

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

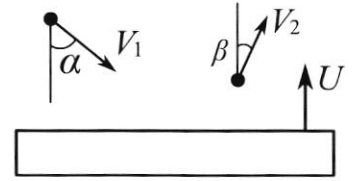
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) 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.

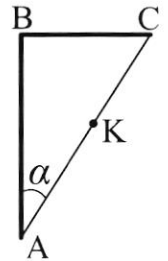
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ 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 аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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

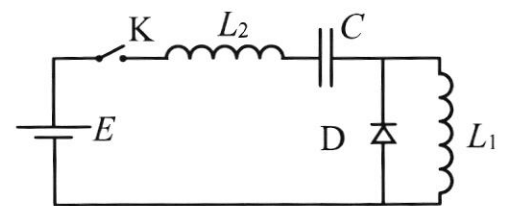
1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.



4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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 .

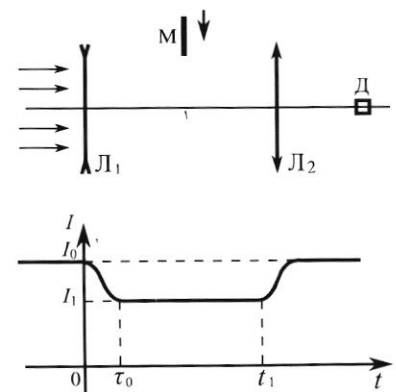
- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .



5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_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 L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$

- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1.

Шарик имеет начальную скорость u до, и после удара (u) \Rightarrow система отн. к шарику инерциальна.

$$\vec{v}_1' = \vec{v}_1 + \vec{u} \quad ; \quad \vec{v}_2' = \vec{v}_2 + \vec{u}$$

ЗСМ по оси вдоль линии:

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

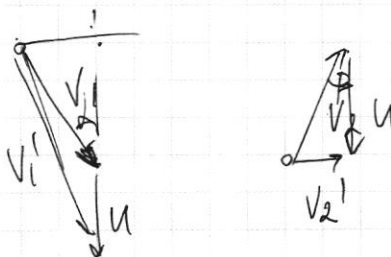
$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \text{ м/с} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$$

~~так же применим закон~~

$$\text{ЗСЭ: } \frac{m_1 v_1'^2}{2} = \frac{m v_2'^2}{2} + A$$

A - работа при кул. ударе

$$\Rightarrow v_1'^2 > v_2'^2$$



$$(v_1 \cos \alpha + u)^2 + (v_1 \sin \alpha)^2 > (v_2 \cos \beta - u)^2 + (v_2 \sin \beta)^2$$

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

$$v_2' = \sqrt{(v_2 \cos \beta - u)^2 + (v_2 \sin \beta)^2}$$

$$v_1^2 \cos^2 \alpha + 2 v_1 u \cos \alpha + u^2 > v_2^2 \cos^2 \beta - 2 v_2 u \cos \beta + u^2$$

$$u (2 v_1 \cos \alpha + 2 v_2 \cos \beta) > v_2^2 \cos^2 \beta - v_1^2 \cos^2 \alpha$$

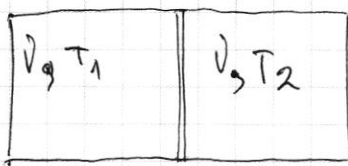
$$u > \frac{v_2^2 \cos^2 \beta - v_1^2 \cos^2 \alpha}{2 v_1 \cos \alpha + 2 v_2 \cos \beta} = \frac{(v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha)(v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha)}{2 (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)}$$

$$= \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2} = \frac{20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2}$$

$$= 8 - 3\sqrt{5} \quad ; \quad \text{шарик отскочил} \Rightarrow u < v_2 \cos \beta < 16$$

Ответ: 1) 20 м/с 2) $(8 - 3\sqrt{5}; 16)$

Задача 52.



Плен. выравняется медленно \Rightarrow равнение на ~~ка~~ поршень с двух сторон равно.

$$pV_1 = \nu RT_1$$

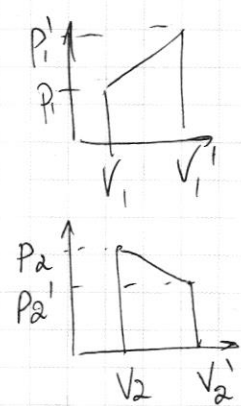
$$pV_2 = \nu RT_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320K}{400K} = \frac{4}{5}$$

Пленка. сосуд \Rightarrow ~~ка~~ $Q_1 = A_1 + \Delta U_1 = \Delta(p_1 V_1) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1)$

$Q_2 = A_2 + \Delta U_2 = \Delta(p_2 V_2) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_2)$

$Q_1 = -Q_2$

медленно сб. \Rightarrow p увеличивается с пост. скор.



в ~~ка~~ можно иметь равнение равно.

$$\Delta(p_1 V_1) = \frac{p_1' + p_1}{2} \cdot (V_1' - V_1) \quad (\text{линей. процесс})$$

$$\Delta(p_2 V_2) = \frac{p_2' + p_2}{2} (V_2' - V_2)$$

$$p_1' = p_2' \quad ; \quad p_1 = p_2 \quad , \quad V_1' - V_1 = V_2' - V_2 \Rightarrow \Delta(p_1 V_1) = \Delta(p_2 V_2)$$

$$\Delta(p_1 V_1) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1) = \Delta(p_2 V_2) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_2)$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360K \quad (\text{поршень будет равно находиться})$$

$$Q_1 = \frac{p_1' + p_1}{2} (V_1' - V_1) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1) = \text{~~XXXXXXXXXXXX~~}$$

$$= \frac{p_1' + p_1}{2} \left(\frac{V}{2} - V \cdot \frac{4}{9} \right) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1) = \frac{V}{18} \cdot \frac{p_1' + p_1}{2} + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1)$$

$$\left(p_1' = \frac{\nu RT}{V/2} = \frac{2\nu RT}{V} ; p_1 = \frac{\nu RT_1}{V \cdot \frac{4}{9}} = \frac{9}{4} \frac{\nu RT_1}{V} \right)$$

$$= \frac{V}{18} \cdot \left(\frac{2\nu RT}{V} + \frac{9}{4} \frac{\nu RT_1}{V} \right) + \frac{3}{2} \nu R(T - T_1) = \frac{\nu RT}{18} + \frac{\nu RT_1}{16} + \frac{3\nu RT}{2} + \frac{3\nu RT_1}{2}$$

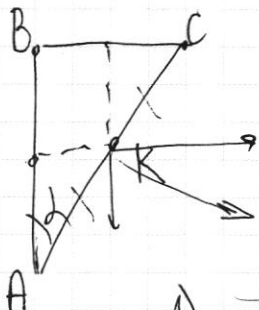
$$= \frac{14}{9} \nu RT - \frac{23}{16} \nu RT_1 = \frac{14}{9} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 360 - \frac{23}{16} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 320 =$$

$$= 498,6 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1) 4/5 2) 360K 3) 498,6 Дж.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3.



$$\begin{aligned} BA &= l \\ BC &= l \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{aligned}$$

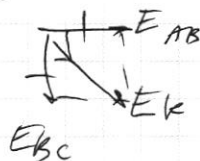
поле в т.к. — сумма полей пластин.
т.к. пластин бесконечно, поле в К будет
перпендикулярно их общей ребру т.е.
лежать в плоскости, перпенд. общей пластин.

1) ~~.....~~; т.к. К плуг от B, C ~~.....~~

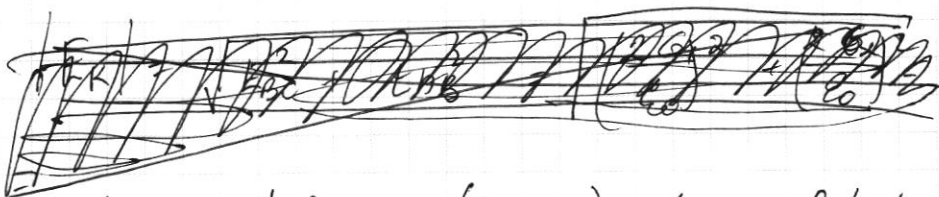
то $E_{BC} \perp BC$.

после зарядки АВ в К — сумма $\vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$
т.к. АВ — такая же пластинка с той же
шириной ($\operatorname{tg} \alpha = 1$) то $|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{AB}| \Rightarrow$

$$\Rightarrow |\vec{E}_K| = |\vec{E}_{BC}| \sqrt{2}$$



2) Итого $E_{BC} \perp BC$; $E_{AB} \perp AB$



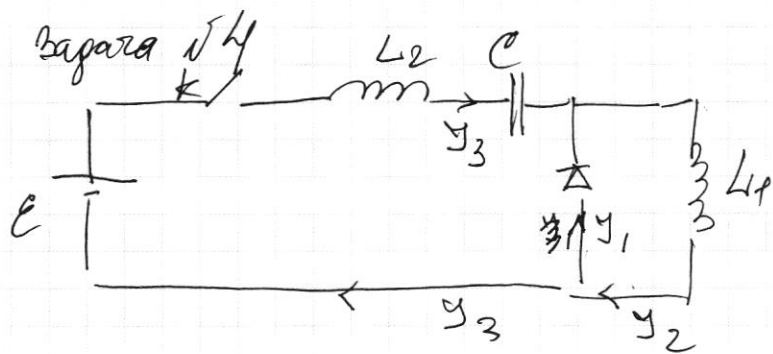
$$r(K; BC) = \frac{1}{2} AB = \frac{1}{2} l \quad ; \quad r(K; AB) = \frac{1}{2} BC = \frac{l \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

~~.....~~

поле бесконечно заряженной пл. — $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$

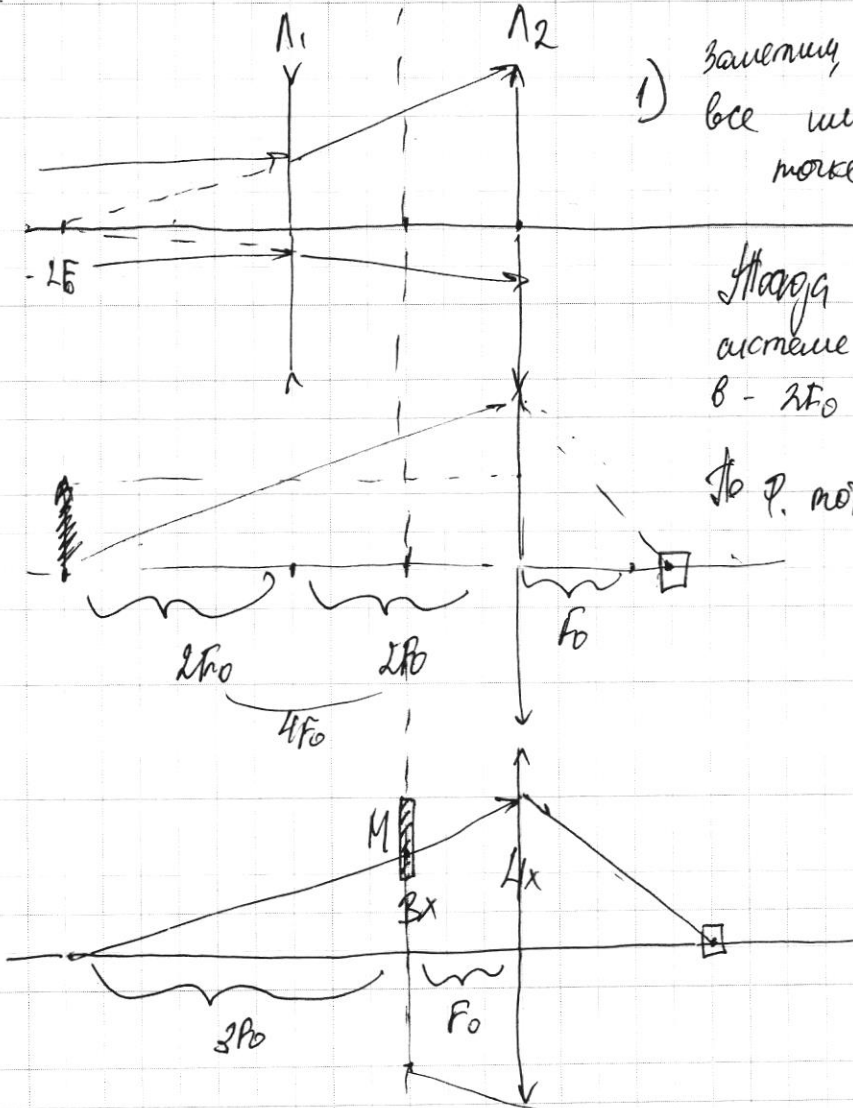
$$\begin{aligned} E_K &= \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma}{\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot \sigma}{7 \cdot \epsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{4 + \frac{16}{49}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot 7} \sqrt{49 \cdot 4 + 16} = \\ &= \frac{\sigma \cdot 2}{\epsilon_0 \cdot 7} \sqrt{49 + 4} = \frac{2\sigma \sqrt{53}}{7\epsilon_0} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) $\frac{2\sqrt{53}}{7\epsilon_0}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5.



1) заметим, что лучи после L_1 все имеют „наклоны“ в точке фокуса $-2F_0$

Эта система аналогична системе с точечным источником в $-2F_0$ и L_2 .

то р. м.т.к. излуча

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F_0} = \frac{d + 4F_0}{4F_0 d}$$

$$d + 4F_0 = 4F_0 d$$

$$d = \frac{4F_0}{3}$$

в плоскости рассеивателя M можно считать распр. лучей равномерными

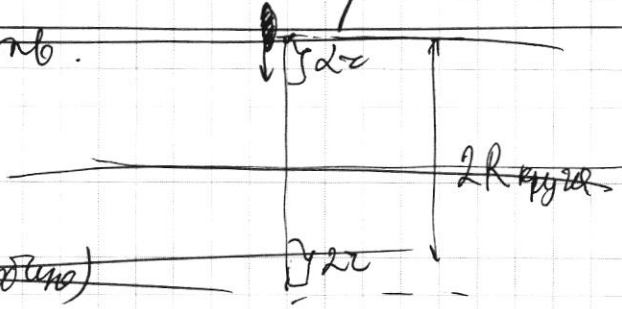
то тою как имеют концы в лучи $-2F_0$, тою тою, как $\frac{g}{16} \Rightarrow$ займем $\frac{1}{16}$ площади круга лучей, $(\frac{g}{16})$

$$S_{\text{круга}} = \pi D^2 \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow S_{\text{лучей}} = \pi D^2 \cdot \frac{3}{16} \cdot \frac{g}{16} = \frac{24 \pi D^2}{256} \Rightarrow R_{\text{M}} = \frac{g}{16}$$

за F_0 для экрана $dR_n \Rightarrow V = \frac{dR}{F_0} = \frac{g}{8F_0}$

пог. на ср. 6

~~$t_1 = t_0 =$ время, за к. шарик пролетит ~~вниз~~ $2R_{шара}$
 без учета $4R_M$ шара.~~



~~$R_{шара} = \frac{3}{4}D$ (по порядку)~~

~~$R_M = \frac{9}{16}D$~~

~~$\Rightarrow 2R_{шара} - 4R_M =$~~

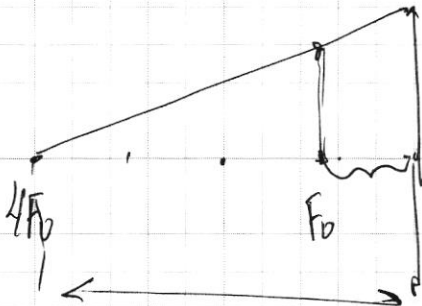
~~$= \frac{3}{4}D \cdot 2 - 4 \cdot \frac{9}{16}D = \frac{3}{2}D - \frac{9}{4}D$~~

Шарик, в кот. попав. шарик — $\pi D'^2$

$D' = \frac{3}{4}D \Rightarrow$

$\Rightarrow S_{шара} = \pi \frac{9}{16} D^2$

За t_0 шарик пролетит $2R_M$.



Напомним, что когда шарик попадает в круг, ост. пути сост. $\frac{7}{16}$ от ост. \Rightarrow М замедляется $\frac{9}{16} S_{шара} \Rightarrow$

$\Rightarrow \pi R_M^2 = \pi \frac{9}{16} D^2 \cdot \frac{9}{16} \Rightarrow R_M = \frac{9}{16} D \quad v_{ш} = \frac{2R_M}{t_0} =$

~~$\frac{9}{8} D$~~

$= \frac{2 \cdot \frac{9}{16} D}{t_0} = \frac{9D}{8t_0}$

За $t_1 - t_0$ шарик пролетит $2D' - 2R_M = \frac{9D}{8t_0}$
 (вниз — $2R_M$, вверх $2R_M$, всего $2D' + 2R_M \Rightarrow 2D' + 2R_M - 4R_M = 2D' - 2R_M$)

$= 2 \cdot \frac{3}{4}D - 2 \cdot \frac{9}{16}D = \frac{3}{2}D - \frac{9}{8}D = \frac{3}{8}D$

$(t_1 - t_0) \cdot \frac{9D}{8t_0} = \frac{3}{8}D ; \frac{t_1 - t_0}{t_0} = \frac{1}{3} \quad 3t_1 - 3t_0 = t_0$

$t_1 = \frac{4}{3}t_0$

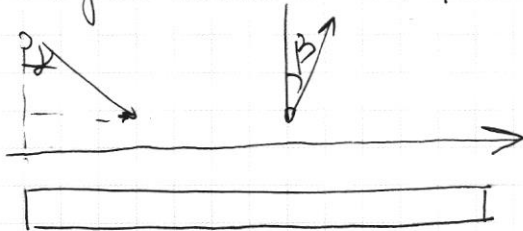
- Ответ:
- 1) $\frac{4}{3}F_0$
 - 2) $\frac{9D}{8t_0}$
 - 3) $\frac{4}{3}t_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1.

П.к. пластина, мита, массивна, её скорость
после удара не изменится

ЗСМ и вгору мита: $m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$



$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$$

Удар неупругий \Rightarrow при нем \blacksquare теряется энергия, работа А

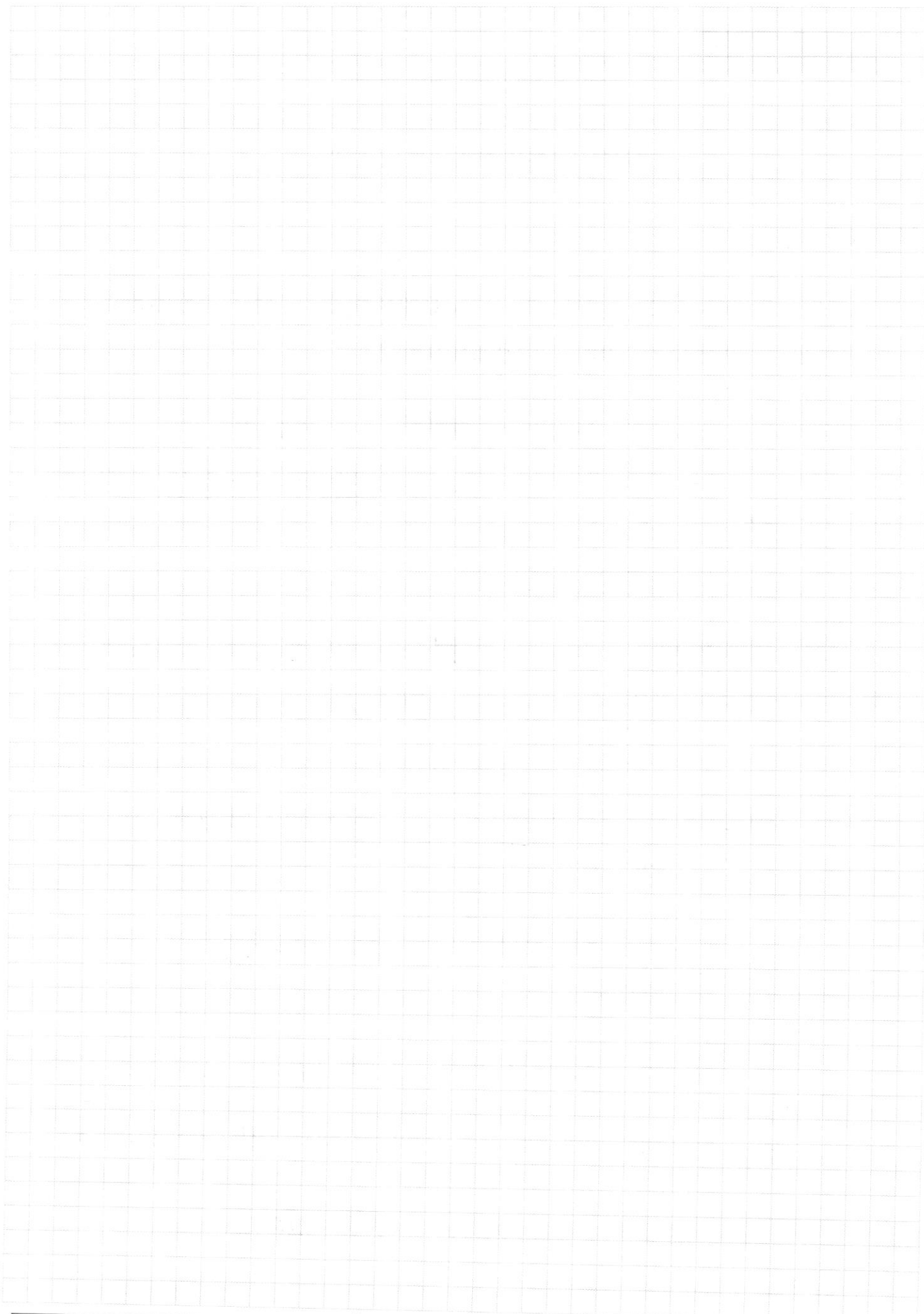
ЗСЭ:

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + A \Rightarrow A = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2)$$

$$\frac{14 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 360}{9 \cdot 8} = 14 \cdot 24 \cdot 8,31$$

$$\frac{23 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 320}{16 \cdot 5} = 23 \cdot 12 \cdot 8,31$$

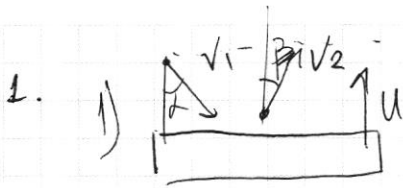
$$\begin{aligned} & (14 \cdot 24 - 23 \cdot 12) \cdot 8,31 = 2 \cdot 8,31 (7 \cdot 24 - 23 \cdot 6) = \\ & = 4 \cdot 8,31 (7 \cdot 12 - 23 \cdot 3) = 4 \cdot 8,31 (84 - 69) = 4 \cdot 8,31 \cdot 15 = \\ & = 60 \cdot 8,31 = 6 \cdot 83,1 = 498,6 \end{aligned}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



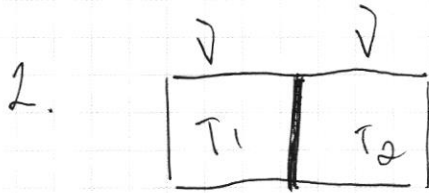
зсу: $m V_1 \sin \alpha = m V_2 \sin \beta$

$V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$

2) ~~на~~ ~~перевод~~ в ω мина

марк мура $\vec{V}_1 + \vec{U}$; обратно $\vec{V}_2 - \vec{U}$

т.к. марк ошметел $v < V_2 \cos \beta$



~~как~~ ~~на~~ ~~к~~ ~~б~~ ~~макет~~

$P_1 U = \mathcal{J} R T_1$ медлено $\rightarrow \rho_1 = \rho_2$

$P_2 U_2 = \mathcal{J} R T_2$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{T_1}{T_2}$

муть стала T_3

$Q = A + \Delta U = \Delta(\rho V) + \frac{3}{2} \mathcal{J} R (T_3 - T_1)$ $-\Delta U_i = \Delta V_i = \Delta(\rho V) = -\Delta(\rho V_k)$

$Q = \Delta(\rho V) + \frac{3}{2} \mathcal{J} R (T_3 - T_2)$ $\Delta \rho_1 = \Delta \rho_2$

$2 \mathcal{J} R (T_3 - T_2) + 3 \mathcal{J} R (T_3 - T_1) = 2Q$

3.



где блокки
настима
20/90

$\frac{2G}{\varepsilon}$ как знак ~~нарумя~~



Casse for

Who's the best?

C'est moi

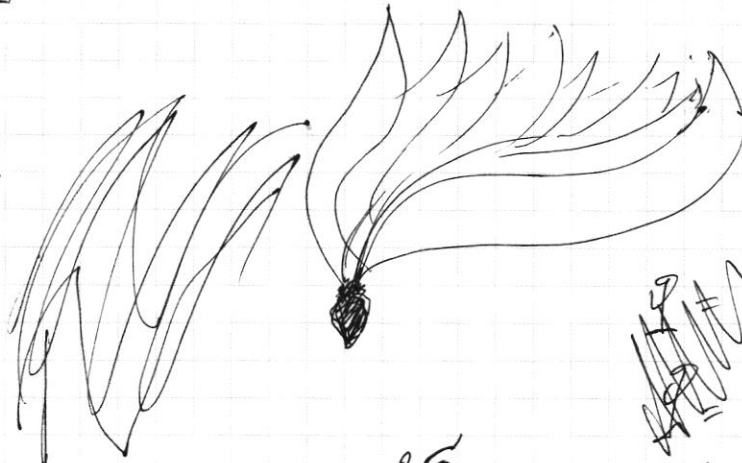


I'm blue da bu dee da bu da in

расположена по поверхности в 1 сторону



дл. $2a$



$$E_{\text{век}} = \frac{2\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E \epsilon_0 = \frac{2q}{S}$$

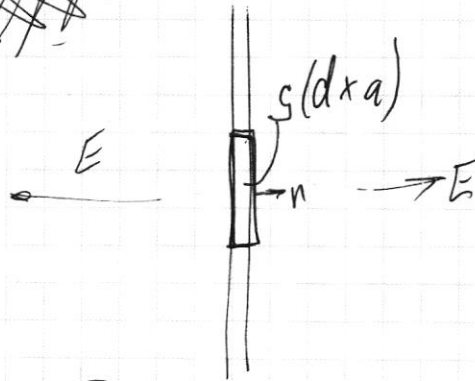
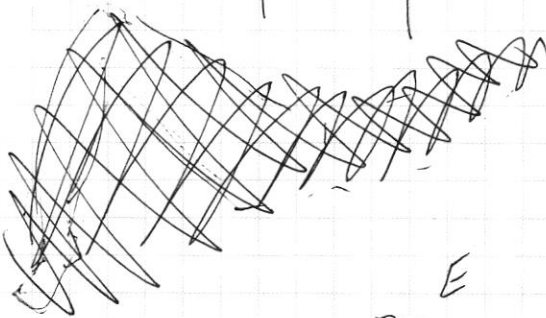
$$E \epsilon_0 S = 2q$$

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$$

$$\Phi = \frac{q_{\text{вн.}}}{\epsilon_0}$$

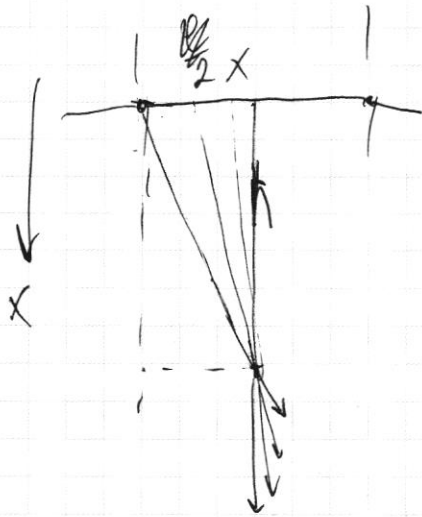
$$= \frac{q_{\text{вн.}} \cdot S}{S \epsilon_0}$$

$$= \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$



$$\Phi = \vec{E} \cdot dx a \cdot \vec{n} = E \cdot dx a \cdot n$$

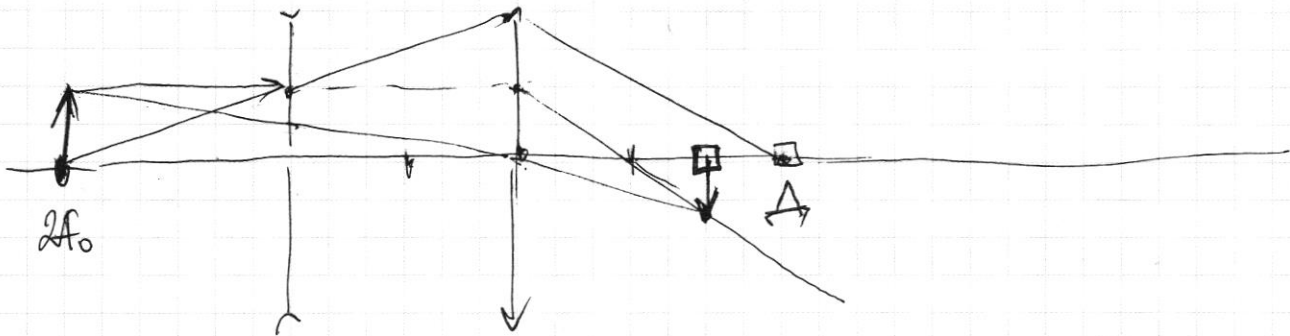
$$\Phi = \frac{2\sigma \cdot S}{\epsilon_0} = \frac{2\sigma \cdot dx a \cdot n}{\epsilon_0}$$



$$kq \cdot \frac{h}{\sqrt{x^2+h^2}}$$

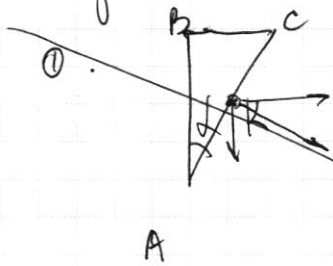
$$\left(\frac{kq}{x^2+h^2} \right) \cdot \frac{h}{\sqrt{x^2+h^2}} = \frac{kqh}{(\sqrt{x^2+h^2})^{\frac{3}{2}}}$$

$$kqh \left(\frac{1}{x^2 \dots} \right)$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

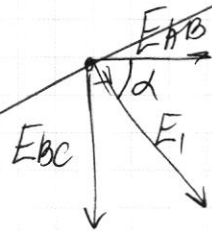
Задача 3.



Нам бесконечно заряженной пластины - $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$

$k = \frac{\pi}{4} \Rightarrow AB = BC$. По зарядки АВ поле в К -
поле пластины BC E

Нам поле в К - сумма полей двух пластин

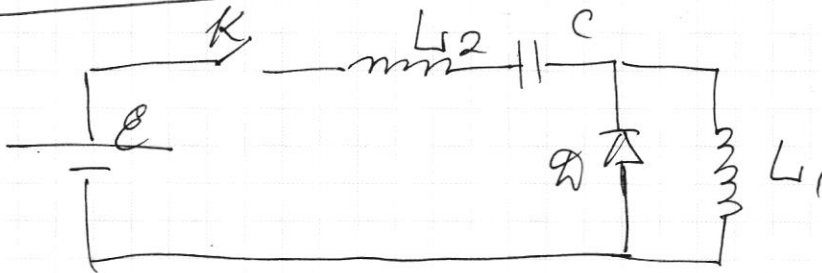


$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}; E_1 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$$

$$E_1 \sin \alpha = E_{BC}$$

$$E_1 \cos \alpha = E_{AB} \Rightarrow E_1 =$$

4.



5.

