Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

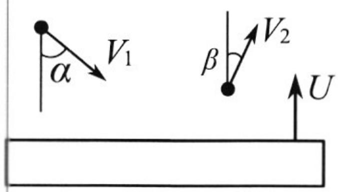
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.

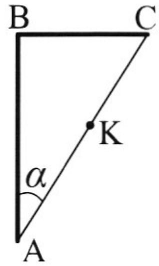


1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ 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 азота и кислорода.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

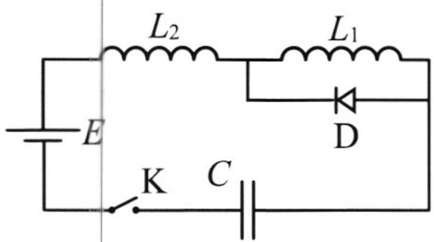
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

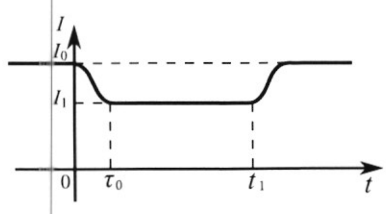
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, 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 фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.



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)»

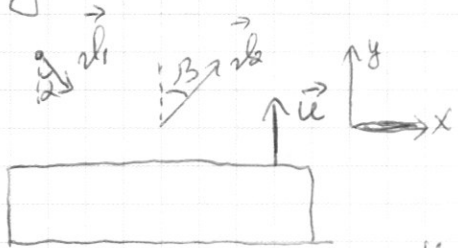
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 1

1)



Т.к. столкновение происходить только по оси y, импульс по оси x сохраняется:

$m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta$; $\Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8\frac{м}{с} \cdot \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 12\frac{м}{с}$;

$$\boxed{\text{Ответ: } v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\frac{м}{с};}$$

2) Переходим в систему отсчёт в которой стенька неподвижна:

Скорость вдоль оси x не изменится;

Модуль скорости вдоль оси y до удара:

$u_{y0} = v_1 \cos\alpha + u$;

Модуль скорости вдоль оси y после удара:

$u_y = v_2 \cos\beta - u$;

Т.к. стенька массивная, это столкновение можно интерпритировать как столкновение ~~со~~ ~~стенкой~~ с неподвижной стенькой, т. е. модуль скорости до и после удара равны. Т.к. скорость вдоль оси x не меняется, это нам

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Задача №1 (продолжение)

следует просто приравнять модуль скорости вдоль оси y:

$u_{y0} = u_y$; $\quad v_1 \cos\alpha + u = v_2 \cos\beta - u$; $\Rightarrow u = \dfrac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$;

$$u = \frac{v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} = \frac{v_1\sin\alpha}{2}\left(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha\right);$$

$$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{1-\frac{9}{16}}}{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{\frac{16-9}{16}}}{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{7}}{3};$$

$$\operatorname{ctg}\beta = \frac{\cos\beta}{\sin\beta} = \frac{\sqrt{1-\sin^2\beta}}{\sin\beta} = \frac{\sqrt{1-\frac{1}{4}}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3};$$

$$\cancel{u = \frac{8\,м/с}{2}\cdot\frac{3}{4}\left(\frac{\sqrt{7}}{3} - \sqrt{3}\right) = \sqrt{7} - 3}$$

$$u = \frac{8\frac{м}{с}}{2}\cdot\frac{3}{4}\left(\sqrt{3} - \frac{\sqrt{7}}{3}\right) = \left(3\sqrt{3} - \sqrt{7}\right)\frac{м}{с} \approx 2{,}44\,\frac{м}{с};$$

$$\boxed{\text{Ответ: } u = \frac{v_1\sin\alpha}{2}\left(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha\right) = \left(3\sqrt{3}-\sqrt{7}\right)\frac{м}{с} \approx 2{,}44\,\frac{м}{с};}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2;

1) Напишем ур-е Менделеева-Клапейрона;

$$\begin{cases} pV_2 = \nu R T_2; \\ pV_1 = \nu R T_1; \end{cases} \Rightarrow \text{где}$$

V_2 - объём отсека с кислородом

V_1 - объём отсека с азотом.

$$\Downarrow$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300\,K}{500\,K} = \frac{3}{5} = 0{,}6;$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}6; \text{ где } V_1 \text{ - объём азота, } V_2 \text{ - объём кислорода;}}$$

2) $Q_1 = \Delta U_1 + A_1;$
$Q_2 = \Delta U_2 + A_2;$ $\Rightarrow$ т.к. система теплоизолирована; $Q_1 + Q_2 = 0;$

$$\begin{cases} \delta A_1 = p dV_1; \\ \delta A_2 = p dV_2; \\ V_1 + V_2 = const = V_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \delta A_1 = p dV_1 \\ \delta A_2 = p dV_2; \\ dV_1 + dV_2 = 0; \end{cases} \Rightarrow dV_1 = -dV_2 \text{ значит;}$$

$\delta A_1 = -\delta A_2 = p dV_1 = -p dV_2;$ проинтегрируем обе стороны;

$A_1 = -A_2;$ $\cancel{A}_1 = -A_2;$ $A_1 + A_2 = 0;$

$$Q_1 + Q_2 = 0; \quad \Delta U_1 + \Delta U_2 + \underbrace{A_1 + A_2}_{0} = 0; \quad \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$$

$\Delta U_1 = \nu C_V (T - T_1);$ T - установившаяся температура;

$\Delta U_2 = \nu C_V (T - T_2);$ $\cancel{\nu C_V}(T - T_1) + \cancel{\nu C_V}(T - T_2) = 0;$

$$2T - T_1 - T_2 = 0; \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300 + 500}{2}\,K = 400\,K;$$

$$\boxed{\text{Ответ: } T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400\,K}$$

3) ~~Пусть в какой~~, то момент

$\delta Q_1 = dU_1 + \delta A_1;$

$\delta Q_2 = dU_2 + \delta A_2;$ из п. 2 мы знаем, что $\delta A_1 + \delta A_2 = 0;$

Т.к. система теплоизолировано: $\delta Q_1 + \delta Q_2 = 0;$

$dU_1 + dU_2 = 0; \; \nu C_v dT_1 + \nu C_v dT_2 = 0;$

$dT_1 + dT_2 = 0;$ проинтегрируем это выражение.

$T_1 - T_1' + T_2 - T_2' = C;$ T_1' и T_2' - это температура в какойто момент времени;

$T_1' + T_2' = T_1 + T_2 - C;$

при $T_1' = T_1$ и $T_2' = T_2$ (т.е. в начальный момент);

$T_1 + T_2 = T_1 + T_2 - C; \Rightarrow C = 0;$

$T_1' + T_2' = T_1 + T_2 = T_0 = const;$

общий объём системы не меняется:

$V_1' + V_2' = V_1 + V_2 = V_0;$ V_1' и V_2' - объём в какой-то момент времени;

Т.к. процесс квазистатический, давление между отсеками всегда равны: P_1' и P_2' - давление отсеков;

$$\begin{cases} P_1' V_1' = \nu R T_1'; \\ P_2' V_2' = \nu R T_2'; \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu R T_1'}{V_1'} = \frac{\nu R T_2'}{V_2'}; \quad T_2' = T_0 - T_1'; \quad V_2' = V_0 - V_1';$$

$$\frac{T_1'}{V_1'} = \frac{T_0 - T_1'}{V_0 - V_1'}; \quad V_0 T_1' - T_1' V_1' = V_1' T_0 - V_1' T_1'$$

$$\frac{T_1'}{V_1'} = \frac{T_0}{V_0} = const;$$

значит; $P = \nu R \frac{T_1'}{V_1'} = \nu R \frac{T_0}{V_0} = const;$ т.е. процесс изобарический; Теплоёмкость при изобарическом процессе равно: $C_p = C_v + R;$ $Q = C_p \nu (T - T_2) = \nu C_p \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_2\right) =$

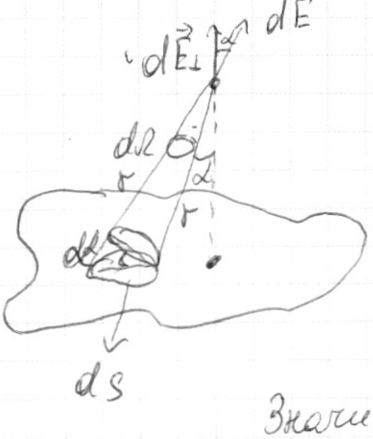
$= \nu (C_v + R)\left(\frac{T_1 - T_2}{2}\right) = \nu \cdot \frac{7}{2} R \frac{(T_1 - T_2)}{2} = \frac{7 \nu R (T_1 - T_2)}{4} = -150R \approx -1246{,}5$ Дж; $\boxed{\text{Ответ: } |Q| = 1246{,}5 \text{ Дж}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Прежде чем приступить к решению основной задачи, ~~може~~ решим вспомогательную:
Условая задачи следующее: ~~Есть прость~~ Есть плоскость с поверхностной плотностью σ. Нужно напряженность электрического поля перпендикулярная поверхности пластины. Нам даны лишь ~~телесн~~ ~~геоме~~ телесный угол под котором видна пластина Ω_0;

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0};$$



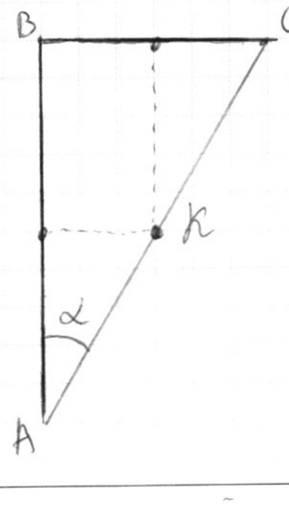
$$d\Omega = \frac{dS_\perp}{r^2} = \frac{dS}{r^2}\cos\alpha; \quad dq = \sigma dS$$

$$dE = \frac{k \cdot dq}{r^2}; \Rightarrow dE_\perp = dE\cos\alpha;$$

$$dE_\perp = k\frac{\sigma dS}{r^2}\cos\alpha = k\sigma \cdot \frac{dS\cos\alpha}{r^2} = k\sigma d\Omega;$$

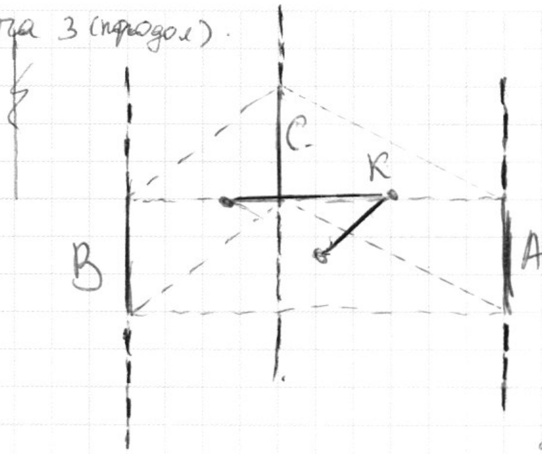
$$E_\perp = \int dE = \int_{\Omega_0} k\sigma d\Omega = k\sigma\Omega_0;$$

Значит $E_\perp = k\sigma\Omega_0$; используем эту формулу для решение нашей задачи;



Т.к. точка расположена на се~~реде~~ридины ребра AC, ~~то~~ она ~~на~~ находится прямо над серединой ребра AB и BC.

Задача 3 (продол).

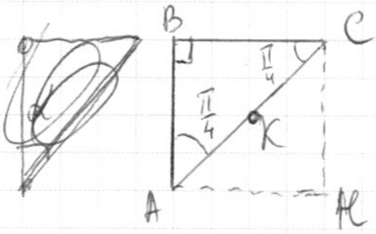


Т.к. точка K расположена прямо над центром ~~ребер~~ плоскостей, то из за симметрии ~~на~~ в точке K образуются только поля перпендикулярные поверхности!

Теперь используя все наши ~~замечани~~ выкладки решим задачи;

1)

$BC = AB$, т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$;

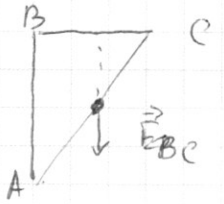


Достроим наш квадрат ~~ан~~ используя ~~так~~ дополнительные пластины CH и AH. Т.к. все пластины бесконечный и имеют одинаковые размеры, можно сказать следующее. Всё пространства для точки K будет закрыто и телесный каждой пластины равны друг к другу:

$4\Omega = 4\pi$; → всё пространства; $\Omega = \pi$;

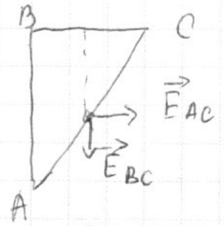
До зарядки пластины AB;

$E_{BC} = k\sigma\Omega = k\sigma\pi$;



После;

$E_{AC} = k\sigma\Omega = k\sigma\pi$;



$E_0 = \sqrt{E_{AC}^2 + E_{BC}^2} = k\sigma\pi\sqrt{2}$;

$\frac{E_0}{E_{BC}} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$

$\boxed{\text{Ответ: } \frac{E_{после}}{E_{до}} = \sqrt{2} = 1{,}41}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

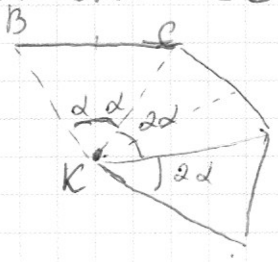
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3 (продолжение)

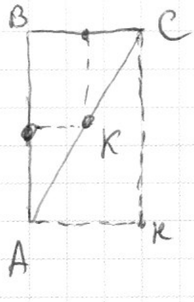
2). Здесь с углом не так повезло, как в предыдущем, но всё равно хороши угол по-полся. Найдём сначала телесный угол для полоскости BC: $\alpha = \frac{\pi}{7}$;



$2\alpha = \frac{2\pi}{7}$; Найдём сколько таких пластин будет:

$N = \frac{2\pi}{2\alpha} = 7$; т.к. это число целое, то точку K можно ~~x~~ закрыт 7-ю такими пластинами;

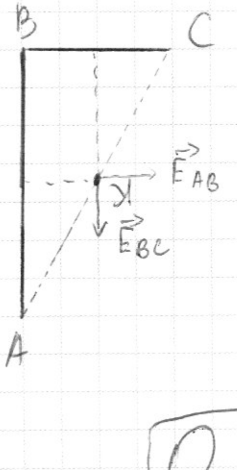
$7\Omega_{BC} = 4\pi$; $\Omega_{BC} = \frac{4\pi}{7}$;



~~Достроим~~ → Для нахождения Ω_{AB}, сделаем следующее: Достроим прямоугольник используя дополнительные пластины CH и AH.

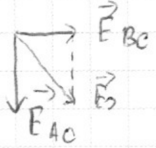
$\Omega_{CH} = \Omega_{AB}$; $\Omega_{AH} = \Omega_{BC}$;

$2\Omega_{BC} + 2\Omega_{AB} = 4\pi$; $\Omega_{BC} + \Omega_{AB} = 2\pi$; $\Omega_{AB} = 2\pi - \Omega_{BC} = 2\pi - \frac{4\pi}{7} = \frac{10\pi}{7}$;



~~$E_{AB} = k\sigma\Omega_{AB}$~~ $= E_{BC} = k\sigma_1\Omega_{BC} = k\cdot 2\sigma\cdot\frac{4\pi}{7} = \frac{8k\sigma\pi}{7}$;

$E_{AC} = k\sigma_2\Omega_{AC} = k\cdot\sigma\cdot\frac{10\pi}{7} = \frac{10k\sigma\pi}{7}$;

$E_0 =$ 

$\vec{E}_0 = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AC}$; $E_0 = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AC}^2} =$

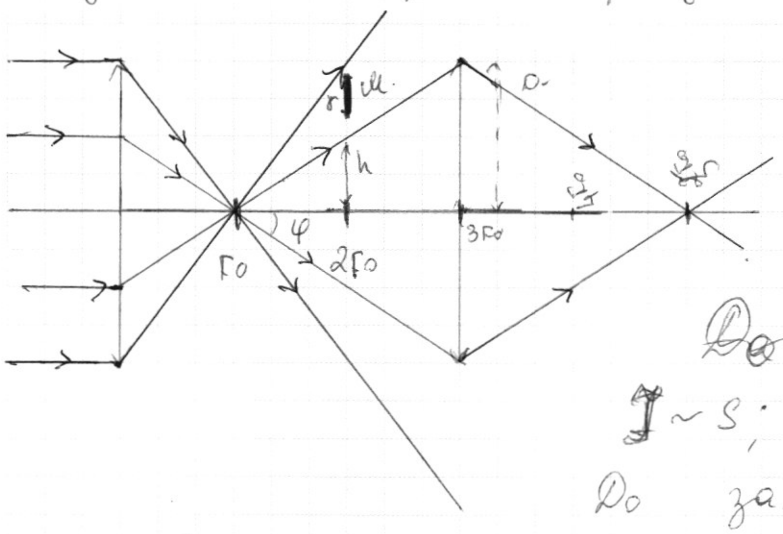
$E_0 = \frac{2}{7}k\sigma\pi\sqrt{41}$;

$\boxed{\text{Ответ: } E_0 = \frac{2}{7}\sqrt{41}\,k\sigma\pi;}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Задача №5.

Сделаем построение рисунка:



Найдём h;

$tg\varphi = \frac{\frac{D}{2}}{3F_0 - F_0} = \frac{D}{4F_0}$

$h = tg\varphi(2F_0 - F_0) = \frac{D}{4}$;

~~До прохода закрыти~~

$I \sim S$; $I = \alpha S$; $I \sim J$; $I = BS$;

До закрытия ~~пластиной~~ мишенью;

$S = \pi h^2 = \frac{\pi D^2}{16}$;

После: $S' = S - S_м$; $S_м$ - площадь мишени;

1) Т.к. лучи параллельны оси, они соберутся в фокусе Л1. После эту точку можно представить как точечный источник света, на расстоянии $2F_0$ от Л2. Напишем ур-е линзы:

$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0}$; где b - расстояние от детектора до линзы Л2;

$\frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{2F_0} = \frac{1}{2F_0}$; $b = 2F_0$;

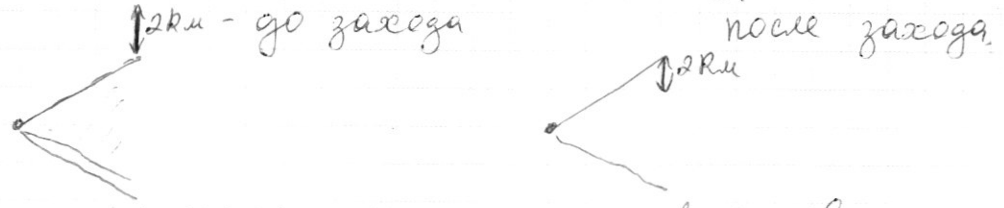
$\boxed{\text{Ответ: } b = 2F_0}$

2). $I_0 = \frac{B\pi D^2}{16}$; $I_1 = B\left(\frac{\pi D^2}{16} - S_м\right)$;

$\frac{I_1}{I_0} = 1 - \frac{16S_м}{\pi D^2}$; $\frac{3}{4} = 1 - \frac{16S_м}{\pi D^2}$; $\frac{16S_м}{\pi D^2} = \frac{1}{4}$; $S_м = \frac{\pi D^2}{64}$;

$R_м$ - радиус мишени; $\pi R_м^2 = S_м = \frac{\pi D^2}{64}$;

$R_м = \frac{D}{8}$;



Значит он должен преодолеть расстояние равное своему диаметру:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 5 (продолжение):

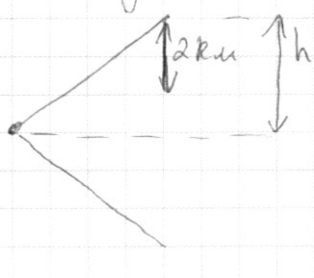
Тогда за промежуток времени равный τ_0, ~~...~~ ток на детекторе достигает своего минимума, т.е. за это время он проходит расстояние равное своему диаметру:

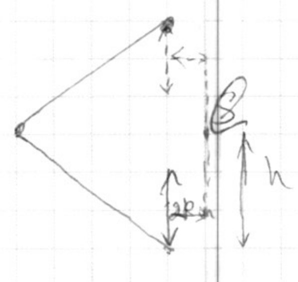
$d = 2км = \frac{D}{4}$; $\tau_0 = \frac{d}{v}$; $v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}$;

$\boxed{\text{Ответ: } v = \frac{D}{4\tau_0};}$

3) К моменту t_1 он с верхней границы достигнет нижнюю границу;

момет времени τ_0;





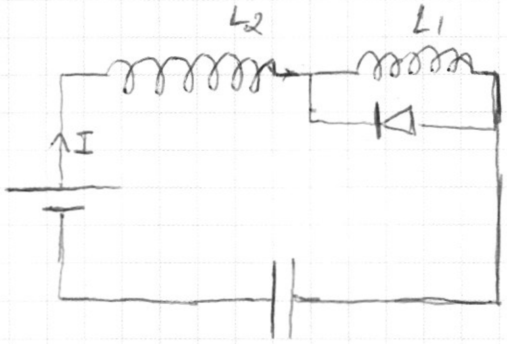
Смещение мишени равно l:

$l = 2h - 2км = \frac{D}{2} - \frac{D}{4} = \frac{D}{4}$;

$t_1 - \tau_0 = \frac{l}{v} = \frac{\frac{D}{4}}{\frac{D}{4\tau_0}} = \tau_0$; $t_1 = 2\tau_0$;

$\boxed{\text{Ответ: } t_1 = 2\tau_0;}$

Задача № 4:



Т.к. диод идеальный, можно сделать следующее утверждение. Когда ток течёт против диода его сопротивление бесконечное, т.е. ток не может через него пройти, а когда направление тока и диода совпадают, сопротивление диода равно 0.

Значит когда ток течёт по часовой стрелке, ток не проходит через диод, и ур-е колебаний принимает следующий вид:

$$\mathcal{E} - L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}; \ (1) \qquad I = \dot{q}; \qquad \frac{dI}{dt} = \ddot{q};$$

А когда в обратную сторону, то ток течёт по диоду и не проходит через L_1.

$$\mathcal{E} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}; \ (2)$$

Решим сначала (1)-ое ур-е:

$$\mathcal{E} - (L_1+L_2)\ddot{q} = \frac{q}{C}; \qquad \ddot{q} + \frac{q}{(L_1+L_2)C} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0; \qquad \omega^2 = \frac{1}{(L_1+L_2)C};$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}; \qquad q = A\cos(\omega t+\varphi) + A_0$$ – тип решения этого диффура

$$I = \dot{q} = -A\omega\sin(\omega t+\varphi);$$

при $t=0$; $I=0$; $-A\omega\sin\varphi=0$; $\sin\varphi=0$; $\varphi=0$;

$q=0$; $A\cos(0)+A_0=0$; $A=-A_0$; найдём A_0 через ур-е колебаний.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4 (продолжение):

$\ddot{q} = -A\omega^2 \cos(\omega t)$;

$$-A\omega^2 \cos\omega t + \frac{A\cos\omega t + A_0}{(L_1+L_2)C} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0;$$

$$-\frac{A}{(L_1+L_2)C}\cos\omega t + \frac{A\cos\omega t}{(L_1+L_2)C} + \frac{A_0}{(L_1+L_2)C} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0$$

$A_0 = C\mathcal{E}$; $A = -\mathcal{E}C$;

$I(t) = \mathcal{E}C\omega\sin(\omega t)$;

~~найдём когда $I(t) = 0$~~; $\omega\Delta t_1 = \pi$; $\Delta t_1 = \frac{\pi}{\omega}$; после этого момент времени $I<0$, т.е. нужно использовать 2-ое ур-е; при $t = \Delta t_1$ $I = 0$;

$q = -\mathcal{E}C\cdot(-1) + \mathcal{E}C = 2\mathcal{E}C$;

$\mathcal{E} - L_2\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$; $I = \dot{q}$; $\frac{dI}{dt} = \ddot{q}$;

$\mathcal{E} - L_2\ddot{q} = \frac{q}{C}$; $\ddot{q} + \frac{q}{L_2C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0$; $\omega_1^2 = \frac{1}{L_2C}$; $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{L_2C}$.

Решение будем искать вот таком ввиде:

$q = A'\cos(\omega_1 t + \varphi_1) + A_0'$;

$I = \dot{q} = -A'\omega_1\sin(\omega_1 t + \varphi_1)$; $\ddot{q} = -A'\omega_1^2\cos(\omega_1 t + \varphi_1)$;

при ~~$t = \Delta t_1$~~

Подставим эти выражение в диффиренциальное ур-е и найдём A_0';

$$-A'\omega_1^2\cos(\omega_1 t + \varphi_1) + \frac{A'\cos(\omega_1 t + \varphi_1) + A_0'}{L_2C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0;$$

$$-A'\omega^2 \cancel{\cos(\omega_1 t + \varphi_1)\cdot\frac{1}{L_2C}} + \frac{A'\cos(\omega_1 t + \varphi_1)}{\cancel{L_2C}} + \frac{A_0'}{L_2C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0;$$

Задача №4 (продолжение)

$\frac{A_0'}{L_2 C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0$; $A_0' = \mathcal{E}C$;

~~при~~ t t заменим на τ (~~$\tau = t + \Delta t_1$~~) $t = \tau + \Delta t_1$);

при $t = \Delta t$; $\tau = 0$; т.к. мы взяли сдвиг по времени ~~нача~~ фаза меняется $\varphi_1 \to \varphi_2$;

$q = A'\cos(\omega_1 \tau + \varphi_2^0) + A_0'$;

$I = \dot{q} = -A'\omega_1 \sin(\omega_1 \tau + \varphi_2)$;

при $\tau = 0$; $I = 0$; $q = 2\mathcal{E}C$

$0 = -A'\omega \sin(\varphi_2)$; $\varphi_2 = 0$;

$2\mathcal{E}C = A'\cos(0) + \mathcal{E}C$; $A' = \mathcal{E}C$;

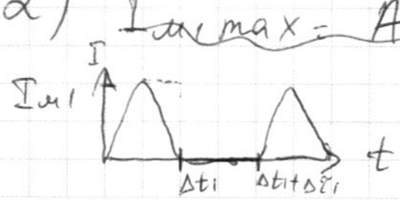
$I_2' = -\frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{L_1 C}} \sin(\omega_1 \tau)$; при после $\Delta\tau_2 = \frac{\pi}{\omega_1} = \pi\sqrt{L_2 C}$, знак тока опять меняется на противоположный, т.е. ~~ток будет следо из рав~~ ток через диод ~~меняется~~ ~~как в~~ по будет проходит, т.е. нужно использовать ур-е (1);

при $\Delta\tau_2 = \frac{\pi}{\omega_1}$; $I = 0$; $q = \mathcal{E}C \cdot (-1) + \mathcal{E}C = 0$; т.е. начальные условие будут совпадать с первоначальными значениями. Т.е. ~~пос~~ этот цикл повторяться. Значит:

1) $T = \pi\sqrt{(L_1 + L_2)}$ $\Delta t_1 + \Delta\tau_2 = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C} + \pi\sqrt{L_2 C}$;

Ответ: $T = \pi(\sqrt{(L_1+L_2)C} + \pi\sqrt{L_2 C}$;

2) ~~$I_{max} = A\omega$,~~ график для $I(t)$;



$I_{m1} = A\omega$ из (1) -го формула

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

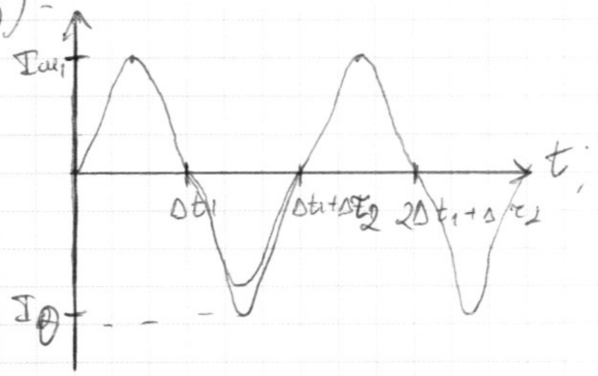
Задача № 4 (продолжение)

2) -ый;

$I_{м1} = \mathcal{E} C \cdot \omega = \mathcal{E} C \cdot \frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}$;

$\boxed{\text{Ответ: } I_{м1} = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}}$;

3) -



Im когда ток через диод не течёт, ~~угол~~ амплитуда для I_2, равно: $I_0 = A\omega_1 = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{L_2 C}}$;

$I_{м1} = A\omega = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}$;

Когда ток течёт через диод амплитуда для I_2 равно: $|I_0| = |A|\omega_1 = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{L_2 C}}$

$I_0 = A'\omega_1 = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{L_2 C}}$;

~~Эти следую~~ Эти выражение следуют из ур-я (1) и (2). Мы видим, что во втором случае ток ~~вы~~ больше, значит.

$I_{м2} = I_0 = \frac{\mathcal{E} C}{\sqrt{L_2 C}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$; $\boxed{\text{Ответ: } I_{м2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}}$;

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2×6 26 27 $(30-3)^2 = 900 - 180 + 9 = 728$

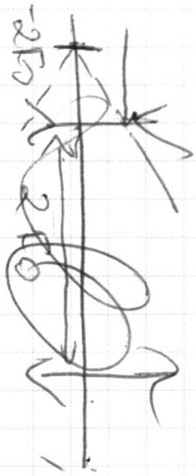
$(30-4)^2 = 900 - 240 + 16 = 676$

$\mathcal{E} - L\frac{dI_2}{dt} = L\frac{dI_1}{dt} = \frac{q}{C}$

$2{,}65$

$\mathcal{E} - Lq = L\frac{dI_1}{dt} = \frac{q}{C}$

$\sqrt{3} = 1{,}7$; $3 \cdot 1{,}7 = 5{,}1$



$$\begin{array}{r} 172 \\ \times 171 \\ \hline 171 \\ 1197 \\ 171 \\ \hline 2{,}9241 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 172 \\ 172 \\ \hline 344 \\ 1204 \\ 172 \\ \hline 2{,}9584 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 173 \\ 173 \\ \hline 519 \\ 1211 \\ 173 \\ \hline 3{,}0029 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1{,}73 \\ \times 33 \\ \hline 5{,}19 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 5{,}19 \\ -2{,}65 \\ \hline 2{,}44 \end{array}$$

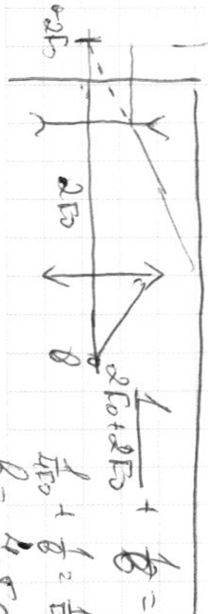
$\delta Q = dU + \delta A$;

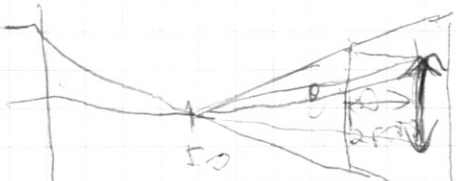
$\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$ $A = P dV$;

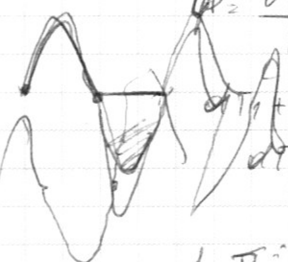
L_2: $+\pi\sqrt{L_2 C}$;

$\nu_1 R T_1$; ν_2;

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



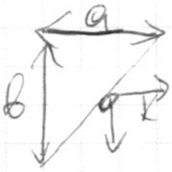


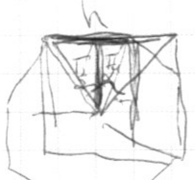


$dT_1 + dT_2 = 0$

$dT_1 = -dT_2$

$\frac{\nu R T_1}{V_1} dV_1 = -\frac{\nu R T_2}{V}$





$\frac{1}{Q}\pi$;

$\frac{\nu R T_1}{V_1}$

$\frac{2T_1}{\frac{1}{2}}$ $dV_1 + dV_2 = 0$;

$\frac{2\partial T_1}{\theta}$ $\frac{2T}{T}$

$p\,\nu R\frac{T_2}{V_2} dV_1 = \delta A$;

$b = \frac{2\sqrt{5}}{5}$; $\frac{1}{2\sqrt{5}+2\sqrt{5}}$ + $\frac{b}{2} = \frac{1}{\sqrt{5}}$; $\frac{3}{\sqrt{5}}$; $b = \frac{1}{\sqrt{5}}$

$T_1 + T_2 = const$;

$\nu R\frac{(T - T_1)}{V - V_2} dV_2 + \nu\frac{RT_1}{V_1} dV_1 = 0$;

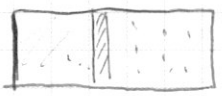
$dV_1\left(\frac{T_1}{V_1} - \frac{T - T_1}{V - V_2}\right)$;

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$T_1 + T_2 = const$;

$V_1 + V_2 = const$;

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

$L\frac{dI_1}{dt} + \frac{L dI_2}{dt} + \frac{q_c}{C} = \mathcal{E}$,

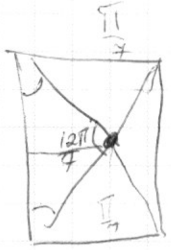
$\frac{T - T_1}{V - V_1} = \frac{T_1}{V_1}$; $TV_1 - T_1V_1 = T_1V - V_1T_1$;

$TV_1 = T_1V$; $dV_1 = \frac{dT_1 V}{T}$;

$V_1 = \frac{T_1 V}{T}$; $P = \frac{\nu R T_1}{V_1}$; $\frac{T_1}{V_1} = \frac{T}{V}$;

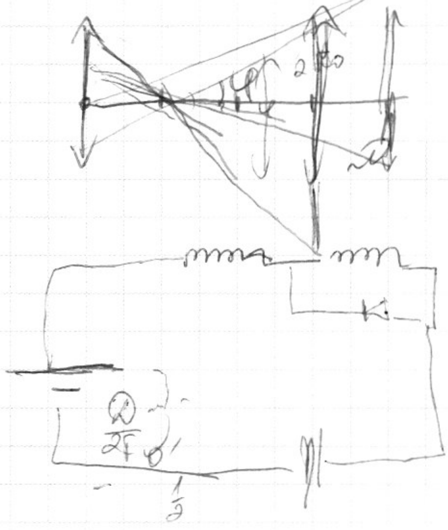
$P = \nu R \frac{T}{V} = \nu R \frac{T_1 + T_2}{V_1 + V_2}$; $dT_1 \frac{V_1+V_2}{T_1+T_2}$

$P = const$;



$\frac{2\pi}{\frac{12\pi}{7}} = \frac{7}{6}$;

$4\pi - \frac{2\pi}{7} = \frac{26}{7}\pi$;



$200 \cdot \frac{3}{7} \cdot$ $\frac{7}{4} \cdot \frac{3}{7} R \cdot - 200 = 150R$

$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + (L_1 + L_2)\frac{dI}{dt}$

150·
8

8,314
15

$4\pi - \frac{2\cdot 4\pi}{7} = \frac{20}{7}\pi$;

×83,1
15,0
000
+4155
831
1246,50

$\frac{\pi S^2 - S}{\pi S^2} \rightarrow \pi R^2$

πS^2 = 0

$100^2 + 64 = 164$ $4 \cdot 41$

$\frac{\pi}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} + \pi$

$\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} + \pi\sqrt{LC}$

$\frac{1}{2r_0} + \frac{1}{6}$

$\mathcal{E} - L_1\frac{dI_1}{dt} - L_2\frac{dI_2}{dt} = \frac{q}{C}$,

$q = q'$

$I_2 = \frac{dq}{dt}$;

$L_2 = \frac{q''}{q_2}$;

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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