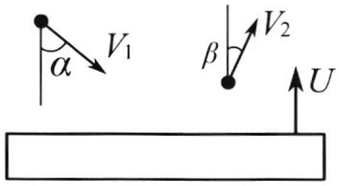
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-02**

Шифр
(заполняется секретарём)



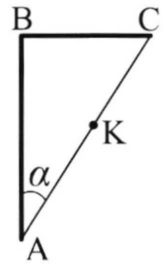
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ 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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

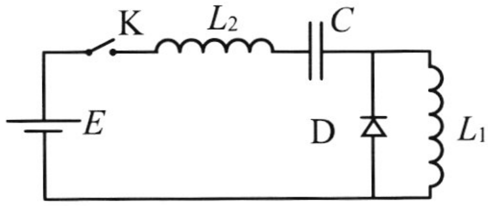
1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?



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?

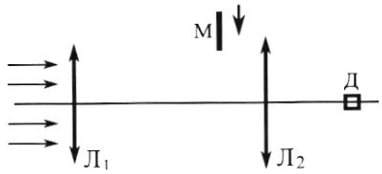
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

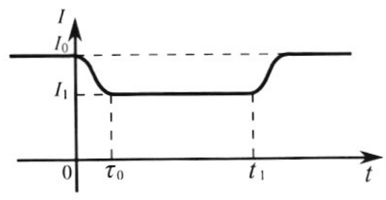


4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.

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 F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. 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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





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

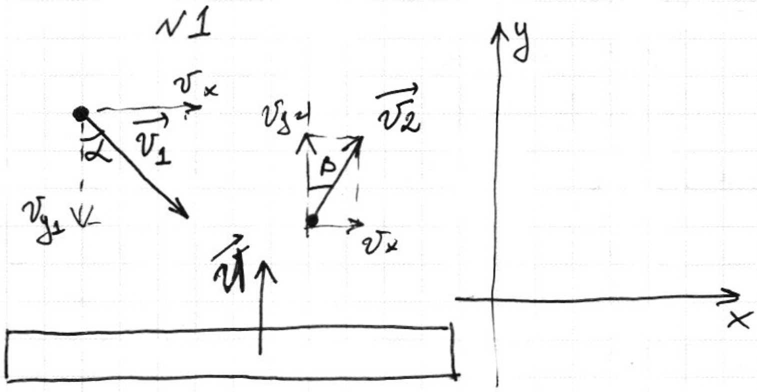
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
$v_1 = 6\ \frac{м}{с}$
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

Найти:
v_2
u



1) При ударе о стенку составляющая скорости по оси OX не изменяется и остается равной $v_x = v_1 \sin\alpha$

Тогда $v_x = v_2 \sin\beta$ и $v_x = v_1 \sin\alpha$

$$v_2 \sin\beta = v_1 \sin\alpha$$

$$\boxed{v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta}}$$

$$v_2 = \frac{6\cdot\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = \boxed{12\left(\frac{м}{с}\right)}$$

2) Для того, чтобы рассмотреть удар перейдём в CO, связан. со стенкой

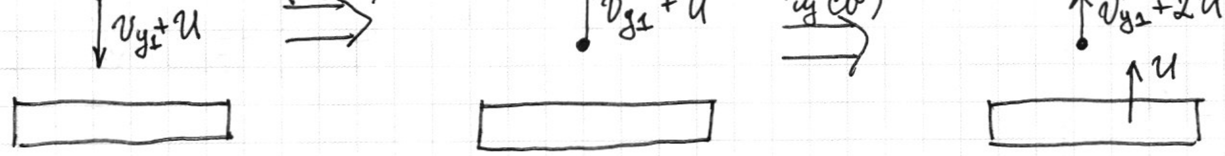
$$\vec{v_1'} - \vec{v_1} - \vec{u}$$
$$\vec{v_2'} = \vec{v_2} - \vec{u}$$

Переход в данную CO не изменит также составляющую каждой скорости по оси OX. Но изменит составляющую по оси Oy:

$$|v_{y_1}'| = |v_{y_1}| + |u|$$

Рассмотрим это изменение. (только состав. по Oy)

① CO стены перед ударом ② CO стены после удара ③ CO „земля" после удара



☐ черновик ☑ чистовик Страница № 1

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

№1 (продолжение)

Таким образом, мы понимаем, что в СО „Земля" составляющая по Oy после столкновения должна быть равна $V_{y1}+2U$

И при этом, это составляющая равна V_{y2}

Т.е. $V_{y2}=V_{y1}+2U$

При этом $V_{y1}=V_1\cos\alpha$

$V_{y2}=V_2\cos\beta$

Углы все меньше $90^\circ \Rightarrow$ $\cos\alpha>0$, $\cos\beta>0$

$\cos\alpha=\sqrt{1-\sin^2\alpha}=\sqrt{1-\frac{4}{9}}=\frac{\sqrt5}{3}$

$\cos\beta=\sqrt{1-\sin^2\beta}=\sqrt{1-\frac{1}{9}}=\frac{2\sqrt2}{3}$

$V_2\cos\beta=V_1\cos\alpha+2U$

$2U=V_2\cos\beta-V_1\cos\alpha$

$$U=\frac{V_2\cos\beta-V_1\cos\alpha}{2}$$

Подставим V_2 из (1)

$$U=\frac{\frac{V_1\sin\alpha\cos\beta}{\sin\beta}-V_1\cos\alpha}{2}=\boxed{V_1\left(\frac{\sin\alpha\cos\beta}{2\sin\beta}-\frac{\cos\alpha}{2}\right)}$$

$$U=6\cdot\left(\frac{\frac{\cancel{2}}{3}\cdot\frac{2\sqrt2}{3}}{\cancel{2}\cdot\frac{1}{3}}-\frac{\sqrt5}{3\cdot2}\right)=6\cdot\left(\frac{2\sqrt2}{3}-\frac{\sqrt5}{6}\right)=6\cdot\left(\frac{4\sqrt2-\sqrt5}{6}\right)=$$

$$=4\sqrt2-\sqrt5\ \left(\frac{м}{с}\right)$$

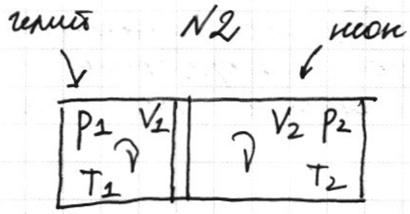
Ответ: $\boxed{\begin{array}{l} 1)\ V_2=12\ \frac{м}{с} \\ 2)\ U=(4\sqrt2-\sqrt5)\ \frac{м}{с}\end{array}}$

№2

Дано:
$T_1=330K$
$\nu=\frac{6}{25}$ моль
$T_2=440K$
$R=8{,}31\ \frac{Дж}{моль\,K}$

Найти:
1) $\frac{V_1}{V_2}$
2) T 3) Q

1)



В начальный момент до выравнивания температур поршень находится в равновесии $\Rightarrow p_1=p_2=p$

Из ур-я Менделеева-Клапейрона

$p_1V_1=\nu RT_1 \Rightarrow p_1=\frac{\nu RT_1}{V_1}$

$p_2V_2=\nu RT_2 \Rightarrow p_2=\frac{\nu RT_2}{V_2}$

$p_1=p_2$

$\Downarrow$

$\frac{T_1}{V_1}=\frac{T_2}{V_2}\Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

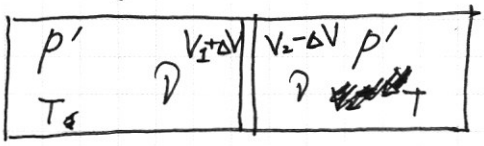
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \boxed{\frac{3}{4}}$

2) Температуры выравниваются, но при этом поршень также останется в равновесии, но сместится ⇒ объёмы изменятся и само давление тоже изменится.



Пусть сместится на ΔV

Ур-я Менд.-Клапейрона:

$$\left.\begin{aligned} p'(V_1+\Delta V) &= \nu RT \\ p'(V_2-\Delta V) &= \nu RT \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_1+\Delta V = V_2-\Delta V$$

$\Downarrow$

поршень будет стоять посередине сосуда

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_1 = \frac{T_1}{T_2}V_2$$

$$V_1 + \Delta V = V_2 - \Delta V$$

$$\frac{T_1}{T_2}V_2 + \Delta V = V_2 - \Delta V$$

$$2\Delta V = V_2\left(\frac{T_2-T_1}{T_2}\right) \Rightarrow \Delta V = \frac{V_2(T_2-T_1)}{2T_2}$$

Можно сказать так: сосуд теплоизолирован ⇒ весь процесс суммарно – адиабатический.

~~Работа совершенная одним газом равна работе, совершённой над другим газом~~

$Q_{неона} = (A_{неона} + \Delta U_{неона}) < 0$ из условия – он отдаёт

$Q_{гелия} = A_{гелия} + \Delta U_{гелия} = (-A_{неона} + \Delta U_{гелия}) > 0$ из условия он принимает.

Из условия адиабатичности суммарного процесса

$|Q_{неона}| = |Q_{гелия}| = Q \Rightarrow Q_{неона} + Q_{гелия} = 0$

$\cancel{A_{неона}} + \Delta U_{неона} - \cancel{A_{неона}} + \Delta U_{гелия} = 0$

$$\cancel{\tfrac{3}{2}\nu R}(T-T_2) + \cancel{\tfrac{3}{2}\nu R}(T-T_1) = 0$$

$$\boxed{T = \frac{T_1+T_2}{2}}$$

$$T = \frac{330+440}{2} = \frac{770}{2} = 385\,(K)$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$

2) $T = 385\,K$

пункт 3) решил на стр. 10–11

☐ черновик ☑ чистовик

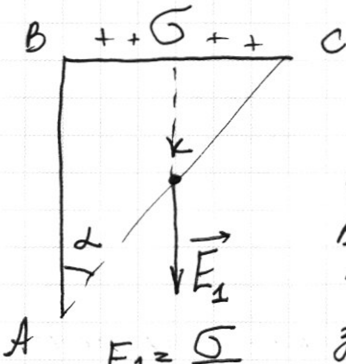
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 3

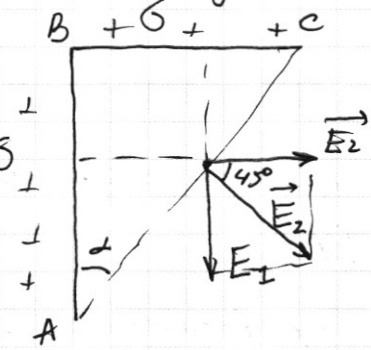
(Нумеровать только чистовики)

№3

① Сначала заряжена только BC $\alpha = 45^\circ$ Теперь зарядим и боковую пластину AB такой же σ



$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



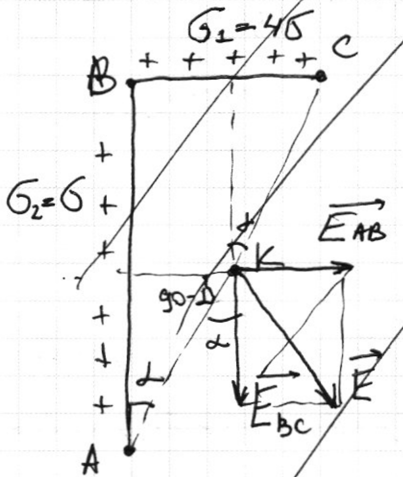
$\vec{E_2} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2\cdot\frac{\sigma^2}{(2\varepsilon_0)^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$

Длины BC и AB и σ пластин одинаковы, значит вклад в E они будут давать одинаковый $\boxed{\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}}$

Ответ: увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

② Теперь пластины заряжены по-разному, но суть остается та же самая: $\alpha = \frac{\pi}{8}$



Пластины бесконечные, поэтому, по сути, угол не важен.

$\vec{E} = \vec{E_{AB}} + \vec{E_{BC}}$

$|E| = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$

Поле, создаваемое бесконечно протяжённой пластинкой не зависит от её размеров и не зависит от удалённости точки от пластины

$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_{BC} = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0} = 2\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{4\sigma^2}{\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{17\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \boxed{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{17}}$

$\boxed{\text{Ответ: } E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{17}}$

(пункт 2 пересчитал и решил по-другому. см. стр 9) !!! !!!

№4

Дано:
$\mathcal{E}$
$L_1 = 3L$
$L_2 = 2L$
C

Найти:
1) $T = ?$ 2) $I_{0_1 max}$ 3) $I_{0_2 max}$

Колебания разложить можно на две части:

Поэтому рассмотрим:

① – ток бежит по час. стрелке

② – ток бежит против. час. стрелки

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

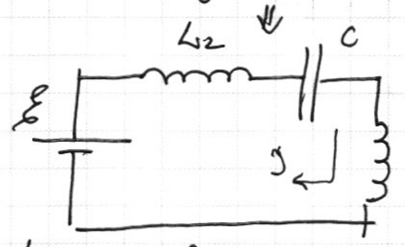
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

① Ток бежит по час. стрелке. Диод закрыт



Как известно $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Наличие $\mathcal{E}$ не изменяет период колебаний, а, по сути, только смещает их фазу

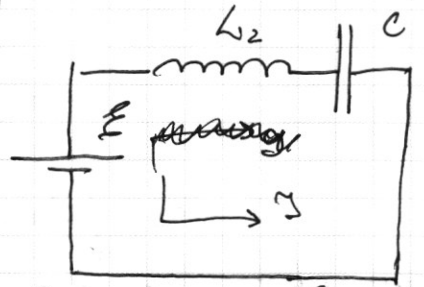
В данном случае $L_{экв} = L_1 + L_2$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$$

Но т.к. он проходит так только половину периода, то отсюда мы берем только половину периода

$$\frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$$

② Ток бежит против часовой стрелки. Тогда диод открыт и через катушку L_1 ток не потечёт. Т.е. цепь такая



Опять же $\mathcal{E}$ только сместит фазу. По аналогии с предыдущей схемой находим полупериод:

$$\frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{L_2 C}$$

И искомый период будет равен сумме этих полупериодов

$$T_\Sigma = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{C}\cdot\left(\sqrt{L_1+L_2} + \sqrt{L_2}\right)$$

$$\boxed{T_\Sigma = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_1+L_2} + \sqrt{L_2}\right)} \quad \boxed{T_\Sigma = \pi\sqrt{CL}\left(\sqrt{5} + \sqrt{2}\right)}$$

② Понятно, что максимальный ток через катушку L_1 будет в случае по часовой стрелке. И в момент максимального тока $L_1\frac{dI_{max}}{dt} = 0$. Тогда также и через катушку L_2 будет бежать в этот момент максимальный ток $\Rightarrow L_2\frac{dI_{max}}{dt} = 0$. Значит запишем ЗСЭ с учетом работы источника. В начальный момент энергия вся была ноль.

$$A_{ист} = \Delta W + \cancel{Q}^{0}$$

$$\Delta W = W_2 - W_1$$

$$W_1 = 0$$

В момент ~~„равновесия"~~ прекращения $U_C = \mathcal{E}$ ~~...~~

(продолж. см. стр 6.)

№4 (продолжение)

$$W_2 = W_C + W_{L_1} + W_{L_2} = \frac{CU_C^2}{2} + \frac{L_1 I_{max_1}^2}{2} + \frac{L_2 I_{max_1}^2}{2} \Rightarrow$$

$$W_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{(L_1+L_2) I_{max_1}^2}{2}$$

При этом $A_{ист} = \mathcal{E}\Delta q$

$$q_C = C\mathcal{E} \Rightarrow \Delta q = q_2 - q_1 = C\mathcal{E} - 0 = C\mathcal{E} \Rightarrow A_{ист} = C\mathcal{E}^2$$

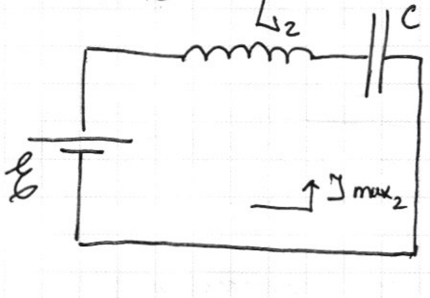
Таким образом, $C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{(L_1+L_2) I_{max_1}^2}{2}$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{\cancel{2}} = \frac{(L_1+L_2) I_{max_1}^2}{\cancel{2}}$$

$$I_{max_1}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_1+L_2}$$

$$I_{0_1} = \boxed{I_{max_1} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}} \qquad \boxed{I_{0_1} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{5L}}}$$

③. Когда ток потечёт в обратном направлении конденсатор в начальный момент будет заряжен до $\mathcal{E}$ и в конечный момент, когда проходит максимальный ток опять должно будет выполняться II правило Кирхгофа и $L_2 \frac{dI_{max_2}}{dt} = 0$. Но при этом конденсатор опять должен будет быть заряженным до $\mathcal{E}$. Т.е. произойдёт перезарядка конденсатора и тогда, заряд, протекший через источник $\Delta q = 2q_k = 2C\mathcal{E}$



Опять запишем ЗСЭ с учётом работы источника

$$A_{ист} = \Delta W + \cancel{Q}^{0}$$

$$\Delta W = W_2 - W_1$$

$$W_2 = \frac{L_2 I_{max_2}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$W_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$A_{ист} = \mathcal{E}\Delta q = 2C\mathcal{E}^2$

$$2C\mathcal{E}^2 = \cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}} + \frac{L_2 I_{max_2}^2}{2} - \cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}$$

$$4C\mathcal{E}^2 = L_2 I_{max_2}^2$$

$$I_{0_2} = \boxed{I_{max_2} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}}$$

$$\boxed{I_{0_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{2C}{L}}}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

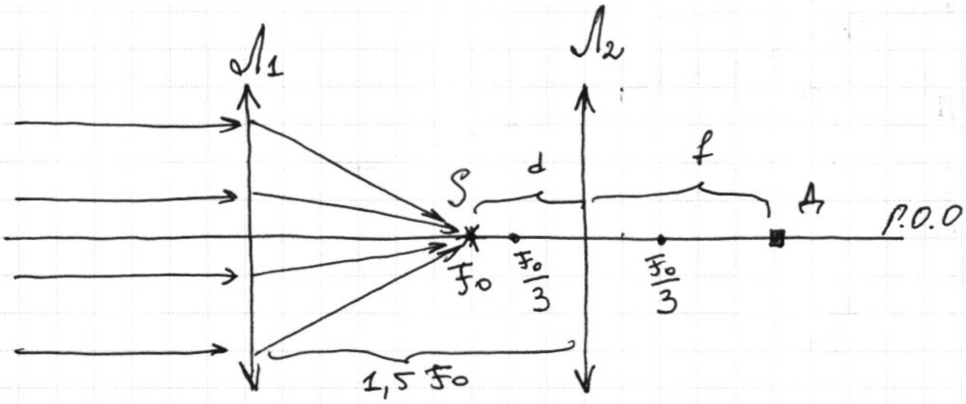
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

1) На первую линзу лучи подают параллельно, значит пересекутся они в фокусе, там будет источник S света для линзы 2, изображение которого получается на фотодетекторе.



Запишем формулу тонкой линзы для S:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$$

$F=\frac{F_0}{3}$ – фокусное расст. $Л_2$

$$d=1{,}5F_0-F_0=\frac{F_0}{2}$$

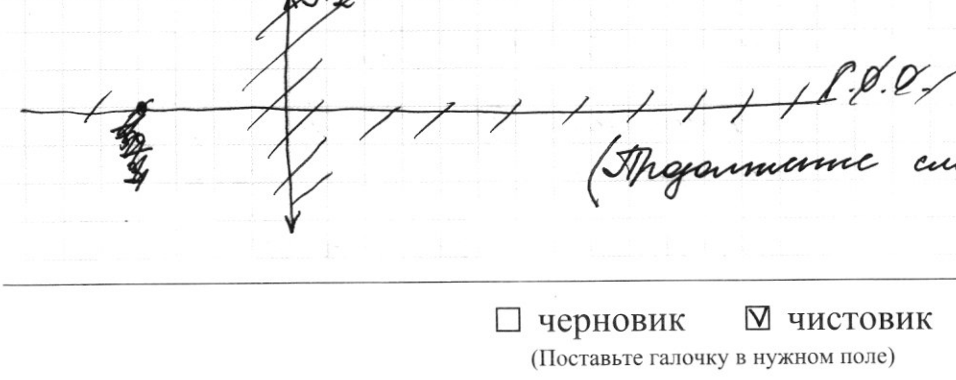
$$\frac{1}{\frac{F_0}{2}}+\frac{1}{f}=\frac{1}{\frac{F_0}{3}}$$

$$\frac{2}{F_0}+\frac{1}{f}=\frac{3}{F_0}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}\Rightarrow\boxed{f=F_0}$$

фотодетектор находится на расстоянии F_0 от линзы $Л_2$

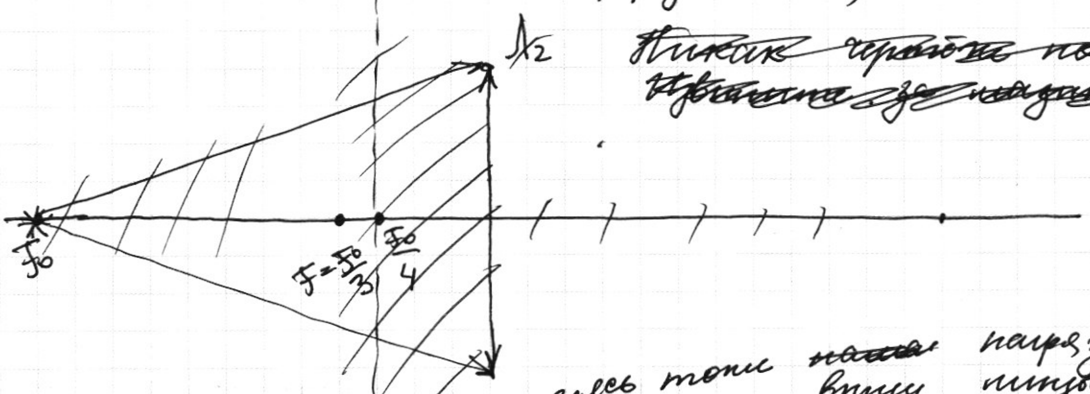
2) Теперь рассматриваем только линзу 2. Первая нас больше не интересует. (Возьмём для удобства другой масштаб чертежа, более крупный)



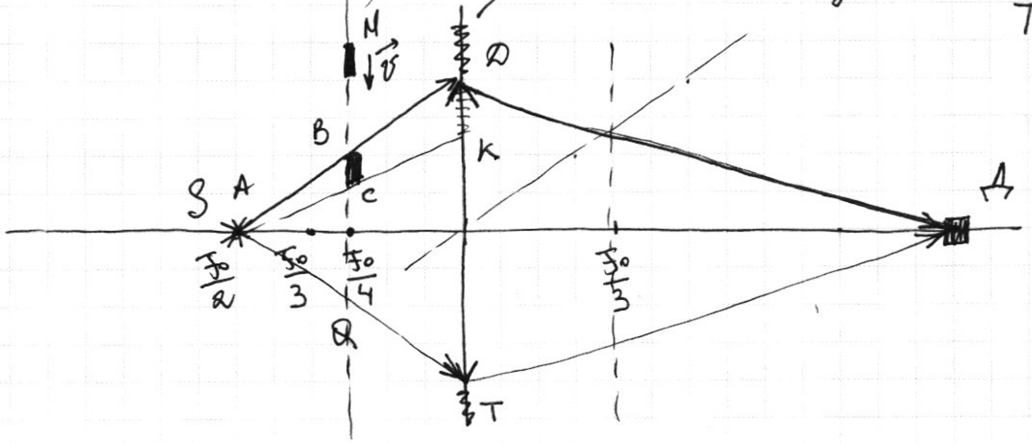
(Продолжение см. стр 8)

№5 (продолжение)

~~Никак чертёж не получается нормально за наглядно.~~



Здесь тоже ~~начал~~ нарезим, как и внизу линзы, извините. Здесь в точке D и в точке T края линзы $Л_2$



В момент $t=0$ начал изменяться ток, а значит, мишень первый раз пересекла лучи, в момент T_0 мишень на всю длину вошла в лучи и дальше площадь перекрываемая его не меняется до момента пока она не начнёт выходить из лучей нижним концом (это соответствует моменту t_1) и мишень полностью выйдет из лучей, тогда ток вернется в прежний. Это момент времени, когда прямая будет на графике в верхнем положении (t_3 T_0)

Значит нижним концом линза вошла в 0. Верхним в T_0. Значит за время T_0 мишень проходит расстояние равное своему диаметру l

Т.к. $I_1 = \frac{8 I_0}{9} \Rightarrow S_1 = \frac{8}{9} S_0$, когда тень от мишени закрывает лучи идущие к линзе

$\Delta ABC \sim \Delta ADK$

$\frac{BC}{DK} = \frac{\frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow DK = 2BC \Rightarrow S_{тени} = 4 S_{мишени}$

площадь тени в 4 раза больше площади мишени

$$S_{линзы} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$S_{тени} = \frac{1}{9} S_{линзы} = \frac{\pi D^2}{36} \Rightarrow S_{мишени} = \frac{1}{4} S_{тени} = \frac{\pi D^2}{144}$$

$$S_{мишени} = \frac{\pi l^2}{4} \Rightarrow \frac{\pi D^2}{144} = \frac{\pi l^2}{4}$$

где l - диаметр мишени $\quad l = \frac{D \cdot 2}{12} = \frac{D}{6}$

(продолжение см стр 9)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение)

Значит ~~когда~~ мишень проходит расстояние l за τ_0

$$l = \frac{D}{6} \Rightarrow v = \frac{l}{\tau_0} = \frac{D}{6\tau_0} \Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{6\tau_0}}$$

3) Время t_1 – момент, когда мишень начнёт выходить своим нижним концом из лучей (Мы писали в виду лучи, которые идут в край линзы, говорим именно про пересечение мишенью этих лучей. Также как в предыдущем пункте я говорил про пересечение линзой верхнего луча, направленного в верхний край линзы. Сейчас я говорю про пересечение нижнего луча, направленного в нижний край линзы).

Итак. Получается за время t_1 нижний край мишени прошёл расстояние, равное диаметру сечения BQ

Можно найти его из подобия: $\triangle SBQ \sim \triangle SDT$

$$\frac{BQ}{DT} = \frac{\frac{F_0}{2} - \frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}$$

$$\Downarrow$$

$$DT = 2BQ$$

$$BQ = \frac{DT}{2} = \frac{D}{2}$$

Нижний край мишени проходит расстояние BQ за время t_1 со скоростью v

т.е. $BQ = v \cdot t_1$

$$\frac{D}{2} = v \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{D}{2v} = \frac{D}{2 \cdot \frac{D}{6\tau_0}} = 3\tau_0$$

$$\boxed{t_1 = 3\tau_0}$$

Ответ: 1) $f = F_0$

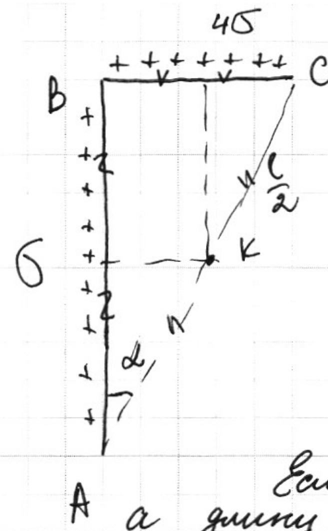
2) $v = \frac{D}{6\tau_0}$

3) $t_1 = 3\tau_0$

№3 (пункт 2)

Пересмотрели и понял, что от конечного размера пластинки напряжённость – таки будет зависеть.

(см стр 10)



$$tg\,\alpha = \frac{BC}{AB}$$

$$BC = AB\,tg\,\alpha$$

Напряженности должны как-то относиться.

$E = \frac{kq}{R^2}$, где R – расст до точки

$$q = \sigma \cdot S$$

$$E = \frac{k \cdot \sigma \cdot S}{R^2} = \frac{k \cdot \sigma \cdot L \cdot l}{R^2}$$

Если обозначить длину стороны пластинки l, а длину бесконечной стороны пластинки L

$$R = \frac{l}{2} \cdot tg\,\alpha \Rightarrow E = \frac{k \cdot \sigma \cdot L \cdot l}{\frac{l^2}{4} \cdot tg^2\alpha} = \frac{4k\sigma L l}{l^2 tg^2\alpha} = \frac{4k\sigma L}{l\,tg^2\alpha} = \frac{\sigma L}{\varepsilon_0 \pi l\,tg^2\alpha}$$

При этом $E_{беск} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 tg\,\alpha}$

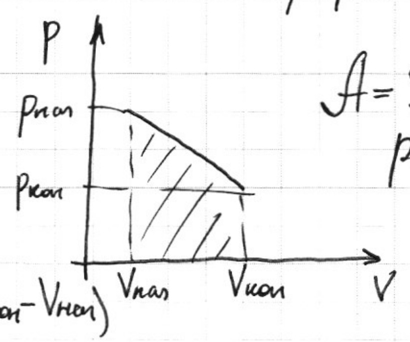
$$E_{BC} = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0 ctg\,\alpha}$$

(продолжение см. стр 11)

№2 Молекулярка (пункт 3)

3) $Q = \Delta U_{Ne} + A_{Ne} = \frac{3}{2}\nu R(T - T_2) + A_{Ne}$

$p_{Ne} V_{Ne} = \nu R T_{Ne}$, т.к. поршень двигается очень медленно и температура уменьшается, то в $p(V)$ можно представить график как прямую



$V_{нач} = V_2$

$V_{кон} = \frac{V}{2} = \frac{V_2(T_1 + T_2)}{T_2}$

$A = S_{под\ графиком}$

$$p_{нач} = \frac{\nu R T_2}{V_2}$$

$$p_{кон} = \frac{\nu R T}{\frac{V}{2}} = \frac{2\nu R T}{V}$$

$$S_{под\ граф} = \frac{p_{кон} + p_{нач}}{2}(V_{кон} - V_{нач})$$

$$V_1 + V_2 = V$$

$$\frac{T_1}{T_2}V_2 + V_2 = V = V_2\frac{T_1 + T_2}{T_2}$$

$$p_{кон} = \frac{\nu R T \cdot T_2}{V_2(T_1 + T_2)}$$

площадь под графиком считаю на стр 11

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (пункт 3 продолж.)

$$S_{под\ граф} = \frac{\frac{\nu R T T_2}{\cancel{V_2}(T_1+T_2)} + \frac{\nu R T_2}{\cancel{V_2}}}{2} \cdot \left(\frac{\cancel{V_2}(T_1+T_2)}{T_2} - \cancel{V_2}\right) =$$

$$= \frac{\nu R T_2\left(\frac{T}{T_1+T_2} + 1\right)}{2} \cdot \left(\frac{T_1 + \cancel{T_2} - \cancel{T_2}}{T_2}\right) = \frac{\nu R \cancel{T_2}\left(\frac{T+T_1+T_2}{T_1+T_2}\right)}{2} \cdot \frac{T_1}{\cancel{T_2}} =$$

$$= \frac{\nu R (T+T_1+T_2)\cdot T_1}{2(T_1+T_2)}$$

Вспомним, что $T = \frac{T_1+T_2}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow S_{под\ граф} = \frac{\nu R\left(\frac{3\cancel{(T_1+T_2)}}{2}\right)\cdot T_1}{2\cancel{(T_1+T_2)}} = \frac{3\nu R T_1}{4} = A_{Ne}$$

$$Q = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_2\right) + \frac{3\nu R T_1}{4} = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1-T_2}{2}\right) + \frac{3\nu R T_1}{4} =$$

$$= \frac{3}{4}\left(2\nu R T_1 - \nu R T_2\right) = \boxed{\frac{3\nu R}{4}\left(2T_1 - T_2\right)}$$

$$Q = \frac{3\nu R}{4}(2T_1 - T_2) = \frac{3\cdot 6\cdot 8{,}31}{4\cdot 25}(660-440) =$$

$$= \frac{18\cdot 8{,}31\cdot \cancel{220}}{\cancel{4}\cdot \cancel{25}} = \frac{36\cdot 8{,}31\cdot 11}{10} \approx$$

$$\approx 328{,}68 \text{ (Дж)}$$

$\boxed{\text{Ответ: 3) } Q \approx 328{,}68 \text{ Дж}}$

№3 (продолжение пункта 2)

$E_\Sigma = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$ — это очевидно

$$E_\Sigma = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2 tg^2\frac{\pi}{8}} + \frac{16\sigma^2}{4\varepsilon_0^2 ctg^2\frac{\pi}{8}}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4tg^2\frac{\pi}{8}} + 4\frac{1}{ctg^2\frac{\pi}{8}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\cos^2\frac{\pi}{8}}{4\sin^2\frac{\pi}{8}} + \frac{4\sin^2\frac{\pi}{8}}{\cos^2\frac{\pi}{8}}} =$$ (см. стр. 12)

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

№ 3 (продолжение)

$$E_\Sigma = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\cos^4\frac{\pi}{8} + 16\sin^4\frac{\pi}{8}}{4\sin^2\frac{\pi}{8}\cos^2\frac{\pi}{8}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\left(\cos^2\frac{\pi}{8} + 4\sin^2\frac{\pi}{8}\right)^2 - 8\cdot\cos^2\frac{\pi}{8}\cdot\sin^2\frac{\pi}{8}}{\sin^2\frac{\pi}{4}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\left(1 + 3\,\frac{1-\cos\frac{\pi}{4}}{2}\right)^2 - 2\cdot 2\sin^2\frac{\pi}{4}}{\sin^2\frac{\pi}{4}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\left(1 + \frac{3-\frac{3\sqrt{2}}{2}}{2}\right)^2 - 2\cdot 2\cdot\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{\left(\frac{3}{2} - \frac{3\sqrt{2}}{4}\right)\left(2 + \frac{3}{2} - \frac{3\sqrt{2}}{4}\right)}{\frac{1}{2}}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\left(3 - \frac{3\sqrt{2}}{2}\right)\left(2 + \frac{3}{2} - \frac{3\sqrt{2}}{4}\right)}$$

$p V_1 = \nu R T_1$

$p V_2 = \nu R T_2$

$V_1 + V_2 = V$

$p_2 \frac{V}{2} = \nu R T$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_1 = \frac{T_1}{T_2} V_2$

$Q = \Delta U + A$

$\mathcal{E} = \frac{L_1 dI}{dt} + \frac{L_2 dI}{dt} + \frac{q}{C}$

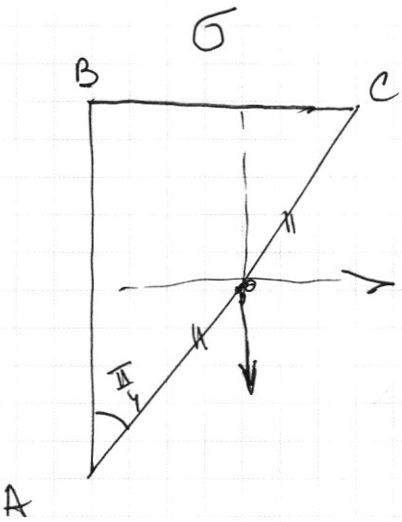
$\mathcal{E} = L \ddot{q} + \frac{q}{C}$

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

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

$\omega^2 = \frac{1}{C(L_1 + L_2)}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}$



$\underline{4б}$

$Q.$

$$\begin{array}{r} \times\ 36 \\ 11 \\ \hline 36 \\ +\ 36\ \ \\ \hline 396 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times\ 396 \\ 8{,}3 \\ \hline 1188 \\ +\ 3168\ \ \\ \hline 3286{,}8 \end{array}$$

$\frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha} + \frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\alpha} =$

$= \frac{\sin^4\alpha + \cos^4\alpha}{\sin^2\alpha\cos^2\alpha} =$

$=$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E = \frac{\sigma L}{\varepsilon_0(\ell\, tg^2\alpha)}$

$\frac{L}{\ell\, tg^2\alpha} = \frac{1}{2}$

$2L = \ell\, tg^2\alpha$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

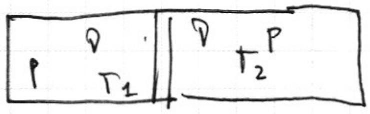
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$p \cdot V_1 = \nu R T_1$

$p V_2 = \nu R T_2$ $\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\Rightarrow$ гелия

$Q = \Delta U_{гелия}$

$Q_{неона} = \Delta U_{неона} + A =$

$\frac{3}{2}\nu R(T - T_2) + A$

$\frac{3}{2}\nu R(T - T_2) + \cancel{A}$

$A = \frac{3}{2}\nu R(T -$

$Q = \cancel{A} + \frac{3}{2}\nu R(T-$

$T - T_2 = T -$

Q

$p' V = \nu R T$

$p' \cdot V = \nu R T$ $\frac{V_1 + V_2}{2}$

$V = \frac{V_1}{2} =$

$Q \rightarrow = A + \Delta U$

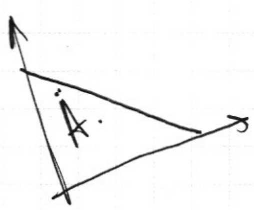
$p \cdot \Delta V + \Delta U$

$\rightarrow A_{газ} = Q - \Delta U_1$

$Q = A_{газ} + \Delta U$

$Q =$

$Q = A_{газа_2} + \Delta U_2$



$A_{газа_2} = -A_{газ}$

$A_{газа} = -A$

$Q = -Q + \Delta U_1 + \Delta U_2$

$2Q = \Delta U_1 + \Delta U_2$

$Q = \frac{\Delta U_1 + \Delta U_2}{2}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)