

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

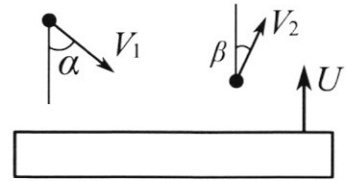
Класс 11

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 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 ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

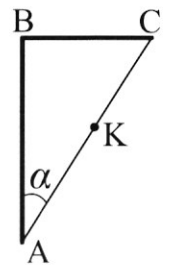


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

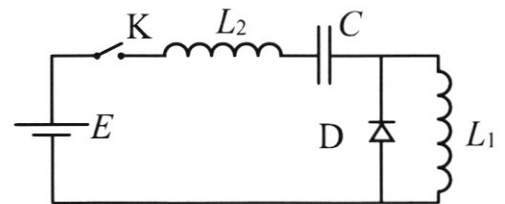
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



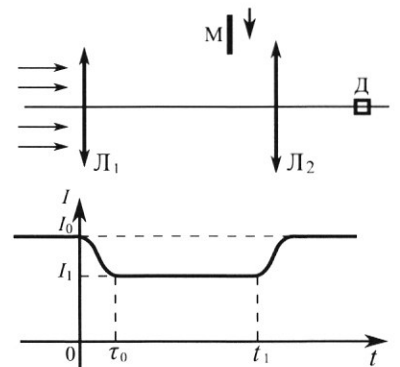
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано

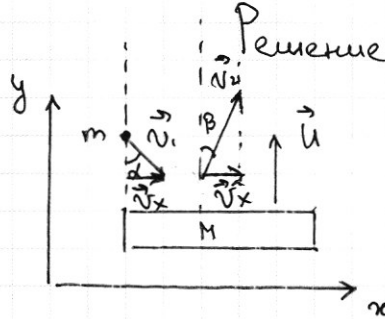
$$v_1 = 6 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{1}{3}$$

1) v_2 - ?

2) u - ?



Решение

$$1) \text{ x: } v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

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

$$v_2 = 6 \text{ м/с} \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12 \text{ м/с}$$

$$2) \text{ y: } -m v_1 \cos \alpha + M u = m v_2 \cos \beta$$

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

$$3) \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M u^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2}$$

$$m (v_2^2 - v_1^2) = M u^2 ; M u = \frac{m (v_2^2 - v_1^2)}{u}$$

$$4) \frac{m (v_2^2 - v_1^2)}{u} = m (v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha) ; u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha}$$

$$u = \frac{144 - 36}{12 \sqrt{1 - \frac{1}{9}} + 6 \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{9}}} \text{ м/с} = \frac{108}{4\sqrt{8} + 2\sqrt{5}} \text{ м/с} = \frac{108}{8\sqrt{2} + 2\sqrt{5}} \text{ м/с} = \frac{54}{4\sqrt{2} + \sqrt{5}} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 12 м/с

2) $\frac{54}{4\sqrt{2} + \sqrt{5}}$ м/с

№2 Дано

$$V = \frac{6}{25} \text{ моль}$$

$$T_1 = 330 \text{ K}$$

$$T_2 = 440 \text{ K}$$

1) $\frac{u_1}{V_2}$ - ?

2) T - ?

3) Q - ?

Решение

$$1) P_0 V_1 = \nu R T_1$$

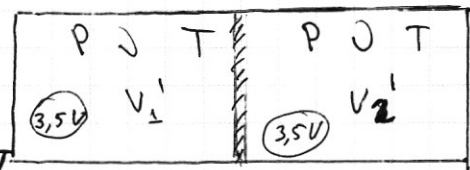
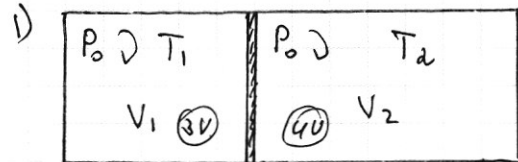
$$P_0 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} ; \frac{V_1}{V_2} = \frac{330 \text{ K}}{440 \text{ K}} = \frac{3}{4}$$

$$2) \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T + \frac{3}{2} \nu R T$$

$$T_1 + T_2 = 2T ; T = \frac{T_1 + T_2}{2} ; T = \frac{330 \text{ K} + 440 \text{ K}}{2} = 385 \text{ K}$$

мл. обр. ст.



$$3) Q = \Delta U + A'$$

$$1. P_0 4V = \nu R T_2 \quad (V_2 = 4V)$$

$$P 3,5V = \nu R T \quad (V_2' = V_1' = 3,5V)$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{8}{7} = \frac{T_2}{T}; \quad \frac{P_0}{P} = \frac{7}{8} \cdot \frac{240K}{385K} = \frac{7 \cdot 4 \cdot 110}{4 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 11} = 1 \Rightarrow P = \text{const}$$

$$A' = P_0(-4V + 3,5V) = -0,5V P_0 = -\frac{\nu R T_2}{8}$$

$$2. \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T - T_2)$$

$$3. Q = \frac{3}{2} \nu R (T - T_2) - \frac{\nu R T_2}{8} = \nu R \left(\frac{3}{2} (T - T_2) - \frac{T_2}{8} \right)$$

$$Q = \frac{6}{25} \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot (385K - 440K) - \frac{440K}{8} \right) =$$

$$= -\frac{55 \cdot 5}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8,31 \text{ Дж} = -274,23 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) 0,75

2) 385K

3) ~~2~~ 274,23 Дж

№3 Дано

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

1) E_k - ?

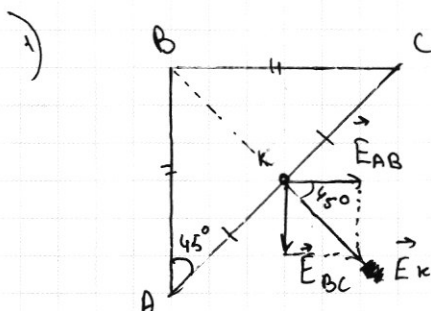
$$2) G_1 = 46$$

$$G_2 = 6$$

$$\alpha = \frac{\pi}{8}$$

E_k - ?

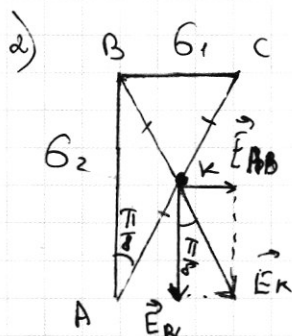
Решение



$$1) E_{AB} = E_{BC} = \frac{G}{2\epsilon_0}$$

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

$$\frac{E_k}{E_{BC}} = \sqrt{2}$$



$$1) E_k = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$$

$$E_{AB} = \frac{G_2}{2\epsilon_0} = \frac{6}{2\epsilon_0}; \quad E_{BC} = \frac{G_1}{2\epsilon_0} = \frac{46}{2\epsilon_0} = \frac{23}{\epsilon_0}$$

$$E_k = \sqrt{\frac{6^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{46^2}{\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{6^2}{\epsilon_0^2} \left(\frac{1}{4} + 4 \right)} = \frac{6}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{17}{4}} = \frac{6}{2\epsilon_0} \sqrt{17}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$
2) $\frac{6}{2\epsilon_0} \sqrt{17}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 Дано

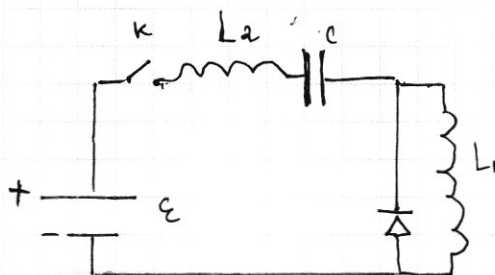
$$L_1 = 3L$$

$$L_2 = 2L$$

C

E

Решение



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

1) T-?

1) t_1 - время зарядки конденсатора

2) I_{01} -? $\Rightarrow q: t_1 = \pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}$

3) I_{02} -? t_2 - время разрядки конденсатора

$$\Rightarrow q: t_2 = \pi\sqrt{L_2 C}$$

$$T = t_1 + t_2 = \pi(\sqrt{L_2 C} + \sqrt{(L_1 + L_2)C}) = \pi(\sqrt{2LC} + \sqrt{5LC})$$

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

$$I_{01}^2 = \frac{EC}{5L}; \quad I_{01} = E\sqrt{\frac{C}{5L}}$$

$$3) \frac{CE^2}{2} = \frac{L_2 I_{02}^2}{2}; \quad I_{02}^2 = \frac{EC}{2L}; \quad I_{02} = E\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

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

$$2) E\sqrt{\frac{C}{5L}}$$

$$3) E\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

№ 5 Дано

$$F_0$$

$$D$$

$$\gamma_0$$

$$F_1 = F_0$$

$$F_2 = \frac{F_0}{3}$$

$$L = 1,5 F_0$$

$$l = \frac{5}{4} F_0$$

$$I_1 = \frac{8}{9} I_0$$

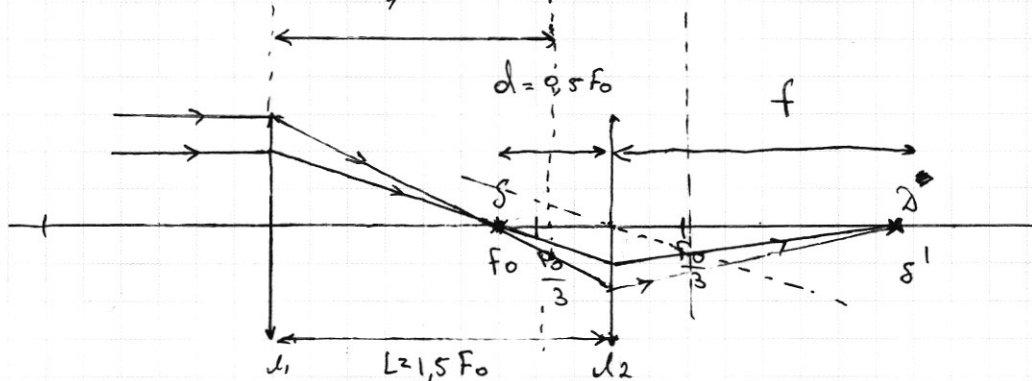
1) $f = ?$

2) $v = ?$

3) $t_1 = ?$

Решение

$$l = \frac{5}{4} F_0$$

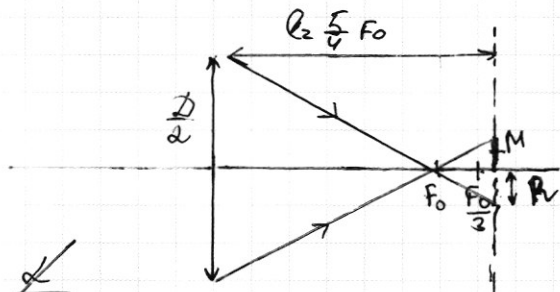


$$1) \frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

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

$$f = F_0$$

2) $I \sim D \sim \frac{1}{R^2} S$, где P - мощность пад. света



м.к. поток не прекращается, то $\epsilon_M < R$ (ϵ_M - радиус мениски)

~~$$I_0 = \frac{\alpha}{R^2}$$

$$I_1 = \alpha$$~~

~~$$3) I_0 = \frac{\alpha}{S} = \frac{\alpha}{\pi R^2} ; R = D \cdot \frac{\frac{5}{4} F_0 - F_0}{F_0} = \frac{D}{4}$$~~

~~$$I_1 = \frac{\alpha}{\pi R^2 - \pi \gamma_m^2}$$~~

~~$$\frac{8}{9} = \frac{\alpha}{\pi(R^2 - \gamma_m^2)^2} \cdot \frac{\pi R^2}{\alpha} = \frac{R^2}{R^2 - \gamma_m^2}$$~~

~~$$8R^2 - 8\gamma_m^2 = 9R^2$$~~

см. сч. №5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) I_0 = \alpha S = \alpha \pi R^2$$

$$I_1 = \alpha S' = \alpha (\pi R^2 - \pi r_m^2)$$

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{8}{9} = \frac{\pi R^2 - \pi r_m^2}{\pi R^2} = \frac{R^2 - r_m^2}{R^2}$$

$$8R^2 = 9R^2 - 9r_m^2$$

$$r_m^2 = \frac{1}{9} R^2 \Rightarrow r_m = \frac{R}{3}$$

$$4) \frac{R}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{5}{4} F_0 - F_0}{F_0} \Rightarrow R = \frac{D}{8}; \quad r_m = \frac{D}{24}$$

$$5) v = \frac{2r_m}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$$

$$6) t_1 = \frac{2R - 2r_m}{v} = \frac{2(R - r_m)}{v}$$

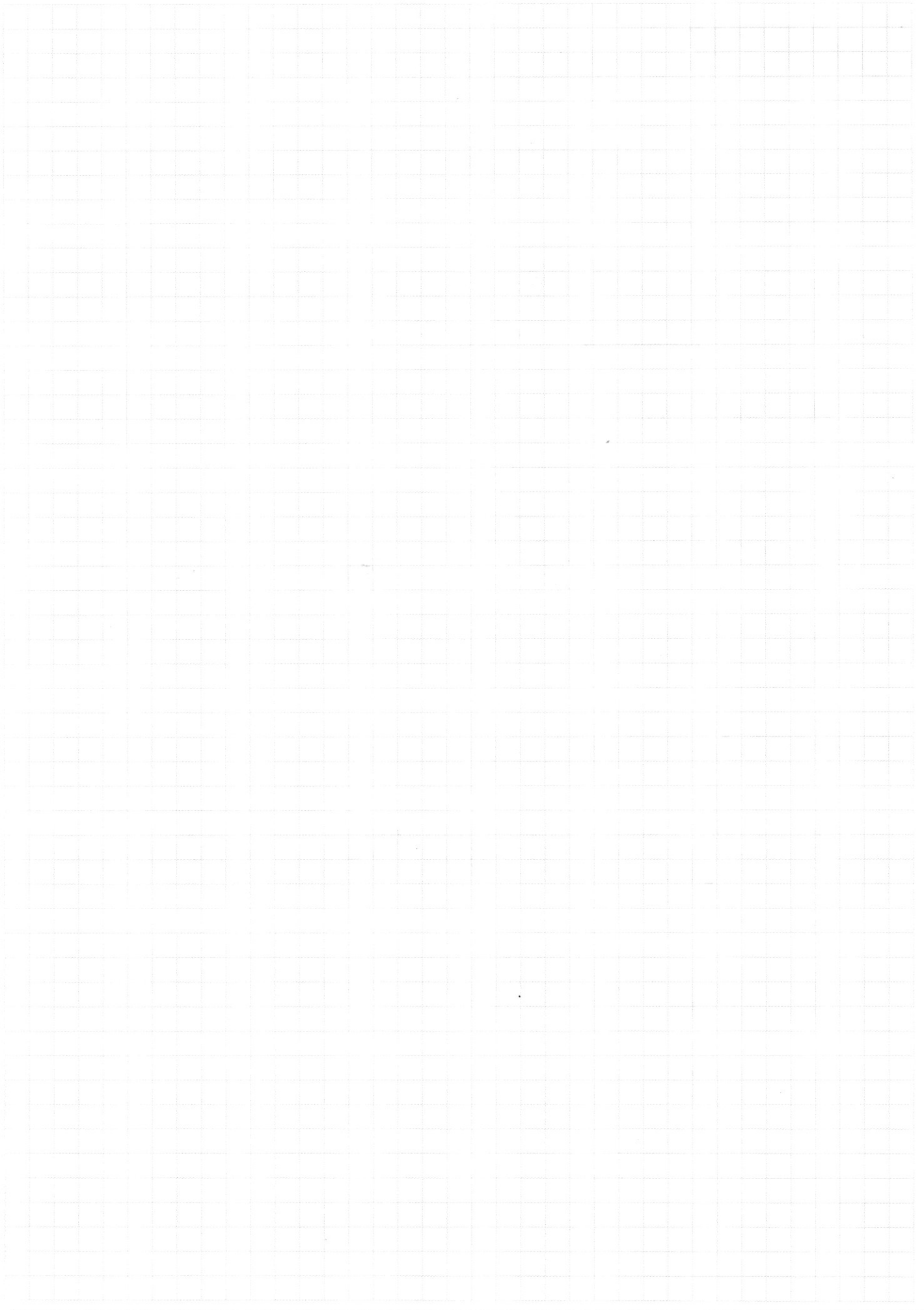
$$t_1 = \frac{2 \cdot \left(\frac{D}{8} - \frac{D}{24} \right)}{\frac{D}{12\tau_0}} = \left(\frac{2}{4} - \frac{2}{12} \right) \cdot \frac{12\tau_0}{D} = 12\tau_0 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{12} \right) =$$

$$= 3\tau_0 - \tau_0 = 2\tau_0$$

Ответ: 1) F_0

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

3) $2\tau_0$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № __
(Нумеровать только чистовики)

② $E = \frac{G}{2\epsilon_0}$ ④ $T = 2\pi\sqrt{LC}$

$\frac{T}{2}$

$q = 0 - \frac{q_0}{2}$

$0 - \frac{q_0}{2} : \frac{T}{2}$

$0 \rightarrow q : \pi\sqrt{LC}$
 $q \rightarrow 0 : \pi\sqrt{LC}$

$0 \rightarrow q : \pi\sqrt{LC}$

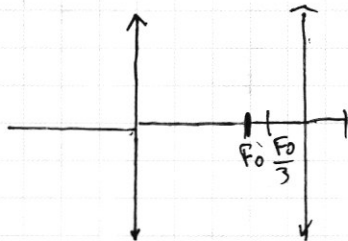
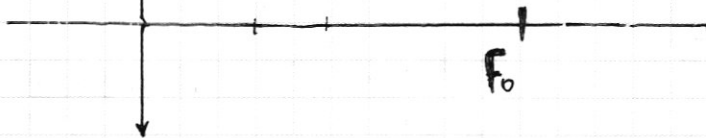
$q \rightarrow 0 : \pi\sqrt{LC}$

$T =$

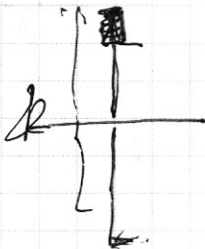
$\frac{5}{4} \cup \frac{7}{6}$

$\frac{15}{6} \cup \frac{14}{6}$

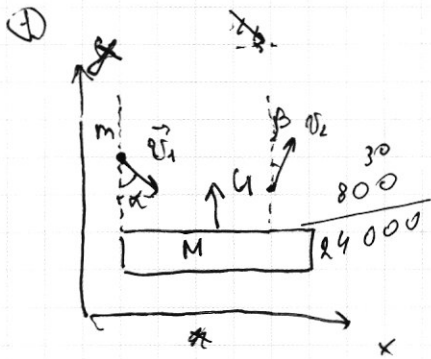
$\frac{5}{2} \cup \frac{7}{3}$



$1,5F_0 - F_0 = \frac{F_0}{3}$
 $0,1$
 $\frac{3}{4} F_0 = \frac{F_0}{3}$
 $\frac{1}{4} F_0$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) m_x: v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$3.800 \cdot v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 6 \cdot \frac{2}{1} \cdot 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{1} = 12$$

$$2) -mv_1 \cos \alpha + Mu = mv_2 \cos \beta$$

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

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$mv_1^2 + Mu^2 = mv_2^2$$

$$Mu = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{4}$$

$$m(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{4}$$

$$u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{4(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)}$$

$$PV_1 = \nu RT_1 \quad \frac{6}{\epsilon_0}$$

$$PV_2 = \nu RT_2$$

$$\frac{770}{2} \cdot 350 = \frac{7}{8} \cdot \frac{440}{385}$$

$$\frac{7}{2} \cdot \frac{160}{385} =$$

PV_1	νRT_1
T_1	T_2

$$v_1 = v_2$$

$$3V = 7V \quad \frac{3}{4} V_2$$

$$\frac{P_0 \cdot 4V}{P \cdot 4V} = \frac{\nu RT_2}{\nu RT_1}$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{3}{4} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{8}{7} = \frac{440}{385} \Rightarrow \frac{P_0}{P} = \frac{4}{3} = \frac{330}{385} = \frac{440}{385}$$

$$u = \frac{144 - 36}{6 \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{9}} + 12 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{9}}}$$

$$= \frac{108}{6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + 12 \cdot \frac{2}{3}} = \frac{108}{2\sqrt{5} + 8}$$

$$= \frac{108}{2(\sqrt{5} + 4)} \approx 8,31$$

νT_1	νT_2
P	P
V_1	V_2

$$VP_0 = \frac{\nu RT_2}{4}$$

$$\frac{55 \cdot 3}{2} = \frac{55}{2} \quad \frac{3}{2} \nu RT_1 + \frac{3}{2} \nu RT_2 = \frac{3}{2} \nu RT + \frac{3}{2} \nu RT$$

$$\frac{440}{385} = \frac{55 \cdot 3}{2} \quad \frac{3}{2} \nu R(T_1 + T_2) = \frac{3}{2} \nu R(2T)$$

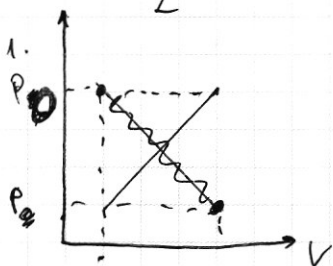
$$P = \frac{165}{2} = 55$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{770}{2} = 385K$$

$$Q = D$$

$$P_0 \cdot 4V = \nu RT_2$$

$$P \cdot 4V = \nu RT$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)