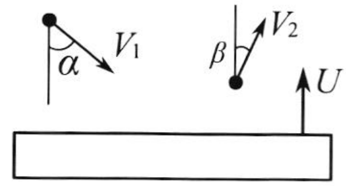
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-03

Шифр
(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \frac{1}{2}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \frac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



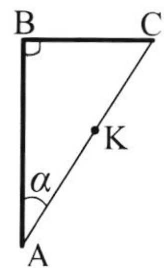
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

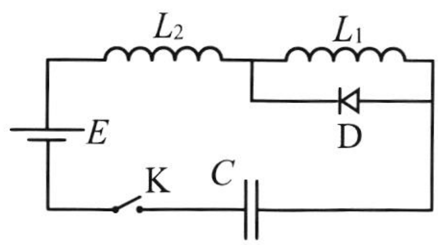
? **3.** Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

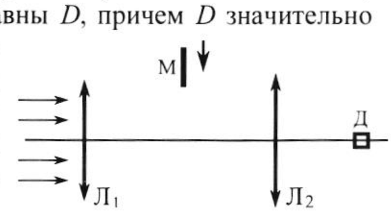
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

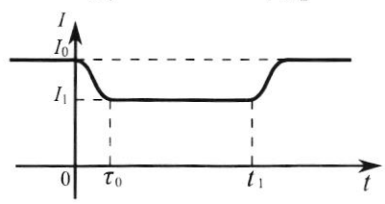
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. 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 F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.





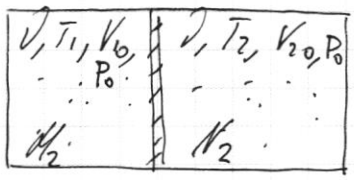
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

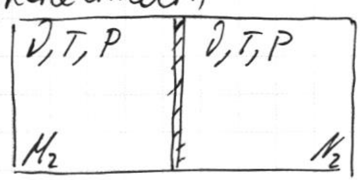
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Было:



Стало (конечн. сост.)



1) Поршень двигается медленно $\Rightarrow$ его ускор. считаем равным 0, тогда из II з-на Ньютона следует, что давление в левой и правой части сосуда одинаковое (в любой мом. времени)

В начальном сост.:

По ур-нию состояния:

$P_0 V_{10} = \nu R T_1$ - для H_2 и $P_0 V_{20} = \nu R T_2$ - для N_2

Тогда $\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

2) Запишем ~~2-го~~ 1-й з-н термодинамики:

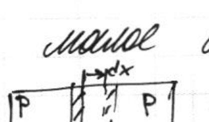
Для H_2: $Q_{H_2} = A'_{H_2} + \Delta U_{H_2}$ (1)

Для N_2: $Q_{N_2} = A'_{N_2} + \Delta U_{N_2}$ (2)

Здесь A'_{H_2}, ΔU_{H_2} - работа и изм. энергии H_2, а Q_{H_2} - подведенное кол-во тепл. (если ~~оно~~ тепло отводилось, то $Q_{H_2} < 0$), аналогично для N_2

$Q_{H_2} + Q_{N_2} = 0$ - т.к. система теплоизолир.

Рассмотрим малое смещ. поршня dx:



$\delta A'_{H_2} = PS \cdot dx$; $\delta A'_{N_2} = -PSdx$ - работы газов при таком смещ.

$$\delta A'_{H_2} + \delta A'_{N_2} = 0$$

~~Суммируя~~ Суммируя такие работы получим: $A'_{N_2} + A'_{H_2} = 0$

Сложим (1) и (2): $\underbrace{Q_{N_2} + Q_{H_2}}_{0} = \underbrace{A'_{N_2} + A'_{H_2}}_{0} + \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2}$

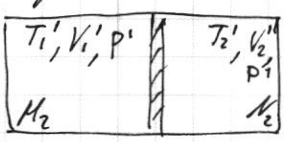
$$\Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} = 0 \quad (3)$$

$C_V \nu (T - T_1) + C_V \nu (T - T_2) = 0$, где T - искомая темп.

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

$$T = \frac{350K + 550K}{2} = 450K$$

3) 1. В произв. момент времени:



V - объем сосуда

По ур-нию сост.: $P'V_1' = \nu R T_1'$, $P'V_2' = \nu R T_2'$

Тогда $P'(V_1' + V_2') = \nu R (T_1' + T_2')$

$$P'V = \nu R (T_1' + T_2') \quad (4)$$

Заметим, что (3) выполн. в любой мом. времени (~~ведь~~ вывод ~~формулы т.к. универсален: мы никак не использовали~~ этой формулы всегда будет такой же, как в пункте 2))

Из (3): $C_V \nu (T_1' - T_1) + C_V \nu (T_2' - T_2) = 0$

$$T_1' + T_2' = T_1 + T_2$$

Подставим в (4):

$$P'V = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$p' = \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V}$$

Видим, что P' не зависит от T_1', T_2', V_1', V_2' => Давление в процессе будет постоянным.

~~2. По 1-му з-ну т-д для N_2: Q_{N_2}~~

2. Процесс изобарный => $Q_{N_2} = C_p \nu (T - T_2)$, где C_p - теплоемк. в изобарном процессе, а Q_{N_2} - искомое кол-во тепл.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По з-ну Майера: $C_p = C_v + R$

$Q_{N_2} = (C_v + R)\nu(T - T_2)$

$Q_{N_2} = \left(\frac{5R}{2} + R\right)\nu(T - T_2) = \frac{7R}{2}\nu(T - T_2)$

$Q_{N_2} = \frac{7\cdot 8{,}31}{2}\cdot\frac{6}{7}\cdot(450-550)$ Дж $= -\frac{6\cdot 8{,}31}{2}\cdot 100$ Дж $=$

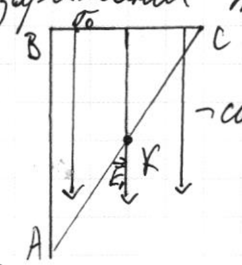
$= -3\cdot 831$ Дж $= -2493$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{7}{11} \simeq 0{,}64$ (V_{10} - объем H_2, V_{20} - объем N_2) 2) $T = 450K$

3) $Q_{N_2} = -2493$ Дж ($Q_{N_2} < 0$, т.к. тепло отводится)

№3

1) До заряжания AB

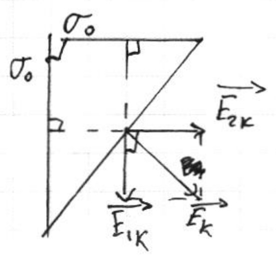


- силовые линии

$E_1 = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$ - т.к. BC - беск. пластина

$E_{K_0} = E_1 = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$ - напр-ть в т. K (т.к. E_1 не зависит от расстояния до точки)

После:



$E_{1K} = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$; $E_{2K} = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$

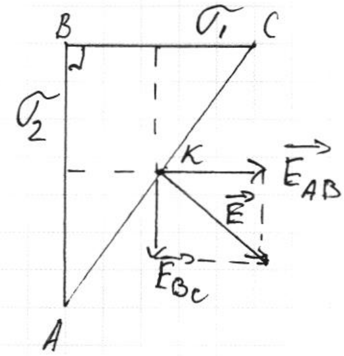
$\vec{E_K} = \vec{E_{1K}} + \vec{E_{2K}}$ - принцип суперпозиции

$\vec{E_{1K}} \perp \vec{E_{2K}}$ (т.к. пластины $\perp$, а поле от ∞ пластины $\perp$ этой пластине)

По т. Пифагора: $E_K = \sqrt{E_{1K}^2 + E_{2K}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$

Тогда $\frac{E_K}{E_{K_0}} = \sqrt{2}$

Примечание: если $\sigma_0 < 0$, то силовые линии направлены к пластинам, но на расчеты это не повлияет

2) 

$E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$, $E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ - напр-ти эл. поля ∞ пластин

$\vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$ - принцип суперпозиции

$\vec{E}_{AB} \perp AB$, $\vec{E}_{BC} \perp BC$, $AB \perp BC \Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{E}_{AB} \perp \vec{E}_{BC}$

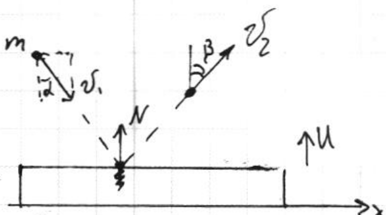
По т. Пифагора: $E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$

$$E = \sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}\right)^2}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$$

Ответ: 1) $\frac{E_k}{E_{k_0}} = \sqrt{2}$ 2) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$

№1

1) 

Сила тяжести не нарисована, т.к. ее действием пренебрегаем

~~Во время удара на шар действует только сила реакции опоры N (силой тд пренебрег.) => сумма сил в проекции Ox равна 0~~
~~ЗСИ (для шайбы): Ox:~~
~~ЗСИ (для шарика): Ox:~~

При ударе на шарик действует лишь сила реакции N (силой тд пренебрег.) => сумма сил в проекции на Ox равна 0 (речь о сумме сил, действ. на шарик)

ЗСИ (для шарика): Ox: $m v_2 \sin\beta - m v_1 \sin\alpha = 0$

$$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = v_1 \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} v_1$$

$$v_2 = \frac{3}{2} \cdot 12\,\frac{м}{с} = 18\,\frac{м}{с}$$

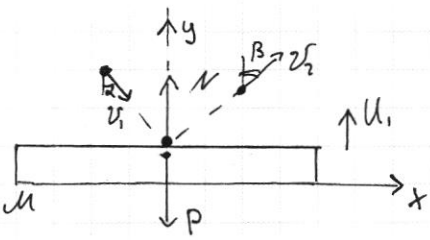
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) 

U_1 - скор. плиты после удара

1. ЗСИ (система шарик + плита): oy: $MU_1 + mv_2\cos\beta - (MU - mv_1\cos\alpha) = 0$

~~$U_1 = U - \frac{m}{M}(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$~~

$$U_1 = U - \frac{m}{M}(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$$

2. Пусть Q - потери энергии при ударе ($Q > 0$)

ЗСЭ: $\frac{MU_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + Q = \frac{MU^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$

$$Q = \frac{M}{2}(U+U_1)(U-U_1) + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$$

Плита массивная (т.е. $m \ll M$) $\Rightarrow$ $U_1 + U \approx 2U$ (т.е. изменение скорости плиты не велико (~~...~~ в силу массивности))

Тогда $Q \approx \frac{M}{2} \cdot 2U \cdot \left(U - U + \frac{m}{M}(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)\right) + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$

$$Q = mU(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha) + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$$

$$Q = mU\left(\frac{3}{2}v_1\cos\beta + v_1\cos\alpha\right) + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{m}{2}\left(\frac{3}{2}v_1\right)^2$$

$Q > 0$ (т.к. удар неупругий)

$$mUv_1\left(\frac{3}{2}\cos\beta + \cos\alpha\right) + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{9}{8}mv_1^2 > 0 \quad \Big| : mv_1 > 0$$

$$U\left(\frac{3}{2}\cos\beta + \cos\alpha\right) + \frac{v_1}{2} - \frac{9}{8}v_1 > 0$$

$$U\left(\frac{3}{2}\cos\beta + \cos\alpha\right) > \frac{5}{8}v_1$$

Из осн. триг. тожд.: $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$; $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$$U\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) > \frac{5}{8}v_1$$

$$u\left(\sqrt{2}+\frac{\sqrt{3}}{2}\right) > \frac{5}{8}v_1$$

$$u > \frac{\frac{5}{8}v_1}{\frac{2\sqrt{2}+\sqrt{3}}{2}}$$

$$u > \frac{5v_1}{4(2\sqrt{2}+\sqrt{3})}$$

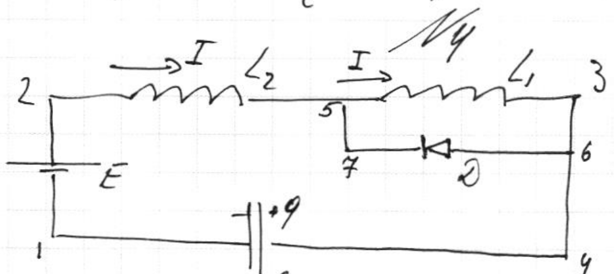
$$u > \frac{5v_1(2\sqrt{2}-\sqrt{3})}{4(8-3)}$$

$$u > v_1\frac{2\sqrt{2}-\sqrt{3}}{4}$$

$$u > 12\,\frac{м}{с}\;\frac{2\sqrt{2}-\sqrt{3}}{4} = 3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})\,\frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $v_2 = 18\,\frac{м}{с}$ 2) $u > 3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})\,\frac{м}{с}$

№4

1) 

обход

Сначала тока через D нет, т.к. ЭДС самоинд. „толкает" ток против час. стрелки в 53675

~~Сначала тока через D нет (ведь ЭДС самоинд. L_1 „толкает" ток против час. ср. в 53675) ток пойдет по часовой стр.) → Токи через L_1 и L_2 одинак.~~

По 2-му пр. Кирхгофа для 12341:

$$E - L_2\dot{I} - L_1\dot{I} = \frac{q}{C} \quad (1)$$

Продифференцируем по времени:

$$-L_2\ddot{I} - L_1\ddot{I} = \frac{\dot{q}}{C}$$

$$-(L_2+L_1)\ddot{I} = \frac{I}{C}$$

$$\ddot{I} = -\frac{1}{C(L_1+L_2)}\,I$$

Это ~~ур-ние~~ ур-ние колеб. тока в L_1.

Тогда $\omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}}$ - цикл. частота колеб.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$T=2\pi\sqrt{7CL}$

~~2) 1. В момент, когда заряд С будет max~~

~~1. После того, как I=0, в ко~~

~~1. После актуации I=0 в контуре 53675 возникнет ЭДС, „толкающая" ток против часовой стр. (это будет ЭДС самоиндукции катушки L_1, препятствующая уменьшению тока~~

~~2) После достижения max знач. тока I в контуре 53675 возникнет ЭДС, „толкающая" ток против часовой стр.~~

~~2) После достиж. max~~

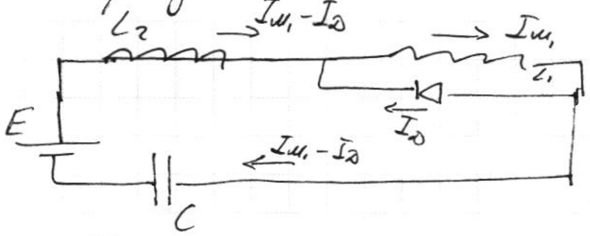
~~2) В момен достиж~~

~~2) В момент достижения max знач. тока I напряжение на L_1 (и ЭДС самоинд. в L_1) равно нулю. Если бы колебания продолжались, то max ЭДС самоинд. в контуре 53675 „толкала" бы~~

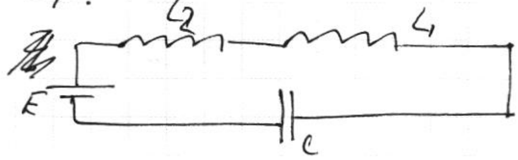
2) 1. В момент достижения max тока I ЭДС самоинд. в L_1 равна 0 (т.к. $\frac{dI}{dt}=0$, ведь имеем точку экстремума), если бы колеб. продолжались так же, то в контуре 53675 появилась бы ЭДС, „толкающая" ток

по час. стрелке (это была бы ЭДС самоинд. в L_1, препятствующая убыванию тока). Тогда диод бы открылся, но напряжение на нем было бы $\neq 0$, что невозможно, т.к. D идеальный. $\Rightarrow$ Пока достиж. I_{m_1} ток через L_1 ~~бы~~ ~~остан~~ останется постоянным, а ток через L_2 ~~уменьшаться~~ меняться будет из-за тока через диод. ~~Но кроме того~~

Иллюстрация:



2. Найдем I_{m_1}, рассматривая изначальные колеб. тока в L_1.



Из (1): $(L_1+L_2)\dot{I} + \frac{q}{C} = E$

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

$$7L\ddot{q} + \frac{q}{C} = E$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{7CL} = \frac{E}{7L}$$

Это ур-ние гарм. колеб. со смещенным полож. равновесия

Его решение: $q = q_{m_1}\cos(\omega t + \varphi_0) + EC$

$$I = \dot{q} = -q_{m_1}\omega\sin(\omega t + \varphi_0) \text{ - ток}$$

$t=0$: $I = 0 = q_{m_1}\sin\varphi_0$

$\sin\varphi_0 = 0$

$\varphi_0 = 0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда ~~$I = q_m \omega S$~~ $q = q_m \cos(\omega t) + EC$

$t = 0$: $q = 0 = q_m + EC$

$q_m = -CE$

Тогда $I = CE\sin(\omega t)\cdot\omega$

~~$I_{m_1} = 7CE\cdot\omega = 7CE\cdot\frac{1}{\sqrt{C\cdot 7L}} = \frac{7CE}{\sqrt{7CL}} = E\sqrt{\frac{7C}{L}}$~~

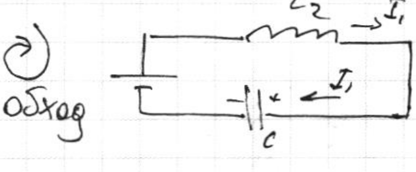
~~3)~~

~~$I_{m_1} = CE\cdot\frac{1}{\sqrt{C\cdot 7L}}$~~

$I_{m_1} = CE\omega = \frac{CE}{\sqrt{C\cdot 7L}} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$

Примечание: после того, как C достигнет ~~max заряда такой полярности: $+\|-$ $U_{\max}$, вновь начнутся изначальн. колебания и на L_1~~ min заряда на правой обкладке, колеб. начнутся и на L_1 (т.к. ток не сможет идти через Д)

3) 1. Рассмотрим колеб., в которых не участвует L_1



$-L_2\dot{I}_1 + E = \frac{q}{C}$ — 2-е пр. Кирхгофа

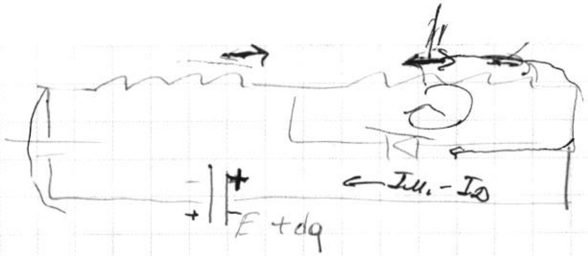
$\dot{I}_1\cdot 3L + \frac{q}{C} = E$

$\ddot{q} + \frac{q}{3CL} = \frac{E}{3L}$

Это ур-ние гарм. колеб., аналогично 2):

$q = q_m\cos(\omega_1 t + \varphi_0) + CE$, где $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{3CL}}$

Заметим, что при ~~t осн-ток~~ при достижении I_{m_1} на L_1 (в изнач. колеб.) ~~U_L~~ напряж. на L_1 и L_2 равны 0 => Напряж. на C было E => Заряд C был CE.



I_{m_1}: $\dot{q}=E$

$E-\dot{I}L_2-\frac{q}{C}=0$

$\ddot{q}+\frac{q}{3CL}=\frac{E}{3L}$

$I=I_m\omega\sin(\omega t+\varphi_0)$

$q=q_m\cos(\omega t+\varphi_0)+3CE$

$t=0$: $I=I_{m_1}=-q_m\omega\sin\varphi_0$

$+\frac{1}{2}-\frac{3}{7}=\frac{7}{14}$

$q_m=2CE$

$-E(CE+q_m)$ $\{-E, -q\}$ $-E(q+CE)=\frac{q^2}{2C}-\frac{CE^2}{2}-3L\cdot E^2\frac{C}{7L}$

$-CE^2-qE=\frac{q^2}{2C}-\frac{CE^2}{2}-\frac{3CE^2}{7}$

$\frac{q^2}{2C}+qE-\frac{CE^2}{14}=0$

$q^2+2CEq-\frac{CE^2}{7}=0$

$\frac{D}{4}=\frac{8CE^2}{7}$ $\quad q=-CE+CE\sqrt{\frac{8}{7}}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$t=0$: $q = CE = CE + \cancel{q_m \cos(\omega t + \varphi_0)}\ q_{m_1} \cos\varphi_0$

$\cos\varphi_0 = 0$

$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

$q = q_{m_1} \sin(\omega_1 t) + CE$

$I_1 = \dot{q} = q_{m_1} \omega_1 \cos(\omega_1 t)$

$t=0$: $I_1 = I_{m_1} = q_{m_1}\omega_1$

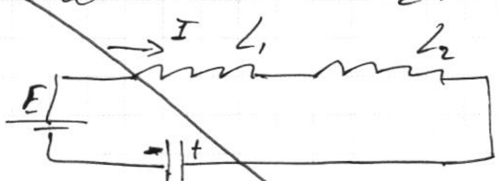
$q_{m_1} = \frac{I_{m_1}}{\omega_1} = \frac{\frac{CE}{\sqrt{7CL}}}{\frac{1}{\sqrt{3CL}}} = CE\sqrt{\frac{3}{7}}$

$q = CE\sqrt{\frac{3}{7}} \sin(\omega_1 t) + CE$

Колебания станут другими (ток не идет через D) при $q = -CE\sqrt{\frac{3}{7}} + CE$

При рассмотр. колеб. max ток через L_2 был I_{m_1}

2. Колебания с L_2:



Аналог. получим: $\cancel{q = q_{m_2} \cos(\omega t + \varphi_0) +}$

$\cancel{q = CE(1 - \sqrt{\tfrac{3}{7}})\cos(\omega t)}$

$\cancel{q = q_{m_2} \cos(\omega_2 t) + CE}$, ~~где~~ $\cancel{\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{7CL}}}$

~~$t=0$:~~

$q = q_{m_2} \cos(\omega_2 t + \varphi_0) + CE$, где $\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{7CL}}$

$I = -q_{m_2} \omega_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_0)$

$t=0$: $I = 0 \Rightarrow \sin\varphi_0 = 0$

$$\varphi_0 = 0$$

$$I = -q_{m_2}\omega_2 \sin(\omega_2 t)$$

$$q = q_{m_2}\cos(\omega_2 t) + CE$$

$t=0$: $q = \left(1-\sqrt{\frac{3}{7}}\right)CE = CE + q_{m_2}$

$$q_{m_2} = -\sqrt{\frac{3}{7}}CE$$

$$\cancel{I = \sqrt{\frac{3}{7}}CE\omega_2 \sin(\omega_2 t) = \sqrt{\frac{3}{7CE}}}$$

$$I = \sqrt{\frac{3}{7}}CE\omega_2 \sin(\omega_2 t) = \sqrt{\frac{3}{7}}CE \cdot \frac{1}{\sqrt{7CL}} \sin(\omega_2 t) =$$

$$= \frac{E}{7}\sqrt{\frac{3C}{L}} \sin(\omega_2 t)$$

$$I_{max} = \frac{E}{7}\sqrt{\frac{3C}{L}}$$

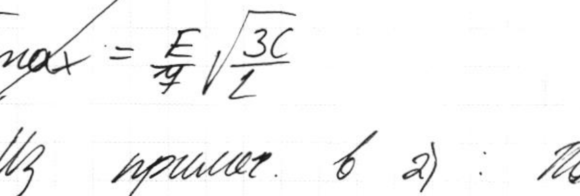
2. Из примеч. в 2): Пол колеб., в кот. ток шел через D, начнутся ~~такие же и~~ изначальные колеб.

В них max ток через L_2 тоже I_{m_1}.

Тогда $I_{m_2} = I_{m_1} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{7CL}$ 2) $I_{m_1} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$ 3) $I_{m_2} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$

№5

1) 

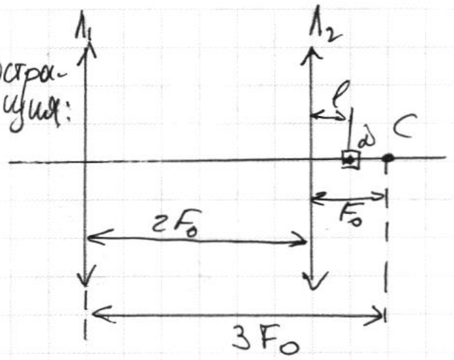
~~Лучи ‖ гл. опт. оси Л1 => пройдут после преломл. пойдут в ее фокус~~

Лучи ‖ гл. опт. оси $Л_1$ => пойдут ~~пройдут~~ через ее фокус $3F_0$ после преломл. (точка C на рис.)

Тогда C удалена от $Л_2$ на F_0 (т.к. расст. между $Л_1$ и $Л_2$ = $2F_0$)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Иллюстрация:



Тогда для $Л_2$ в т. C находится мнимый предмет.

По формуле т. линзы:

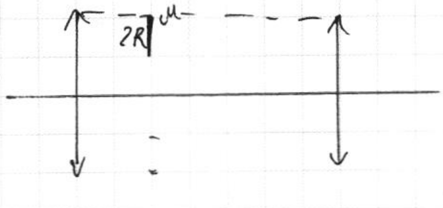
$$\frac{1}{F_0} = -\frac{1}{F_0} + \frac{1}{l}$$, где l - расст. между $Л_2$ и $Д$

$$l = \frac{F_0}{2}$$

2) Ток через Д постоянный, когда мишень целиком находится в ~~их~~ области между линзами (см. рис.), т.к. до Д будет доходить одинаковое количество света

Интенсивность j излуч. прямо пропорц. мощности $\Rightarrow I \propto$ мощности излуч. P

R - радиус мишени



Тогда $v = \frac{2R}{\tau_0}$

Пусть $I = \alpha P$

Но $P = jS$, где S-площ., на кот. попадает излуч.

Тогда $I = \alpha j S$

Тогда $I_0 = \alpha j \frac{\pi D_1^2}{4}$ и ~~...~~ $I_1 = \frac{5}{9} I_0 = \alpha j\left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \pi R^2\right)$ (см. рис.)

Обозначим $\beta = \frac{\alpha j \pi}{4}$

Тогда $\begin{cases} I_0 = \beta D_1^2 \\ \frac{5}{9} I_0 = \beta (D_1^2 - 4R^2) \end{cases}$

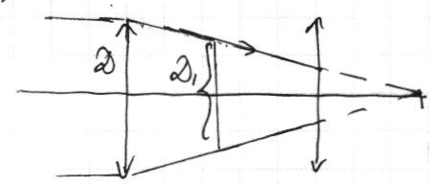
$\frac{5}{9} = \frac{D_1^2 - 4R^2}{D_1^2}$

$5 D_1^2 = 9 D_1^2 - 36 R^2$

$36 R_1^2 = 4 D_1^2$

$R = \frac{2 D_1}{6} = \frac{D_1}{3}$

Примечание:



Из подобия: $\frac{D}{D_1} = \frac{3F_0}{2F_0} = \frac{3}{2}$

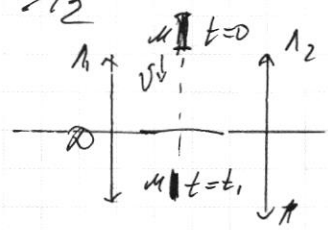
$D_1 = \frac{2}{3} D$

Тогда $v = \frac{\frac{2D_1}{3}}{\tau_0} = \frac{2D_1}{3\tau_0} = \frac{2 \cdot \frac{2}{3} D}{3\tau_0} = \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}$

3) t_1 – мом. вр., когда ~~...~~ мишень начала выходить из области между $Л_1$ и $Л_2$

Тогда $t_1 = \frac{D}{2v}$ (см. рис. справа)

~~$t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$~~ $t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$



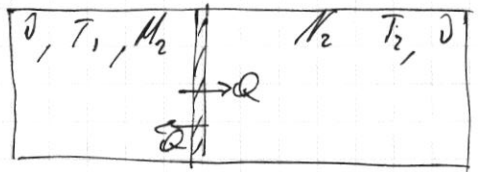
Ответ: 1) $l = \frac{F_0}{2}$ 2) $v = \frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$V_1 = \frac{\nu R T_1}{P_0}$ $V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_0}$ $P = \nu R$

$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}}$ $V = V_1 + V_2 = V_1 + V_1\frac{T_2}{T_1} = V_1\frac{T_1+T_2}{T_1}$

$PV_1' = \nu RT = PV_2'$ $V_1' + V_2' = V = 2V_1'$

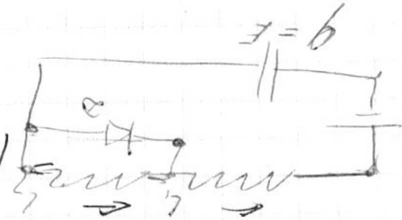
$Q = Q_H = A_1 + \Delta U_H$ $V = \frac{\nu RT}{P} \Rightarrow P = \frac{2\nu RT}{V_1+V_2} = \frac{2\nu RT}{}$

$-Q = Q_N = A_2 + \Delta U_N$

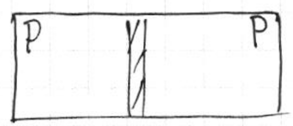
$\Delta U_H + \Delta U_N = 0$ $V_2' + V_1' = \frac{\nu RT_1'}{P} + \frac{\nu RT_2'}{P} = V$

$T - T_1 + T - T_2 = 0$ $\boxed{T = \frac{T_1+T_2}{2}}$ $P = \frac{\nu R}{V}(T_1' + T_2')$

$\cancel{\delta Q = \delta A' + dU = PdV + C_V\nu dT = \frac{\nu RT}{V}dV + C_V\nu dT}$



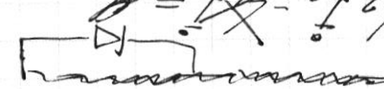
~~PdV~~

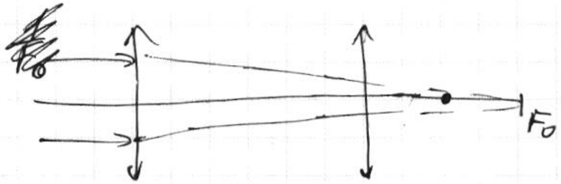


$\frac{7}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{7} = 2400 + 31 \cdot 3$

$7 \,|\, 11 = 0{,}636$
70
66
40
33
70
66

$j = \frac{P}{S}$ $J \sim P \sim I$

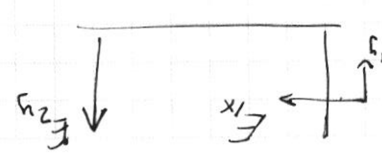




$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$ $f = \frac{F_0}{2}$

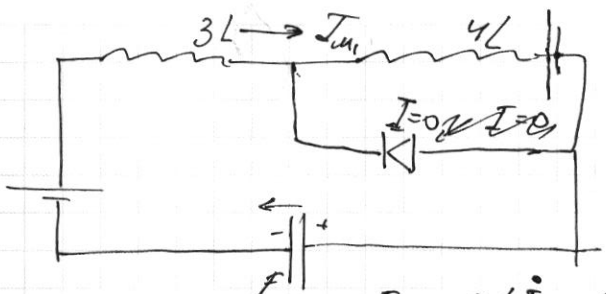
$Eq = \frac{q^2}{2C}$ $q = 2CE$

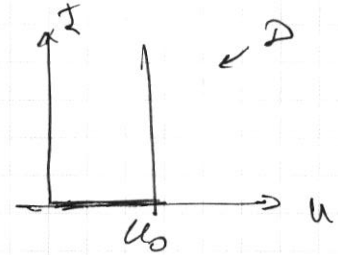
$Eq = \frac{q^2}{2C}$

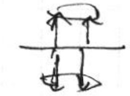


☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)







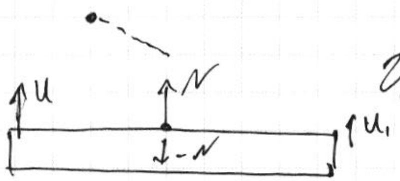
$I_L = I_0 \cos(\omega t)$

$U_L = Z I_0 \sin(\omega t)$

$E 2\pi r^2 = \frac{\sigma \pi r^2}{\varepsilon_0}$

$E - 7L\dot{I} - \frac{q}{C} = 0 \quad -7L\ddot{I} - \frac{I}{C} = 0$

$\ddot{I} = -\frac{1}{7LC} I$



$v_2 \sin\beta = v_1 \sin\alpha$ $\boxed{v_2 = \frac{3}{2} v}$

$N \Delta t = m v_2 \cos\beta + m v_1 \cos\alpha$

$N \Delta t = -M u_1 + M u = (u - u_1) M$

$m v_2 \cos\beta + m v_1 \cos\alpha = M(u - u_1)$

$u_1 = u - \frac{m}{M}(v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha)$

$0 = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{M u_2^2}{2} + Q - \frac{M u^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$

$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M(u_2 - u_1)(u_2 + u)}{2} + Q = 0$

1. ЗСИ
2. ЗСЭ

$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} - m(v_2 \cos\beta + v_1 \cos\beta) u + Q = 0$

$\frac{v_2}{3} = v_2 \sin\beta = v_1 \sin\alpha = \frac{1}{2} v_1$ $Q > 0 \Rightarrow (v_2 \cos\beta + v_1 \cos\beta) u + \frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2} > 0$

$\ddot{x} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$

$x = x_0 + A\cos(\omega t + \varphi_0)$

$\ddot{x} + x\omega^2 = C = x_0 \omega^2$

$t = 0:$

$7ECL - q_m$

$q_m = 7ECL$

$j \sim P \sim I$

$I \sim j$

E

$q_m^2 = (q - 7ECL)^2 + \left(\frac{I}{\omega}\right)^2$

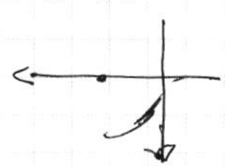
$q = 7ECL + q_m \cos(\omega t)$

$t = 0: \; I = 0: \; \varphi_0 = 0$

$I = q_m \omega \sin(\omega t + \varphi_0)$

$\ddot{q} + \frac{q}{7LC} = E = \frac{q_0}{7LC}$

$\ddot{q} \cdot 7L + E = \frac{q}{C}$



$q = q_0 + q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$

$7ECL$

$I = \alpha P$

$I_0 = \alpha j S$