Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

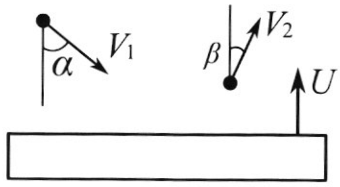
Класс 11

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.



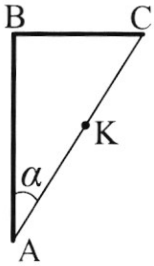
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

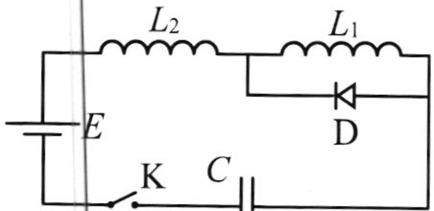
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

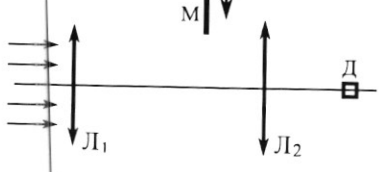
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

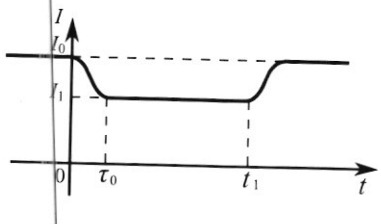
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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

№3 Дано:

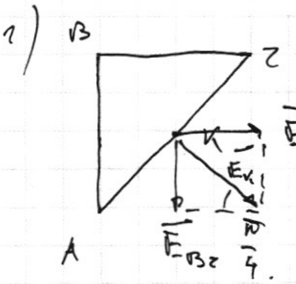
1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

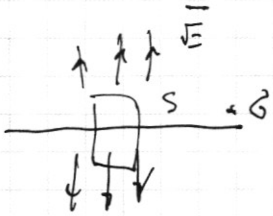
2) $\sigma_1 = 2\sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{4}$ $\sigma_2 = \sigma$

Реш.:

1)





По т. Гаусса

$$2 \cdot E \cdot S = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

$\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ – напряженность, созданная бесконечной пластиной.

По принципу суперпозиции $\vec{E}_K = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$

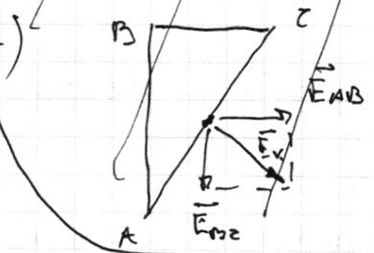
$|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{AB}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ σ – плотн. заряда на пластинах.

$\Rightarrow E_K = |\vec{E}_{BC}| \cdot \sqrt{2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \sqrt{2}$ $\frac{E_K}{E_{BC}} = \sqrt{2}$

E_K – напр., созд. пластинами AB и BC

E_{BC} – напр., созд. пластиной BC. E_{AB} – напр., созд. пластиной AB.

2)

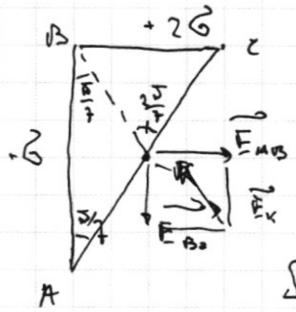


$|\vec{E}_{AB}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ – напр., созд. AB

$|\vec{E}_{BC}| =$

Ввиду симметрии $\vec{E}_{BC} \perp BC$, $\vec{E}_{AB} \perp AB$, $|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{AB}|$, где E_{AB} – напр., созд. пластиной AB, E_{BC} – напр., созд. пластиной BC $\Rightarrow E_K = \sqrt{2}\, E_{AB} = \sqrt{2}\, E_{BC}$ $\Rightarrow \frac{E_K}{E_{BC}} = \sqrt{2}$, E_K – напр. двух пластин.

2) $E = \frac{\Omega \sigma}{4\pi\varepsilon_0}$ Ω – телесный угол, под которым видна пластина. Ввиду симметрии $\vec{E}_{BC} \perp BC$, $\vec{E}_{AB} \perp AB$



Ω_{BC} - телесный угол, под кот. BC видна из точки K. $\frac{2\pi/7}{2\pi} = \frac{\Omega_{BC}}{4\pi} \Rightarrow \Omega_{BC} = \frac{4\pi}{7}$

Ω_{AB} - тел. угол, под кот. AB видна из K.

$\Omega_{AB} = 2\pi - \Omega_{BC} = 2\pi\left(1 - \frac{2}{7}\right) = \frac{10\pi}{7}$

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

$E_{AB} = k\Omega_{AB}\cdot\sigma = k\cdot\frac{10\pi}{7}\cdot\sigma = \frac{10\pi k}{7}\sigma$

$E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2}$ - по т. Пифаг. $\Rightarrow E_K = \frac{\pi k\sigma}{7}\sqrt{8^2+10^2} =$

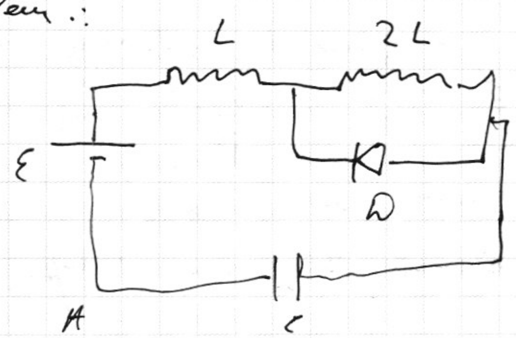
$= \frac{2\pi k\sigma}{7}\sqrt{4^2+5^2} = \frac{2\pi\sigma}{7}\cdot k\sqrt{16+25} = \frac{\sigma}{7}\cdot\cancel{2\pi}\cdot\frac{1}{\cancel{4\pi}\varepsilon_0}\sqrt{41} =$

$= \frac{\sigma\sqrt{41}}{14\varepsilon_0}$ Ответ: 1) $\frac{E_K}{E_{BC}} = \sqrt{2}$; 2) $E_K = \frac{\sigma\sqrt{41}}{14\varepsilon_0}$

№4. Дано:
$L_1 = 2L$
$L_2 = L$
C

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

Реш.:



① Конденсатор заряжается:

$\varphi_A + \mathcal{E} - \left|L\frac{dI}{dt}\right| - \left|2L\frac{dI}{dt}\right| - \frac{q}{C} = \varphi_A$

$\Rightarrow 3L\ddot q + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow \ddot q + \frac{1}{3LC}(q - \cancel{3L}C\mathcal{E}) = 0$

$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$ $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{3LC}$ $\tau_1 = \frac{T_1}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC}$

ω_1 - цикл. частота при зарядке конденсатора; T_1 - период колебаний во время зарядки, τ_1 - время зарядки конденс. ② Разряжается конденсатор только через L_2:

$\varphi_A + \mathcal{E} + \left|L\frac{dI}{dt}\right| - \frac{q}{C} = \varphi_A$; $\frac{dI}{dt} < 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow L\ddot q + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$ $\ddot q + \frac{1}{LC}(q - \mathcal{E}C) = 0$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ $T_2 = 2\pi\sqrt{LC}$ $\tau_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ - время разрядки конд. ω_2, T_2 - частота и период при разрядке

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

После разрядки, ток снова пойдёт через L_1, т.е
$T = T_1 + T_2 = \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC} + \frac{\pi}{2}\sqrt{LC} = \frac{\pi}{2}\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$ - период колебаний тока в L_1.

③ 3.1. В ситуации 1: $q = 3C\mathcal{E} - q_{m_1}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{3LC}}\right)$

$q(0) = 3C\mathcal{E} - q_{m_1} = 0 \Rightarrow q_{m_1} = 3C\mathcal{E}$

$W_m = \frac{q_{m_1}^2}{2C} = \frac{9C^2\mathcal{E}^2}{2C} = \frac{9\mathcal{E}^2 C}{2}$ - энергия контура при зарядке в момент, когда на конд. максимальный заряд.

$W = \frac{3L I_{m_1}^2}{2}$ - энергия контура при зарядке, когда ток максимален. По ЗСЭ $W + A_\mathcal{E} = W_m$ $\quad A_\mathcal{E} = \mathcal{E}\cdot q_{m_1} = 3C\mathcal{E}^2$ - работа $\mathcal{E}$ по зарядке конд. $\Rightarrow \frac{3L I_{m_1}^2}{2} = 4{,}5\mathcal{E}^2 C - 3\mathcal{E}^2 C$

$L I_{m_1}^2 = \mathcal{E}^2 C \Rightarrow I_{m_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

3.2. В ситуации 2: $q = \mathcal{E}C - q_{m_2}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$

$q\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}\right) = \mathcal{E}C - q_m = 0 \Rightarrow q_m = C\mathcal{E}$

$W_m = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ - энергия контура при разрядке, если бы заряд на конд. стал макс. возм.

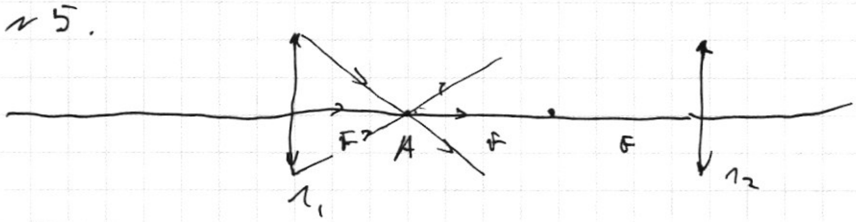
$W = \frac{L I_{m_2}^2}{2}$ - энергия на L при макс токе.

$A_{\mathcal{E}_2} = \mathcal{E} q_{m_2} = -C\mathcal{E}^2$ $\quad W_m + A_{\mathcal{E}_2} = W$ по закону сохр. энерг.
$A_{\mathcal{E}_2}$ - работа по разрядке конд. $\frac{L I_{m_2}^2}{2} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$ $\quad I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{L}}$

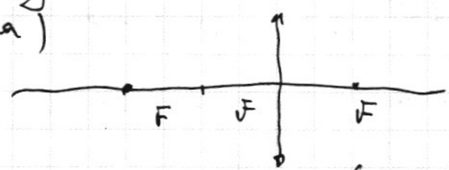
Ответ: 1) $T = \frac{\sqrt{3}+1}{2}\pi\sqrt{LC}$; 2) $I_{m_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$; 3) $I_{m_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{L}}$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№5.

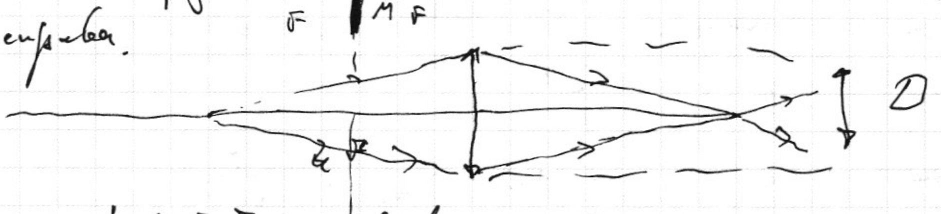


Пучок, падающий на линзу параллельно главной опт. оси, собирается в фокусе. Пусть A – точка на расст. 2F от $Л_2$ слева. Если все лучи, падающие на $Л_2$ исходят из A (это все равно как если бы в A находился источник света), то соберутся они тоже в одной точке на гл. опт. оси (изображение источника)

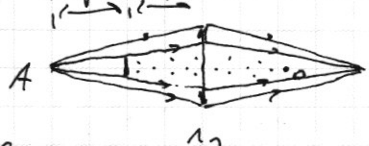


$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d'}$ – формула тонкой собир. линзы. $d = 2f \Rightarrow d' = 2f = d$.

=> лучи соберутся в точке на гл. опт. оси, на расст. 2F от $Л_2$ справа.

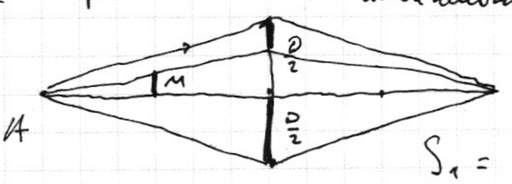


1. Если $d < 2F$ (d – расст. от линзы до фотоприёмника) рассм. момент прохождения центра мишени через г. опт. о.



Есть область (отмечена точками) в которую свет не попадает => ток в фотодетекторе = 0, аналогично если $d > 2F$ ток в фотоприёмнике должен понижаться до нуля. Но ток не опускается до нуля => $\underline{d = 2F}$

2. $I \sim P$ интенсивность одинакова => $I \sim S$



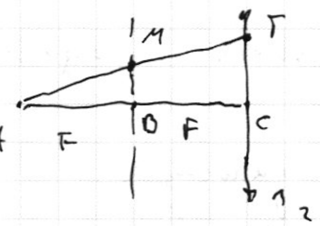
$S_т$ – площадь тени, отбр. мишенью на линзу.

$S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь линзы. $\frac{S_1 - S_т}{S_1} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{3}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{S_T}{S_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow S_T = \frac{1}{4}\cdot\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D_T^2}{4}$ D_T - диаметр тени.

$\Rightarrow D_T = \frac{D}{2} \Rightarrow V_T = \frac{D_T}{\tau_0} = \frac{D}{2\tau_0}$ - ск-сть движения тени



Т - тень от точки М, М - точка на фокусной пл-сти. МВ - ср. лин. $\triangle ACT$

$\Rightarrow MB = \frac{1}{2} TC \Rightarrow V_M = \frac{1}{2} V_T$ (ск-сть тела в фокальной пл-сти в двух разах меньше ск-сти по тени) т.е.

$V_M = \frac{V_T}{2} = \frac{D}{4\tau_0}$. $\tau_1 = \frac{D-D_T}{V_T} = \frac{D}{2V_T} = \frac{\cancel{D}}{\cancel{2}}\cdot\frac{\cancel{2}\tau_0}{\cancel{D}} = \tau_0$ - время, в теч. кот. ток через детектор $I = \frac{3}{4} I_0$

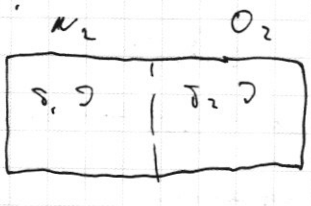
$t_1 = \tau_0 + \tau_1 = 2\tau_0$

Ответ: 1) $d = 2F$; 2) $V_M = \frac{D}{4\tau_0}$; 3) $t_1 = 2\tau_0$.

№2. Дано:
$\nu = \frac{3}{4}$ моль
$T_1 = 300$ К
$T_2 = 500$ К
$c_V = \frac{5R}{2}$
$R = 8{,}31$

1) $\frac{V_{10}}{V_{20}}$ - ?
2) $T_к$ - ?
3) ΔQ - ?

Реш.:



$p_0 V_{10} = \nu R T_1$
$p_0 V_{20} = \nu R T_2$ $\Rightarrow \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$

p_0 - нач. давление.

$p_1 = p_2$ вследствие медленности процесса (p_1 - давл. N_2, p_2 - давл. O_2) для азота: $p_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$
$T\uparrow$, $V\uparrow$ $p_1 V_2 = \nu R T_2$ (для O_2) $V_2 \downarrow \Rightarrow T_2 \uparrow$

$\Rightarrow p = p_0 = const$ $c_V = \frac{i}{2}R$, $c_p = (\frac{i}{2}+1)R$ - для изобарного процесса. $c_p = (\frac{5+2}{2})R = \frac{7}{2}R$.

$\Delta Q = c_p \nu (T_к - T_1)$, $\Delta Q = c_p \nu (T_2 - T_к) \Rightarrow T_к = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400$ К.

$\Delta Q = c_p \cdot \nu (T_к - T_1) = \frac{7}{2}\nu R(400-300) = \frac{\cancel{7}}{\cancel{2}} \cdot \frac{3}{\cancel{7}} \cdot \cancel{100}^{\,50} \cdot 8{,}31 =$

$= 3 \cdot 5 \cdot 83{,}1 = 3 \cdot 415{,}5 = 1246{,}5$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{3}{5}$; 2) $T_к = 400$ К; 3) $\Delta Q = 1246{,}5$ Дж.

№ 1. Дано:

$v_1 = 8$ м/с.

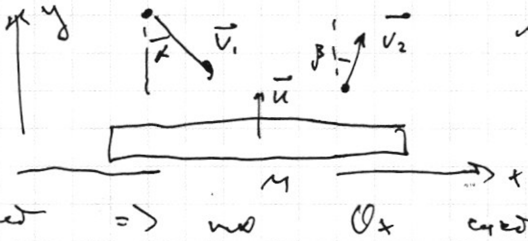
$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

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

1) V_2 - ?

2) U - ?

Реш.:



Будет масса шарика = m.

масса плиты = M.

поверхность гладкая, трения нет => по Ox система замкнута

x: $p_{0x} = m V_1 \sin\alpha$ - нач. импульс ~~мяча~~ шарика (и системы) по (0;x) $p_{кx} = m V_2 \sin\beta$ - конечный

$p_{0x} = p_{кx}$ по закону сохр. имп. => $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

=> $V_2 = V_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{1/2} = 6 \cdot 2 = 12$ м/с.

Перейдем в СО, св. с плитой. В этой СО плита неподвижна, а мяч летит со ск-стью $\vec{V_{мп}} = \vec{V_м} - \vec{U}$, где $V_м$ - его ск-сть отн. неподвижной СО. y: $V_{1п} = -V_1 \cos\alpha - U$ - ск-сть мяча до удара по (0;y) $V_{2п} = V_2 \cos\beta - U$

В неподвижной СО: ~~$\vec{p_0} = m\vec{V_1}$~~ ~~y: $p_{0y} = -mV_1 \cos\alpha + MU$~~

$\vec{p_{ш0}} = m\vec{V_1}$, $\vec{p_{шк}} = m\vec{V_2}$ начальный и конечный импульсы шарика y: $p_{ш0y} = -mV_1\cos\alpha$ $p_{шкy} = mV_2\cos\beta$

$\Delta p_{шy} = p_{шкy} - p_{ш0y} = m(V_2\cos\beta + V_1\cos\alpha) =$

~~$W_0 = \frac{mV_1^2}{2}$, $W_к = \frac{mV_2^2}{2}$~~

В СО плиты: $V_{1y} = -V_1\cos\alpha - U$ $V_{1x} = V_1 \sin\alpha$.

$V_{1п} = \sqrt{V_{1y}^2 + V_{1x}^2} = \sqrt{V_1^2 + 2UV_1\cos\alpha + U^2}$; $V_{2y} = V_2\cos\beta - U$

$V_{2x} = V_2 \sin\beta$ $V_{2п}^2 = V_2^2 - 2UV_2\cos\beta + U^2$.

$W_0 = \frac{mV_{1п}^2}{2} = \frac{m}{2}(V_1^2 + 2UV_1\cos\alpha + U^2)$; $W_к = \frac{mV_{2п}^2}{2} = \frac{m}{2}(V_2^2 - 2UV_2\cos\beta + U^2)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- нач. и конечная ~~кинетич~~ кин. энергии.

$$W_0 - W_к = \frac{m}{2}\left(V_1^2 - V_2^2 + 2u(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)\right) = \Delta Q.$$

$$\Delta Q > 0 \Rightarrow V_1^2 - V_2^2 + 2u(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) > 0$$

$$2u(V_1\cos\alpha - V_2\cos\beta) > V_2^2 - V_1^2$$

$\cancel{2u < 8}$ $\qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt7}{4}$

$\cancel{\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{\sqrt3}{2}}$ $\qquad \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{\sqrt3}{2}.$

$\cancel{u\cdot 2\left(8\cdot\frac{\sqrt7}{4} - 12\cdot\frac{\sqrt3}{2}\right) > 144 - 64 = 80}$

$\cancel{u(2\sqrt7 - 6\sqrt3) > 40 \Rightarrow u(\sqrt7 - 3\sqrt3) > 20}$

$\cancel{u < \frac{20}{\sqrt7 - 3\sqrt3}}$

$$2u(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) > V_2^2 - V_1^2.$$

$$u > \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)}$$

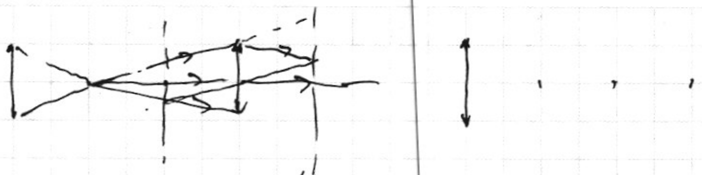
$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)} = \frac{12^2 - 8^2}{2\left(8\cdot\frac{\sqrt7}{4} + 12\cdot\frac{\sqrt3}{2}\right)} = \frac{80}{2(2\sqrt7 + 6\sqrt3)} = \frac{20}{\sqrt7 + 3\sqrt3} =$$

$$= \frac{20(\sqrt7 - 3\sqrt3)}{7 - 27} = 3\sqrt3 - \sqrt7 \text{ м/с}.$$

$u > 3\sqrt3 - \sqrt7$ м/с т.к. при ударе мячик может только потерять энергию.

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с, 2) $u \in (3\sqrt3 - \sqrt7; +\infty)$ м/с.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\cancel{m} V_1 \sin\alpha = \cancel{m} V_2 \sin\beta$

$V_2 = V_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = V_1 \cdot \frac{3}{4} \cdot 2 = \frac{3}{2} \cdot 8 = 12$ м/с

$m\vec{V_1} + M\vec{u} = m\vec{V_2} + M\vec{u'}$

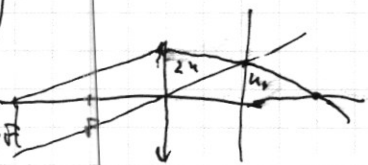
$(M - kM)u = (m+M)V_2 \cos\beta +$

$M(\vec{u} - \vec{u_1}) = m(\vec{V_2} - \vec{V_1})$

$+ (m + kM)V_1 \cos\alpha.$

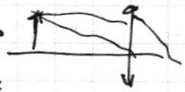
$\frac{d'}{d} = \frac{d'}{f} - 1$ $\quad M(u - u') = m(V_2 \cos\beta + V_1 \cos\alpha)$

$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d'}$ $\quad M(u - u') = m\left(V_2 \frac{\sqrt{3}}{2} + V_1 \frac{\sqrt{7}}{4}\right)$



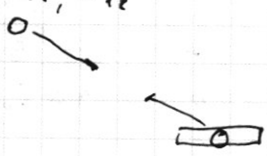
$\frac{mV_1^2}{2} + \cancel{\frac{mV^2}{2}} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$ $\quad \frac{u}{u'} = \frac{d}{d'} = \frac{d' f}{d' - f}$

$\frac{m\vec{V_1} + M\vec{u}}{m+M} = \vec{V_c}$



$\vec{V_{1c}} = \vec{V_1} - \vec{V_c} = \frac{m\vec{V_1} + M\vec{V_1} - m\vec{V_1} - M\vec{u}}{M+m} =$

$= \frac{M}{M+m}(\vec{V_1} - \vec{u})$ $\quad \vec{V_{uc}} = \frac{m\vec{u} + \cancel{M\vec{u}} - m\vec{V_1} - \cancel{M\vec{u}}}{m+M} = \frac{m}{M+m}(\vec{u} - \vec{V_1})$



$m, \vec{V_{1c}}$

$\vec{V_{2c}} = \vec{V_2} - \frac{m\vec{V_1} + M\vec{u}}{m+M} =$

$M, \vec{V_{2c}}$

$= \frac{m\vec{V_2} + M\vec{V_2} - m\vec{V_1} - M\vec{u}}{m+M}$

$\vec{V_{2c}} \uparrow\downarrow \vec{V_{1c}} \Rightarrow$ $\quad m\vec{V_2} + M\vec{V_2} - m\vec{V_1} - M\vec{u} = k \cdot M\vec{V_1} + k \cdot M\vec{u}.$

$m\vec{V_2} + M\vec{V_2} - (m + kM)\vec{V_1} - (M - kM)\vec{u} = 0$

$(m+M)\vec{V_2}$

$-\vec{V_1}(m + kM)$

$-(M - kM)\vec{u}$

$\vec{V_2}(m+M)$

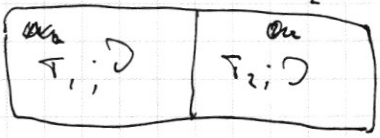
$V_2(m+M)\frac{1}{2} = \frac{3}{4} V_1 (m + kM)$

$\frac{mV_2}{2} + \frac{MV_2}{2} = \frac{3mV_1}{4} + \frac{3kMV_1}{4}$

т.к. $M \gg m$, $\quad \frac{MV_2}{2} \approx \frac{3kMV_1}{4}$

$\frac{V_2}{2} = \frac{3V_1}{4} \Rightarrow V_2 = \frac{3}{2} V_1$

N_2 O_2



$V_{1y} = -V_1 \cos\alpha - u.$

$V_{1x} = V_1 \sin\alpha.$

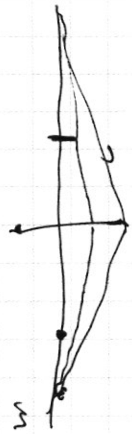
$p_0 V_1 = \nu R T_1$

$p_0 V_2 = \nu R T_2.$

$V_1 \cancel{\cos}\sin\alpha = V_2 \cancel{\cos}\sin\beta$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$ $\quad V_1 = \frac{3}{8}V$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\quad V_2 = 8 \cdot \frac{3}{4} \cdot 2 = 12.$ $\quad V_2 = \frac{5}{8}V$

$\boxed{V_1^2 = V_1^2 + u^2 + 2V_1 u\cos\alpha}$



$\cancel{W_0 = \frac{mV_1^2}{2}}$

$p\frac{V}{2} = \nu R T_k$

$\frac{3}{8} p_0 V = \nu R T_1$

$\frac{3}{\cancel{2}}\nu \cancel{R} = \frac{5 \cancel{R}}{7}$

$pV = \nu R T$

$\frac{5}{8} p_0 V = \nu R T_2.$

$dp V + dV p = \nu R dT$

$\frac{1}{2} pV = \nu R T.$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$ $\quad V dp + p dV = \nu R dT$

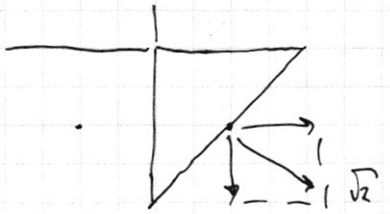
$V_{2y} = V_2 \cos\beta - u.$

$pV_1 = \nu R T_1$

$V_{2x} = V_2 \sin\beta$

$p(V - V_1) = \nu R T_2$ $\quad \frac{V - V_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{T_1}$ $\quad V_2^2 = V_2^2 + u^2 - 2V_2 u\cos\beta$

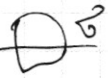
$\frac{3}{4}V_1$



$\frac{4}{\sqrt{7}}$

$= \frac{m}{2}\left(V_2^2 - V_1^2 + 2u(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)\right) \ge 0$

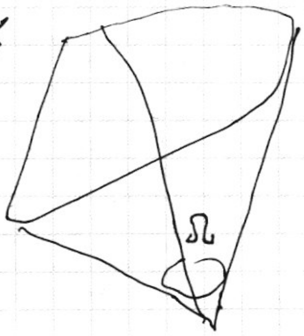
$-V_2 \cos\beta - u$ $\quad V_1\cos\alpha + u$



$2ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$

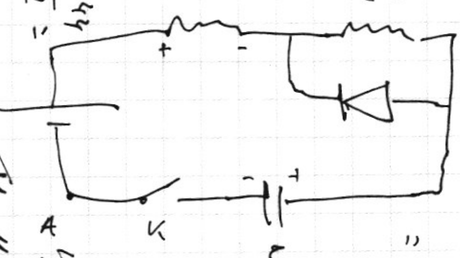
$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) =$



$L_1 = 2L$ $\quad L_2 = L$

$u \ge \frac{V_1^2 - V_2^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)}$



$\frac{\Omega \sigma}{4\pi \varepsilon_0}$

$u < \frac{-40}{(8\cos\alpha + 12\cos\beta)}$

$\frac{2\pi\sigma}{4\pi\varepsilon_0}$

$\varphi_A + \mathcal{E} - \left|L\frac{dI}{dt}\right| - \left|2L\frac{dI}{dt}\right| + \frac{q}{C} = \varphi_A.$

$E_1 = 2\sigma.$

$\mathcal{E} - 3L\ddot{q} - \frac{q}{C} = 0.$

$u > \frac{20}{4\cos\alpha + 6\cos\beta}$ $\quad \ddot{q} + \frac{q}{3LC} - \mathcal{E} = 0$ $\quad \ddot{q} + \frac{1}{3LC}(q - 3\mathcal{E}LC) = 0$

$q = -3\mathcal{E}LC \cos\left(\frac{t}{\sqrt{3LC}}\right) + 3\mathcal{E}LC$ $\quad q_m = 6\mathcal{E}LC.$

$t_1 = \sqrt{3LC}\,\pi.$

$u > \frac{20}{\sqrt{7} + 3\sqrt{3}} = \frac{20(\sqrt{7} - 3\sqrt{3})}{7 - 27} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$ $\quad \sqrt{2}.$ $\quad \frac{108}{7}.$

$\frac{2\pi}{7}/2\pi = \frac{\Omega}{4\pi}$ $\quad \Omega_1 = \frac{4\pi}{7}$ $\quad \frac{5\pi}{7}/2\pi$ $\quad \frac{5}{14} \cdot 4\pi$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

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