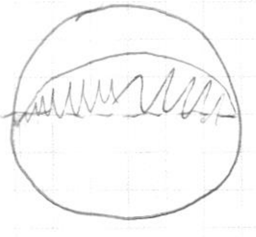
$\underline{R - \frac{d}{2}}$.

$R^2 + R^2 - 2Rd + d^2 \Rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. Т.к. пластины бесконечны, ~~то напряженность~~





№4°

$E + \mathcal{E}_{si2} - U_c + \mathcal{E}_{si1} = 0$

$E - L_2\dot{I} - \frac{q}{C} - L_1\dot{I} = 0$

$E - L_2\ddot{q} - L_1\ddot{q} - \frac{q}{C} = 0$

$\ddot{q}(L_1+L_2) + \frac{q}{C} - E = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_1+L_2)}(q - CE) = 0$

$z = q - CE;\ \dot{z} = \dot{q};\ \ddot{z} = \ddot{q}$

$\ddot{z} + \frac{z}{C(L_1+L_2)} = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}};\ T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$

2) Ток ~~на~~ в катушке L_1 максимален, когда $\dot{I}_1 = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_{si1} = 0$.

$E + \mathcal{E}_{si2} - U = 0$. При этом через диод течет какой-то ток I_D, направленный вдоль стрелки (вверх).

~~Тогда, пусть ток течет по часовой стрелке:~~

2) При $t=0$ ток в цепи не течёт, но от течёт через катушку L_1.

$\cancel{E - L_2\dot{I} - L_1\dot{I} = 0} \Rightarrow \dot{I} = 0.$

$E = \dot{I}(L_1+L_2) \Rightarrow \dot{I} = \frac{E}{L_1+L_2}$

$|\mathcal{E}_{si2}| = L_2\dot{I} = \frac{L_2E}{L_1+L_2} \Rightarrow I_{0} = \frac{L_2E}{R_D(L_1+L_2)}.$

когда ток в катушке L_1 максимален: $E - U_C = 0 \Rightarrow U_C = E.$

При этом ток через диод равен нулю.

Энергия катушек L_1 и L_2: $W_{Lm} = \frac{L_2I_m^2}{2} + \frac{L_1I_m^2}{2}.$

Энергия конденсатора C: $W_C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}.$

$\mathcal{E}\Delta q = W_{Lm} + W_C$

$\Delta q = C\mathcal{E}$

$C\mathcal{E}^2 = \frac{L_1+L_2}{2}I_{01}^2 + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}; \quad \frac{L_1+L_2}{2}I_{01}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}; \quad I_{01} = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{L_1+L_2}} =$

$= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{9L}} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}.$

3). Составим ур-ние колебаний ~~на катушке~~ тока в катушке 2?

Они совпадут с колебаниями на конденсаторе C:

$A\cos\varphi_0 = -CE$

$q(t) = A\cos(\omega t+\varphi_0) + CE$

$\dot{q}(t) = -A\omega\sin(\omega t+\varphi_0)$

$\begin{cases} q(0) = 0 \\ \dot{q}(0) = 0 \end{cases}; \quad \begin{cases} A\cos\varphi_0 + CE = 0 \\ -A\omega\sin\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \pi. \end{cases}$

$q(t) = A\cos(\omega t+\pi) + CE = CE - CE\cos(\omega t+\varphi_0)$

$I(t) = -CE\omega\sin(\omega t+\pi) \Rightarrow I_{02} = CE\omega = CE\sqrt{\frac{1}{C(L+2L)}} = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}} = I_{01}$ (?)

~~Неверно~~ Я никак не учёл влияние диода.

3) Перерешиваем:

Когда ~~ее~~ ток в катушке L_2 максимален, $\dot{I}_2 = 0 \Rightarrow E + \mathcal{E}_{si1} - U_C = 0$.

При этом через диод течёт ток $I_0 = \frac{\mathcal{E}_{si}}{R_D}$;

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

1) По ЗСИ:

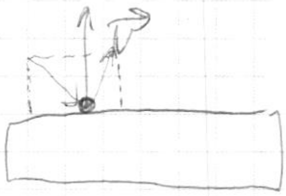
$\cancel{Mu} + mV_1 \sin\alpha = \cancel{Mu} + mV_2 \sin\beta$

(~~на~~ вдоль оси x силы не действуют)

$V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = \frac{18 \cdot 10}{9} = 20$ м/с

$V_1 \cos\beta + u$.

2)



В С.О. плиты: $V_{отн1} = \cancel{V_1 + u}$. Когда шарик взаимодействует с плитой, на него действует сила $\vec{N}$ реакции опоры: $N\Delta t = \Delta P = \cancel{mV_2 \cos\beta - mV_1 \sin\alpha}$.

$= mV_{2отн} \cdot \cos\beta - m(V_1 + u)\cos\alpha$.

При этом: $ma = N$; $a = \frac{N}{m} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_{отн2} - (V + u)}{\Delta t}$.

$N \ni$ $V_{отн}$ ~~Рассмотрим случай упругого удара:~~

В С~~О плиты~~:

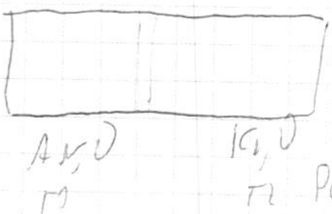
$\cancel{m(V_1 + u) = mV_{отн2}}$. $m(V_1 \cos\alpha + u) = mV_{отн2} \cdot$

~~(т.к. скорость направ~~

~~В СО В е~~

N изменяется во времени $V_{отн2} = \cancel{V_1 + 2u}$ $V_1 \cos\alpha + 2u$.

№2:



1) Давления в начальный момент времени в обоих частях сосуда равны,

$P_0 V_{Ar0} = \nu R T_1$

$P_0 V_{Kr0} = \nu R T_2$

$\Rightarrow \frac{V_{Ar0}}{V_{Kr0}} = \frac{T_1}{T_2}$

$8{,}31 \cdot 60 = 498{,}60$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

2) $P_к V_{Ar к} = \nu R T_к$
$P_к V_{кр к} = \nu R T_к$. $\Rightarrow \frac{V_{Ar к}}{V_{кр к}} = 1$ (займут одинаковые объёмы).

$Q_{Ar} > 0$, $Q_{кр} < 0$, и $|Q_{Ar}| = |Q_{кр}|$.

$Q_{Ar} = A_{Ar} + \Delta U = A_{Ar} + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1)$

$Q_{кр} = A_{кр} + \Delta U = A_{кр} + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_к)$.

$dQ_{Ar} = P_{0\,Ar} dV + \frac{3}{2}\nu R dT$.

Давление в обоих частях сосуда остаётся постоянным(?)

~~Но всей системе приложено~~. $Q = 0$.

$\cancel{A_\Sigma + \Delta U_\Sigma = 0}$.

$A_\Sigma + \cancel{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 0 \Rightarrow A_\Sigma = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2)}$.

$\cancel{PV^n = const}$.

Тогда: нач. состояние: $P_0 V_{Ar0} = \nu R T_1$

$P_0 V_{кр0} = \nu R T_2$. $\Rightarrow \frac{P_0 V_к}{P_0 V_{Ar0}} = \frac{\nu R T_к}{\nu R T_1} \Rightarrow T_к = T_1 \cdot \frac{V_к}{V_{Ar0}}$.

Конечное состояние: $P_0 V_к = \nu R T_к$

$P_0 V_к = \nu R T_к$.

Т.к. мы знаем, что $V_к = \frac{V}{2}$, где V - объём сосуда, а $V_{Ar0} + V_{кр0} = V$

и $\frac{V_{Ar0}}{V_{кр0}} = \frac{T_1}{T_2}$, т.е. $V_{Ar0} = \frac{T_1}{T_2} \cdot V_{кр0}$.

$\frac{T_1}{T_2} V_{кр0} + V_{кр0} = V$; $V_{кр0}\left(\frac{T_1 + T_2}{T_2}\right) = V \Rightarrow V_{кр0} = \frac{T_2}{T_1 + T_2} V$, а $V_{Ar0} = \frac{T_1 V}{T_1 + T_2}$

Тогда $T_к = T_1 \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{T_1 + T_2}{T_1 V} = \frac{T_1(T_1 + T_2)}{2 T_1} = \frac{T_1 + T_2}{2}$.

3) $|Q| = p_0(V_к - V_{Ar0}) + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1) = \nu R(T_к - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1) =$
$= \frac{5\nu R(T_к - T_1)}{2}$.

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)