Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

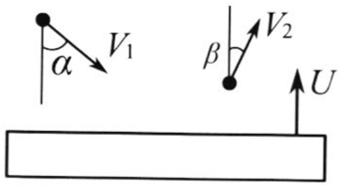
Класс 11

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 $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{3} \right)$ 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.

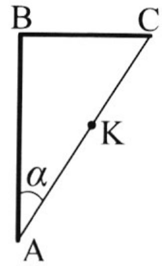
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ 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?

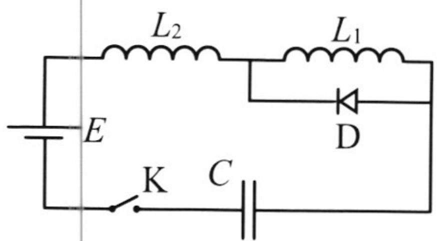
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

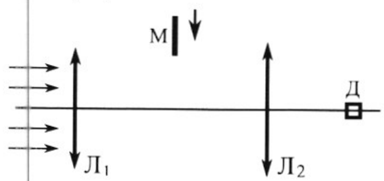


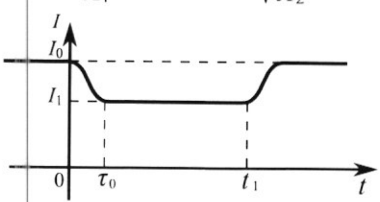
1) Найти период T этих колебаний.

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

№1.

Дано:

$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

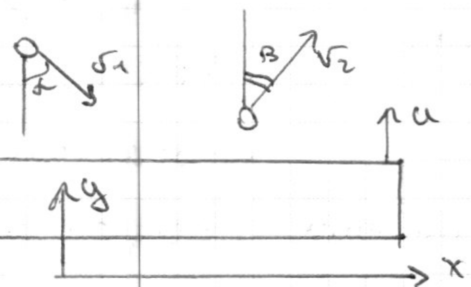
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

$v_1 = 12\ \frac{м}{с}$

1) v_2 - ?

2) u - ?

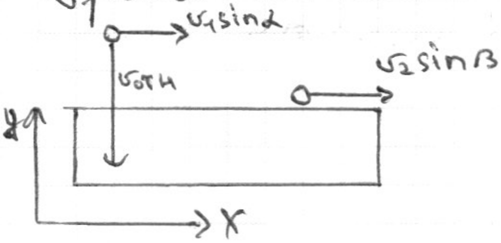
Решение



1) Т.к. плита гладкая, то по оси x импульс шара остаётся неизменным: $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

$$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\ \frac{м}{с} \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} \cdot 12\ \frac{м}{с} = 18\ \frac{м}{с}$$

2) Перейду в С.О. плиты. Здесь плита всё время остаётся неподвижной. Т.к. удар неупругий, то



по оси y шарик станет неподвижным. Значит $v_{отн2}$ (скорость шара по Oy после удара) равна 0. При этом

$$v_{отн2} = v_2 \cos\beta - u = 0$$

$$u = v_2 \cos\beta = 18\ \frac{м}{с} \cdot \sqrt{1 - \sin^2\beta} =$$

$$= 18\ \frac{м}{с} \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = 18 \cdot \frac{м}{с} \cdot \sqrt{\frac{8}{9}} =$$

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

Ответ: 1) $v_2 = 18\ \frac{м}{с}$; 2) $u = 12\sqrt{2}\ \frac{м}{с}$.

№2.

Дано:

$\nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_1 = 350$ K

$T_2 = 550$ K

Решение

1) V_1 - начальный объём H_2

V_2 - начальный объём N_2

Запишу для 2-ух газов закон Клапейрона-Менделеева

$C_V = \frac{5}{2}R$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ?

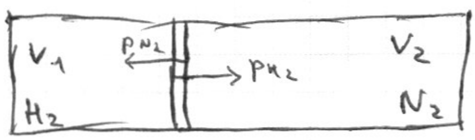
2) $T_к$ – ?

3) Q – ?

$pV_1 = \nu R T_1$

$pV_2 = \nu R T_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350K}{550K} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$



$p_{H_2} = p_{N_2} = p$ – изобарный процесс

2) т.к. оба газа двухатомные и в одинаковом химическом количестве, то теплота по ним распределится одинаково и $T_к$ (установившаяся температура) равна среднему арифметическому температур $T_к = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{350K + 550K}{2} = 450K$

3) т.к. давления в любой момент равны, то процесс теплообмена – изобарный.

$Q = \Delta U + A$ – теплота, отданная азотом

$\Delta U = C_V \nu \Delta T = \frac{5}{2}\nu R \Delta T$

$A = p\,\Delta V$

$V_{общ} = V_1 + V_2 = \frac{7}{11}V_2 + V_2 = \frac{18}{11}V_2$ – общий объём

В конце объём разделится поровну, т.к. химическое количество газов одинаковое. $V_к = \frac{V_{общ}}{2} = \frac{9}{11}V_2$

$\Delta V = V_2 - V_к = \frac{2}{11}V_2$

$\Delta T = T_2 - T_к = 100K$

$Q = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + \frac{2}{11}pV_2$

Из пункта 1 (уравнение Клапейрона-Менделеева для азота)

$\frac{2}{11}pV_2 = \frac{2}{11}\nu R T_2$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + \frac{2}{11}\nu R T_2 = \frac{5}{\cancel{2}} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot \overset{50}{\cancel{100}} + \frac{2}{\cancel{11}} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot \overset{50}{\cancel{550}} = 250 \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 + 100 \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 = 350 \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 = 300 \cdot 8{,}31 = 3 \cdot 831 = 2493$ (Дж) – отдано азотом водороду

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11}$; 2) $T_к = 450K$; 3) $Q = 2493$ Дж.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

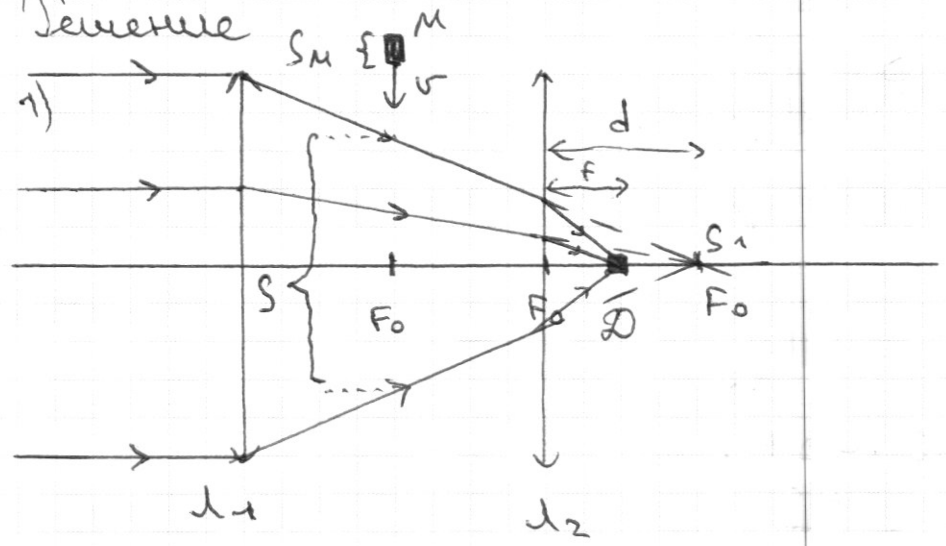
№5.

Дано:
$I_1 = \frac{5}{9} I_0$
F_0
D
τ_0

1) f - ?
2) v - ?
3) t_1 - ?

Решение

1)



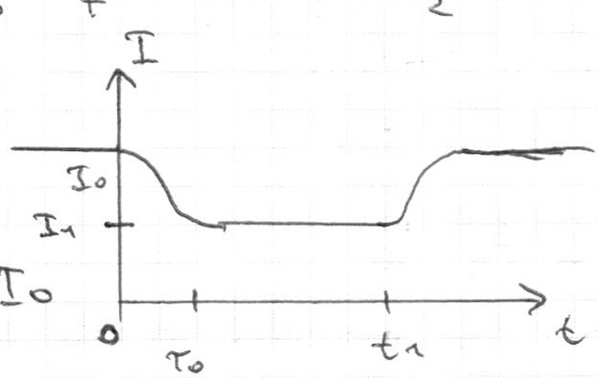
Лучи после прохождения $Л_1$ создают для линзы $Л_2$ мнимый предмет S_1 ($d = F_0$). Тогда запишем формулу тонкой линзы и найдём точку фокусировки лучей.

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

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

$$\frac{2}{F_0} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F_0}{2}$$

2)



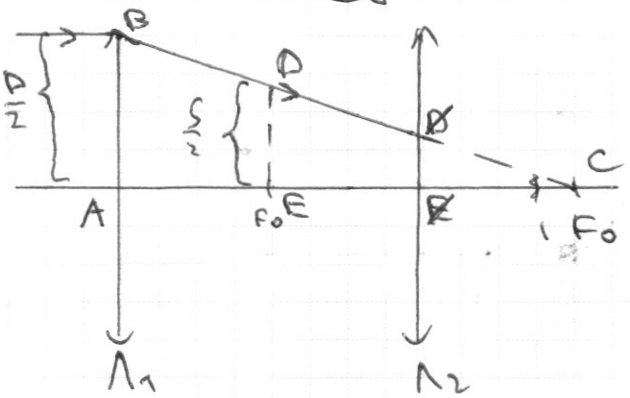
$I_1 = \frac{5}{9} I_0$

В точке $t = 0$ мишень дошла до крайнего луча. В точке $t = \tau_0$ мишень полностью попала в световой пучок.

В точке $t = t_1$ мишень добралась до нижнего луча. Т.к. сила тока пропорциональна мощности света, падающего на детектор, то сила тока пропор-

циональна и свободной площади от мишени.
Значит, когда мишень полностью попадает в световой пучок, площадь мишени ($S_м$) относится к площади светового пучка (S) как

$$\frac{S_м}{S} = \frac{I_0 - I_1}{I_0} = \frac{4}{9}$$



$\Delta ABC \sim \Delta EDC$:

$$\frac{AB}{DE} = \frac{AC}{EC}$$

$$\frac{\frac{D}{2}}{\frac{S}{2}} = \frac{3F_0}{2F_0}$$

$$\frac{D}{S} = \frac{3}{2} \Rightarrow S = \frac{2}{3}D$$

Тогда $S_м = \frac{4}{9}\cdot S = \frac{4}{9}\cdot\frac{2}{3}D = \frac{8}{27}D$

Из точки $t=0$ до точки $t=\tau_0$ мишень входит в пучок света, значит мишень проходит свою ширину за время τ_0: $S_м = v\,\cancel{t_0}\,\tau_0$

$$\frac{8}{27}D = v\tau_0$$

$$v = \frac{8}{27}\cdot\frac{D}{\tau_0}$$

3) За время от 0 до $t = t_1$ нижняя часть мишени полностью проходит ~~ра~~ весь пучок света, значит

$S = v t_1$ $\quad \frac{2}{3}D = \frac{8}{27}\cdot\frac{D}{\tau_0}t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$

Ответ: 1) $f = \frac{F_0}{2}$; 2) $v = \frac{8}{27}\cdot\frac{D}{\tau_0}$; 3) $t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

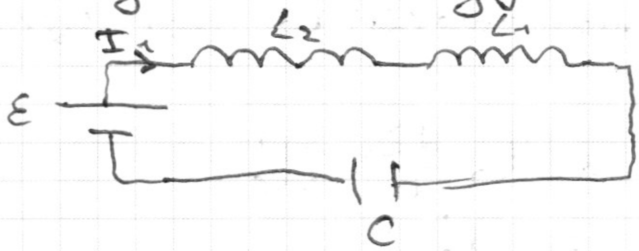
ШИФР

(заполняется секретарём)

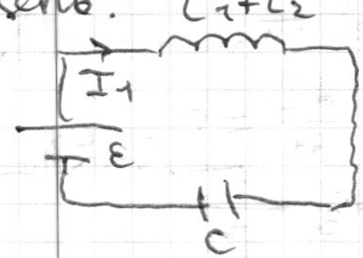
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

Дано:	Решение
ε, $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, C	1) В цепи при замыкании ключа возникают колебания. Когда ток течёт вперёд (относительно источника ЭДС) получается следующая цепь:
1) T - ? 2) I_{m1} - ? 3) I_{m2} - ?	

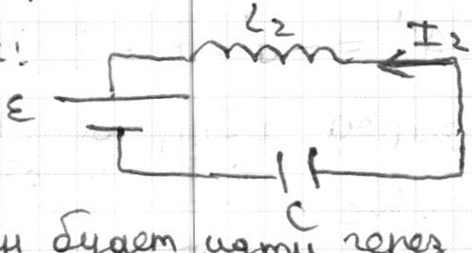


или



Получается контур, где период равен $T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} = 2\pi\sqrt{7LC}$

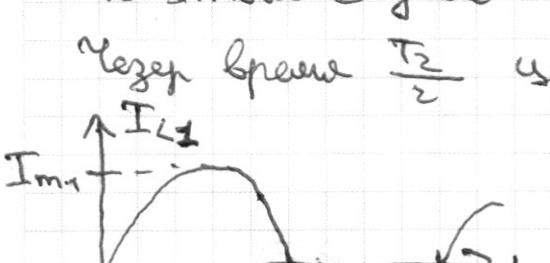
Однако, когда ток поменяет направление в момент $\frac{T_1}{2}$, цепь изменяется и становится:



Ток через L_1 не пойдёт, т.к. он будет идти через диод.

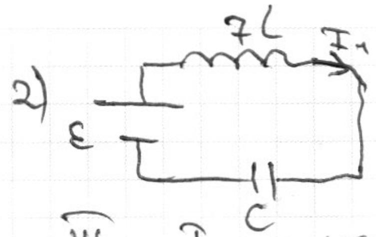
В этом случае период равен $T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C} = 2\pi\sqrt{3LC}$.

Через время $\frac{T_2}{2}$ цепь вернется в цепь №1.



- график $I_{L_1}(t)$

Тогда период $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC} = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+\sqrt{7})$

2) 

Для цепи можно записать что: $\varepsilon - 7L\frac{dI}{dt} = U_C$ по правилу Кирхгофа

U_C – напряжение на конденсаторе

Ток I_1 максимален, когда $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \varepsilon = U_C = \frac{q}{C}$

$q = C\varepsilon$

По ЗСЭ: $A_б = \Delta W_C + \Delta W_L$

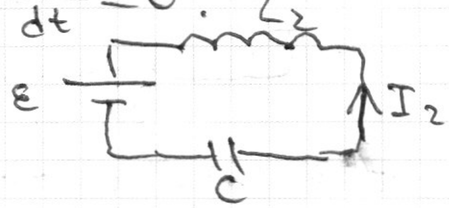
$A_б = q\varepsilon = C\varepsilon^2 \qquad \Delta W_C = \frac{q^2}{2C} - 0 = \frac{C\varepsilon^2}{2} \qquad \Delta W_L = \frac{7LI_{m1}^2}{2} - 0$

$C\varepsilon^2 = \frac{C\varepsilon^2}{2} + \frac{7LI_{m1}^2}{2}$

$C\varepsilon^2 = 7LI_{m1}^2$

$I_{m1} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{7L}}$

3) Ток через L_2 максимален во 2-ой цепи при $\frac{dI_2}{dt} = 0$.



$\varepsilon - L_2\frac{dI_2}{dt} = U_C'$

$\varepsilon = U_C'$

$q' = C\varepsilon$

По ЗСЭ: $A_б' = \Delta W_C' + \Delta W_L'$.

$A_б' = -q'\varepsilon = -C\varepsilon^2$ (Сначала на конденсаторе был заряд $2C\varepsilon$, а стал $C\varepsilon$).

$\Delta W_C' = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{4C\varepsilon^2}{2} = -\frac{3}{2}C\varepsilon^2$

$\Delta W_{L_2} = \frac{L_2 I_{m2}^2}{2} - 0$

$-C\varepsilon^2 = -\frac{3}{2}C\varepsilon^2 + \frac{L_2 I_{m2}^2}{2}$

$\frac{1}{2}C\varepsilon^2 = \frac{1}{2}3LI_{m2}^2$

$I_{m2} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{3L}}$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3} + \sqrt{7})$; 2) $I_{m1} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{7L}}$; 3) $I_{m2} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{3L}}$.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№3.

Дано:

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

2) $\alpha = \frac{\pi}{5}$

$\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

---

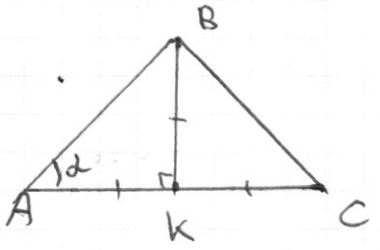
1) $\frac{E_1}{E_2}$ - ?

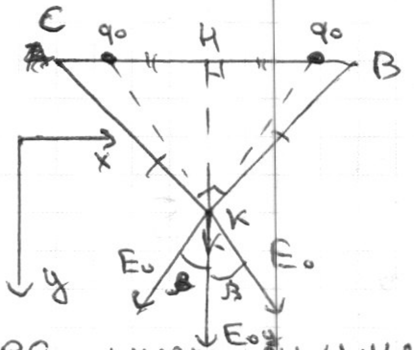
2) E_K - ?

Решение

1) E_1 - напряженность в т. K без AB

E_2 - напряженность в т. K ~~без~~ с AB

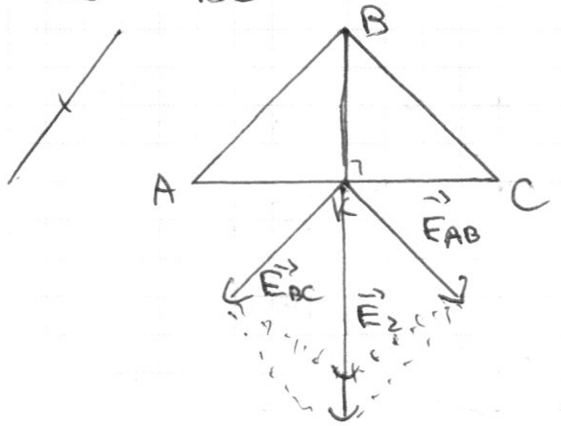




Любой заряд на пластине BC имеет симметричный относительно т. H заряд. Эта пара зарядов в точке K не создаёт напряжённость на O_x. Создаётся напряжённость только на O_y и она равна ~~E_{BC}~~ E_{0y}. Просуммировав все напряжённости зарядов BC получается напряженность E_{BC}, перпендикулярная ~~ая~~ пластине BC.

Т. к. у пластины AB ~~такая~~ такая же поверхностная плотность заряда и ΔABK и ΔBKC - симметричны, то она создаёт напряженность в точке K E_{AB} равную по модулю E_{BC}.

$E_{AB} = E_{BC} = E_0$



$\vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC} = \vec{E}_2$

$E_2 = E_{BC}\sqrt{2}$ (диагональ квадрата).

$\vec{E}_1 = \vec{E}_{BC}$ $\quad E_1 = E_{BC}$

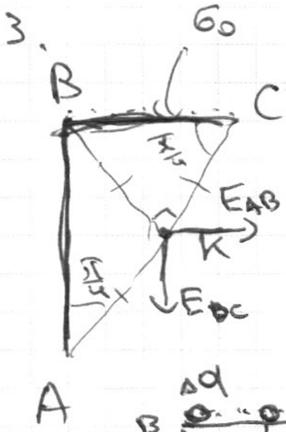
$\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_{BC}}{E_{BC}\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



$\frac{E_1}{E_2}$ - ?

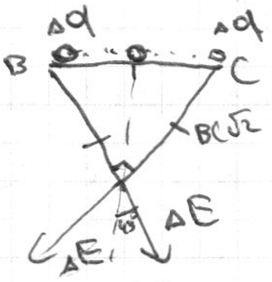
$\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$

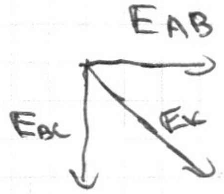
$\sigma_0 = \frac{Q}{S}$ $\left(\frac{q_{сег}}{BC} \right)$

$E_{BC} = \frac{kq_{BC}\cos\frac{3\pi}{10}\sin\frac{3\pi}{5}}{BC^2}$

$E_{AB} = \frac{\frac{2kq_{AB}}{AB^2}}{4tg^2\frac{\pi}{5}} \cdot \frac{\cos^4\frac{\pi}{5}}{4\sin\frac{\pi}{5}} =$

$= \frac{kq_{AB}\cos\frac{\pi}{5}\sin\frac{2\pi}{5}}{AB^2}$





$E_{AB} = \frac{kq_{AB}\cos\frac{3\pi}{10}\sin\frac{3\pi}{5}}{AB^2}$

$E_{BC} = \frac{kq_{BC}\cos\frac{\pi}{5}\sin\frac{2\pi}{5}}{BC^2}$

$E_k = E_y\sqrt{2}$

$\frac{E_k}{E_y} = \sqrt{2}$ $tg\frac{\pi}{5} = \frac{BC}{AB}$

$\Delta E = k\frac{\Delta q}{2BC^2}$

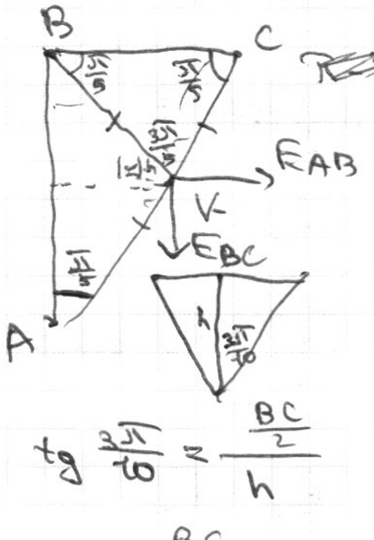
$\Delta E_y = \frac{k\Delta q}{2BC^2}\cos 45^\circ$

$E_y = \frac{kq_{BC}}{2BC^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}\frac{kq_{BC}}{BC^2}$

$E_{AB} = \frac{k\sigma\cos\frac{3\pi}{10}\sin\frac{3\pi}{5}tg\frac{\pi}{5}}{BC}$

$E_{BC} = \frac{k3\sigma\cos\frac{\pi}{5}\sin\frac{2\pi}{5}}{BC}$

2)



$\cos\alpha = \frac{h}{c}$

$c = \frac{h}{\cos\alpha}$

$\frac{E_{AB}}{E_{BC}} = \frac{\cos\frac{3\pi}{10}\sin\frac{3\pi}{5}tg\frac{\pi}{5}}{3\cos\frac{\pi}{5}\sin\frac{2\pi}{5}}$

$tg\frac{3\pi}{10} = \frac{\frac{BC}{2}}{h}$

$h = \frac{BC}{2tg\frac{3\pi}{10}}$

$E_y = \cos\alpha\frac{kq_0}{c^2} = \cos^3\alpha\frac{kq_0}{h^2}$

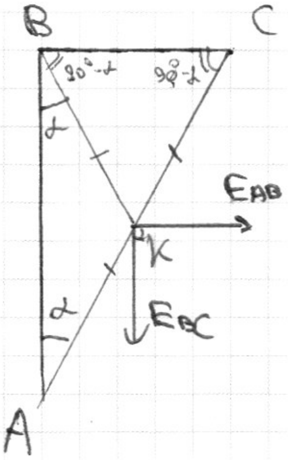
$\int_0^{\frac{3\pi}{10}} E_y = \frac{kq_{BC}}{h^2}\frac{\cos^4\alpha}{4}\frac{1}{-\sin\alpha}$

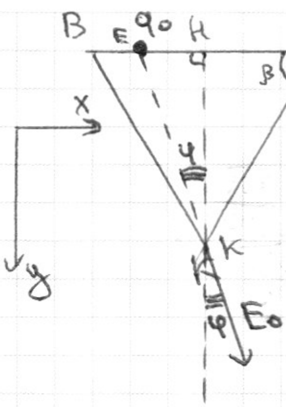
$E_{BC} = \frac{\frac{kq_{BC}}{BC^2}}{\cancel{4tg\frac{3\pi}{10}}} \cdot \frac{\cos^2\frac{3\pi}{10}\sin}{-\cancel{\sin\frac{3\pi}{10}}}$

$E_{BC} = \frac{kq_{BC}\cos^2\frac{3\pi}{10}\sin\frac{3\pi}{10}}{BC^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)





$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5} = \frac{3\pi}{10}$

В данном случае на O_x напряженности также не будет.

Выведем функцию $E(\varphi)$ малого заряда q_0.

$$E(\varphi) = \frac{k q_0}{KE^2} \cos\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{HK}{KE}$$

$$KE = \frac{HK}{\cos\varphi}$$

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{HC}{HK} = \frac{BC}{2HK} \Rightarrow HK = \frac{BC}{2\,\mathrm{tg}\,\beta} \Rightarrow KE = \frac{BC}{2\,\mathrm{tg}\,\beta \cos\varphi}$$

$$E(\varphi) = \frac{k q_0}{\frac{BC^2}{4\,\mathrm{tg}^2\beta \cos^2\varphi}} \cos\varphi = \frac{k q_0}{BC^2}\, 4\,\mathrm{tg}^2\beta \cos^3\varphi$$

Найдём напряженность в точке ~~E~~ K от пластины BC, проинтегрировав $E(\varphi)$ от $0°$ до $\frac{\pi}{2} - \beta(\alpha)$.

~~$E(\varphi) = \int_0^{\pi/5}$~~

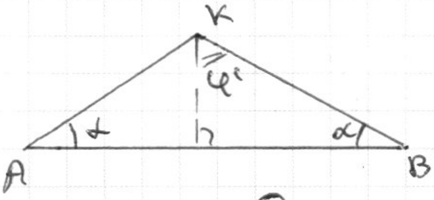
$$E_{BC} = 2\int_0^{\pi/5} \left(\frac{k q_0}{BC^2}\, 4\,\mathrm{tg}^2\beta \cos^3\varphi\right) = \frac{kQ_{BC}}{BC^2} \cdot 4\,\mathrm{tg}^2\beta \cdot \frac{\cos^4\varphi}{4\sin\varphi}\Bigg|_0^{\pi/5} =$$

$$= \frac{kQ_{BC}}{BC^2} \cdot \cancel{4}\,\mathrm{tg}^2\frac{3\pi}{10} \cdot \frac{\cos^4\frac{\pi}{5}}{\cancel{4}\sin\frac{\pi}{5}}$$

$$3\sigma = \frac{Q_{BC}}{BC}$$

$$E_{BC} = \frac{3k\sigma}{BC} \cdot \frac{\mathrm{tg}^2\frac{3\pi}{10} \cos^4\frac{\pi}{5}}{\sin\frac{\pi}{5}}$$

Аналогично напряжённость выводится для пластины AB. Только вместо $\beta = \frac{3\pi}{10}$ будет $\beta' = \alpha = \frac{\pi}{5}$, а вместо $\varphi_{max} = \cancel{\frac{8\pi}{5}}\ \frac{3\pi}{10}$ будет $\varphi'_{max} = \frac{3\pi}{10}$.



$$E_{AB} = \frac{kQ_{AB}}{AB^2} \cdot tg^2\frac{\pi}{5}\,\frac{\cos^4\frac{3\pi}{10}}{\sin\frac{3\pi}{10}}$$

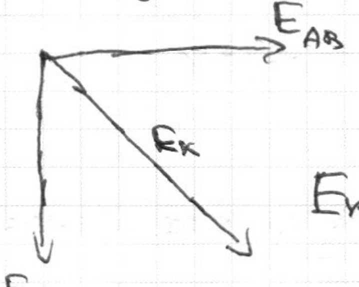
$$\sigma = \frac{Q_{AB}}{AB}$$

$$E_{AB} = \frac{k\sigma}{AB}\,tg^2\frac{\pi}{5}\,\frac{\cos^4\frac{3\pi}{10}}{\sin\frac{3\pi}{10}}$$

$$E_{BC} = \frac{3k\sigma}{BC}\,tg^2\frac{3\pi}{10}\,\frac{\cos^4\frac{\pi}{5}}{\sin\frac{\pi}{5}}$$

$$tg\alpha = \frac{BC}{AB} = tg\frac{\pi}{5}$$

$$BC = tg\frac{\pi}{5}AB \Rightarrow E_{BC} = \frac{3k\sigma}{AB\,tg\frac{\pi}{5}}\,tg^2\frac{3\pi}{10}\cdot\frac{\cos^4\frac{\pi}{5}}{\cancel{\sin\frac{3\pi}{10}}\ \sin\frac{\pi}{5}}$$



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

Ответ: 1) $\frac{E_1}{E_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$; 2) $E_K = \sqrt{\left(\frac{k\sigma\,tg^2\frac{\pi}{5}\cos^4\frac{3\pi}{10}}{AB\sin\frac{3\pi}{10}}\right)^2 + \left(\frac{3k\sigma\,tg^2\frac{3\pi}{10}\cos^4\frac{\pi}{5}}{\cancel{B}\,AB\,tg\frac{\pi}{5}\sin\frac{\pi}{5}}\right)^2}$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

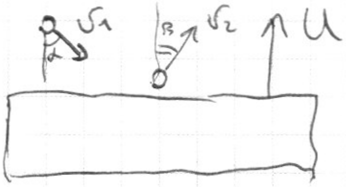
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{1-\frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

№1.



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

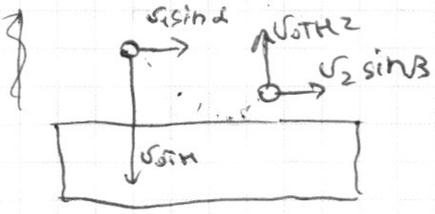
$\sin\beta = \frac{1}{3}$ $\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

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

$v_2 \cdot \frac{1}{3} = v_1 \cdot \frac{1}{2}$

$v_2 = \frac{3}{2} v_1 = \frac{3}{\cancel{2}} \cdot \cancel{12}^{6} = 18 \frac{м}{с}$

~~СО~~ СО плиты



$v_{отн} = v_1 \cos\alpha + u = 6\sqrt{3} + u$

$v_{отн2} = v_2 \cos\beta - u = 12\sqrt{2} - u = 0$

$u = 12\sqrt{2}$

~~$m v_{отн2}$~~ — $\cancel{m v_{отн2} - m v_{отн} = N\Delta t}$

~~$m v_{отн2}$~~ $\cancel{\frac{m v_{отн2}^2}{2} = \frac{m v_{отн}^2}{2} + \frac{M u'^2}{2}}$

$\cancel{m v_{отн} = m v_{отн2} + M u'}$

$\cancel{v_{отн} - v_{отн2} = M u'}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№2.

$$\cancel{3} \times \begin{array}{r} 831 \\ 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$\nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_{H_2} = T_1 = 350\,K$

$T_{N_2} = T_2 = 550\,K$

$C_V = \frac{5}{2}R$

$p_0V_0 = \nu R T_1$

$pV_{H_2} = \nu R T_{H_2} \Rightarrow V_{H_2} = \frac{\nu R T_{H_2}}{p}$

$pV_{N_2} = \nu R T_{N_2} \Rightarrow V_{N_2} = \frac{\nu R T_{N_2}}{p}$

1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}}$ - ?

$$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{\frac{\nu R T_{H_2}}{\cancel{p}}}{\frac{\nu R T_{N_2}}{\cancel{p}}} = \frac{T_{H_2}}{T_{N_2}} = \frac{350}{550} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$$

2) $T_{уст}$ - ?

$V_{N_2} = \frac{11}{7} V_{H_2} = \frac{11}{7} V_0$

$V = V_{N_2} + V_{H_2} = \frac{11}{7} V_0 + V_0 = \frac{18}{7} V_0$

$V_к = \frac{9}{7} V_0$

$\frac{9}{7} - \frac{11}{7} = -\frac{2}{7}$

$\Delta V_{H_2} = \frac{2}{7} V_0$

$\Delta V_{N_2} = -\frac{2}{7} V_0$

$|C_V \nu \Delta T_{N_2}| = |C_V \nu \Delta T_{H_2} \overset{+A}{-} A|$

$\Delta T_{N_2} = \Delta T_{H_2}$ 450 K

$T_{уст} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{900}{2} = 450\,K$

$p_0 V_0 = \nu R T_1$

$p_к \frac{9}{7} V_0 = \nu R T_{уст}$

$\frac{7p_0}{9p_к} = \frac{T_1}{T_{уст}} =$

$9p_к = 7p_0 \frac{T_{уст}}{T_1}$

$p_к = \frac{7}{9} \frac{T_{уст}}{T_1} p_0 =$

$= \frac{7}{9} \cdot \frac{45\cancel{0}}{35\cancel{0}} p_0 =$

$= \frac{7}{9} \cdot \frac{9}{7} p_0 =$

$= p_0$

3) Q - ?

$Q = C_V \nu \Delta T - \frac{2}{7} V_0 \langle p \rangle =$

$= C_V \nu \Delta T - \frac{2}{7} p_0 V_0 =$

$= C_V \nu \Delta T - \frac{2}{7} \nu R T_1 =$

$= \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_{уст}) + \ldots =$

$= \frac{5}{2} \nu R \cdot -100 - \frac{2}{7} \nu R T_1 =$

$= \frac{5}{\cancel{2}} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot \overset{50}{\cancel{100}} + \frac{2}{7} \cdot \frac{6}{\cancel{7}} \cdot 8{,}31 \cdot \overset{50}{\cancel{350}} =$

$= 250 \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 + \frac{6}{7} \cdot 100 \cdot 8{,}31 = \overset{50}{\cancel{350}} \cdot \frac{6}{\cancel{7}} \cdot 8{,}31 = 300 \cdot 8{,}31 = 2493$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

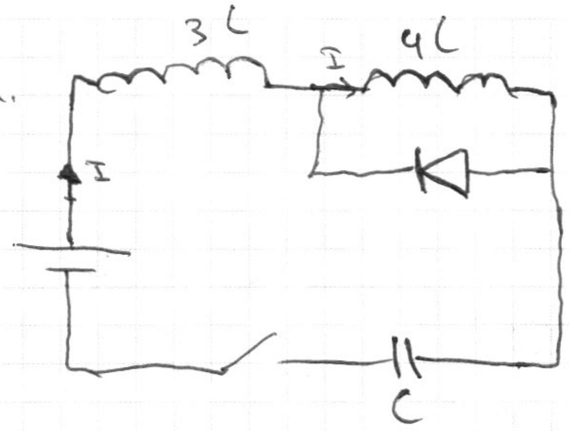
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

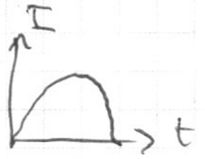
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

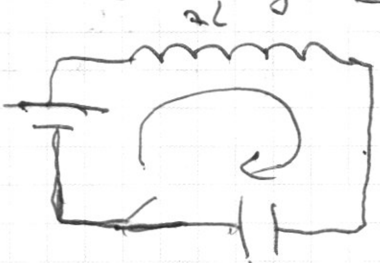
№4.





$a + w^2 x = 0$

от $I=0$ до $I=0$



$\leftarrow T_1 = 2\pi\sqrt{7LC}$

$t_1 = \frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{7LC}$

$I_{m1}: \ \ddot{q} = 0$

$\frac{\varepsilon}{7L} = \frac{q}{7LC}$

$C\varepsilon = q$

$C\varepsilon^2 = \frac{\varepsilon C^2}{2} + \frac{7LI_{m1}^2}{2}$

$\frac{C\varepsilon^2}{2} = \frac{7LI_{m1}^2}{2}$

$\varepsilon - 7L\frac{dI}{dt} = U_C$

$\varepsilon - 7L\ddot{q} = \frac{q}{C}$

$\frac{\varepsilon}{7L} - \ddot{q} = \frac{q}{7LC}$

$A_\delta = \frac{q^2}{2C}$

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

$I_{m1} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{7L}}$

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

$\dot{q} = CU_C = 0$

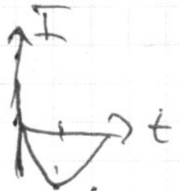
$U_C = max$

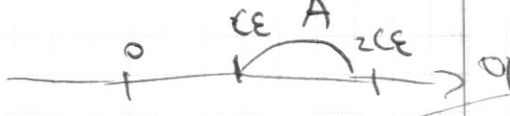
$q = 2C\varepsilon$

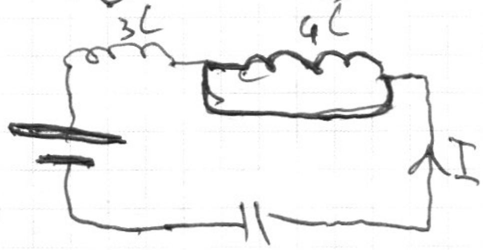
$\ddot{q} + \frac{q}{7LC} = \frac{\varepsilon}{7L}$

равновесие

$I_{m2} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}$



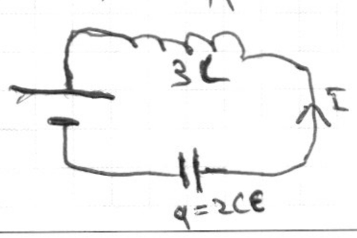




$K_A = \frac{B \cdot I_H}{...}$

$T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{7} + \sqrt{3})$

$t_2 = \pi\sqrt{3LC}$



$\frac{\varepsilon}{3L}\ddot{q} + \frac{q}{3LC} = \frac{\varepsilon}{3L}$

$q = \varepsilon C$

~~$C\varepsilon$~~

$-\varepsilon^2 C = \frac{\cancel{4}C\varepsilon^2}{2} - \frac{4C\varepsilon^2}{2} + \frac{3LI_{m2}^2}{2}$

$-\varepsilon^2 C = -\frac{3}{2}C\varepsilon^2 + \frac{3LI_{m2}^2}{2}$

$\frac{1}{2}\varepsilon^2 C = \frac{3LI_{m2}^2}{2}$

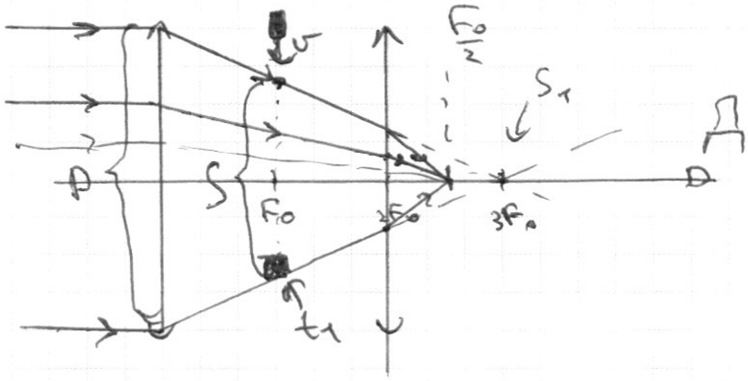
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

5.



1) $\frac{F_0}{2}$

2) $\frac{8}{27}\frac{D}{\tau_0}$

3) $\frac{9}{4}\tau_0$

$d_1 = F_0$

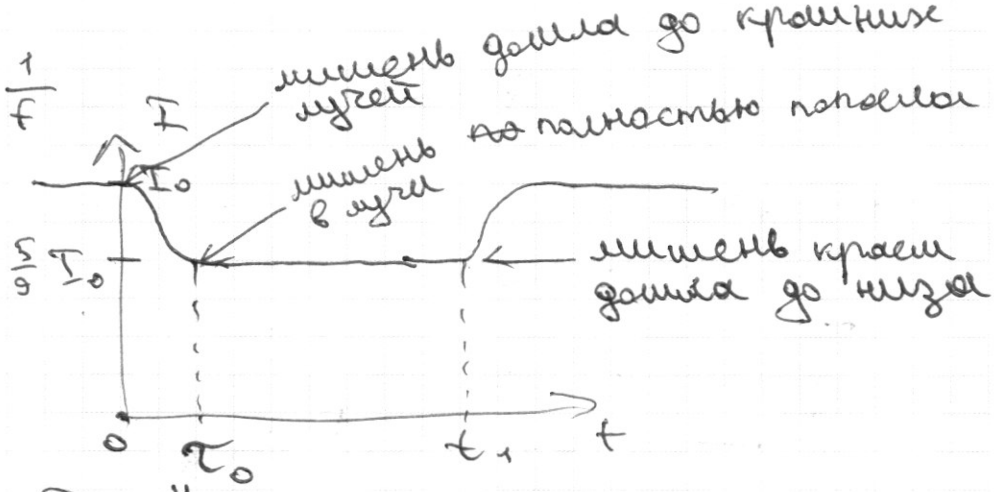
$\frac{1}{F_0} = -\frac{1}{F_0} + \frac{1}{f}$

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

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

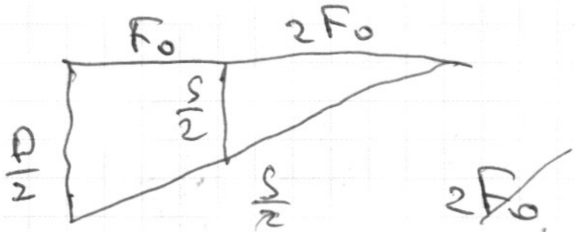
$I = kP$

$I = kC$



$I_n = \frac{4}{9}I_0$

$C_n = \frac{4}{9}C \Rightarrow S_M = \frac{4}{9}S$



$\frac{\frac{S}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{2\cancel{F_0}}{3\cancel{F_0}}$

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

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

$S_M = \frac{4}{9}\cdot\frac{2}{3}D = \frac{8}{27}D$

$\frac{8}{27}D = \tau_0 \cdot v$

$v = \frac{8}{27}\frac{D}{\tau_0}$

$S = v t_1$

$\frac{2}{3}\cancel{D} = \frac{8}{27}\frac{\cancel{D}}{\tau_0} t_1$

$\frac{2}{3}\cdot\frac{27}{8}\tau_0 = t_1$

$t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$