

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

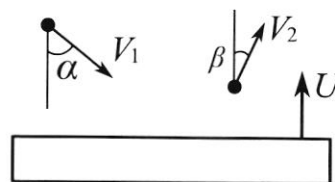
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

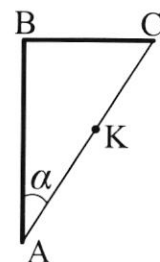
(заполняется секретарём)

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 α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.



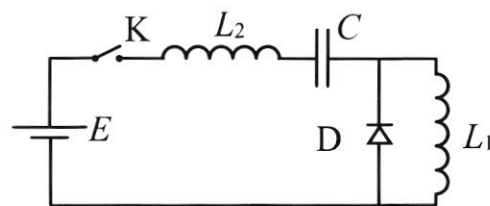
- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим 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.

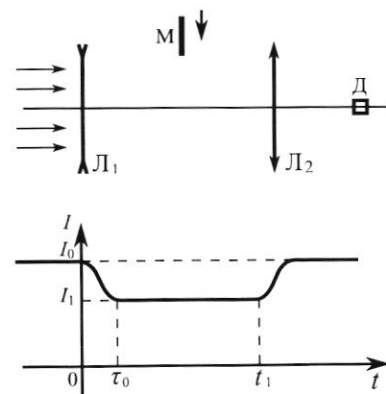


- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно 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 L_1 и L_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 L_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 L_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 L_2 и фотодетектором.
 - 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .
- Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2)

V, V_1, T_1	V, V_2, T_2
p_1	p_2
Аргон	Криптон

Т.к. поршень может свободно перемещаться без трения, то $p_1 = p_2$ в любой момент времени (поршень движется медленно \Rightarrow в любой момент времени можно считать, что газ находится в равновесии).

В начальный момент времени:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (1) \\ p_1 V_2 = \nu R T_2 \quad (2) \end{cases} \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320\text{K}}{400\text{K}} = \frac{4}{5} = 0,8$$

где V_1 и V_2 - начальные объёмы аргона и криптона соотв.

После установившейся температуры:

$$\begin{cases} p_0 V_1' = \nu R T_0 \\ p_0 V_2' = \nu R T_0 \end{cases} \rightarrow V_1' = V_2' = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_2 + 0,8V_2}{2} = 0,9V_2$$

$$p_1 (V_1 + V_2) = \nu R (T_1 + T_2) \quad ((1) + (2))$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{\nu R}{2p_1} (T_1 + T_2)$$

$$\frac{p_0}{p_1} \cdot \frac{\nu R}{2} (T_1 + T_2) = \nu R T_0 \quad T_0 - \text{установившаяся температура}$$

Т.к. сосуд теплоизолированный, то $Q_{ар} + Q_{кр} = 0$ И.т.д. $Q = \Delta U + A$
при этом $A_{ар} = -A_{кр} = A$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_1) + A + \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_2) - A = 0$$

$$2T_0 = T_1 + T_2 \rightarrow T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320\text{K} + 400\text{K}}{2} = 360\text{K}$$

$$Q_{кр} = \Delta U_{кр} + A_{кр}$$

$$p_0 \frac{V_1 + V_2}{2} = \nu R \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (p_0 V_1' = \nu R T_0)$$

$$p_1 \frac{V_1 + V_2}{2} = \nu R \frac{T_1 + T_2}{2} \quad ((1) + (2))$$

$\Rightarrow p_0 = p_1 = \text{const}$
процесс происходит при постоянном давлении.

$$\Rightarrow A_{кр} = p_1 \Delta V_2 = \cancel{p_1(V_1 - V_2)} = p_1 \left(\frac{V_1 + V_2}{2} - V_2 \right) = p_1 \cdot \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{p_1 V_1 - p_1 V_2}{2} =$$

$$= \frac{\nu R T_1 - \nu R T_2}{2} = \frac{\nu R}{2} (T_1 - T_2)$$

$$Q_{кр} = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_2) + \frac{\nu R}{2} (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \frac{T_1 - T_2}{2} + \nu R \frac{T_1 - T_2}{2} = \frac{5}{4} \nu R (T_1 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{4} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot \frac{3}{5} \text{ моль} \cdot (320\text{К} - 400\text{К}) = -\frac{3}{4} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 80\text{К} =$$

$$= -60 \cdot 8,31 \text{ Дж} = -498,6 \text{ Дж}.$$

$Q_{кр}$ — полученное критическое количество $\times 8,31$
теплоты $\frac{60}{498,60}$

Q — переданное критическое количество теплоты

$$Q = -Q_{кр} \rightarrow Q = 498,6 \text{ Дж} \quad Q = \frac{5}{4} \nu R (T_2 - T_1)$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 0,8 = \frac{T_1}{T_2}$

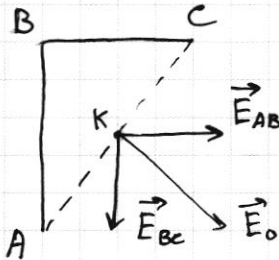
2) $T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360\text{К}$

3) $Q = \frac{5}{4} \nu R (T_2 - T_1) = 498,6 \text{ Дж}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3)

1)



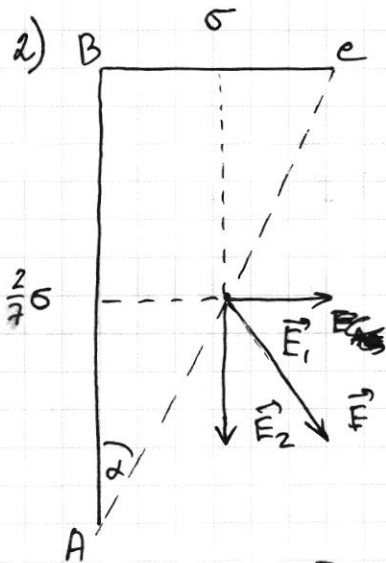
Из симметрии $\vec{E}_{AB} \perp AB$ и $\vec{E}_{BC} \perp BC$
 $AB = BC$ (т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$) и $\sigma_{AB} = \sigma_{BC} \Rightarrow |\vec{E}_{AB}| = |\vec{E}_{BC}|$

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$$

$$E_0 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{2E_{AB}^2} = \sqrt{2} E_{AB}$$

$$\frac{E_0}{E_{AB}} = \frac{\sqrt{2} E_{AB}}{E_{AB}} = \sqrt{2}$$

2)



$$E = \frac{E_0 \sigma d}{d}$$

$$E_1 = \frac{E_0 \cdot AB \cdot L \sigma \cdot \frac{2}{7}}{\frac{1}{2} BC}$$

$L \rightarrow \sigma$ (зона пластины)

$$E_2 = \frac{E_0 \cdot BC \cdot L \cdot \sigma}{\frac{1}{2} AB}$$

~~$$E = \frac{E_0 \sigma d}{d}$$~~

~~$$E_1 = \frac{4}{7} E_0 \sigma L \cot \alpha$$~~

$$E_2 = 2 E_0 \sigma \tan \alpha L$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{2}{7} \frac{\sigma d}{\tan \alpha}}{\tan \alpha} = \frac{2}{7} \sigma d^2 \alpha \rightarrow E_1 = \frac{2}{7} E_2 \sigma d^2 \alpha$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_2 \cdot \sqrt{\frac{4}{49} \sigma^2 d^4 \alpha^2 + 1}$$

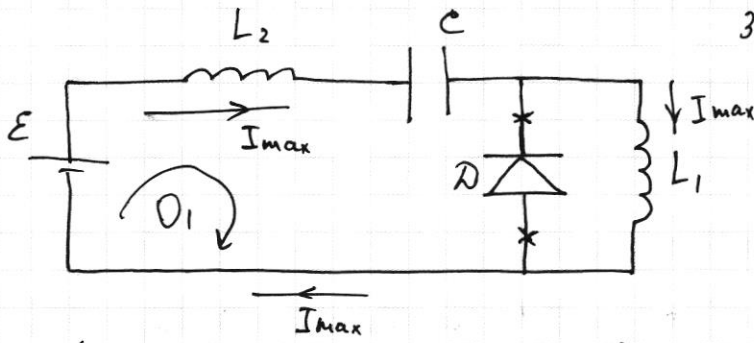
Ответ: 1) $\frac{E_0}{E_{AB}} = \sqrt{2}$

$$2) E = E_2 \cdot \sqrt{\frac{4}{49} \sigma^2 d^4 \alpha^2 + 1}$$

Задача 4

1) $T = 2\pi \sqrt{L_2 C} = 2\pi \cdot \sqrt{4LC} = 4\pi \sqrt{LC}$

2)



ЗСЭ: $A = E_K - E_H$

$$CE^2 = \frac{L_1 I_{\max}^2}{2} + \frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{9LI_{\max}^2}{2}$$

$$I_{\max}^2 = \frac{CE^2}{9L}$$

$$I_{\max} = \frac{E}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

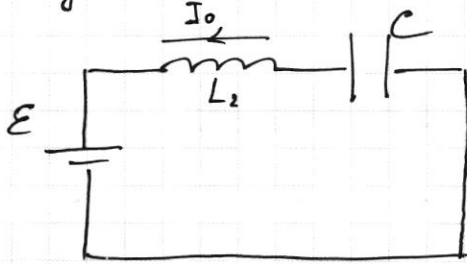
(момент, когда ток $\frac{1}{3}$ к. \downarrow max)
(ток через диод не идет, т.к. в данном направлении тока он закрыт).

II прав Кирх: $E - L_2 \frac{dI}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$

$$E - 9L \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$$

Когда ток максимален $\frac{dI}{dt} = 0$. $\rightarrow E = \frac{q}{C}$ $q = CE$.

3)

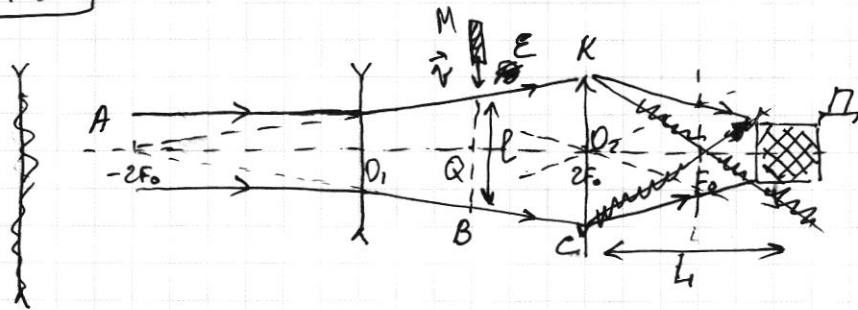


диод открыт \Rightarrow через катушку \downarrow в первый момент времени ток не течет.

Ответ: 1) $T = 4\pi \sqrt{LC}$

2) $I_{\max} = I_{01} = \frac{E}{3} \sqrt{\frac{C}{L}}$

Задача 5



Пусть v - скорость мишени, D_0 - её диаметр.

$D_0 = v \cdot \tau_0$ l - ширина пучка света в месте прохода мишени.

$$l = v \cdot (t_1 - \tau_0)$$

$$\frac{AB}{AC} = \frac{EB}{KC} = \frac{l}{D} = \frac{AQ}{AO_2} = \frac{3F_0}{4F_0} = \frac{3}{4} \rightarrow l = \frac{3}{4} D = v(t_1 - \tau_0)$$

$$v = \frac{3D}{4(t_1 - \tau_0)}$$

$$I = \alpha J \quad (J - \text{мощность света}) \quad \alpha = \text{const}$$

$$J = \beta S \quad (S - \text{освещенная часть фотодетектора}) \quad \beta = \text{const}$$

$$I = \alpha \beta S \rightarrow I \sim S$$

\Rightarrow в момент $t=0$: $S=S_0$ $I=I_0$

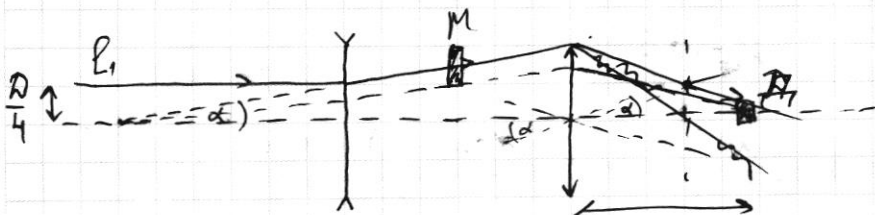
$$(l-l^*) \sim I \quad t = \tau_0 : I = \frac{7}{16} I_0 \rightarrow S = \frac{7}{16} S_0$$

$S \sim (l-l^*)$ где l^* - перекрытая часть света мишенью

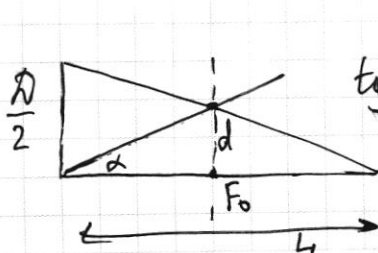
$$\frac{(l - D_0)}{\frac{7}{16} I_0} = \frac{l}{I_0} \rightarrow l - D_0 = \frac{7}{16} l \rightarrow D_0 = \frac{9}{16} l = \frac{9}{16} \cdot \frac{3}{4} D = \frac{27}{64} D$$

$$v = \frac{D_0}{\tau_0} = \frac{27D}{64\tau_0} = \frac{3D}{4(t_1 - \tau_0)} \rightarrow \frac{9}{16\tau_0} = \frac{1}{t_1 - \tau_0} \rightarrow$$

$$9t_1 - 9\tau_0 = 16\tau_0 \rightarrow 9t_1 = 25\tau_0 \rightarrow t_1 = \frac{25}{9}\tau_0$$



Детектор = точка пересечения лучей после последней преломления = пересечение луча l_1 с главной оптической осью..



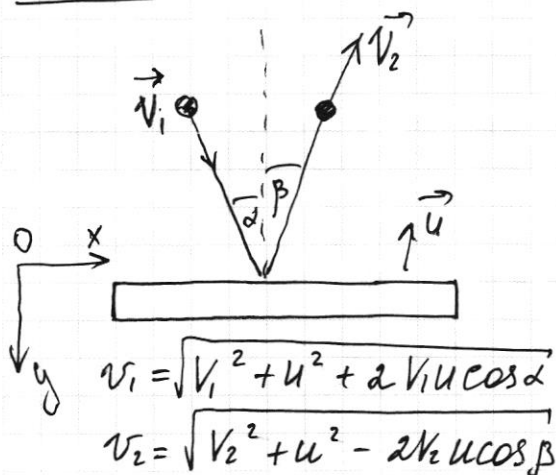
$$\tan \alpha = \frac{D \cdot \frac{1}{2}}{4F_0} = \frac{D}{8F_0}$$

$$d = F_0 \tan \alpha = \frac{D}{8}$$

$$\frac{L_1}{F_0} = \frac{D}{d} = \frac{D}{\frac{D}{8}} = 8 \rightarrow L_1 = 8F_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



Перейдём в ИСО мимма:

$$\vec{V}_1 + (-\vec{u}) = \vec{v}_1$$

$$\vec{V}_2 + (-\vec{u}) = \vec{v}_2$$

$$\vec{u} + (-\vec{u}) = 0$$

ЗСУ ОУ: $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$

$$\rightarrow V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

~~ЗСУ ОУ:~~

$$V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} V_1 = \frac{10}{9} V_1$$

$$V_2 = \frac{10}{9} \cdot 18 \frac{M}{c} = 20 \frac{M}{c}$$

ЗСУ ОУ: v_1

$$m(v_1 \cos \alpha + u) < m(v_2 \cos \beta - u)$$

$$2u < v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha$$

$$u < \frac{v_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{9}{25}} - v_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{9}}}{2} = \frac{v_2 \cdot \frac{4}{5} - v_1 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{20 \frac{M}{c} \cdot \frac{4}{5} - \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot 18 \frac{M}{c}}{2}$$

$$= \frac{16 \frac{M}{c} - 6\sqrt{5} \frac{M}{c}}{2} = 8 \frac{M}{c} - 3\sqrt{5} \frac{M}{c} = (8 - 3\sqrt{5}) \frac{M}{c}$$

Ответ: 1) $V_2 = 20 \frac{M}{c}$ $V_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} V_1$

2) $u < (8 - 3\sqrt{5}) \frac{M}{c}$ $u < \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

Ответ:

1) $L_1 = 4F_0$

2) $v = \frac{27D}{64\tau_0}$

3) $t_1 = \frac{25}{9} \tau_0$

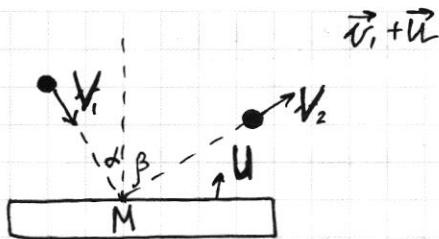
$$v_{1\text{отн}} = m v_1 \cos \alpha + u$$

$$v_{2\text{отн}} = m v_2 \cos \beta - u$$

$$m(v_1 \cos \alpha + u) < m(v_2 \cos \beta - u)$$

$$v_1 \cos \alpha - v_2 \cos \beta < -2u$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



A_1	C_1
\downarrow	\downarrow
$T_1 < T_2$	T_2

$$V = V_1 + V_2 = 1,8 V_2 = \frac{9}{5}$$

$$p_0 \frac{4}{5} V = \nu R T_1$$

1) $p_0 V_1 = \nu R T_1$
 $p_0 V_2 = \nu R T_2 \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320K}{400K} = \frac{4}{5} = 0,8$

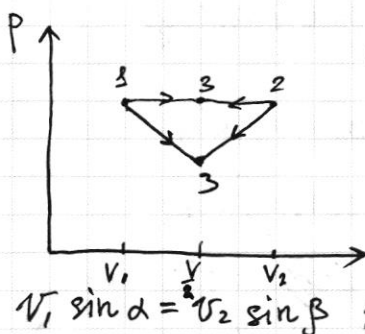
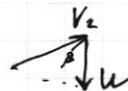
$$V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_0}$$

2)

A_1	ν	T	C_1	ν	T
P	$\frac{V}{2}$		P	$\frac{V}{2}$	

$$\text{при } V_2 = \nu R T$$

$$T = \frac{0,9 p V_2}{\nu R} = \frac{0,9 p \cdot \frac{\nu R T_2}{p_0}}{\nu R} = 0,9 T_2 \cdot \frac{p}{p_0}$$



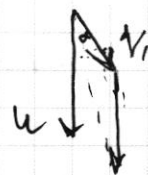
$$pR = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$p_0 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$\frac{\nu R T_1}{V_1} \cdot \frac{V_1 + V_2}{2} = \nu R T$$

$$\vec{v}_1 = \vec{V}_1 - \vec{u}$$

$$\vec{v}_2 = \vec{V}_2 - \vec{u}$$



$$v_1^2 = V_1^2 + u^2 + 2V_1 u \cos \alpha$$

$$v_2^2 = V_2^2 + u^2 - 2V_2 u \cos \beta$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

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

$$v_1^2 \sin^2 \alpha = v_2^2 \sin^2 \beta$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \alpha} = \frac{V_1^2 + u^2 + 2V_1 u \cos \alpha}{V_2^2 + u^2 - 2V_2 u \cos \beta} = \frac{81}{100}$$

$$= \frac{81}{100}$$

$$100(V_1^2 + u^2 + 2V_1 u \cos \alpha) = 81 V_2^2 + 162 V_2 u \cos \beta + 81 u^2$$

$$\Phi = (M+m) \vec{u} = m \vec{v}_2 = M \vec{u} + m \vec{v}_1$$

$$M \vec{u} + m \vec{v}_1 =$$

$$(1+\alpha) \vec{u} = \alpha \vec{v}_1 = \vec{u} + \alpha \vec{v}_1$$

$$m (v_1 \cos \beta - u \cos \beta)$$

$$\alpha \vec{u} = \alpha \vec{v}_1 \quad \vec{u} = \vec{v}_1$$

$$p_1 (V_1 + V_2) = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$p_0 \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) = \nu R T_0$$

$$\frac{2p_1}{p_0} = \frac{T_1 + T_2}{T_0} \rightarrow p_0 = \frac{2p_1 T_0}{T_1 + T_2}$$

$$m(v_1 \cos \alpha - u) = m(v_2 \cos \beta + u)$$

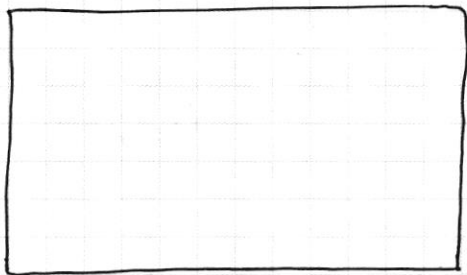
$$v_1 \cos \alpha - u = v_2 \cos \beta + u$$

$$v_1 \cos \alpha - v_2 \cos \beta = 2u$$

$$\frac{\sqrt{5}}{3} v_1 - \frac{4}{5} v_2 = 2u$$

$$v_2 = \frac{\frac{\sqrt{5}}{3} v_1 - 2u}{\frac{4}{5}} = \frac{5\sqrt{5}v_1 - 20u}{4}$$

$$= \frac{15\sqrt{5}v_1 - 20u}{2}$$

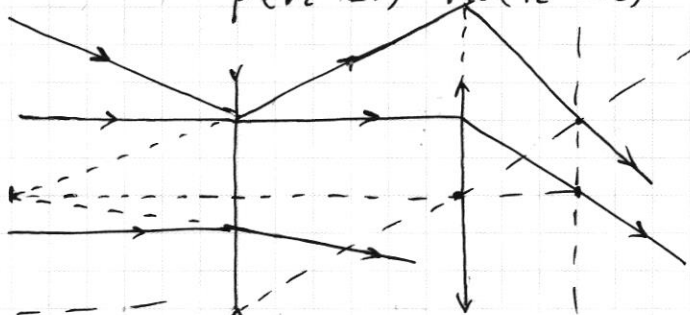


в момент времени $p_1 = p_2$

$$p(V_1 + \Delta V) = \nu R(T_1 + \Delta T_1)$$

$$p(V_2 - \Delta V) = \nu R(T_2 - \Delta T_2)$$

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



$$m v_1 \cos \alpha + M u = m v_2 \cos \beta - M u$$

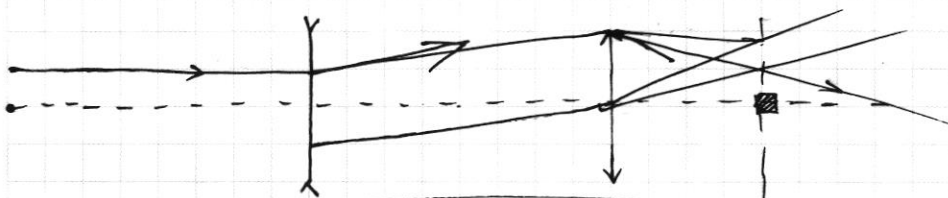
~~уравнение~~

$$p_0 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_0 V_2 = \nu R T_2$$

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

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

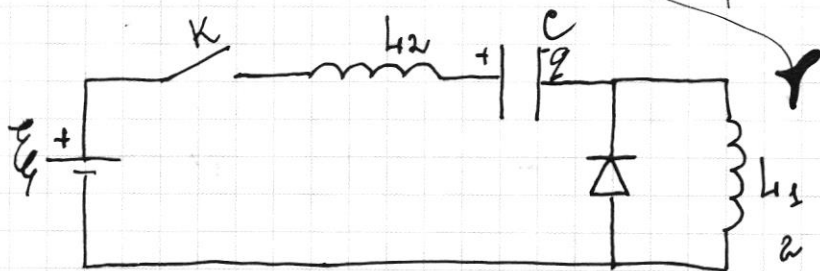


$$E - L_2 \frac{dI}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{q}{c}$$

$$E = \frac{q}{c}$$

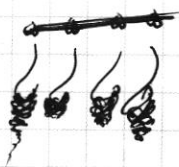
$$I \cdot I = I \quad 12:20$$

$$I \cdot I = I$$



$$Q = \Delta U + A = \frac{i}{2} \nu R (T - T_1) +$$

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



$$0,9 p_0 v_2 = \nu R T_2$$

$$1,8 p_1 v_2 = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$\frac{9}{8} \cdot \frac{p_0}{T_1} = \frac{9}{T_2}$$

$$0,8 p_1 v_2 = \nu R T_1$$

$$0,9 p_0 v_2 = \nu R T_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(p + \Delta p)(V_1 + \Delta V) = \nu R T_1'$$

$$(p + \Delta p)(V_2 - \Delta V) = \nu R T_2'$$

~~$$\frac{V_1 + \Delta V}{V_2 - \Delta V} = \frac{T_1'}{T_2'}$$~~

$$Q = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_1) + p(V_1 - V_2) = -\frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_2) - p(V - V_2)$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_1 + T_0 - T_2) + p(V - V_1 + V - V_2) = 0$$

$$\frac{3}{2} \nu R (2T_0 - T_1 - T_2) + p(2V - V) = 0$$

$$\frac{3}{2} \nu R (2T_0 - (T_1 + T_2)) + pV = 0$$

$$\frac{3}{2} \nu R (2T_0 - (T_1 + T_2)) + \nu R T_0 = 0$$

$$\nu R (3T_0 - (\frac{3}{2}T_1 + \frac{3}{2}T_2) + T_0) = 0$$

$$4T_0 = \frac{3}{2} (T_1 + T_2)$$

$$T_0 = \frac{3}{8} (T_1 + T_2) = \frac{3}{8} (320 + 400) K = \frac{3}{8} \cdot 720 K = 270 K$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_1) + A + \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_2) - A = 0$$

$$T_0 - T_1 + T_0 - T_2 = 0$$

$$p_0 \frac{V_1 + V_2}{2} = \nu R \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$\frac{\sigma S \epsilon_0}{d}$$

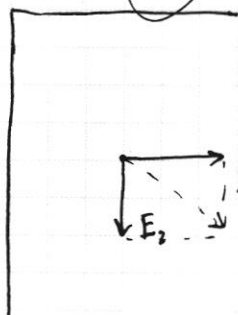
$$\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C \epsilon^2 = \frac{4I_{max}^2}{2} + \frac{C \epsilon^2}{2} + \frac{L_2 I_{max}^2}{2}$$

$$I_{max}^2 = \frac{C \epsilon^2}{9L_2} = \frac{\epsilon}{9L_2}$$

$$\frac{C \epsilon^2}{2} = \frac{9 C I_{max}^2}{2}$$



$$-E - L_2 \frac{dI}{dt}$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)