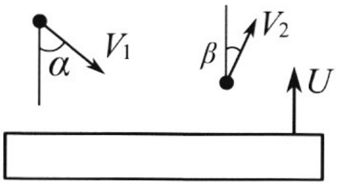
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

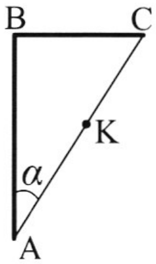
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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.

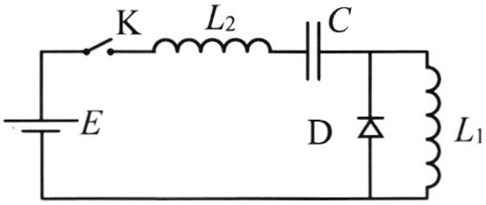
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?



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

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

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



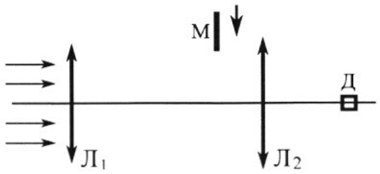
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями L_1 = 3L, L_2 = 2L, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.

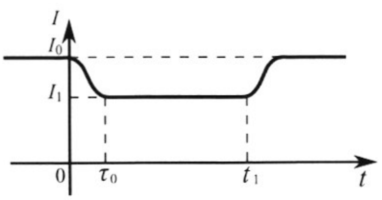
1) Найти период T этих колебаний.

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 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)

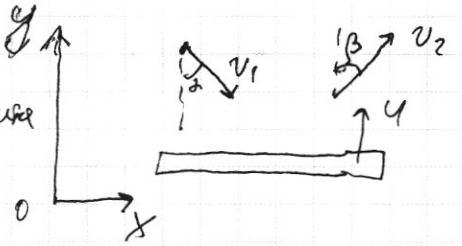
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:
$V_1 = 6$ м/с
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

$V_2 - ?$; $U - ?$

Решение:
Р-м систему шарик + плита
$\vec{P} = \vec{P_0}$ – т.к. на систему не действуют посторонние силы ($F_т$ – пренебрегаем) =>



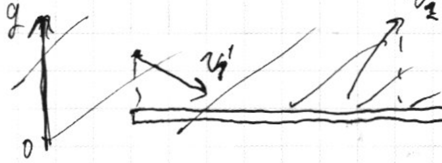
$ox: P_x = P_{x_0}$

$P_x = mV_2 \sin\beta$
$P_{x_0} = mV_1 \sin\alpha$
$\Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

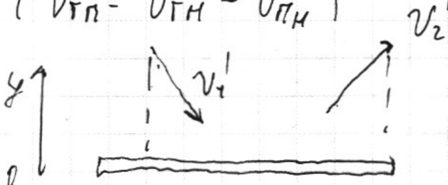
$V_2 = 6 \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12 \left(\frac{м}{с}\right)$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{\frac{9-4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$; $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{\frac{9-1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

~~оу: перейдём в СО плиты (т.к плита массивная => после удара её скорость меняется незначительно)~~
~~оу: $V'_{1y} = V'_{2y}$~~



перейдём в СО плиты (т.к плита массивная => после удара её скорость меняется незначительно), в такой системе удар абсолютно упругий ($\vec{V_{тп}} = \vec{V_{тн}} - \vec{V_{пн}}$)



$oy: V'_{1y} = V'_{2y}$

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

$U = \frac{1}{2}(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) = \frac{1}{2}\left(V_1\cos\alpha + V_1 \frac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\beta}\right) = \frac{V_1}{2}\left(\cos\alpha + \frac{\sin\alpha \cdot \cos\beta}{\sin\beta}\right)$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№ 1 - продолжение.

в написанном уравнении: $\vec{V}_{тп} = \vec{V}_{тн} - \vec{V}_{пн}$

$\vec{V}_{тп}$ - скорость тела в подвижной СО

$\vec{V}_{тн}$ - скорость тела в неподвижной СО

$\vec{V}_{пн}$ - скорость подвижной СО от-но неподвижной СО.

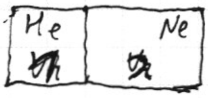
$$u = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{6\cdot\sqrt{5}}{3} + \frac{12\cdot 2\sqrt{2}}{3}\right) = \sqrt{5} + 4\sqrt{2}\ \left(\frac{м}{с}\right)$$

Ответ: а) $V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\,\frac{м}{с}$

б) $u = \frac{v_1}{2}\left(\sqrt{1-\sin^2\alpha} + \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\sqrt{1-\sin^2\beta}\right) = (\sqrt{5} + 4\sqrt{2})\,\frac{м}{с}$

№ 2.

в начале:



1) $P_1 = P_2$ - т.к. соединены поршнем.

$PV = \nu RT$.

$P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$; $P_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2}$

$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = 0,75$ (далее $P_1; P_2; \neq$ переменные)

2) $Q = A + \Delta U$.

$Q_1 = -Q_2$ - замкнутая система.

$A_1 + \Delta U_1 = -A_2 + \Delta U_2$

$A_1 + A_2 + \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$P_1 = P_2$; $\Delta V_1 = -\Delta V_2 \Rightarrow A_1 = -A_2$ $(A = P\Delta V)$

$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$\frac{i}{2}\nu R\Delta T_1 = -\frac{i}{2}\nu R\Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_1 = -\Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_1 + \Delta T_2 = 0 \Rightarrow$

$T_k = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{330 + 440}{2} = 165 + 220 = 385\ K$; $\Delta T = \overset{T_k - T_1}{385 - 330} = 55\,K \Rightarrow$

$V_{1k} = V_{2k} \Rightarrow \Delta V = V_{1k} - V_{10} = 0,5\,V_{об} - \frac{0,75}{1,75}V_{об} = V_{об}\cdot\frac{0,25\cdot 0,5}{1,75}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 продолжение (1)

$$\cancel{P_1 = \nu R \frac{T_1+\Delta T_1}{V_1+\Delta V_1}} \qquad \cancel{\left(PV = \nu RT \Rightarrow \frac{dP}{P} = \frac{dT}{T} - \frac{dV}{V}\right)}$$

$$\cancel{P_2 = \nu R \frac{T_2+\Delta T_2}{V_2+\Delta V_2}}$$

$$\cancel{\Delta T_1 = -\Delta T_2}$$

$$\cancel{\Delta V_1 = -\Delta V_2}$$

$$\cancel{\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1+\Delta T_1}{V_1+\Delta V_1}\cdot\frac{V_2+\Delta V_2}{T_2+\Delta T_2} = \frac{T_1+\Delta T_1}{T_2-\Delta T_1}\cdot\frac{V_2+\Delta V_1}{V_1+\Delta V_1} =}$$

$$\cancel{= \frac{T_1+\Delta T_1}{1+\frac{\Delta V_1}{V_1}} = \frac{1+\frac{\Delta T_1}{T_1}}{\frac{T_2}{T_1}-\frac{\Delta T_1}{T_1}}\cdot\frac{\frac{V_2}{V_1}+\frac{\Delta V_1}{V_1}}{1+\frac{\Delta V_1}{V_1}} =}$$

$$P = \nu R\frac{T}{V} \quad \cancel{\left(\frac{dP}{P} = \frac{dT}{T} - \frac{dV}{V}\right)}$$

$$P_1 = \nu R\frac{T_1}{V_1} = P_2 = \nu R\frac{T_2}{V_2}$$

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

$$\frac{T_1+\Delta T}{T_2-\Delta T} = \frac{V_1+\Delta V}{V_2-\Delta V} \Rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}+\frac{\Delta T}{T_2}\right)\left(1+\frac{\Delta T}{T_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}+\frac{\Delta V}{V_2}\right)\left(1+\frac{\Delta V}{V_2}\right)$$

$$\left(\Delta V \ll V_1;\ \Delta T \ll T_1 \Rightarrow \frac{1}{1-\frac{\Delta V}{V}} = 1+\frac{\Delta V}{V};\ \frac{1}{1-\frac{\Delta T}{T}} = 1+\frac{\Delta T}{T}\right)$$

$$\frac{T_1}{T_2} + \frac{\Delta T}{T_2} + \frac{T_1}{T_2}\cdot\frac{\Delta T}{T_2} + \left(\frac{\Delta T}{T_2}\right)^2 = \frac{V_1}{V_2} + \frac{\Delta V}{V_2} + \frac{V_1}{V_2}\cdot\frac{\Delta V}{V_2} + \frac{\Delta V^2}{V_2^2}$$

$\frac{\Delta T^2}{T_2^2}$ и $\frac{\Delta V^2}{V_2^2}$ — пренебрежимо малы.

$$\frac{\Delta T}{T_2}\left(1+\frac{T_1}{T_2}\right) = \frac{\Delta V}{V_2}\left(1+\frac{V_1}{V_2}\right)$$

№2 продолжение (2)

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 1+\frac{T_1}{T_2}=1+\frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T_2}=\frac{\Delta V}{V_2}$$

$$P_2V_2=\nu RT_2$$

$$(dP_2)V_2+(dV_2)P_2=\nu R dT_2 \quad |: PV.$$

$$\frac{dP_2}{P_2}=\frac{dT_2}{T_2}-\frac{dV_2}{V_2}=0 \Rightarrow \text{давление не меняется} \Rightarrow$$

$$Q=A+\Delta U=P_0\cdot\Delta V+\frac{i}{2}\nu R\Delta T=\frac{\nu RT_1}{V_1}\Delta V+\frac{i}{2}\nu R\Delta T=$$

$$=\nu RT_1\cdot\frac{V_{o\delta}\cdot\frac{0{,}25\cdot0{,}5}{1{,}75}}{V_{o\delta}\cdot\frac{0{,}25}{1{,}75}}+\frac{3}{2}\nu R\Delta T=\nu R(\cdot T_1\cdot\frac{0{,}5}{3}+\frac{3}{2}\Delta T)$$

$$Q=6\cdot\frac{1}{25}\cdot8{,}31(\frac{330}{6}+\frac{3}{2}\cdot55)=\frac{6}{25}\cdot8{,}31\cdot(55+\frac{3}{2}\cdot55)=$$

$$=6\cdot8{,}31\cdot\frac{11}{2}=33\cdot8{,}31\approx274\text{ Дж}.$$

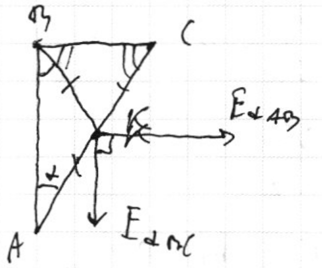
Ответ: 1) $\frac{V_{He}}{V_{Ne}}=0{,}75$

2) $T_k=385K.$

3) $Q=274$ Дж.

№3.

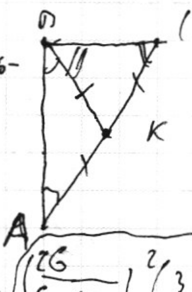
1) $\angle BKA=\pi-2\alpha=\pi-\frac{\pi}{2}=\frac{\pi}{2}$; $\angle BKC=\pi-\angle BKA=\frac{\pi}{2}$



$E_\perp=\frac{6}{\varepsilon_0}\cdot\frac{\Omega}{4\pi}$ – где Ω – телесный угол, под которым видна плоскость $\Rightarrow$

$$E_{\perp BC}=E_{\perp AB} \Rightarrow \frac{E}{E_0}=\frac{\sqrt{E_{BC}^2+E_{AB}^2}}{E_{BC}}=\sqrt{2}\approx1{,}4$$

2) $BK=KC=AK$ – т.к медиана в прямоугольном треугольнике.



$\angle AKB=\pi-2\alpha=\frac{3\pi}{4}$, $\angle BKC=\pi-\angle AKB=\frac{\pi}{4}$

$$E=\sqrt{E_{AB}^2+E_{BC}^2}=\sqrt{\left(\frac{6}{\varepsilon_0}\cdot\frac{2\angle AKB}{4\pi}\right)^2+\left(\frac{46}{\varepsilon_0}\cdot\frac{2\cdot\angle BKC}{4\pi}\right)^2}=\sqrt{\left(\frac{26}{\varepsilon_0\cdot16}\right)^2(3^2+4^2)}=\frac{56}{8\varepsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{E}{E_0}=1{,}4$; 2) $E=\frac{56}{8\varepsilon_0}$

☐ черновик ☑ чистовик Страница №4

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

~~$\mathcal{E}\xi = \mathcal{E}$~~

2. $\Sigma \xi = \Sigma IR$

1. $\cancel{\xi - \dot{I}L_2 = \frac{q}{C}}$ $\quad \xi - \dot{I}L_2 - \dot{I}L_1 = \frac{q}{C}$

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

$$q\omega^2 + \ddot{q} = const.$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}$$ – ~~половину периода~~

2. $\xi - \dot{I}L_2 = \frac{q}{C}$

$$q \cdot \frac{1}{L_2 C} + \ddot{q} = \frac{\xi}{L_2}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}}$$ – ~~половину периода~~

$$\cancel{T = \frac{\pi}{\omega_1} + \frac{\pi}{\omega_2} = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C} + \pi\sqrt{L_2 C} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{5}+\sqrt{2})}$$

1: $q = \xi C + A\cdot\cos(\omega t + \varphi_0)$

$q(0) = 0 = \xi C + A \Rightarrow A = -\xi C.$

$q = \xi C(1 - \cos\omega t)$

$\dot{q} = \omega\xi C\cos\omega t \Rightarrow I_{max_1} = \omega\xi C = \xi\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = I_{01} = \xi\sqrt{\frac{C}{5L}}$

$\dot{q} < 0$ при $\frac{3\pi}{2} > \omega t > \frac{\pi}{2}$

$q\left(\frac{\pi}{\omega_1}\right) = \xi C.$

№4 - продолжение.

2: $q = \xi C + \xi C \sin(\omega_2 t_2)$

t_2 - ~~время~~ ~~начала~~ ~~отсчитываемое~~ $t_2 = t + \frac{\pi}{2\omega}$

$\dot{q} = \omega_2 \xi C \cos\omega_2 t_2 \Rightarrow$

$I_{max_2} = \omega_2 \xi C = \xi \sqrt{\frac{C}{L_2}} \Rightarrow I_{02} = \xi \cdot \sqrt{\frac{C}{2L}}$

$T = \frac{\pi}{\omega_1} + \frac{\pi}{\omega_2} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{5} + \sqrt{2})$

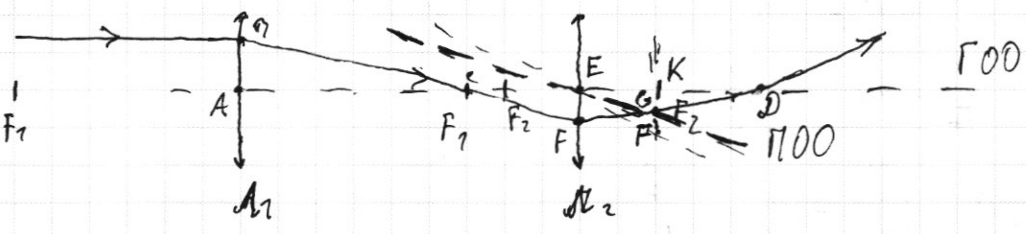
Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{5} + \sqrt{2})$

2) $I_{01} = \xi\sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) $I_{02} = \xi\sqrt{\frac{C}{2L}}$

№5.

1)



Луч идущий паралельно оси преломляется и проходит через фокус. пусть отклонение начального луча от оси линзы равно X.

Нарисуем побочную ОО паралельную лучу - луч идущий паралельно ОО проходит через фокус. (F')

D - точка пересечения этого луча и луча траектория которого ~~со~~впадает с главной ОО. (ОО - оптическая ось)

$\frac{AB}{AC} = \frac{EF}{EC} \Rightarrow EF = EC \cdot \frac{AB}{AC} = \frac{F_0}{2} \cdot \frac{X}{F_0} = \frac{X}{2}$

$\frac{EF}{CE} = \frac{KG}{EK} \Rightarrow KG = \frac{EK \cdot EF}{CE} = \frac{\frac{F_0}{3} \cdot \frac{X}{2}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{X}{3}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

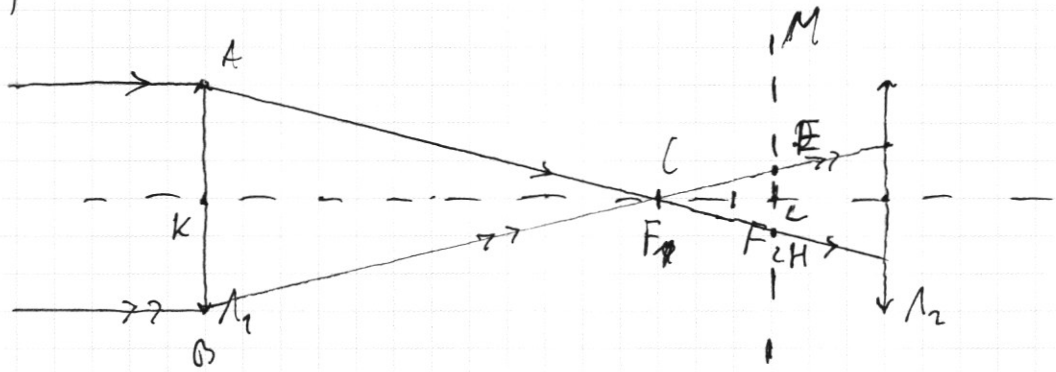
№5 - продолжение. (1)

$$\frac{ED}{EF} = \frac{KD}{KG} \Rightarrow ED\cdot\frac{x}{3} = KD\cdot\frac{x}{2} \Rightarrow 2ED = 3KD$$

$$ED = EK + KD = \frac{F_0}{3} + KD$$

$$\frac{2F_0}{3} + 2KD = 3KD \Rightarrow KD = \frac{2}{3}F_0 \Rightarrow ED = F_0$$

2)



$$AK = \frac{D}{2} = KB.$$

$$EL = AK\cdot\frac{CL}{CK} = AK\cdot\frac{0{,}25F_0}{F_0} = \frac{D}{8} \Rightarrow EK = \frac{D}{4}$$

пусть d - диаметр мишени

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_1}$$

$$S_0 = \frac{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2}{4}; \quad S_1 = \frac{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\frac{S_1}{S_0} = 1 - \frac{16d^2}{D^2} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{8}{9}$$

$$d^2 = D^2\cdot\frac{1}{9}\cdot\frac{1}{16} \Rightarrow d = \frac{D}{12}$$

$$v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}; \quad t_1 = \frac{\frac{D}{4}}{v} = \frac{D}{4\cdot\frac{D}{12\tau_0}} = 3\tau_0$$

№5 продолжение (2)

Ответ: 1) F_0

2) $v = \frac{D}{12\tau_0}$

3) $t_1 = 3\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{dP}{P} = \frac{dT}{T} - \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T_1} + \frac{dV}{V_1} = -\frac{dT}{T_2} + \frac{dV}{V_2}$$

$$\cancel{dT\left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}\right) = dV\left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}\right)}$$

$$P_K = \frac{\nu R T_K}{V_K}$$

$$P_0 = \frac{\nu R T_0}{V_0}$$

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

$$\frac{P_K}{P_0} \cancel{= \frac{T_K}{T_0} \cdot \frac{V_0}{V_K}} = \frac{T_K}{T_0} \cdot \frac{0{,}25}{0{,}5}$$

$$A = P dV = \nu R \left(\frac{T}{V} dV\right)$$

$$V_1 = 0{,}75 V_2 = 0{,}75 + 0{,}75 V_1$$

$$V_1 = \frac{0{,}75}{1{,}75}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 1 + \frac{dT}{T} = 1 + \frac{dV}{V}$$

$$\cancel{\ln\frac{T_1}{T_2} = \ln\frac{V_1}{V_2}} \qquad \cancel{\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V}}$$

$$\cancel{\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} \Rightarrow T = V\frac{dT}{dV}}$$

$$\frac{T_1 + dT}{T_1 - dT} = \frac{V + dV}{V - dV}$$

$$\frac{1 + \frac{dT}{T}}{1 - \frac{dT}{T}} = \frac{1 + \frac{dV}{V}}{1 - \frac{dV}{V}} \Rightarrow \left(1 + \frac{dT}{T}\right)^2 = \left(1 + \frac{dV}{V}\right)^2$$

8,31 · 33 = 24,93 + 249,3 = 274,23

$$18 = 1{,}5 F_0 \Rightarrow F_0 = 12$$

$$1{,}25 F_0 = 1{,}25 \cdot 12 = 15$$

$$P_0 = \nu R \frac{T}{V} = \nu R \cdot \frac{4 \cdot 110}{0{,}75 V}$$

$$P_c = \nu R \frac{3{,}5 \cdot 110}{0{,}5 V}$$