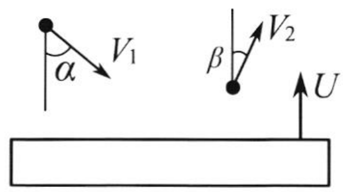
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

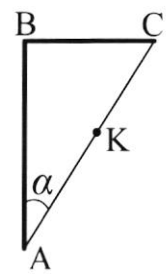


1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

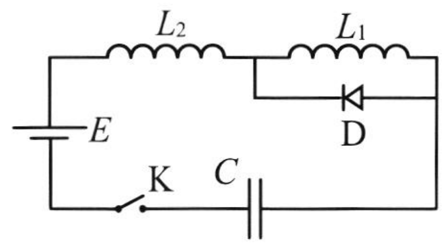
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ 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 AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



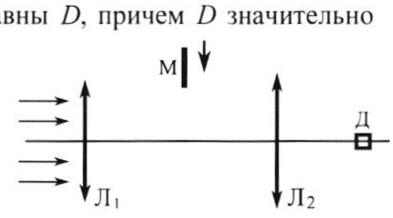
1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка AC.

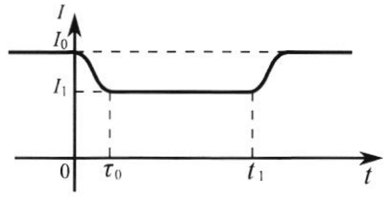
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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

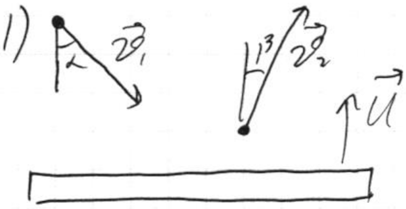
№1

Дано:
$v_1 = 12$ м/с
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

1) v_2 - ?
2) u - ?

Решение

1)

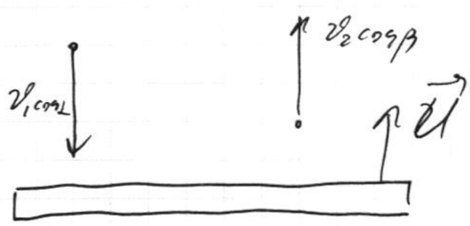


Заметим, что скорость направленная параллельно плоскости плиты сохраняется:

$$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta}$$

$$v_2 = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18 \text{ м/с}$$

2) В ударе участвует только ~~х~~ составляющие скорости направл. ⊥ пл. плиты, т.е. $v_1\cos\alpha$. Рассм процесс удара с ⊥ сост. скоростями



Если бы удар был абсолютно упругим, то по ЗСИ (в СО плиты):

$$v_1\cos\alpha + u = v_2\cos\beta - u$$ ~~относительно~~

$$\cancel{2u = v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}$$

$$\cancel{u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}}$$

Т.к. удар неупругий, то часть скорости переходит в $E_{вн}$, т.е. $v_1\cos\alpha + u > v_2\cos\beta - u \Leftrightarrow 2u > v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha$

$$u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$$

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$u > \frac{13\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \Leftrightarrow u > 3\left(2\sqrt{2}-\sqrt{3}\right) м/с$$

Если бы удар был абсолютно неупругим, то

$v_2 \cos\beta = u$

Т.к. удар неупругий, часть скорости сохраняется, и удар не является абсолютно неупругим (т.к. v_2 напр. под углом β к вертикали, $\beta \neq 0$), то:

$v_2\cos\beta > u \Rightarrow u < v_2\cos\beta \Leftrightarrow u < 13\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}$

$u < 12\sqrt{2}$ м/с

~~Итак: $u \in \left(3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})\right.$~~;

Итак: $3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})$ м/с $< u < 12\sqrt{2}$ м/с

Ответ: 1) $v_2 = 13$ м/с

2) $3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})$ м/с $< u < 12\sqrt{2}$ м/с

№3

Дано

1) $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$

$\sigma_1 = \sigma_2$

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

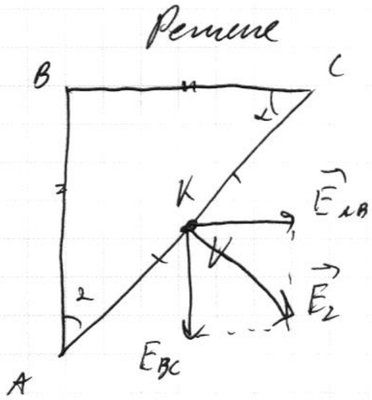
$\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

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

2) E_K - ?

Решение



1) По условию $E_1 = E_{BC}$

Пусть $E_{BC} = E_0$.

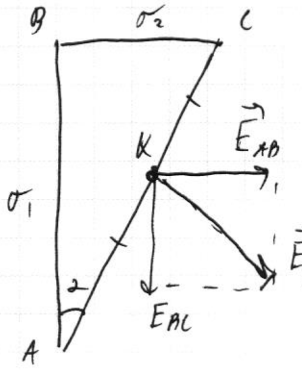
Из усл. видно, что $E_{AB} = E_{BC} = E_0$, т.к. $E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, а $\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$, а также расст до BC и AB от K равны. Тогда по т. Пифагора:

$$E_2 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0\sqrt{2}$$

Итак:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{E_0\sqrt{2}}{E_0} = \sqrt{2}$$

2)



Т.к. пластины бесконечны, то эл. поле однородное:

$E_{BC} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

$E_{AB} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$

Тогда по т. Пифагора!

$$E_и = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{(3\sigma)^2+\sigma^2}}{2\varepsilon_0} =$$

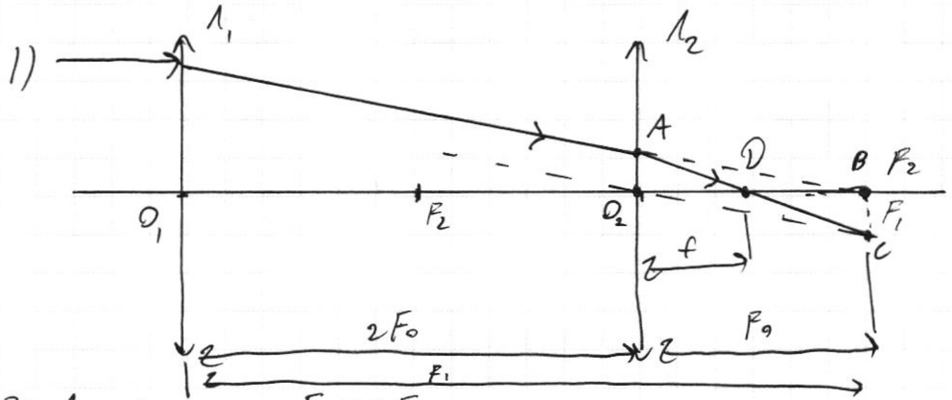
$$E_и = \frac{\sqrt{10}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$

2) $E_и = \frac{\sqrt{10}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$

№5

Дано	Решение
τ_0, F_0, D	1)
1) f-? 2) ϑ-? 3) t_1-?	



У $Л_1$ ~~фокусное~~ $F_1 = 3F_0$

У $Л_2$ $F_2 = F_0$

Заметим, что правые фокусы линз совпадают.

Рассм $ABCO_2$

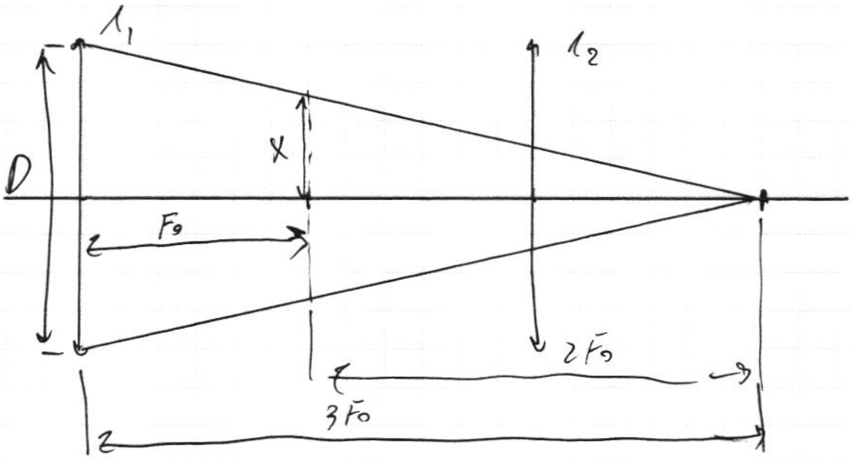
1) $AB \parallel O_2C$ (т.к. AB - продолжение падающего на линзу луча, а O_2C - ПОО $Л_2$)

2) $AO_2 \parallel BC$, т.к. BC - часть фокальной плоскости, $BC \perp$ ~~O_1O~~ ГОО, AO_2 - часть линзы, $AO_2 \perp$ ГОО

Из 1) -2) => $ABCO_2$ - параллелогр., для него AC и O_2B - диагонали. =>

=> Точки их пересечения делят их пополам => $O_2D = DB = \frac{1}{2} O_2B = \frac{1}{2} F_0$. Значит: $f = \frac{1}{2} F_0$.

2)



Рассм. ход лучей без $Л_2$.

~~По подоби~~ Из подобия Δ:

$\frac{2X}{D} = \frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow X = \frac{D}{3}$, X - радиус пучка света, где проходит пластина М.

Т.к. I падает в течении τ_0, то мощность светового излучения также падает в течении τ_0. Мощность пучка света ~ площади пучка света.

Т.к. $I_1 = \frac{5I_0}{9} \Rightarrow S_1 = \frac{5S_0}{9}$.

$S_0 = S_1 + S_м$, $S_м$ - площадь пластины

$S_м = S_0 - S_1 = \frac{4}{9} S_0$.

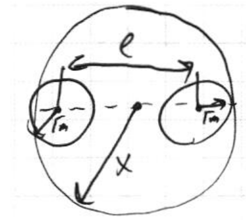
$$\begin{cases} S_0 = \pi X^2 \\ S_m = \pi r_m^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} S_0 = \pi X^2 \\ \frac{4}{9} S_0 = \pi r_m^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{4}{9} = \frac{r_m^2}{X^2} \Rightarrow r = \frac{2}{3} X = \frac{2}{9} D$$

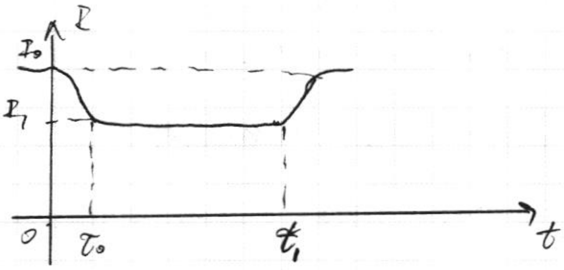
За время τ_0 мишень полностью зашла в пучок света, а значит прошла расстояние $2r_м$, тогда:

$$\vartheta = \frac{2r_m}{\tau_0} = \frac{\frac{4}{9}D}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$$

3) $(t_1 - \tau_0)$ - время, за которое мишень проходит весь пучок света, при этом оставаясь в нем.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





Видно, что:

$l = 2x - 2r_m = 2(x - r_m) = 2(x - \frac{2}{3}x) = \frac{2}{3}x = \frac{2}{3}\cdot\frac{1}{3}D = \frac{2}{9}D$

$l = v\cdot(t_1 - \tau_0) \Rightarrow t_1 = \frac{l}{v} + \tau_0 = \frac{\frac{2}{9}D}{\frac{4D}{9\tau_0}} + \tau_0 = \frac{1}{2}\tau_0 + \tau_0 = \frac{3}{2}\tau_0$

Ответ: 1) $F = \frac{1}{2}F_0$

2) $v = \frac{4D}{9\tau_0}$

3) $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$

№2

Дано:

$\nu = \frac{6}{7}$

$T_1 = 350K$

$T_2 = 550K$

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

$R = 8{,}31$

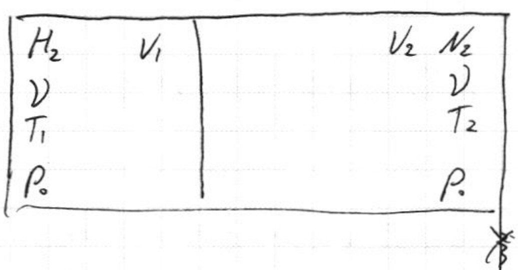
1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ?

2) $T_{кон}$ – ?

3) Q – ?

Решение

1)



Т.к. поршень передвигается без трения, то $P_1 = P_2 = P_0$; P_0 – начальное давление

Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона для каждого газа:

$P_0 V_1 = \nu R T_1$

$P_0 V_2 = \nu R T_2$

Делим данные ур-я:

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

2) Запишем 1-й з. термодинамики для каждого газа:

Водород:

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

Азот:

$-Q_2 = \Delta U_2 - A_2$, $-Q_2$, т.к. газ отдает Q

~~$-\Delta U_2$, т.к. газ охлаждается, в данном случае $\Delta U_2 > 0$.~~

$Q_2 = -\Delta U_2 + A_2$ $-A_2$, т.к. газ сжимается.

т.к. $Q_1 = Q_2$, а $A_1 = A_2$ (т.к. $P_1 = P_2$ в любой момент, а $\Delta V_1 = \Delta V_2$),

то: $\Delta U_1 = -\Delta U_2$

$\nu R \Delta T_1 = -\nu R \Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_1 = -\Delta T_2 \Leftrightarrow T_{кон} - T_1 = T_2 - T_{кон} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_{кон} = \dfrac{T_1 + T_2}{2} = \dfrac{550+350}{2} = 450K.$

3) Запишем 1-й з. термодинамики для водорода:

$Q = \Delta U + A_1$ (1)

$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R \Delta T$, $\Delta T = T_{кон} - T_1 \Leftrightarrow \Delta T = 450K - 350K = 100K$

Запишем 1-й з. терм. динамики в начальный момент:

$P_0 V_1 = \nu R T_1$

$P_0 V_2 = \nu R T_2$

Просуммируем их: $P_0(V_1 + V_2) = \nu R(T_1 + T_2)$ (2) заметим, что $V_1 + V_2 = V$,

V - полный объем цилиндра.

Запишем 1-й з. терм. в установившемся состоянии.

$PV = 2\nu R T_{кон}$ (3)

Разделим (2) на (3):

$\dfrac{P_0}{P} = \dfrac{T_1 + T_2}{2T_{кон}} \Rightarrow \dfrac{P_0}{P} = 1 \Rightarrow P_0 = P$ - процесс изобарный.

Значит $A = P\Delta V$

Вернемся к (1):

$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + P\Delta V = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{7}{2}\nu R \Delta T$

$Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 2493$ Дж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{7}{11}$

2) $T_{ним} = 450 К$

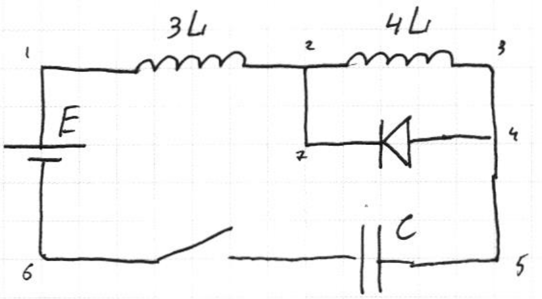
3) $Q = 2493$ Дж

№4

Дано:
$L_1 = 4L$
$L_2 = 3L$
C
E

1) T - ?
2) I_{m_1} - ?
3) I_{m_2} - ?

Решение



Обойдём 1356 //

$$E - 3L\frac{dI}{dt} - 4L\frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$$

$$E = 7Lq'' + \frac{q}{C}$$

Если в 1356 I увеличится, то $\mathcal{E}_i$ будет направлена против E, диод разрывает цепь.

Если в контуре 1356 I уменьшится, то $\mathcal{E}_i$ будет направлена как и E. Диод открыт, сопротивления нет, значит по контуру 23472 течет некоторый ток.

Расм. конечное состояние

$$E = \frac{q_{кон}}{C} \Rightarrow q_{кон} = CE.$$

$$A_{ист} = q_{ист}E = (q_{кон} - 0)E = CE^2$$

$$A_{ист} = W_2 - W_1, \quad W_1 = 0 \Rightarrow A_{ист} = W_2.$$

$$W_2 = \frac{q^2}{2C} + \frac{4LI^2}{2} = \frac{CE^2}{2} + \frac{4LI^2}{2}$$

Итак: $CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{4LI^2}{2} \Leftrightarrow 4LI^2 = CE^2$

$I = \frac{E}{2}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$ - это и есть max. значение тока в катушке L_1 ($4L$)

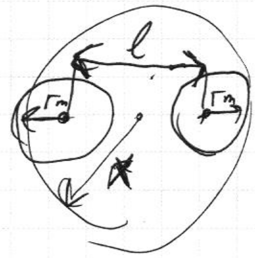
Ответ: $I_{m_1} = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

8) t_1 - время, за которое мишень проходит весь пучок дета, оставаясь в нём полностью

$l = 2x - 2r_m = 2(x - r_m) =$

$= 2(x - \frac{2}{3}x) = 2 \cdot \frac{1}{3}x = \frac{2}{3}x =$

$= \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} D = \frac{2}{9} D$



$l = 2v \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{l}{2v} = \frac{\frac{4}{9}D}{\frac{8D}{9\tau_0}} = \frac{1}{2}\tau_0$

---

3) Q водорода:

$Q = \Delta U + A$

$P_0 (V_1 + V_2) = \nu R (T_1 + T_2)$ $2V$

$P(V) = 2\nu R T_K$

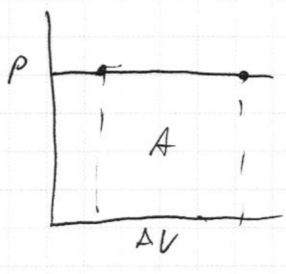
$\left\{ \begin{array}{l} P_1(\cancel{V_1} + \Delta V) = \nu R (T_1 + \Delta T) \\ P_2 (V_2 - \Delta V) = \nu R (T_2 - \Delta T) \end{array} \right.$

$\Delta T = T_K - T_1$

$\Delta T = 450 - 350 = 100 K$

$\frac{P_0}{P} = \frac{T_1 + T_2}{2T_K} \Rightarrow P_0 = P \Rightarrow$ процесс изобарный

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



$A = P\Delta V$

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

$Q_1 = \frac{5}{2}\nu R \Delta T + P\Delta V = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + \nu R \Delta T = \frac{7}{2}\nu R\Delta T$

$Q = \frac{\cancel{7}}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{6}^{3}}{\cancel{7}} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 300 \cdot 8{,}31 = 2493$ Дж

№4

$L_1 = 4L$

$L_2 = 3L$

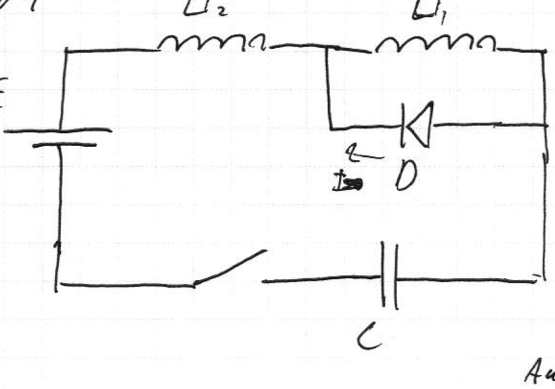
C

E

1) T - ?

2) I_{m_1} - ?

3) I_{m_2} - ?



$\mathcal{E}_1 = -\frac{dI}{dt}$

когда в цепи $I \downarrow$ $\mathcal{E}_1$ $\ominus$

$-L\frac{dI}{dt} = 0$

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

$q_m = \frac{CE}{\cancel{2}}$

$A_{ист} = CE^2$

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

$x'' + \omega x = 0$

~~$E = -q'' + \frac{q}{C}$~~

$\mathcal{E}_1 = \cancel{-\frac{dI}{dt}} = q''$

$E = -q'' + \frac{q}{C}$

$I = \frac{dq}{dt}$

$E - \cancel{q''} = \frac{q}{C}$

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

Т.к. I по 2 ЗСЭ $= 0$, то вся энергия на L_1

$W_L = A_{ист} - W_C = \frac{CE^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \Rightarrow I = E\sqrt{\frac{C}{L}}$

☑ 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

№5

$Л_1 - 3F_0$

$Л_2 = F_0$

$D \ll F_0$

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

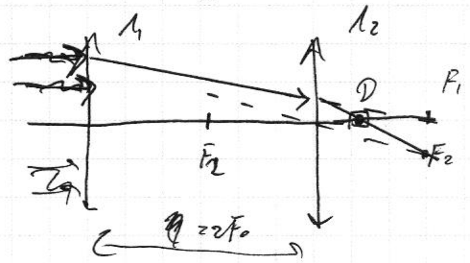
τ_0

1) r - ?

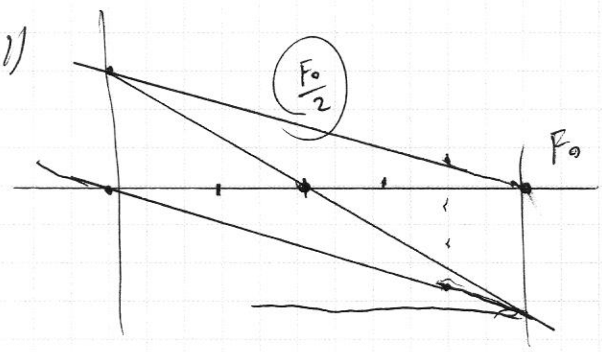
2) v - ?

3) t_1 - ?

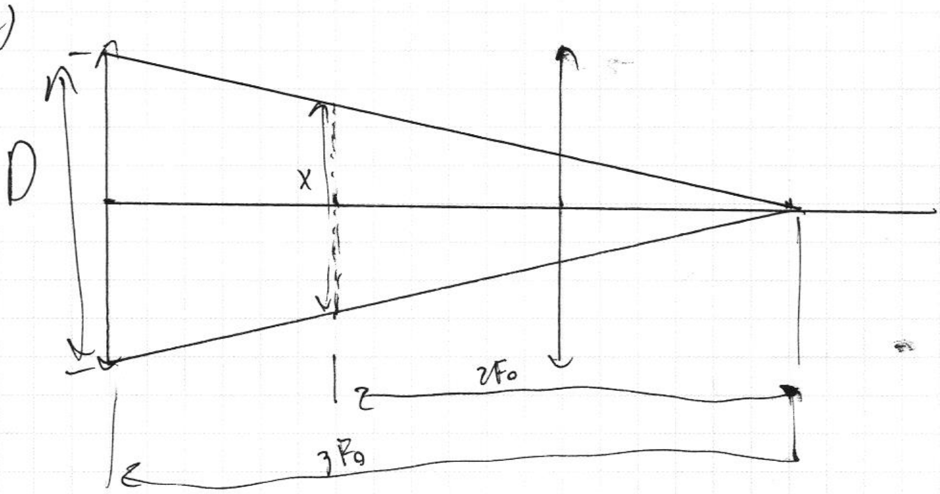
Решение



1)



2)



$\frac{X}{D} = \frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow X = \frac{1}{3}D$ X - радиус пр. светового пучка.

Т.к. ~~напр~~ I ↓ (падает) в течении τ_0, то ~~интенсивн.~~ мощность св. излучения тоже падает в течении τ_0.

Интен. света пропорциональн. S свет. пучка.

Т.к. $I_1 = \frac{5I_0}{9} \Rightarrow S_1 = \frac{5}{9}S_0$. ~~za~~ $S_0 = S_1 + S_м \Rightarrow S_м = S_0 - S_1 = \frac{4}{9}S_0$

$S = \pi r^2$

$S_n = \pi X^2$ $\quad S_0 = \pi X^2$

$S_м = \pi r_m^2$ $\Leftrightarrow$ $\frac{4}{9}S_0 = \pi r_m^2$ $\Rightarrow$ $\frac{4}{9} = \left(\frac{r_m}{X}\right)^2 \Rightarrow \boxed{r_m = \frac{2}{3}X} = \frac{2}{3}\cdot\frac{1}{3}D = \frac{2}{9}D$

За время τ_0 линия полностью проход. в пучке светов. и проходит путь $2r_m$

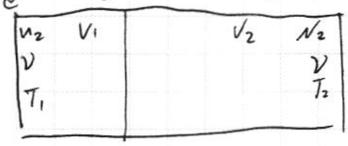
$v = \frac{2r_m}{\tau_0} = \frac{\frac{2}{9}D}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№2 $T_1 = 350\,K$ $\quad C_V = \frac{5}{2}R$

$T_2 = 550\,K$ $\quad R = 8{,}31$



1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) $T_{кон}$

3) Q - ?

1) $P_1V_1 = \nu RT_1$ $\quad P_1 = P_2 = P_0$

$P_2V_2 = \nu RT_2$

$$\frac{P_0V_1 = \nu RT_1}{P_0V_2 = \nu RT_2}$$

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

2) ~~Когда станет $T_{кон}$ $V_1' = V_2'$ зак. 1 з. терм для газ N_2:~~

~~$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + A$~~

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

2) $Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

$Q_2 = \Delta U_2 + A_2$

$P_0(V_1+V_2) = \nu R(T_1+T_2)$

$P_кV = 2\nu RT_к$

$\frac{P_0}{P} = \frac{T_1+T_2}{2T_к}$

$T_{кон} = \frac{T_1+T_2}{2}$

$U_1 = U_2$

$\frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T \Rightarrow \Delta T_1 = \Delta T_2 \Rightarrow T_{кон} = \frac{T_1+T_2}{2}$

$P(V_1+\Delta V) = \nu R(T_1+\Delta T_1)$

$P(V_2-\Delta V) = \nu R(T_2-\Delta T_2)$

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

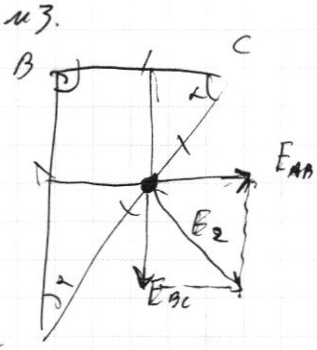
$T_2 - \Delta T_2 = T_1 + \Delta T_1$

$550K - T_2 = 350 + \Delta T_1$

$\Delta V = \frac{V_1+V_2}{2} - V_1 = \frac{V_1 + \frac{11}{7}V_1}{2} - V_1 =$

$= \frac{9}{7}V_1 - V_1 = \frac{2}{7}V_1$

№3. $\alpha = \frac{\pi}{4}$ $\quad \alpha = 45$



1) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

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

В перв. случ. $E_1 = E_0$

во втором: $E_2 = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0\sqrt{2}$

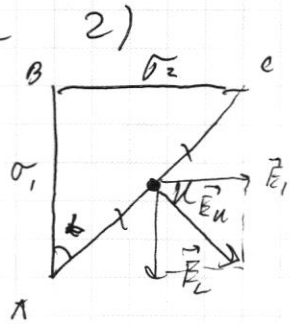
итог:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{E_0\sqrt{2}}{E_0} = \sqrt{2}$$

$\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

2)



$E_1' = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$

$E_2' = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

Т.к. плаcт. беск. то они созд. одн. эл. поле E_1' и E_2' соотв.

Тогда $E_к = \sqrt{E_1'^2 + E_2'^2}$

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

$$= \frac{\sqrt{(3\sigma)^2 + \sigma^2}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma\sqrt{9+1}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\sqrt{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{10}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

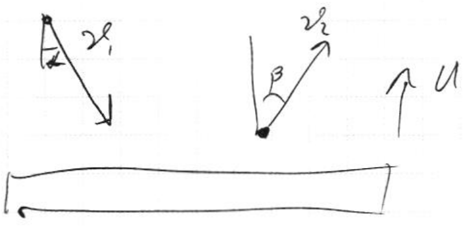
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

стр1

№1



~~Т.к. удар~~

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

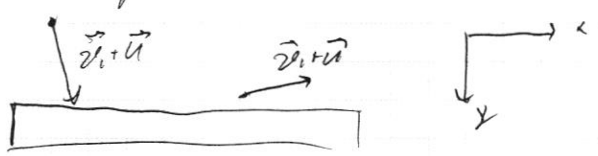
$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta}$

$v_2 = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \underline{18 \text{ м/с}}$

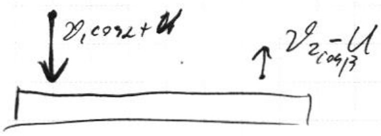
$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

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

2) Пер. в СО плиты:



Разл. v по осям, сост. Ox сохр. в ударе не учитыв. рассм. сост Oy:



Если бы удар был абс. упругим, то

$v_{2\cos\beta} = v' + v_{\text{~~пер~~}}$, $v_{\text{~~пер~~}} = u$

v' - ск. шар. отн. плиты. нач. уд.

ЗСИ

$v_1\cos\alpha + u = v'$

$v_{2\cos\beta} = v_1 \cos\alpha + 2u$

Т.к. удар неупр, то: $v_2\cos\beta < v_1\cos\alpha + 2u \Rightarrow u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$

$u > \frac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})$ м/с

Если бы удар был абс. неупругим:

$v_2 \cos\beta = u$

Т.к. удар неупругий, т.е. часть скорости по оси Oy тела сохр:

$v_2\cos\beta > u \Rightarrow u < v_2\cos\beta \mid u < 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = 12\sqrt{2}$ м/с

$3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})$ м/с $< u < 12\sqrt{2}$ м/с

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)