Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

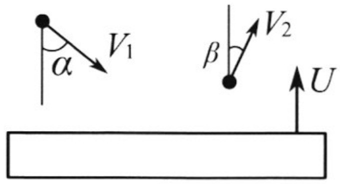
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 6 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ 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.



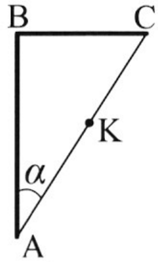
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия T_1 = 330 К, а неона T_2 = 440 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·К).

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

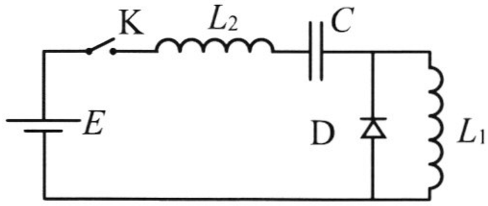
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

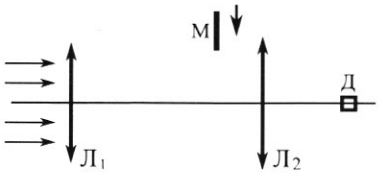
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

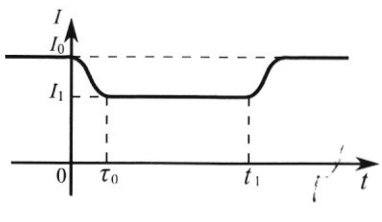
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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 Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу $Л_1$ 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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





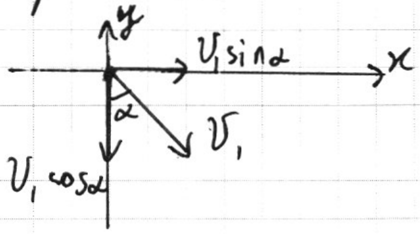
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.

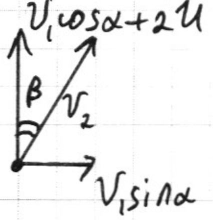
1) Разложим скорости V_1 и V_2 по осям Ox и Oy (Oy перпендикулярна поверхности плиты, Ox параллельна поверхности плиты). Имеем до столкновения



$V_x = V_1 \sin\alpha$, после —
$V_{x\,новая} = V_2 \sin\beta$; т.к. $\vec{u}$ перпендикулярна $\vec{V_x}$, столкновение не изменило скорость по этой оси: $V_x = V_{x\,новая}$, откуда

$$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2V_1 = 12 \text{ м/с}.$$

2) Перейдём в систему отсчёта плиты. Тогда на неподвижную плиту летит шарик со скоростью $V_1\cos\alpha + u$ по оси Oy (направлена эта скорость на нас), $V_1 \sin\alpha$ по оси Ox (вдоль плиты); после удара этот шарик летит с той же $V_1 \sin\alpha$ по Oy и $V_1\cos\alpha + u$ по Ox, но скорость по оси Ox направлена от нас. Переходя обратно в лабораторную систему отсчёта имеем



, т.е. $V_2^2 = (V_1\cos\alpha + 2u)^2 + (V_1 \sin\alpha)^2$,
т.к. $V_2 = 2V_1$, имеем

$4V_1^2 = (2U + V_1\cos\alpha)^2 + (V_1 \sin\alpha)^2 = 4U^2 + 4UV_1\cos\alpha +$
$+ V_1^2\cos^2\alpha + V_1^2\sin^2\alpha = 4U^2 + 4UV_1\cos\alpha + V_1^2.$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ ($\alpha \in (0°; 90°)$, т. е. $\cos\alpha > 0$) $\Rightarrow$
$\Rightarrow 4V_1^2 = 4U^2 + 4UV_1 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + V_1^2 \Rightarrow 4U^2 + 4V_1\frac{\sqrt{5}}{3}U - 3V_1^2 = 0.$

Подставим $V_1 = 6$ м/с: $4U^2 + 8\sqrt{5}U - 108 = 0$, откуда
$D = 64\cdot 5 + 4\cdot 4 \cdot 108 = 2^6 \cdot (5+27) = 2^6 \cdot 2^5 \Rightarrow$
$\Rightarrow U = \frac{-8\sqrt{5} \pm 32\sqrt{2}}{8} = -\sqrt{5} \pm 4\sqrt{2}$ м/с. Случай
$U = -\sqrt{5} - 4\sqrt{2}$ м/с невозможен, т.к. тогда
$V_1\cos\alpha = 6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}$ м/с $= 2\sqrt{5}$ м/с $< \sqrt{5} + 4\sqrt{2}$ м/с
($2\sqrt{5} < 4{,}6$; $\sqrt{5} + 4\sqrt{2} > 5$), т.е. шарик не догонит
плиту. $U = 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$ м/с.

Ответ: 12 м/с; $4\sqrt{2} - \sqrt{5}$ м/с.

№2.

1) Имеем изначально: гелий — $PV_г = \nu RT_1$;
неон — $PV_н = \nu RT_2$. Отсюда $\frac{V_г}{V_н} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$.

2) Поршень двигается медленно, процесс проходит плавно, значит, можем сказать, что на всём его протяжении $P = const$. Тогда в конце процесса имеем: гелий — $PV_{кг} = \nu RT_к$;
неон — $PV_{кн} = \nu RT_к$. $T_к = \frac{PV_{кн}}{\nu R} = \frac{PV_{кг}}{\nu R} \Rightarrow V_{кн} = V_{кг} = \frac{V_{общ}}{2} =$
$= \frac{V_г + V_н}{2} = \frac{\frac{3}{4}V_н + V_н}{2} = \frac{7V_н}{8}$. т.о. $PV_{кн} = P\cdot\frac{7}{8}V_н = \nu RT_к = \frac{7}{8}\nu RT_2 \Rightarrow$
$\Rightarrow T_к = \frac{7}{8}T_2 = \frac{7}{8}\cdot 440$ К $= 7\cdot 55$ К $= 385$ К.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Как уже было сказано ранее, $P = const$, значит, неон передал гелию $Q = C_p \Delta T = \underset{(i=3)}{\frac{5}{2}} \nu R (T_2 - T_K) =$

$= \frac{8}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 \cdot (440 - 385)$ Дж $= \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot 55$ Дж $= 3 \cdot 8{,}31 \cdot 11$ Дж $=$

$= 274{,}23$ Дж.

Ответ: $3/4$; 385 К; 274,23 Дж.

№5.

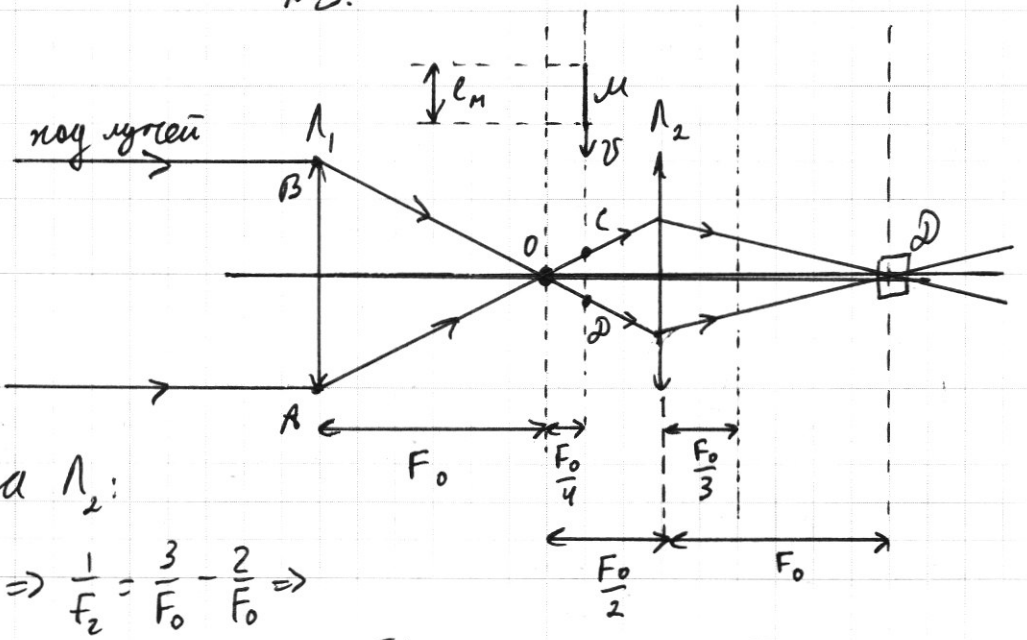
1) $Л_1$:

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1}$,

$d_1 = \infty \Rightarrow$

$\Rightarrow f_1 = F_0$,

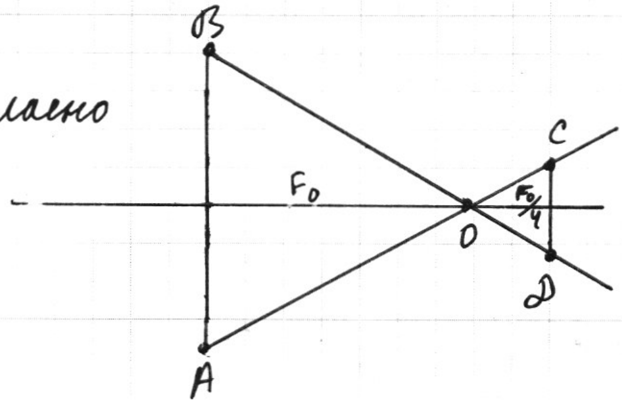
т.е. все лучи соберутся в фокусе; тогда $Л_2$:



$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow f_2 = F_0$. Т.к. лучи собираются на детекторе, то расстояние между детектором и линзой $\underset{(Л_2)}{}$ будет равно F_0.

2) Сделаем обозначения согласно рисунку. $\triangle ABO \sim \triangle CDO$,



$k = \frac{F_0}{\frac{F_0}{4}} = 4 = \frac{AB}{CD} = \frac{D}{CD} \Rightarrow CD = \frac{D}{4}$.

~~Если так, то за время τ_0 мишень полностью вошла в CD, закрыв собой 1/9 часть света, т.е. длина мишени $l_м = \frac{D}{4}\cdot\frac{1}{9} = \frac{D}{36}$* (длина мишени — её диаметр). Нижняя точка мишени двигалась со скоростью v и преодолела $l_м$ за время τ_0. Тогда имеем~~

~~$v = \frac{l_м}{\tau_0} = \frac{D}{36\tau_0}$.~~

~~* — такие размышления верны, т.к. $I \sim S$, пучок очень узкий, т.е. $I \sim l$~~

~~3) Продолжим следить за нижней точкой мишени. Она преодолела расстояние в $\frac{D}{4}$ за время $\tau_0 + t_1$, т.е. $v(\tau_0+t_1) = \frac{D}{36\tau_0}(\tau_0+t_1) = \frac{D}{4} \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow \tau_0 + t_1 = 9\tau_0 \Rightarrow t_1 = 8\tau_0$.~~

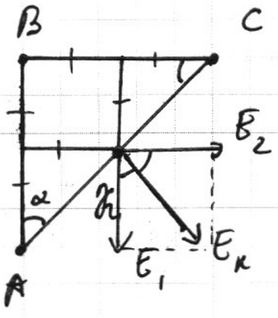
Продолжение см. на стр. 5

~~Ответ: τ_0; $\frac{D}{36\tau_0}$; $8\tau_0$.~~

№3.

1) Сначала:

$E_{изн} = E_2 = \frac{\sigma_к}{\varepsilon_0}$;



$\alpha = \frac{\pi}{4} \Rightarrow \angle ACB = \alpha$

△ABC — равнобедренный, BK — ось симметрии

поле зарядки:

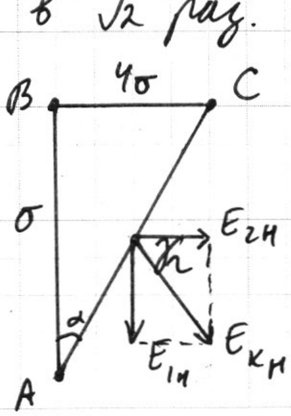
$E_к = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\frac{\sigma_к^2}{\varepsilon_0^2}\cdot 2} =$

$= E_{изн}\sqrt{2}$, т.е. напряжённость электрического поля в точке K возрастёт в $\sqrt{2}$ раз.

2) Имеем $E_{2н} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; $E_{1н} = \frac{4\sigma}{\varepsilon_0}$.

По т. Пифагора

$E_{кн} = \sqrt{\frac{16\sigma^2}{\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{17}$.

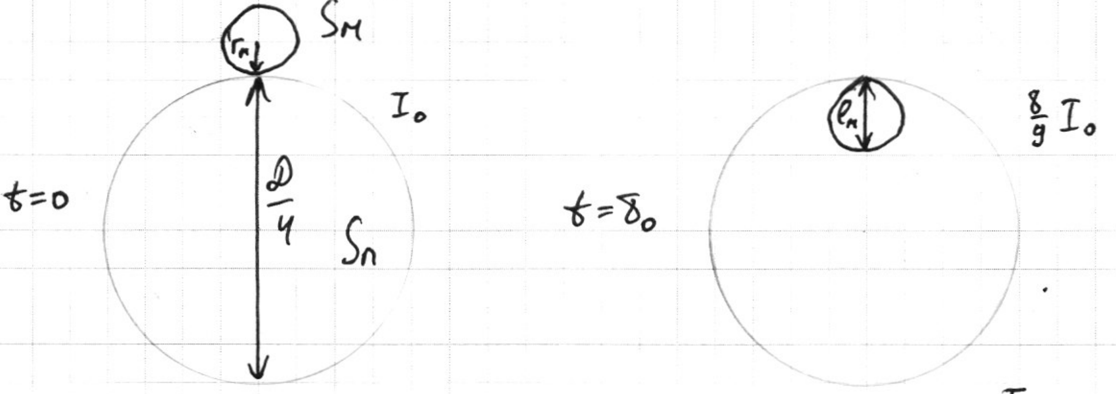


Ответ: в $\sqrt{2}$ раз; $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{17}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение).

Если так, то за время τ_0 мишень полностью вошла в пучок света диаметром $\frac{D}{4}$:



Т.к. по условию $I \sim P_{света} \sim S$, то $\frac{I_0}{\frac{8}{9}I_0} = \frac{S_п}{S_п - S_м}$, откуда $S_п - S_м = \frac{8}{9}S_п \Rightarrow$

$\Rightarrow S_м = \frac{1}{9}S_п \Rightarrow \pi r_м^2 = \frac{1}{9}\pi\left(\frac{D}{4}\cdot\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{9}\pi\cdot\frac{D^2}{64} \Rightarrow$

$\Rightarrow r_м^2 = \frac{D^2}{9\cdot 64} \Rightarrow r_м = \frac{D}{3\cdot 8} \Rightarrow \ell_м = \frac{D}{12}$ ($\ell_м$ - диаметр мишени).

Нижняя точка мишени прошла $\ell_м = \frac{D}{12}$ со скоростью v за время τ_0, т.е. $\frac{D}{12} = v\tau_0 \Rightarrow v = \frac{D}{12\tau_0}$.

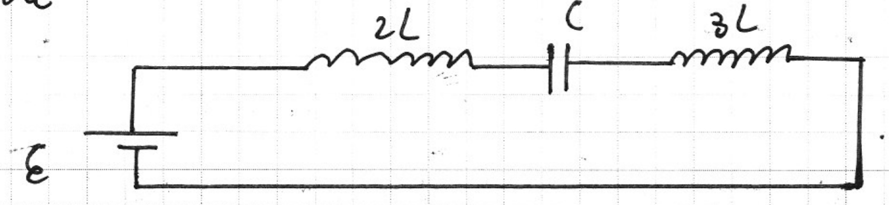
3) Продолжим следить за нижней точкой мишени: она вышла из пучка света через время $\tau_0 + t_1$, т.е. $(\tau_0 + t_1)\cdot v = \frac{D}{4} \Rightarrow (\tau_0 + t_1)\cdot\frac{D}{12\tau_0} = \frac{D}{4} \Rightarrow \tau_0 + t_1 = 3\tau_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_1 = 2\tau_0$.

Ответ: F_0; $\frac{D}{12\tau_0}$; $2\tau_0$.

№4.

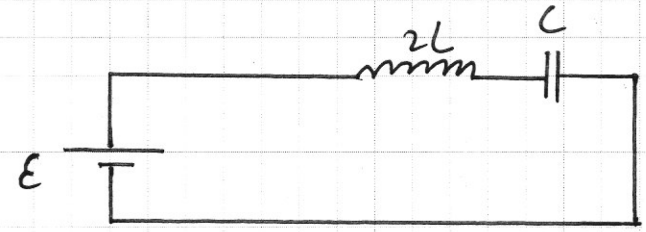
№1) Разобьём процесс на два подпроцесса: в первом ток течёт ~~по~~ по часовой стрелке по схеме



Полупериод колебаний в такой схеме

$t_1 = \pi\sqrt{(3L+2L)C} = \pi\sqrt{5LC}$.

Во втором ток течёт против часовой стрелки по схеме



перемычка! Диод идеальный, при таком направлении тока выступает как перемычка

с полупериодом $t_2 = \pi\sqrt{2LC}$. Итоговый период колебаний $T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{2}+\sqrt{5})$.

2) Найдём максимальный ток через L_1, воспользовавшись законом сохранения энергии:

(закон Кирхгофа: $\mathcal{E} - U_{L_1} - U_C - U_{L_2} = 0$)

$I'_{m_1} = 0 \Rightarrow U_{L_1} = 0,\ U_{L_2} = 0 \Rightarrow U_C = \mathcal{E} \Rightarrow q = C\mathcal{E} \Rightarrow \Delta q = C\mathcal{E} \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{E}(\mathcal{E}C) = \frac{2LI_{m_1}^2}{2} + \frac{3LI_{m_1}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - 0 \Rightarrow \frac{5LI_{m_1}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{01} = I_{m_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$.

3) Максимальный ток через L_2 найдём аналогично: он будет достигаться в момент $q = C\mathcal{E} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{2LI_m^2}{2} = C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow I_m = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$. Ответ: $\pi\sqrt{LC}(\sqrt{2}+\sqrt{5})$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (на всякий случай).

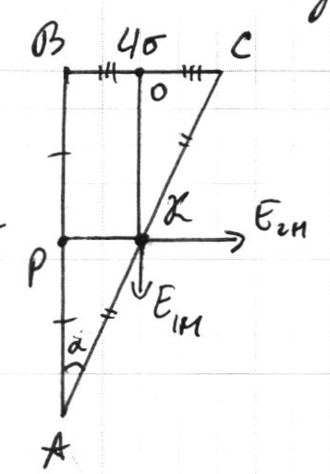
Покажу, что ответ можно было получить и без C_p: $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1) + P\left(\frac{7}{8}V_0 - \frac{3}{4}V_0\right) =$

$= \frac{1}{8}PV_0 + \frac{3}{2}\nu RT_к - \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{1}{8}PV_0 + \frac{385}{330}PV_0 - PV_0 = \frac{5}{12}PV_0 =$

$= \frac{5}{12}\nu RT_1 = 274,23$ Дж. Ответ сходится.

№3 (на всякий случай)

2) Отмечу, почему $\vec{E}_{2н} \perp \vec{E}_{1н}$. Отметим в серединах BC и AB точки O и P соответственно. Проведём KO и KP, это средние линии в ΔABC, т.е. $PK \parallel OK \Rightarrow OK \perp PK$.



Отсюда и следует $\vec{E}_{2н} \perp \vec{E}_{1н}$.

$$\cancel{\;}\,\tau_0 + t_1 = \frac{D}{4v} = \frac{\cancel{D}}{4\cdot\frac{\cancel{D}}{36\tau_0}} = 9\tau_0 \Rightarrow t_1 = 8\tau_0.$$

Проверка:

№1.

1) $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \boxed{v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}} = 2v_1 = 12\ м/с$

2) $\boxed{v_2^2 = (2u + v_1\cos\alpha)^2 + (v_1 \sin\alpha)^2}$ $\qquad \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt5}{3}$

$$12^2 = \left(2u + \frac{\sqrt5}{3}\cdot 6\right)^2 + \left(6\cdot\frac{2}{3}\right)^2 = (2u + 2\sqrt5)^2 + 4^2$$

$$144 = 4u^2 + 8u\sqrt5 + 20 + 16 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4u^2 + 8u\sqrt5 - 108 = 0$$

108	2
54	2
27	27

$$D = 64\cdot 5 + 4\cdot 4\cdot 108 = 2^6\cdot 5 + 2^4\cdot 2^2\cdot 27 =$$

$$= 2^6\cdot 32 = 2^6\cdot 2^5 = 2^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{-8\sqrt5 \pm 32\sqrt2}{8} = -\sqrt5 \pm 4\sqrt2 = -\sqrt5 + 4\sqrt2\ м/с$$

№2.

1) $PV_1 = \nu RT_1$, $PV_2 = \nu RT_2 \Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$

$8{,}31 \times 33 = 2493 + 2493 = 274{,}23$

2) $PV_{к_1} = \nu RT$, $PV_{к_2} = \nu RT \Rightarrow V_{к_1} = V_{к_2} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{\frac{3}{4}V_2 + V_2}{2} = \frac{7}{8}V_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow P\cdot\frac{7}{8}V_2 = \nu RT = \frac{7}{8}\nu RT_2 \Rightarrow T = \frac{7}{8}T_2 = \frac{7}{8}\cdot\cancel{440}^{55} = 385\,К.$$

Иными словами, $\boxed{T_к = \frac{T_1+T_2}{2}}$

$440 - 385 = 55$

3) $Q = C_p\Delta T = \boxed{\frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_к)} = \frac{5}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot 55 = 274{,}23\ Дж.$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cancel{T_k = \frac{T_1+T_2}{2}}$

$Q = C_p \Delta T = \frac{5}{2}\nu R (T_2 - T_k)$

$8{,}31 \times 33 = 2493\;3$

$P = const \Rightarrow PV_1 = \nu R T_1$ $\qquad T_1 = 330$

$PV_2 = \nu R T_2$

$PV_{k_1} = \nu R T_k$

$PV_{k_2} = \nu R T_k$ $\Rightarrow V_{k_1} = V_{k_2} = \frac{V_1+V_2}{2} = \frac{7V_1}{6}$

$$T_k = \frac{PV_{k_1}}{\nu R} = \frac{7V_1 P}{6\nu R} = \frac{7\cdot \nu R T_1}{6\nu R} = \frac{7T_1}{6} = \frac{7}{6}\cdot 330 = 385\,K.$$

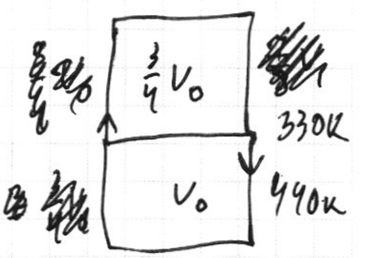
$$Q = C_p \Delta T = \frac{5}{2}\nu R (T_2 - T_k) = \frac{5}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot(440-385) =$$

$$= \frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot \cancel{55}^{11} = 91{,}41\cdot 3 =$$

$= 274{,}23$ Дж.

$440 - 385 = 55$

$8{,}31 \times 11 = 831 + 831 = 91{,}41$



$$\Delta Q = P\left(\frac{7}{8}V_0 - \frac{3}{4}V_0\right) + \nu R (T_k - T_н) =$$

$$= \frac{1}{8}PV_0 + \nu R T_k - \nu R T_н =$$

Было: $\frac{3}{4}V_0$

$$= \frac{1}{8}PV_0 + \frac{385}{330}PV_0 - PV_0 =$$

Стало: $\frac{\frac{3}{4}V_0 + V_0}{2} = \frac{7V_0}{8}$

$= 33\cdot 8{,}31 =$

$$= \frac{1}{8}PV_0 + \frac{55}{330}PV_0 = \left(\frac{1}{8}+\frac{1}{6}\right)PV_0 = \frac{5}{12}PV_0 =$$

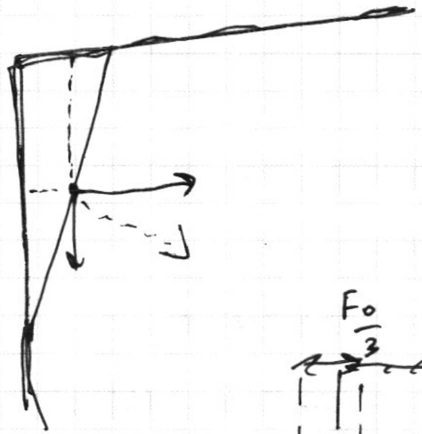
$$= \frac{5}{12}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot 330 =$$

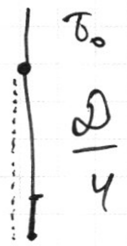
☑ черновик ☐ чистовик

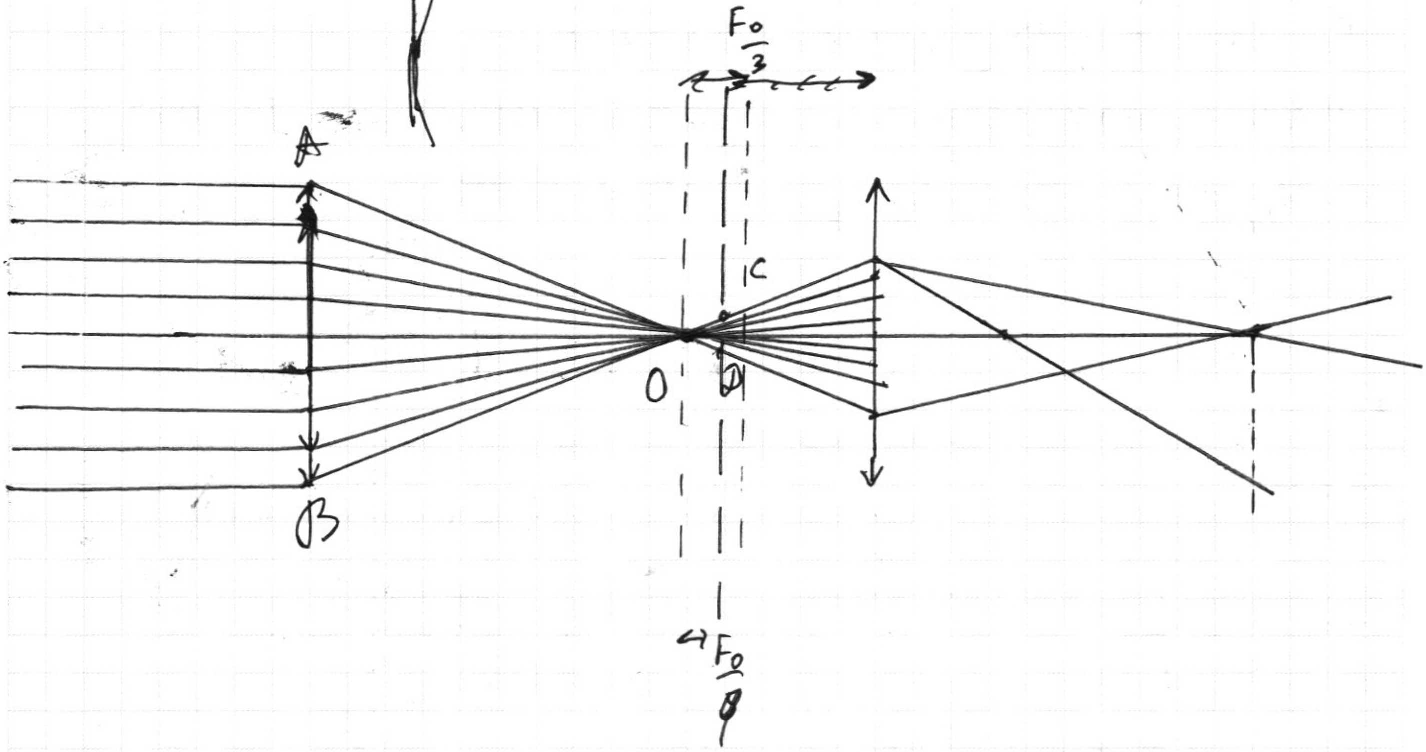
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

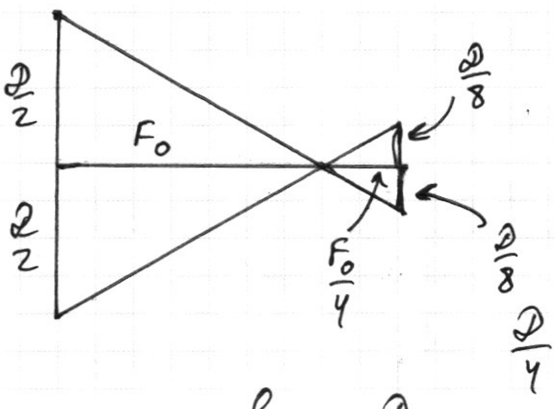
(Нумеровать только чистовики)







За τ_0 полностью вошла в пучок



закрывает $\frac{1}{9}$ света $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $l_м = \frac{D}{4} \cdot \frac{1}{9} = \frac{D}{36}$, преодолела она это расстояние за $\tau_0 = \frac{l_м}{v}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow v = \frac{l_м}{\tau_0} = \frac{D}{36\tau_0}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

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

Макс. ток через L_1 будет в момент $I' = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow U_{L_1} = 0, \quad E - L_2 I'_E - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow$ ~~[illegible]~~

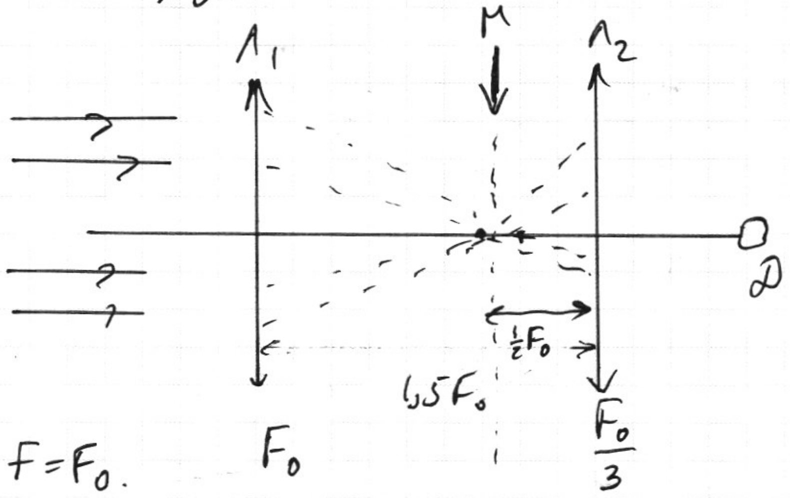
№5.

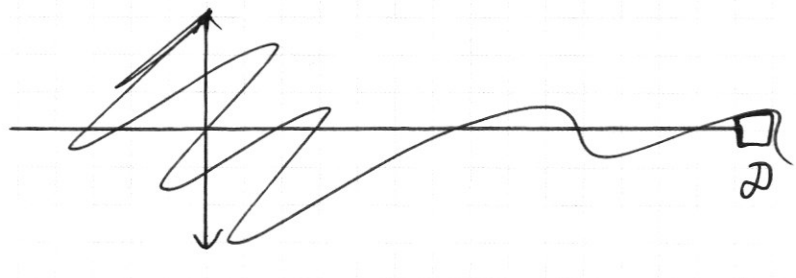
$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{F} + 0$

$F = F_0$

$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{F}$

$\frac{1}{F} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow F = F_0$.





№2

Изначально:

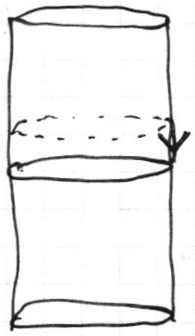
$PV_1 = \nu R T_1$

$PV_2 = \nu R T_2$

$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}} = \frac{3}{4}$. $\quad 4V_1 = 3V_2 \quad V_2 = \frac{4}{3}V_1$

(гел) $T_1 = 330K$ $\quad i=3$

(неон) $T_2 = 440K$ $\quad i=3$



$\nu = \frac{6}{25}$ моль

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

После:

$P_н V_{к_1} = \nu R T$

$P_н V_{к_2} = \nu R T$

$\Rightarrow V_{к_1} = V_{к_2} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{\frac{7}{3}V_1}{2} = \frac{7V_1}{6} =$

$= \frac{7}{6} \cdot \frac{\nu R T_1}{P} = \frac{\nu R T}{P_н} \Rightarrow \frac{7}{6}\frac{T_1}{P} = \frac{T}{P_н} \Rightarrow$

$P_н = \frac{T}{T_1} \cdot P \cdot \frac{6}{7}$

$PV_1 = \nu R T_1$

~~З.С.Э.:~~ $\cancel{\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R \cdot 2T}$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\boxed{V_2^2=(2U+V_1\cos\alpha)^2+V_1^2\sin^2\alpha}=4U^2+\frac{4\sqrt5}{3}V_1U+V_1^2,$$

$$V_2=2V_1\Rightarrow 4V_1^2=4U^2+\frac{4\sqrt5}{3}V_1U+V_1^2\Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4U^2+\frac{4\sqrt5}{3}V_1U-3V_1^2=0$$

$64\cdot5=320$

$$4U^2+\frac{4\sqrt5}{3}\cdot\overset{6}{\cancel{\ }}U-3\cdot\overset{108}{\cancel{\ }}36=4U^2+8\sqrt5U-108=0$$

$$D=320+4\cdot4\cdot108=320+1728=2048=2^{11}$$

$$\begin{array}{r} 108\\ \times\ 16\\ \hline 648\\ +108\ \ \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$U=\frac{-8\sqrt5\pm32\sqrt2}{8}=$$

$$\begin{array}{r|l} 2048 & 2\\ 1024 & 2\\ 512 & 2\\ 256 & 2\\ 128 & 2\\ 64 & 2\\ 32 & 2\\ 16 & 2\\ 8 & 2\\ 4 & 2\\ 2 & 2\\ 1 & \end{array}$$

$$=-\sqrt5\pm4\sqrt2,\quad U>0\Rightarrow U=4\sqrt2-\sqrt5\ \text{м/с}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

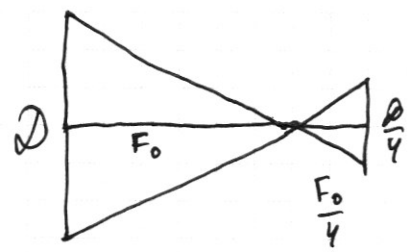
Проверка

№ 5.

На 1, весь свет соберётся в F_0 $\Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{F_0}{2}$.

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



За τ_0 она полностью зашла, заградив $\frac{1}{9}$ света $\Rightarrow$

$\Rightarrow l_м = \frac{D}{4} \cdot \frac{1}{9} = \frac{D}{36}$. Если так, то

$V = \frac{l_м}{\tau_0} = \frac{D}{36\tau_0}$. Нижняя точка мишени проходит $\frac{D}{4}$ за время $\tau_0 + t_1 = \frac{D}{4V} = \frac{D}{4 \cdot \frac{D}{36\tau_0}} = 9\tau_0$

$t_1 = 8\tau_0$.

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

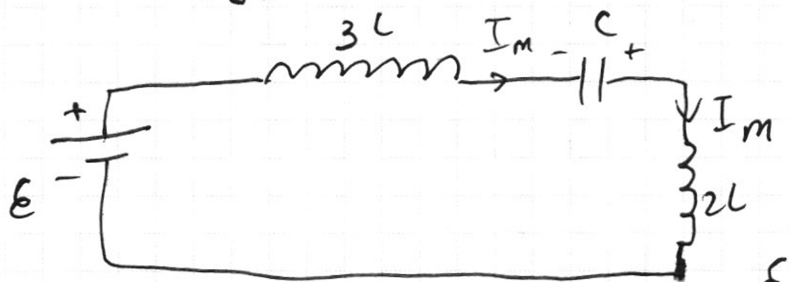
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $U_{L_1} = L I_1' = 0$

$\mathcal{E} - U_{L_2} - \frac{q}{C} = 0$

$\mathcal{E} = U_{L_2} + \frac{q}{C}$



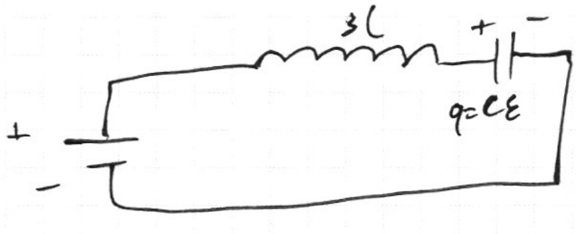
$I_m' = 0$

$\mathcal{E} = U_C = \frac{q}{C} \Rightarrow q = C\mathcal{E}$

$\mathcal{E} \cdot C\mathcal{E} = \frac{3LI_m^2}{2} + \frac{2LI_m^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$2C\mathcal{E}^2 = 5LI_m^2 + C\mathcal{E}^2 \Rightarrow 5LI_m^2 = C\mathcal{E}^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_m = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$



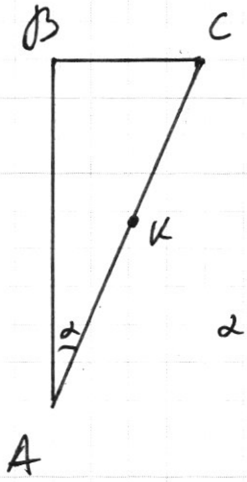
Когда ток $= 0$:

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$$W_{б} = \frac{CU^2}{2} = 2C\mathcal{E}^2 \quad (U = 2\mathcal{E})$$

$$\frac{LI_2^2}{8} = \frac{C\mathcal{E}^2}{8} \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{L_2}} = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{2L}}$$



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

☑ черновик ☐ чистовик

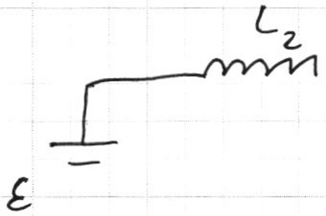
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

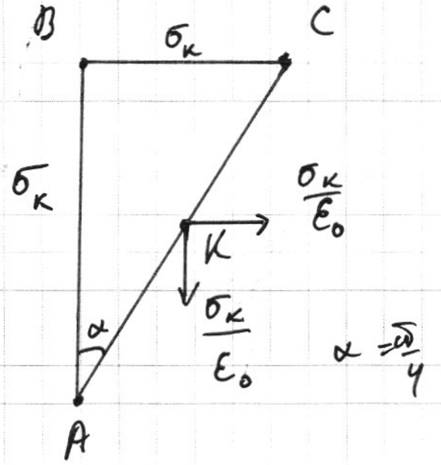
N1, N2, N5 — готовы!



$I_{L_2} = 0 \Rightarrow$

$W_0 = \frac{C\cancel{E}^2}{2} = \frac{C\varepsilon^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E_{лун} = \frac{\sigma_к}{\varepsilon_0} \qquad \frac{E_к}{E_{лун}} = \sqrt{2}.$$

$$E_к = \sqrt{\left(\frac{\sigma_к}{\varepsilon_0}\right)^2 \cdot 2} = \frac{\sigma_к}{\varepsilon_0}\sqrt{2} \Rightarrow \cancel{\frac{E_{лун}}{E_к}} =$$

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

$$+\mathcal{E}^2 \cdot C = \frac{L I_m^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

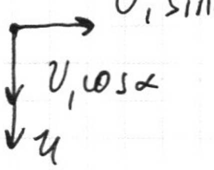
$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$I_m$$

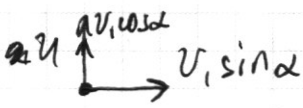
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В с.о. плиты:

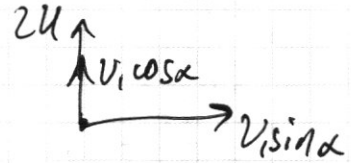
До:

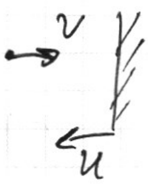


После:



В с.о. Земли:





До: $v+u$
После: $v+u$
В с.о. земли: $v+2u$

$\sqrt{1-\frac{4}{9}}=\frac{\sqrt5}{3}$

~~1) $v_2^2=\sqrt{(2u+v_1\cos\alpha)^2+(v_1\sin\alpha)^2}=$~~

~~$=\sqrt{\left(2u+v_1\frac{\sqrt5}{3}\right)^2+v_1^2\cdot\frac{4}{9}}=$~~

~~$=\sqrt{4u^2+\frac{4\sqrt5}{3}v_1u+\frac{5}{9}v_1^2+v_1^2\frac{4}{9}}=\sqrt{4u^2+\frac{4\sqrt5}{3}v_1u+v_1^2}$~~

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

$$\boxed{v_2=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}v_1}=\frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}}\cdot 6\ \frac{м}{с}=12\ \frac{м}{с}.$$

ЧЕРНОВИК.

$\frac{q}{C} + U_L = \mathcal{E}$

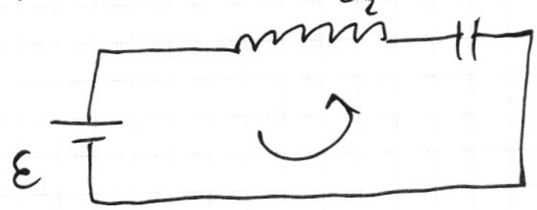
$U_L \approx 0$

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

$\times\ 8{,}31 \cdot 3 = 24{,}93$

$\times\ 2493 \cdot 11$

$2493 + 2493 = 27{,}423$



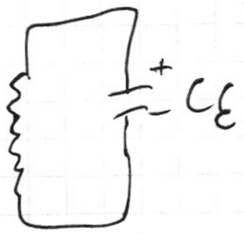
Когда бежит так — моментов нет с max

$T_1 = \pi\sqrt{5LC}$

$T_2 = \pi\sqrt{3LC} \Rightarrow T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{5}+\sqrt{3})$.

$\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$

$\times\ 2{,}3 \cdot 2{,}3$: $69 + 46 = 5{,}29$



$\sqrt{5} \approx 2{,}2$

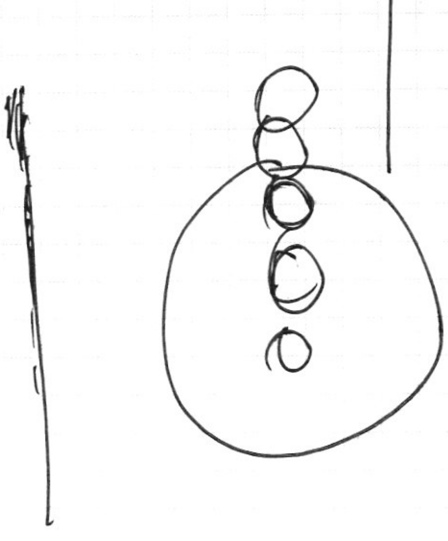
$\sqrt{2} \approx 1{,}4$

$2{,}2 + 1{,}4 \cdot 4 =$

$44 + 44 = 484$

$2 \cdot 2{,}3 = 4{,}6$

$4 \cdot 1{,}4 = 5{,}6$



☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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