Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

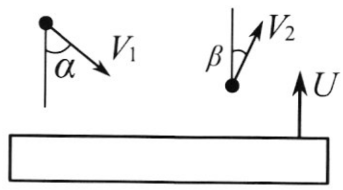
Класс 11

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.



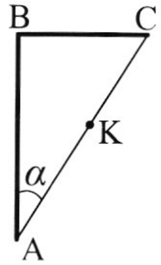
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

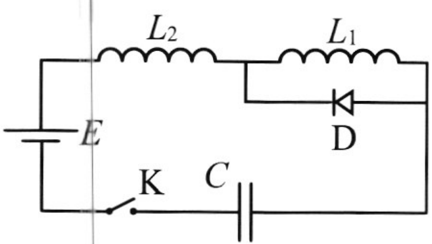
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

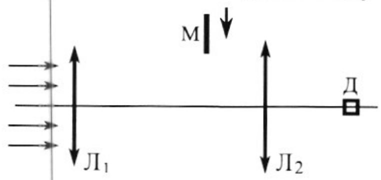
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

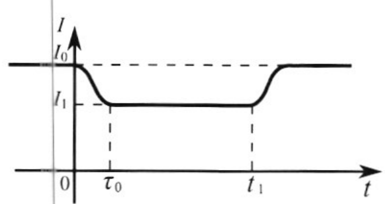
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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.

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$v_1 = 8\ \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

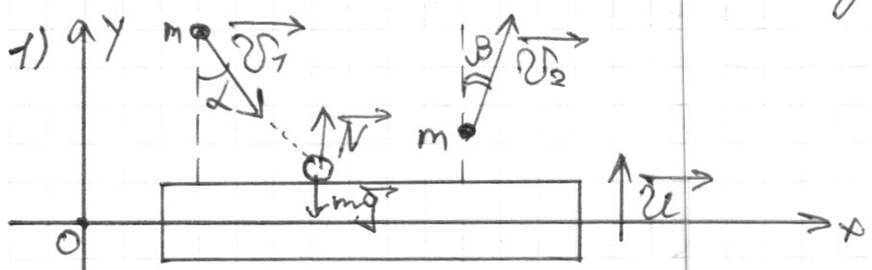
$\sin\beta = \frac{1}{2}$

Найти: v_2 – ?

u – ?

Решение: $F_{тр} = 0$ (по усл.)

1)



В процессе движения на шарик действуют только 2 силы: сила реакции со стороны плиты и сила тяжести со стороны Земли; обе силы не имеют составляющей по Ox. Тогда, для системы, состоящей из шарика, справедлив ЗСИ по Ox:

$m v_1 \cdot \sin\alpha = m \cdot v_2 \cdot \sin\beta \Longrightarrow v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta}$, ... (1)

$v_2 = \frac{8^2 \cdot 3 \cdot 2}{4 \cdot 1} = 12\ (\frac{м}{с})$.

2) Перейдём в СО плиты:

$\vec{v}_{шп} = \vec{v}_{шз} + \vec{v}_{зп} = \vec{v_1} - \vec{u}$ – скорость шара отн. плиты до удара ... (2);

$\vec{v}_{шп2} = \vec{v_2} - \vec{u}$ – скорость шара отн. плиты после удара.

При абс. упругом ударе составляющая по Oy меняет свой знак на противоположный, не меняя модуль (следует из ЗСЭ, где $Q = 0$). При неупругом ударе после взаимодействия модуль составляющей по Oy будет не больше, чем при абс. упругом.

☐ черновик ☒ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Найдём u' при абс. упругом ударе; по Oy верно:

$v_{кпy} = -v_{кпy2}$,

$-u' - v_1 \cdot \cos\alpha = +u' - v_2 \cdot \cos\beta$,

$u' = \frac{v_2 \cdot \cos\beta - v_1 \cdot \cos\alpha}{2}$;

Из геометрии, $\sin\alpha = \frac{3}{4} \mapsto \cos\alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$; $\sin\beta = \frac{1}{2} \mapsto \cos\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

$u' = \frac{\frac{12 \cdot \sqrt{3}}{2} - \frac{8 \cdot \sqrt{7}}{4}}{2} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ (м/с); значит, $u \geq u'$.

Ответ: $v_2^2 = 12 \frac{м}{с}$; $u \geq (3\sqrt{3} - \sqrt{7}) \frac{м}{с}$.

№2

Дано:

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

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

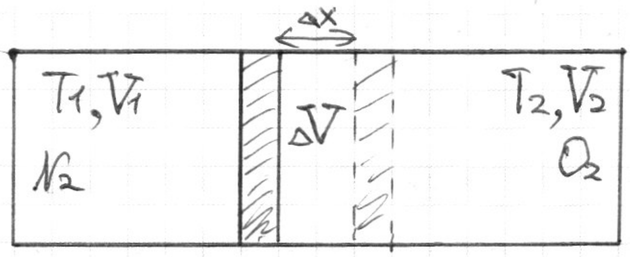
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$

Найти: $\frac{V_1}{V_2}$ — ?

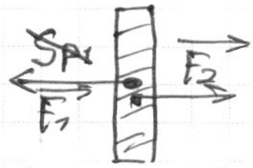
$T_к$ — ?

Q — ?

Решение:



В данном процессе, т.к. при движении поршня трение отсутствует, давления в обеих частях цилиндра ~~во~~ совпадают:



2з. Ньютона: $\vec{F_1} + \vec{F_2} = 0$.

$F_1 = Sp_2'$, $F_2 = Sp_1' \mapsto p_1' = p_2'$ ...(1) (в течение всего процесса).

Значит, на поршень в каждый момент времени со стороны каждого из газов действуют одинаковые по модулю, но противоположные по направлению силы. Значит, $A_{F_1} = -A_{F_2}$ и суммарная работа газов равна 0, т.е. справедлив ЗСЭ:

$U_1 + U_2 = U_{1к} + U_{2к}$,

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T_к + \frac{3}{2}\nu R T_к \mapsto T_к = \frac{T_1 + T_2}{2}$,

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T_к = \frac{300+500}{2} = \underline{400\,(K)}$.

Запишем ур. Менделеева-Клайперона для каждого из газов в произвольный момент времени:

$p_1' \cdot V_1' = \nu R T_1'$, $p_2' \cdot V_2' = \nu R T_2'$; ...(2)

С учётом $p_1' = p_2'$ имеем: $\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{T_1'}{T_2'}$ ... (3).

Для начального момента:

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{300}{500} = \underline{\underline{0,6}}$.

Для смещения поршня на ΔV:

$\frac{V_1 + \Delta V}{V_2 - \Delta V} = \frac{T_1(\Delta V)}{T_2(\Delta V)}$ ... (4)

(поршень смещается вправо, т.к. кислород нагревается ($T_1 < T_2$) и расширяется (из з. М-К.)).

Кроме того, для смещения на ΔV в произв. момент времени справедлив ЗСЭ (аналогично с тем, что было ранее):

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T_1' + \frac{3}{2}\nu R T_2'$;

$T_1 + T_2 = T_1' + T_2' = T_1(\Delta V) + T_2(\Delta V)$ ... (5).

Найдем давление в произв. момент времени (из (2), (4) и (5)):

$p(\Delta V) = \frac{\nu R T_1(\Delta V)}{V_1 + \Delta V}$; $T_2(\Delta V) = \frac{V_2 - \Delta V}{V_1 + \Delta V} \cdot T_1(\Delta V) \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 + T_2 = T_1(\Delta V) \cdot \left(\frac{V_2 - \Delta V}{V_1 + \Delta V} + 1\right) = T_1(\Delta V) \cdot \frac{V_2 + V_1}{V_1 + \Delta V}$,

$T_1(\Delta V) = \frac{(T_1 + T_2) \cdot (V_1 + \Delta V)}{V_2 + V_1} \Rightarrow p(\Delta V) = \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_1 + V_2} = const$ ... (6)

Значит, давление в данном процессе неизменно.

☐ черновик ☒ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$Q_1 = A_1 + \Delta U_1$ – 1 закон Т-Д. $\Longrightarrow Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1) +$
$+ A_1$ ... (7) – кол-во теплоты, полученное азотом.
Т.к. $p = const$ (процесс изобарный), то $A_1 =$
$= p \cdot \Delta V_k$ ... (8)
Из соотношения (3) для конечного момента времени ($T_{k1} = T_{k2} = T_k$, $V_{1k} = V_1 + \Delta V_k$, $V_{2k} =$
$= V_2 - \Delta V_k$):

$$\frac{T_k}{T_k} = 1 = \frac{V_1 + \Delta V_k}{V_2 - \Delta V_k} \Longrightarrow \Delta V_k = \frac{V_2 - V_1}{2} \ldots (9)$$

Из ур. М.-К., $V_1 = \frac{\nu R T_1}{p}$, $V_2 = \frac{\nu R T_2}{p} \Longrightarrow$

$$\Longrightarrow \Delta V_k = \frac{\nu R(T_2 - T_1)}{p} \Longrightarrow A_1 = \nu R(T_2 - T_1) \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1) + \nu R(T_2 - T_1) =$$

$$= \nu R\left(\frac{3}{2}T_k + T_2 - \frac{5}{2}T_1\right),$$

$$Q_1 = \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot 400 + 500 - \frac{5}{2} \cdot 300\right) = \frac{3 \cdot 8{,}31}{7} \cdot 350 =$$

$$= 3 \cdot 50 \cdot 8{,}31 = 150 \cdot 8{,}31 = \underline{1246{,}5 \text{ (Дж)}}.$$

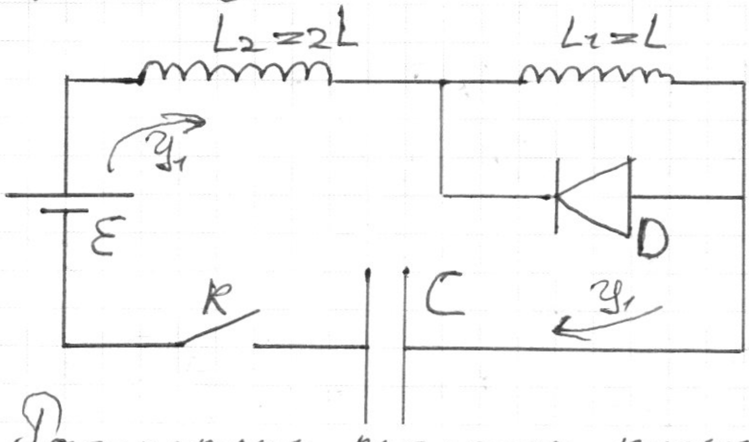
Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}6$; $T_k = 400K$; $Q = 1246{,}5$ Дж.

№4

Дано:
$\mathcal{E}$
$L_1 = 2L, L_2 = L$
C

Найти: T – ?
I_{m1} – ?
I_{m2} – ?

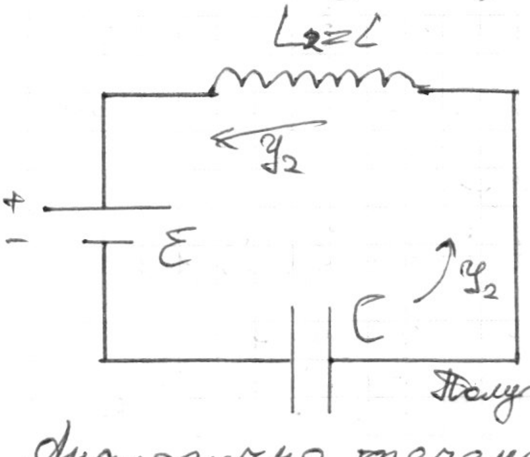
Решение:



Рассмотрим процессы, происходящие в цепи. 1) После замыкания ключа конденсатор начнёт заряжаться. Т.к. в цепь включены катушки

Из з. Ома для полной цепи, суммарное напряжение в цепи в любой момент времени равно $\mathcal{E}$:
$\mathcal{E} = U_L + U_C \Rightarrow U_L = \mathcal{E} - U_C$; $U_L = 0$ при $U_C = \mathcal{E}$. Кроме того, $U_L = -3LI'$ (из з. ЭМИ для катушки) $\Rightarrow I' = 0$ при $U_C = \mathcal{E}$, т.е. максимальная сила тока через катушку L_1 достигается именно в этот момент (при обратном направлении тока он течёт через идеальный диод и $I_{L_1} = 0$) ... (4).
Т.к. катушки на данном участке подкл. последовательно, то ток через них течёт одинаковый.
Значит, $\underline{I_{m1} = I_0 = \sqrt{\frac{C}{L}}\mathcal{E}}$.
При этом, если бы диода не было, то происходили бы электр. колебания с $T_1 = 2\pi\sqrt{3LC}$. При этом, движение зарядов в одном направлении в колеб. процессе занимает ровно половину периода. Значит, $t_1 = \frac{T_1}{2} = \pi\sqrt{3LC}$ ... (5).

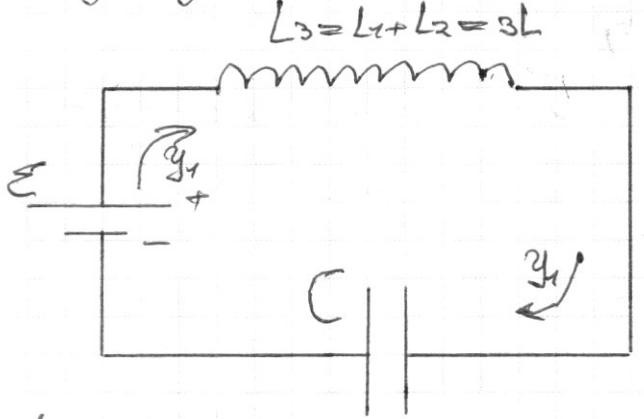
2) В обратном направлении ток течёт через диод и далее через катушку $L_2 = L$:



Аналогично с предыдущим пунктом, $I_2 = I_{2max}$ при $U_C = \mathcal{E}$.
Тогда, из ЗСЭ:
$2\mathcal{E}^2 C = \frac{LI_{m2}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$,
$\frac{3}{2}C\mathcal{E}^2 = \frac{LI_{m2}^2}{2} \Rightarrow \underline{I_{m2} = \sqrt{\frac{3C}{L}}\mathcal{E}}$.
Получили $I_{m2} > I_{m1}$, т.к. макс. ток через катушку 2 действ. равен I_{m2}.
Аналогично, течение тока в направлении I_2 в колебательном контуре, составлял бы только

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

индуктивности, ток меняется постепенно, без скачков. В процессе зарядки ток через диод не идёт, катушку можно заменить на эквивалентную:



Когда напряжение на конденсаторе достигнет $\mathcal{E}$, ток, благодаря катушкам, не прекратится, в катушках $(R=0)$ останется часть энергии. Т.к. потерь нет, то вся ~~за работ~~ работа источника, из ЗСЭ, перейдёт в энергию катушки и конденсатора:

$A = \mathcal{E} q_n = \frac{3L I_0^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = E \ldots (1).$

Окончательно, когда конденсатор окажется заряжен до некоторого U_k, ток прекратится. Вся энергия в этот момент сосредоточена в конденсаторе:

$E = \frac{C U_k^2}{2} = \frac{q_n^2}{2C} \ldots (2)$, т.к. из ~~ЗСЭ в~~ ЗСЗ весь заряд окажется на конденсаторе. Отсюда,

$\mathcal{E} \cdot q_n = \frac{q_n^2}{2C} \Leftrightarrow q_n = 2\mathcal{E}C; \quad \mathcal{E} \cdot 2\mathcal{E}C = \frac{3L I_0^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow I_0^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L}, \; I_0 = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E} \ldots (3).$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L, составило бы $t_2 = \frac{T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{2} = \pi\sqrt{LC}$ ... (6).

Тогда, период таких колебаний равен $T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$.

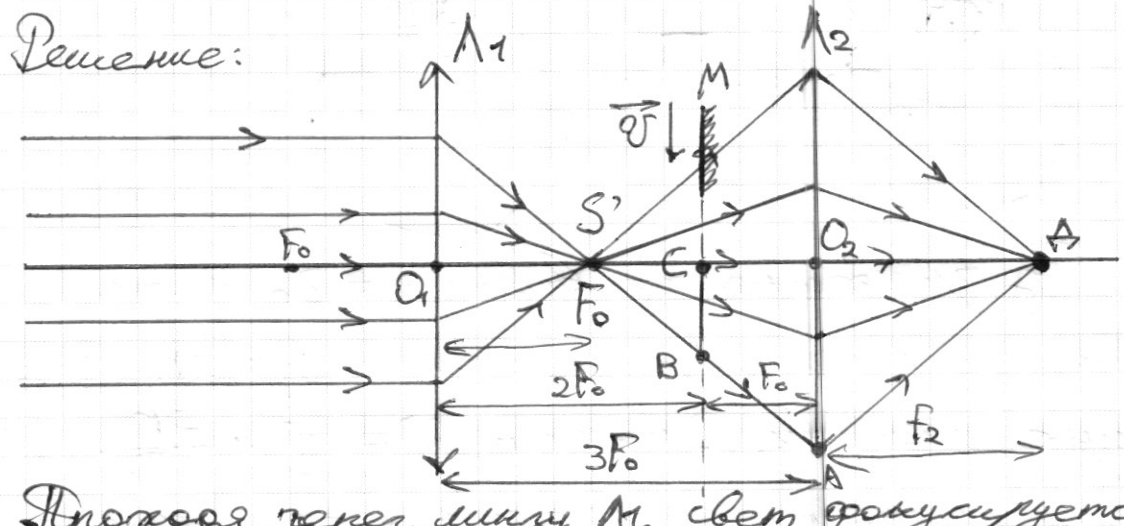
Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$; $y_{m1} = \sqrt{\frac{C}{L}}\mathcal{E}$; $y_{m2} = \sqrt{\frac{3C}{L}}\mathcal{E}$.

№5

Дано:
F_0
D
$y \sim P$
t_0
$y_1 = \frac{3}{4}y_0$

Найти: f_2 - ?
v - ?
t_1 - ?

Решение:



Проходя через линзу Л1, свет фокусируется в её фокусе (т.к. пучок лучей ∥) и образует действительное изображение S'. Можно считать, что далее лучи от изображения падают на линзу Л2, фокусируясь в фотодетекторе (точке). Т.к. S' ближе к линзе Л1, то, из геометрии, лишь часть лучей, падающих на Л1, преломившись, далее попадут на фотодетектор. На рисунке изображе-

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ны ^именно^ лучи, попадающие на детектор, ~~выключая~~ крайние.

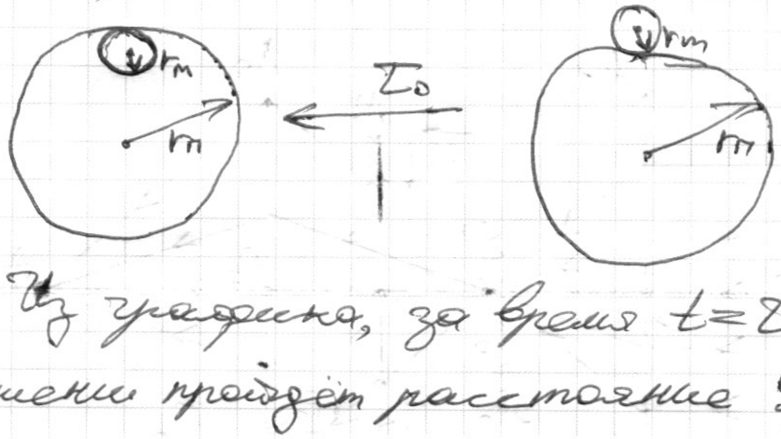
По ф. тонкой линзы (для Л2):

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$, $d_2 = 2F_0$ (см. рис.) $\Rightarrow \underline{\underline{f_2 = 2F_0}}$ ... (1)

Из геометрии, $\triangle S'CB \sim \triangle S'O_2A$ по 2 углам $\Rightarrow$

$\Rightarrow r_П = \frac{F_0}{2F_0} r_Л = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} D = \frac{1}{4} D$ ... (2) – радиус светового пучка ~~в месте~~ на расстоянии от линзы Л2, равном F_0 (радиус сечения пучка плоскостью, в которой движется мишень).

Мишень начинает постепенно закрывать часть пучка, пока не станет освещена полностью:



Из графика, за время $t = \tau_0$ нижняя точка мишени пройдет расстояние $S = 2r_м$, где $r_м$ – радиус мишени. Значит, $v = \frac{S}{t} = \frac{2r_м}{\tau_0}$ ... (3).

Лучи равнозначны между собой. Интенсивность прямо пропорциональна числу лучей и, как следствие, прямо пропорц. площади сечения пучка, $_\wedge$не закр. мишенью. Отсюда, для момента, когда мишень полностью освещена, имеем:

$Y \sim P \sim S$ (площадь) $\Rightarrow \frac{Y_0}{Y_1} = \frac{S_0}{S_0 - S_M} = \frac{4}{3}$,

$1 - \frac{S_M}{S_0} = \frac{3}{4}$; $S_M = \pi r_м^2$, $S_0 = \pi r_П^2 \Rightarrow \frac{r_м^2}{r_П^2} = \frac{1}{4}$,

$r_м = \frac{1}{2} r_П = \frac{1}{8} D$ ... (4)

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит, $v = \frac{2r_m}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}$ ... (5) – скорость движения мишени.

t_1 – момент времени, когда мишень достигла противоположн. края пучка и площадь сечения не закрытого мишенью, начала увеличиваться (т.к. ток начал расти из графика):

С момента начала движения ~~ну~~ нижняя точка мишени прошла расстояние $2r_п$. Значит,

$$t_1 = \frac{2r_п}{v} = \frac{2r_п \cdot 4\tau_0}{D} = \frac{2 \cdot D \cdot 4\tau_0}{4D} = 2\tau_0.$$

Ответ: $P_2 = 2P_0$; $v = \frac{D}{4\tau_0}$; $t_1 = 2\tau_0$.

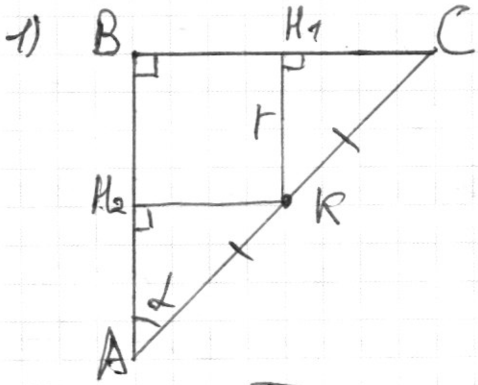
№3

Дано:
$AB \perp BC$
$\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$
$\alpha_2 = \frac{\pi}{7}$
$\sigma_1 = 2\sigma$
$\sigma_2 = \sigma$

Найти: ~~$\frac{E_1}{E_2}$ – ?~~
E – ? $\frac{E_2}{E_1}$ – ?

Решение:

1)



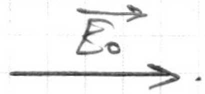
$AB = BC$
$KH_1 = KH_2 = r$.

При $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$ треугольник равнобедренный и прямоугольный. В этом случае точка K равноудалена от пластин, т.е.

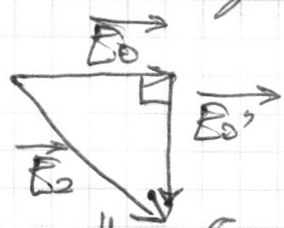
$r_1 = r_2 = r$ ... (1).

Пусть одна пластина создавала в данной точке некоторую напряжённость $\vec{E_0}$,

$E_1 = E_0$ ... (3)



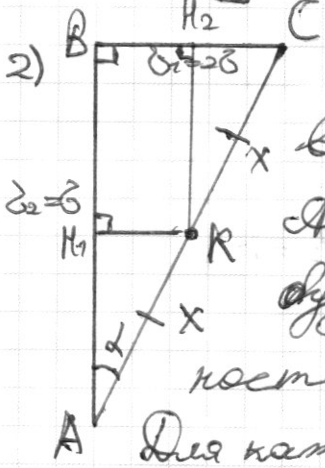
Вторая пластина, независимо от первой, также ~~дос~~ создаёт в данной точке напряжённость $\vec{E_0'}$ ($|\vec{E_0}| = |\vec{E_0'}|$, т.к. из геометрии пластины одинаковы и положение точки K относительно каждой из них также совпадает, $r_1 = r_2 = r$). Значит, суммарная напряжённость будет равна сумме двух векторов, равных по модулю E_0 и находящихся под углом в 90° отн. друг друга, т.к. пластина перпендикулярна:



Из геометрии, $E_2 = \sqrt{2} E_0$... (2).

Значит, из (2) и (3), $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2} \approx 1{,}4$.

2)



~~Расстояния до пластин равны соответственно $r_2 = KH_1 = x \cdot \sin\alpha$ и $r_1 = KH_2 = x \cdot \cos\alpha$... (1)~~

Аналогично, ~~сум~~ итоговая напряжённость будет равна векторной сумме напряжённостей каждой из пластин.

Для каждой из пластин $E_1' = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, $E_2' = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$...(2)

Тогда, $E = \sqrt{E_1'^2 + E_2'^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$.

Ответ: $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2} \approx 1{,}4$; $E = \cancel{\sqrt{5}\,\varepsilon}\ \frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$.

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

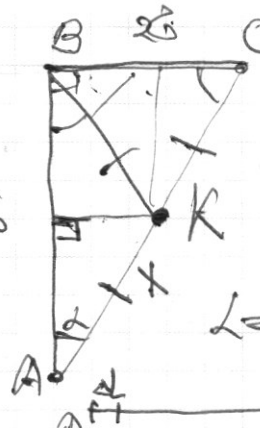
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пластины бесконечны $\Rightarrow E = const = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$

$E_y = \frac{1}{5}E$

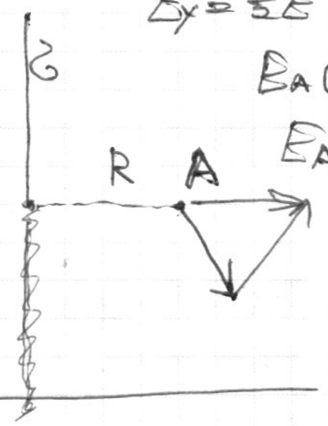


$tg\frac{\pi}{7}$

$\sin\alpha \cdot x$

$\cos\alpha \cdot x$

$\alpha = \frac{\pi}{7}$

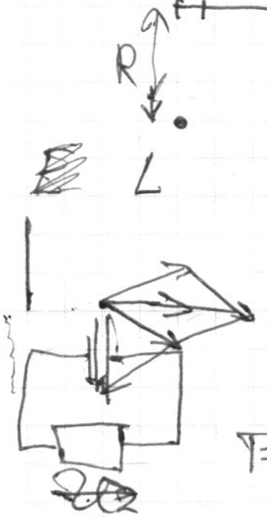


$E_A(R)$ — ?

E_A

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

2) ?

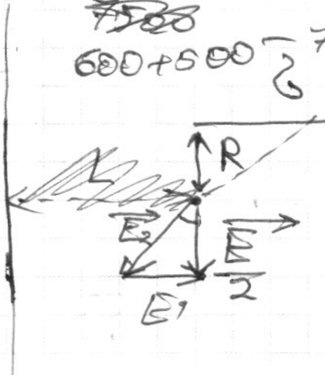


~~7500~~

$600 + 500 - 750 = 600 - 250 =$

$= 350$

$\alpha = \frac{180}{7} \approx 26°$



$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$

$\times \frac{8{,}31}{150}$

4155

831

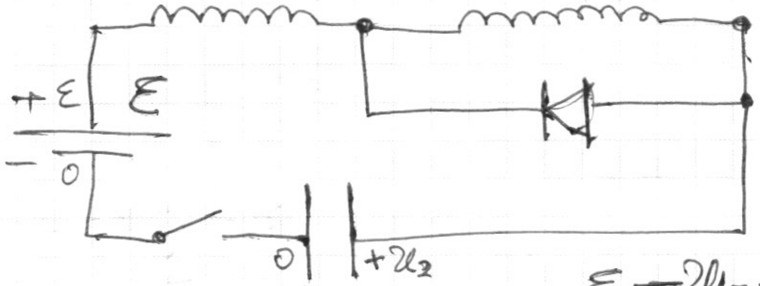
$1246{,}50$

$\sin\beta = \frac{E_1}{E_2}$

$\cos\beta = \frac{E}{2E_2}$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$

№4



$U_{L_1} = -L\,y''$

$U_{L_2} = -2L\,y''$

$E = U_{L_1} + U_{L_2} + U_C$ ~~= const = 0~~

1)

1) $U_2 \uparrow 0 \to U_{max}$

2) $U_{max} \downarrow U_{max} \to U_2$

$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{C}\cdot(\sqrt{L} + \sqrt{3L}) = \pi\sqrt{LC}\cdot(1+\sqrt{3})$

☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

3 (Э) (при прямом ходе имеем одну катушку с $L_3 = 3L$):

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{3L I_{m_1}^2}{2} = const$$

~~$I_c(u_c)$~~

~~При~~ u_c: $u_L = \mathcal{E} - u_C = L I'$

$I' \cdot \Delta t = q_i$

$\Sigma q_i = \frac{A}{\mathcal{E}}$

~~$A = q\mathcal{E}$~~ $\mathcal{E} = \frac{A}{q}$

$$A = q_B \mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{3L I_m^2}{2} = \frac{C U_m^2}{2}$$

$q = CU$

$U_m = \frac{q_B}{C}$ $\quad q_B \cdot \mathcal{E} = \frac{q_B^2}{2C}$

$q_B = 2C\mathcal{E}$

$$A = 2C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{3L I_m^2}{2}$$

$$\frac{3}{2} C\mathcal{E}^2 = \frac{3L I_m^2}{2}$$

$$I_{m_1} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$$

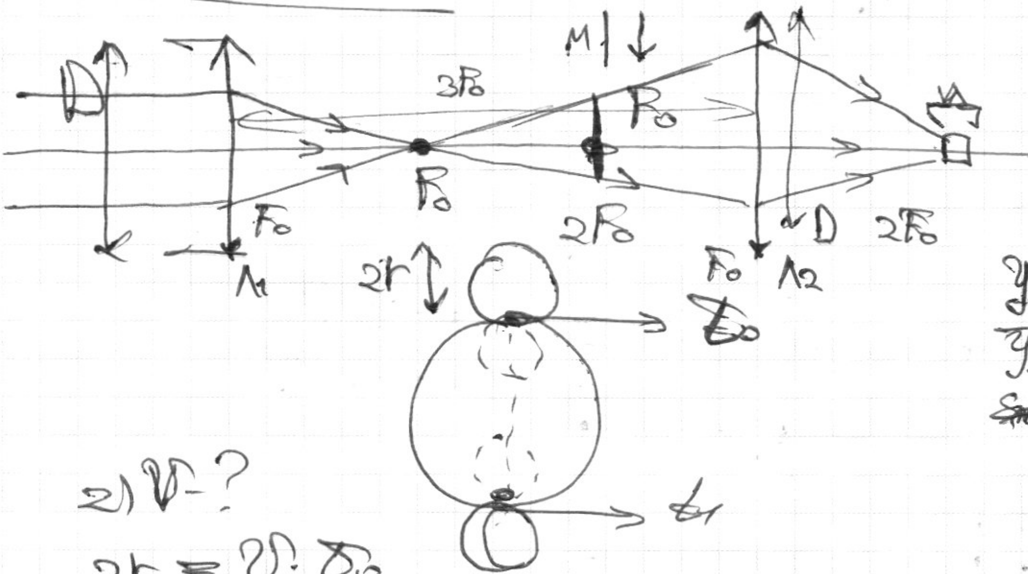
Аналогично для I_{m2}:

$$I_{m2} = \sqrt{\frac{3C}{L}}\,\mathcal{E}$$

№5

1) $f = 2F_0$

$D << F_0$



$I \sim L(P)$

$P \sim S_п$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{S - S_m}{S}$$

~~$S_m =$~~ $\frac{3}{4} = 1 - \frac{S_m}{S}$

$S_m = \frac{1}{4} S$

$S_m = \pi r^2 = \frac{1}{4}\pi R^2$

$r = \frac{R}{2}$

2) v - ?

$2r = v \cdot \tau_0$

$v = \frac{2r}{\tau_0}$

R - из подобия

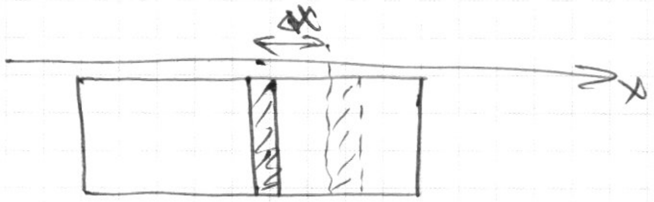
$2R = \frac{1}{2} D$ $\quad R = \frac{D}{4}$

$v = \frac{D}{\cancel{4}\tau_0}$

3) $t_1 = \frac{2R}{v} = \frac{2 \cdot D}{4 \cdot D} \tau_0 = \frac{\tau_0}{2}$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$V_1' = V_1 + \Delta V$

$V_2' = V_2 - \Delta V$

$p_1' = p_2'$

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

$p_1' = \frac{\nu R T_1'}{V_1'}$

$T(\Delta V) - ?$

$p_1(\Delta V) = \frac{\nu R T_1(\Delta V)}{\cancel{V_1+\Delta V}}$

$p(\Delta V) = \frac{\nu R \cdot (T_1+T_2)}{V_1+V_2} = const!$

$A = p \cdot \Delta V$

$T_{1k}' = T_{2k}' \Leftrightarrow V_1 + \Delta V = V_2 - \Delta V$

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

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

$V_2 - V_1 = \frac{\nu R(T_2 - T_1)}{p = const}$

$A = p \cdot \frac{V_2-V_1}{2} = \frac{\nu R(T_2 - T_1)}{2}$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_1)$

$A + \Delta U = Q$

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

$T_1 + T_2 = T_1' + T_2'$

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

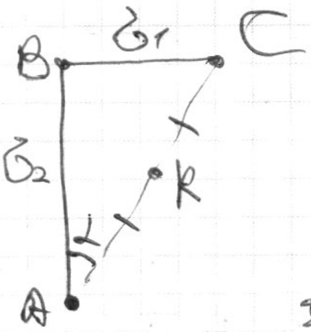
$T_2' \cdot \left(1 + \frac{V_1+\Delta V}{V_2-\Delta V}\right) = T_1 + T_2$

$T_2' = \frac{(T_1+T_2)\cdot(V_2-\Delta V)}{V_1+V_2}$

$T_1' = \frac{T_1+T_2}{V_1+V_2}\cdot(V_1+\Delta V)$

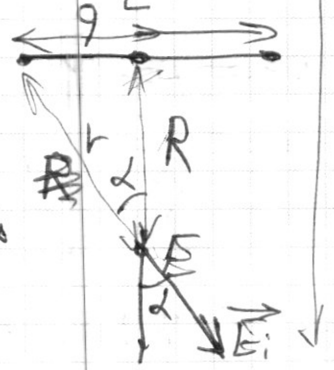
№3

1)



$\alpha = 45°$

$|\vec{E}| = E_x$



Для малого q_i:

$E_{ix} = \frac{kq_i}{r^2} \cdot \cos\alpha$

$r = \frac{R}{\cos\alpha} \Leftrightarrow E_{ix} = \frac{kq_i}{R^2} \cdot \cos^3\alpha_i$

E_{ix}

☒ 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

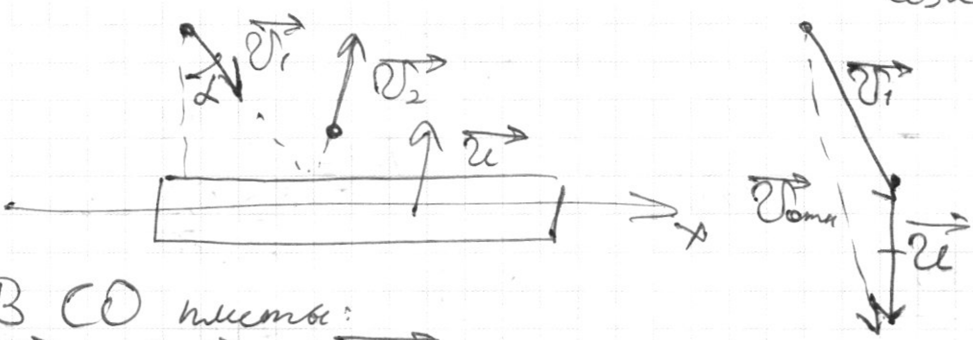
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

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



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

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

В СО плиты:

$\vec{v}_{тпс} = \vec{v}_{тнс} + \vec{v}_{нспс}$

$\vec{v}_{1п} = \vec{v}_1 - \vec{u}$

Составляющая $\vec{v}_1$ по Ox сохр. $(R_x = 0)$

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

$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{8 \cdot 3 \cdot 2}{4\sqrt{3}} = 4\sqrt{3}$ (м/с)

$u + v_1 \cdot \cos\alpha = v_2 \cdot \cos\beta - u$

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

$\frac{12 \cdot \sqrt{3}}{2} - \frac{8 \cdot \sqrt{7}}{4}$

$24 \cdot \sqrt{3} - 8 \cdot \sqrt{7}$

$64 \cdot 7 < 24^2 \cdot 3$

$Q_2 = -Q_1$

$A_2 = -A_1$ $Q = A + \Delta U$ $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_1)$

$A = \Delta X \cdot S$

Интеграл по dx ?

$F_{тр} = 0$

№2 $Q = A + \Delta U_1$

$\nu = \frac{3}{7}$ (моль)

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

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

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

ЗСЭ + А:

~~$U_1 + U_2 = const$~~

$p_{10} = p_{20}$

$p_{10} = \frac{\nu R T_1}{V_1}$ $p_{20} = \frac{\nu R T_2}{V_2}$

$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{5}{3}$

$U_1 = \frac{3}{2}\nu R T_1$

$U_2 = \frac{3}{2}\nu R T_2$

$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$ $(A = 0$, т.к. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2)$

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2} \cdot 2\nu R \cdot T_x$

$T_x = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400K.$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)