

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

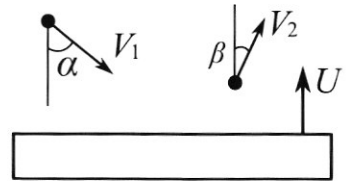
Класс 11

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.

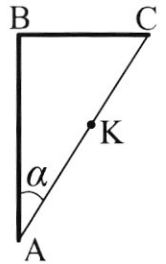
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ 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?

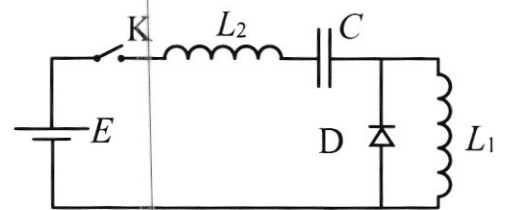
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 .

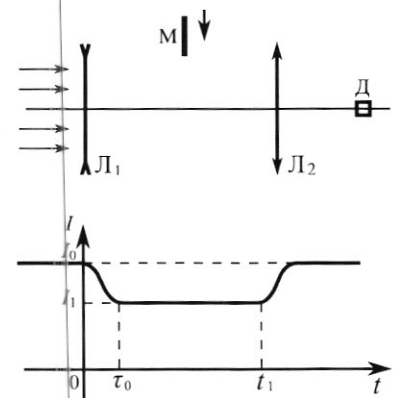


1) Найти период T этих колебаний.

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 D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , 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

1)

$$V_1 = 18 \frac{m}{s}$$

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

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$V_2 = ?$$

$$u = ?$$

1) Плита гладкая \Rightarrow

\Rightarrow при ударе о плиту

на шарик не действуют

внешние горизонтальные

силы \Rightarrow импульсы шарика

в проекции на горизонтальную ось
сохраняются:

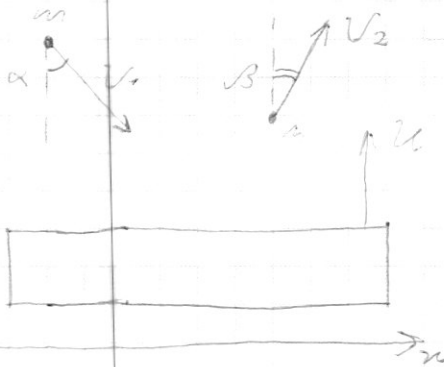
3-и сохраняются моменты:

$$m V_{1x} = m V_{2x}$$

$$V_{1x} = V_{2x}$$

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

$$\left[V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2/3}{3/5} = 20 \left(\frac{m}{s} \right) \right]$$



2) Плита гладкая в с.д. плиты:

при упругом ударе:

$$V_1' = V_2' \Rightarrow |V_1'y| = |V_2'y| \Rightarrow$$

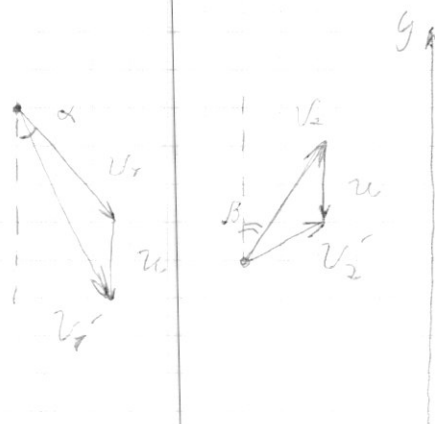
$$\Rightarrow V_1 \cos \alpha + u = V_2 \cos \beta - u$$

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

При ~~упругом~~ неупругом ударе шарик теряет

энергию, и его скорость меньше, чем при упругом ударе:

$$V_2 \cos \beta < V_1 \cos \alpha + 2u$$



$$u > \frac{1}{2} (u_2 \cos \beta - u_1 \cos \alpha) = \frac{1}{2} u_1 \left(\sin \alpha \cdot \frac{\cos \beta}{\sin \beta} - \cos \alpha \right)$$

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

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

$$\left[u > \frac{1}{2} u_1 \left(\sin \alpha \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}{\sin \beta} - \cos \alpha \right) \right]$$

~~Итого~~

$$u > 8 - 3\sqrt{5} \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1) $u_2 = 20 \text{ м/с}$; 2) $u > 8 - 3\sqrt{5} \text{ м/с}$.

②

$$T_1 = 320 \text{ К}$$

$$T_2 = 400 \text{ К}$$

$$J = \frac{3}{5} \text{ моль}$$

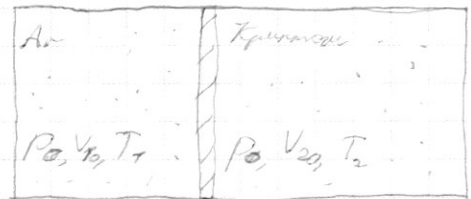
$$V_{10} = ?$$

$$V_{20} = ?$$

$$T = ?$$

$$Q = ?$$

1) В начальный момент времени газы расширяются по обе стороны поршня равновесия P_0 .



$$\begin{cases} P_0 V_{10} = \nu R T_1 \\ P_0 V_{20} = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_0 V_{10}}{P_0 V_{20}} = \frac{\nu R T_1}{\nu R T_2} \Rightarrow \left[\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_1}{T_2} \right]$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{320}{400} = 0,8$$

2) I начал термодинамический цикл обратный:

$$Q = 0, \text{ так как цикл замкнут.}$$

$A = 0$, так как внешние силы не действуют на поршень - газ.

$$0 = \Delta u + 0 \Rightarrow \Delta u = 0$$

$$\Delta u = (u_1' + u_2') - (u_1 + u_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 + T_2) - \frac{3}{2} \cdot 2 \nu R T = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_1 + T_2 - 2T = 0 \Rightarrow \left[T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360 \text{ K} \right]$$

3) Γ макс. перепогруженным фаз времени:

$$Q_T = \Delta U_T + A_T$$

Q_T - теплота, которую отдаёт цилиндром

$$\Delta U_T = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1)$$

$$\delta A_T = p_T \cdot dV_T$$

В произв. моменты времени:

$$p_T V_T = \nu R T_T$$

$$p_T V_T = \nu R T_T$$

$p_1 \approx p_2$, т.к. поршень движется медленно

$$p_T (V_T + V_2) = \nu R (T_T + T_2)$$

$$p_T = \nu R \frac{T_T + T_2}{V_T + V_2}$$

$T_T - T_2 = \omega \text{ const}$, т.к. цилиндрическая внутренняя энергия газа в процессе не меняется

$$p_T = \omega \text{ const}$$

$$A_T = p_T \cdot \Delta V_T = p_T \cdot \left(\frac{V_1 + V_2}{2} - V_1 \right) = \frac{1}{2} p_T (V_2 - V_1)$$

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

в конце процесса газы достигают равновесия, объём

$$A_T = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_T = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\left[Q_{\rightarrow} = \frac{3}{4} \sigma R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \sigma R (T_2 - T_1) = \frac{5}{4} \sigma R (T_2 - T_1) \right]$$

$$Q_{\rightarrow} = \frac{5}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 20 \cdot 8,37 = 498,6 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{v_1}{v_2} = 0,8$; 2) $T = 360 \text{ К}$; 3) $Q_{\rightarrow} = 498,6 \text{ Дж}$.

3)

1) Плотность направленности от поля пластины BC равна E ; $\vec{E} \perp BC$, т.к. пластина перпендикулярна симметрии во всех направлениях.

~~Плотность направленности~~

Итого получено для АВ.

$$\delta_{AB} = \delta_{BC} \Rightarrow \vec{E}_{AB} = \vec{E}_{BC} = E \text{ (симметрия, т.к. } \alpha = \beta = \frac{\pi}{4} \Rightarrow \vec{E}_{AB} \perp \vec{E}_{BC} \text{)}$$

$$E_0 = \sqrt{2E^2} = E\sqrt{2}$$

$$\left[\frac{E_0}{E} = \sqrt{2} \right]$$

2) $E = \sigma k \delta$

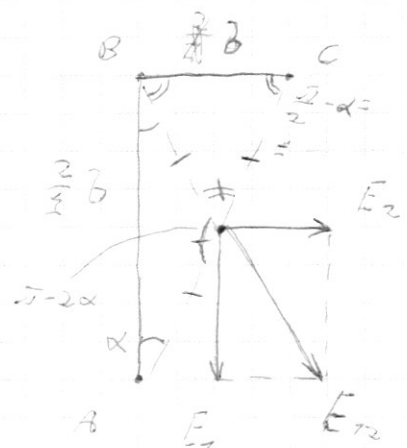
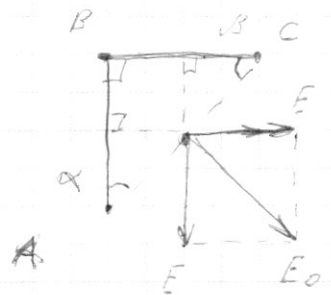
$$\sigma_{AB} = 4\pi \cdot \frac{\pi - 2\alpha}{2\pi} = 4\pi \cdot \frac{\pi/2}{2} = \frac{7\pi}{9}$$

$$E_2 = \frac{7\pi}{9} \pi k \delta \cdot \frac{2}{3}$$

$$\left[E_2 = \frac{4}{9} \pi k \delta \right]$$

$$\sigma_{BC} = 4\pi \cdot \frac{\pi - 2(\frac{\pi}{2} - \alpha)}{2\pi} = \frac{4}{9} \pi$$

$$\left[E_1 = \frac{4}{9} \pi k \delta \right] = E_2$$

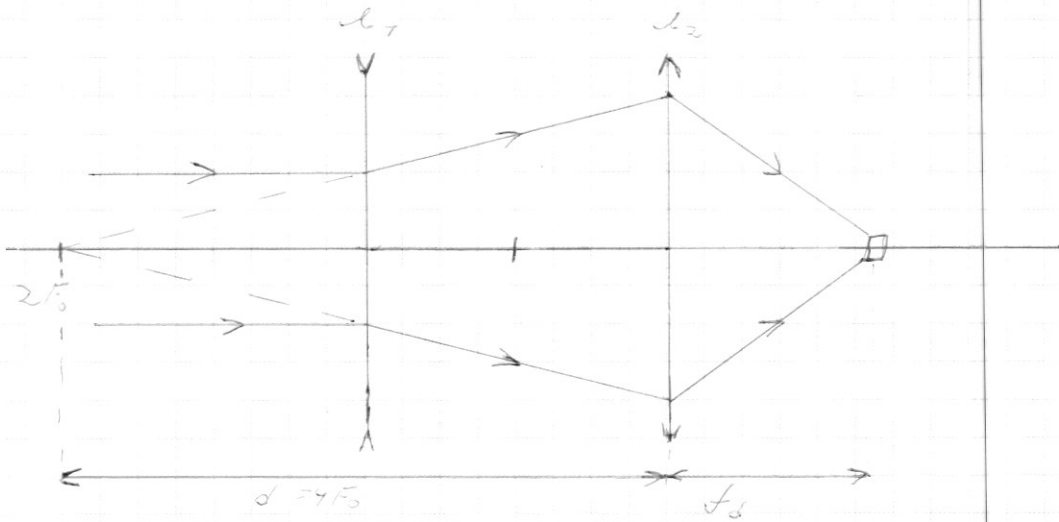


$$E_{r2} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2E_1^2} = E_1\sqrt{2}$$

$$\left[E_{r2} = \frac{4\sqrt{3}}{9} \pi k\phi \right]$$

Ординат: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{4\sqrt{3}}{9} \pi k\phi$.

5

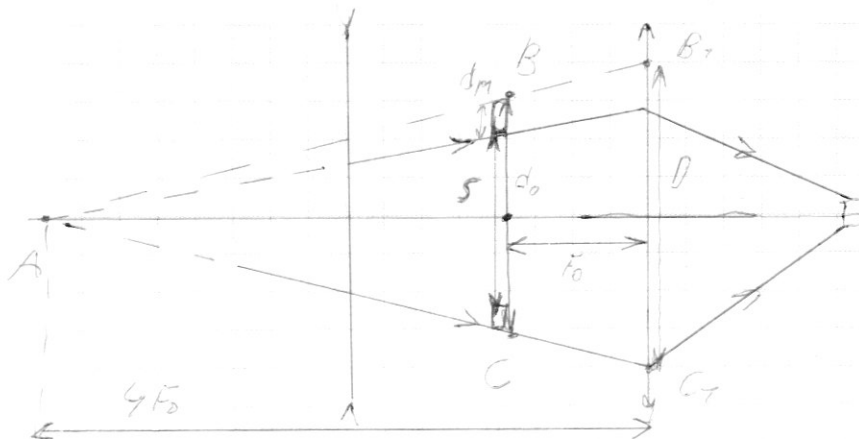


1) Продольная паращ. лучей, пад. на H_1 под углом в фокусе $H_1 - 2F_0$, рассеивание от этой точки F_0, H_2 ; $d = 4F_0$

Ф-ла тонкой линзы для H_2 :

$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f_d} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \left[f_d = \frac{4}{3} F_0 \right]$$

2)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Из графика: когда диаметр уменьшается
в пучке света, сила тока равна $I_1 = \frac{3}{16} I_0 \Rightarrow$
 \Rightarrow диаметр уменьшается $S_{M1} = \frac{I_0 - \frac{3}{16} I_0}{I_0} = \frac{9}{16}$ от
 диаметра, диаметр пучка \Rightarrow
 \Rightarrow диаметр уменьшен $\frac{d_M}{d_0} = \sqrt{\frac{9}{16}} = \frac{3}{4}$ от
 диаметра света пучка d_0 при расстоянии
 L_0 света от L_2 .

$\triangle ABC \sim \triangle A_1 B_1 C_1$:

$$\frac{d_0}{D} = \frac{4L_0 - L_0}{4L_0} \Rightarrow d_0 = \frac{3}{4} D$$

$$\frac{\frac{4}{3} d_M}{D} = \frac{3}{4} \Rightarrow d_M = \frac{9}{16} D$$

$$U_M = \frac{d_M}{L_0} = \frac{9}{16} \frac{D}{L_0}$$

$$\left[U_M = \frac{9}{16} \cdot \frac{D}{L_0} \right]$$

3) ~~В~~ S - расстояние, которое пролетит
 диаметр за $t_1 - t_0$, ~~расстояние~~ $S = d_0 - d_M$ (по чертежу)

$$U_M = \frac{S}{t_1 - t_0} = \frac{d_0 - d_M}{t_1 - t_0} = \frac{3}{16} \frac{D}{L_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t_T - \tau_0 = \frac{3D}{16U_M} \Rightarrow t_T = \frac{3D}{16U_M} + \tau_0$$



$$t_T = \frac{3D \cdot \tau_0}{16 \cdot \frac{9}{16} D} + \tau_0 = \frac{\tau_0}{3} + \tau_0$$

$$t_T = \frac{4}{3} \tau_0$$

Ответы: 1) $f_d = \frac{4}{3} f_0$; 2) $U_M = \frac{9}{16} \cdot \frac{D}{\tau_0}$;

3) $t_T = \frac{4}{3} \tau_0$.

4)

1) По правилу Кирхгофа
для контура 1:

$$E = \dot{I} L_2 + U_C + \dot{I} \cdot L_1$$

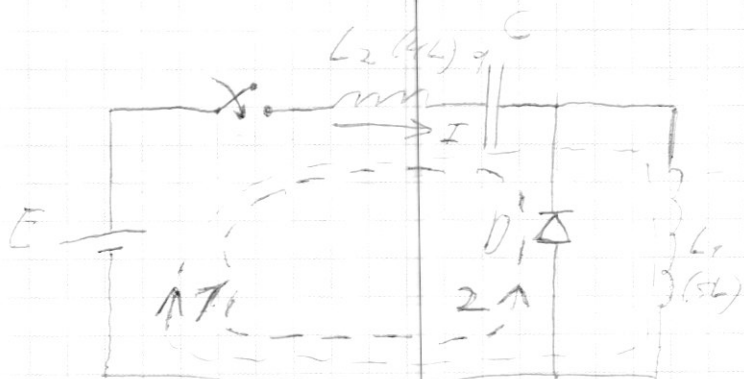
$U_C = \frac{q}{C}$, q — заряд одной обкладки C .

$$\dot{I} = \dot{q}$$

$$E = \dot{q} \cdot 4L + \frac{q}{C} + \dot{q} \cdot 5L \Rightarrow E = 9\dot{q}L + \frac{q}{C}$$

$$q_0 = q - EC \Rightarrow q = q_0 + EC$$

$$\dot{q}_0 = \dot{q}$$



$$E = 9 \ddot{q}_e L + \frac{q_e + EC}{C}$$

$$0 = 9 \ddot{q}_e L + \frac{q_e}{C} \Rightarrow \ddot{q}_e + \frac{q_e}{9LC} = 0 \text{ - уравнение вида}$$

$$\omega_1^2 = \frac{1}{9LC} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{9LC}} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

$\left[T_1 = 6\pi \sqrt{LC} \right]$ - период колебаний q_e по отношению к земле, или ток в катушке \dot{q}_e равен 0 ($t = \frac{T_1}{2}$).

2) После $\frac{T_1}{2}$ с момента замыкания ключа ток начнет течь через D , индукт. L_1 .

II уравнение индуктора для контура 2:

$$-E = \dot{q} \cdot L_1 + \frac{q}{C} + \dots$$

$$q_e = q + EC \Rightarrow \dot{q}_e = \dot{q} = \dot{q}_e - EC$$

$$\ddot{q}_e = \ddot{q}$$

$$-E = \ddot{q} \cdot 4L + \frac{q_e - EC}{C} \Rightarrow 0 = 4 \ddot{q}_e L + \frac{q_e}{C}$$

$$\ddot{q}_e + \frac{1}{4LC} q_e = 0 \text{ - уравнение вида}$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{4LC} \Rightarrow \omega_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$$

$$\left[T_2 = 4\pi \sqrt{LC} \right]$$

3) T - период колебаний в цепи:

$$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = 3\pi \sqrt{LC} + 2\pi \sqrt{LC}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = 5\pi\sqrt{LC}$$

4) ~~...~~

$$q = A \sin(\omega_1 t) - q_0 = 0$$

~~$$q = A \sin(\omega_1 t) - q_0 = 0$$~~

$$\dot{q} = -A\omega_1 \cos(\omega_1 t) \Rightarrow \dot{q}_0 = \dot{q}_{\max} = A\omega_1$$

$$\ddot{q} = -A\omega_1^2 \sin(\omega_1 t)$$

$$E = \dot{q}L + \frac{q}{C}$$

\dot{q} - макс, когда q - мин

В момент времени $t=0$ через L , заряд равен нулю
амплитуда q равен $\Rightarrow q \geq 0$

$$E = \dot{q}_{\max}L + \frac{0}{C} \Rightarrow \dot{q}_0 = \dot{q}_{\max} = \frac{E}{L}$$

$$\dot{q} = A\omega_1 \cos(\omega_1 t)$$

$$\dot{q}_{\max} = A\omega_1 \Rightarrow A = \frac{\dot{q}_{\max}}{\omega_1}$$

$$I_{01} = A\omega_1 = \frac{\dot{q}_{\max}}{\omega_1} = \frac{E \cdot 3\sqrt{LC}}{L}$$

$$I_{01} = \frac{1}{3} E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: 1) $T = 5\pi\sqrt{LC}$; 2) $I_{01} = \frac{1}{3} E \sqrt{\frac{C}{L}}$

$$T = \sqrt{LC}$$

4)

$$q = A \sin(\omega t)$$

- Кр. косинусная фаза $\varphi = 0$, т.к. при $t=0$ $q = 0$.

$$I_i = \dot{q} = A\omega \cos(\omega t)$$

$$E = \dot{q} \cdot 4L + qC + \dot{q} \cdot 5L$$

$$\bar{E} = \dot{q} \cdot 4L + (q - EC)C + \dot{q} \cdot 5L$$

$$E = \dot{q} \cdot 4L + (q + EC)/C + \dot{q} \cdot 5L$$

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

$$E = 2\dot{q}L + \frac{q}{C} \quad \text{Можно } \dot{q} = A =$$

$$E = \dot{q} \cdot 4L + qC + \dot{q} \cdot 5L$$

$$q_0 = q - EC$$

$\frac{d^2}{dt^2}$

$$\ddot{q}_0 = \ddot{q}$$

$$\bar{E} = 2\dot{q}_0L + \frac{q_0}{C}$$

$$E = \dot{q}_0 \cdot 4L + (q_0 + EC)/C + \dot{q}_0 \cdot 5L$$

$$0 = 2\dot{q}_0L + \frac{q_0}{C} \Rightarrow \dot{q}_0 + \frac{1}{2LC} q_0 = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{2LC}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{2LC}$$

$$-E = \dot{q} \cdot 4L + \quad I_{01} = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$-E = \dot{q} \cdot 4L$$

$$\sin(\omega t + \varphi_0) = 1$$

$$\omega t + \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \quad q = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

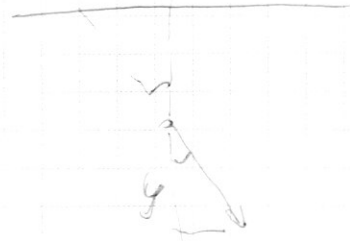
$$-E = \dot{q}_0 \cdot 4L$$

$$I_{01} = -A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E = \int_{-r}^r \frac{\rho \cdot dn}{2\pi \sqrt{h^2 + n^2} \cdot \epsilon_0} \cdot \cos \varphi =$$

$$= \frac{\rho h}{2\pi \epsilon_0} \int_{-r}^r \frac{dn}{h^2 + n^2} =$$



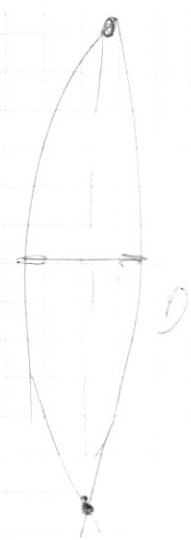
$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho}{2\epsilon_0} = \frac{2\pi k \rho}{2} = \pi k \rho$$

$$L = \frac{4\pi}{9} \sqrt{\frac{7}{18}} \quad \text{чл.} \quad \frac{7}{9} = 4 \cdot \frac{7}{78} \pi =$$

$$= \frac{74}{9} \pi \quad \frac{F_0}{F_0} (n-1) \left(\frac{7}{R_0} + \frac{1}{R_0} \right)$$

$$E = \frac{74}{9} \pi k \rho \quad F_0 = \frac{R}{2\pi(n-1)}$$



$$E = \dot{I} L + \varphi C = \dot{q} L + \varphi C$$

$$E = \dot{q} \cdot 4L + \varphi C + 2\varphi d \quad \text{чл.} \quad \frac{5}{4} F_0$$

$$-E \quad E = \dot{q} L_2 + \varphi C + \dot{q} L_1$$

$$\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{4F_0} = \frac{3}{4F_0} \Rightarrow f_d = \frac{4}{3} F_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Сред. теорема:

$$U_1 \sin \alpha = U_2 \sin \beta$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2.5}{9} = 20 \text{ мВ}$$

$$E = \int \frac{B \cdot dr}{2\pi r \epsilon_0} =$$

Сред. теорема: $-R$

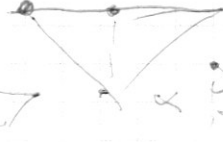
$$U_{1y} = -U_1 \cos \alpha + U \quad U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

$$U_{2y} = U_2 \cos \beta + U$$

$$\Delta P =$$

$$U_2 \cos$$

$$Q = \frac{U_1}{2} (U_2^2 - U_1^2)$$



2)

$$P_0 U_0 = 2RT_0 \quad \begin{cases} P_1 U_1 = 2RT_1 \\ P_2 U_2 = 2RT_2 \end{cases}$$

$$P = I^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$$

$$P = \frac{\lambda v}{\epsilon}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{9T - 2T}{7T} = \frac{7}{7} = 1$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (P_2 = P_1)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{32}{4} = 8 = \frac{4}{5}$$

$$2) U_1 + U_2 = U_1' + U_2' = \frac{3}{2} \cdot 2RT$$

$$\frac{3}{2} \cdot 2RT_1 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_2 = 3RT \quad 3(T_1 + T_2) = 5T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 300 \text{ К}$$

$$3) Q = \Delta U_1 + A_1$$

$$-Q = \Delta U_2 - A_1$$

$$2Q = \Delta U_1 - \Delta U_2 + 2A_1$$

$$\delta A_1 = p_1 dV$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_1 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

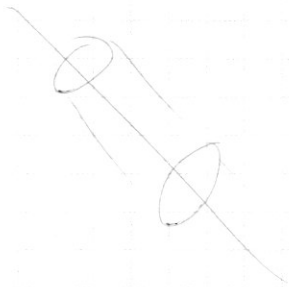
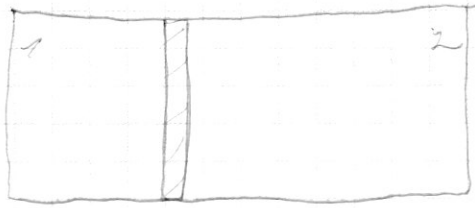
$$2 p_1 (V_1 + V_2) = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$p_1 = \frac{\nu R}{2} \cdot \frac{T_1 + T_2}{V_1 + V_2} = \text{const}$$

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

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

$$p_1 \Delta V = \nu R (T_2 - T_1)$$



$$F = \frac{p_1}{2} \cdot S$$

$$\begin{array}{r} \times 837 \\ \quad 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$\textcircled{2} \quad F = \int_0^{\infty} \frac{B dx}{25 \pi l}$$

$$V_2 \leq V_1 \cos \alpha + 2u$$

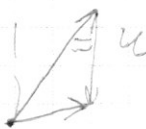
$$\cos \alpha = \frac{V_2}{V_1}$$

$$u > \frac{1}{2} (V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha) =$$

$$= \frac{1}{2} (20 \cdot \frac{4}{5} - 78 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}) =$$

$$= \frac{1}{2} (76 - 6\sqrt{5}) = 8 - 3\sqrt{5}$$

$$V_1 \cos \alpha + u = V_2 \cos \beta - u \Rightarrow V_2 \cos \beta = V_1 \cos \alpha + 2u$$



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

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