



Витязь: 17<sup>31</sup> - 17<sup>35</sup>  
СМ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"  
наименование олимпиады

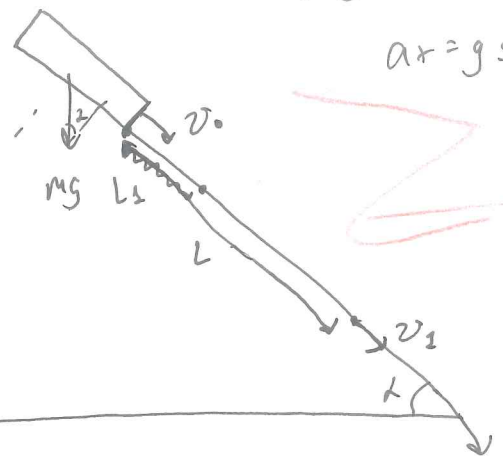
по ФИЗИКЕ  
профиль олимпиады

Щегова Антона Алексеевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«13» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик



$$mg \sin \alpha = a_x \cdot m$$

$$a_x = g \sin \alpha$$

$t \in (0; t_1) \rightarrow 1\text{-й фотозл.}$

$t \in (0,51; 1,51)$

в РВ

$$625 \cdot 7 = 4200 + 140 + 63 = 4403$$

$$2480 + 36 = 2516$$

$$\frac{b - g \sin \alpha t_2^2}{2} = v_0$$

$$L = v_0 t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$b = v_0 t_1 + \frac{g \sin \alpha t_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_1 = v_0 + g \sin \alpha t$$

$$b = v_1 t_2 + \frac{g \sin \alpha t_2^2}{2}$$

$$2b = 2t_2(v_0 + g \sin \alpha t)$$

миср  
мз  
миср

$$Q_{\text{возг}} = 0$$

$$U_{\text{возг}} + U_n = U_n + U_n' + U_b'$$

$$U_{\text{возг}} - U_b'$$

миср-Г

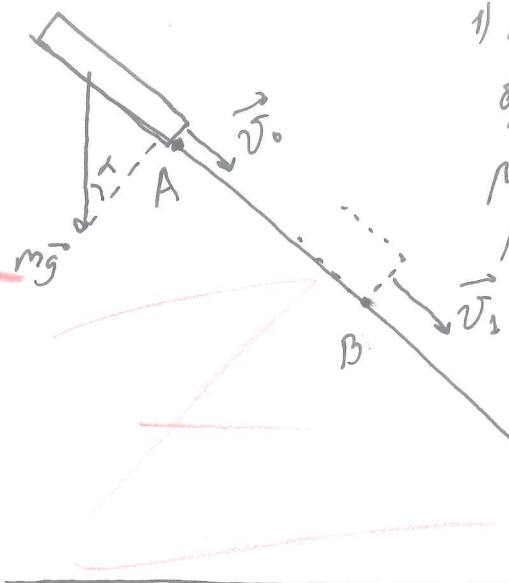
$$m_A + m_B \rightarrow m_A + m_3 + m_{\text{миср}}$$

$$14953 \cdot g = 90000 + 36000 + 450 + 27 = 126477$$

$$L m_3 \rightarrow +Q$$

$$П \text{ миср} \rightarrow -Q$$

Черновик Задача 1.5.2.



1) Пусть в момент  $t=0$  верхний край бруска находится в т. А (т. А - место расположения 1-го фотозл.; т. В - место расположения 2-го фотозл.) и имеет некоторую скорость  $v_0$ . Запишем

II з.И. в проекции на Ох для бруска.

$$mg \sin \alpha = ma_x$$

$$a_x = g \sin \alpha = \text{const.}$$

2) К моменту, когда брусок перестает перекрывать 1-й фотозл, пройдет время  $t_1$ , а его верхний край пройдет расстояние, равное  $b$ .

$$b = v_0 t_1 + \frac{a_x t_1^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{b - \frac{a_x t_1^2}{2}}{t_1} =$$

$$= \frac{b}{t_1} - \frac{g \sin \alpha t_1}{2}$$

3) Пусть от начала движения до момента  $t=0$  до момента, когда брусок окажется в т. В, пройдет время  $t$ . Тогда:

$$v_1 = v_0 + a_x t = v_0 + g \sin \alpha t$$

4) От момента, когда брусок начнет перекрывать 2-й фотозл. до момента, когда он перестанет его перекрывать, пройдет время, равное  $t_2$ , и брусок пройдет расстояние  $b$ . Тогда:

$$b = v_1 t_2 + \frac{a_x t_2^2}{2} \Rightarrow v_1 = \frac{b}{t_2} - \frac{g \sin \alpha t_2}{2} = v_0 + g \sin \alpha t$$

$$\frac{b}{t_2} - \frac{g \sin \alpha t_2}{2} = g \sin \alpha t + \frac{b}{t_1} - \frac{g \sin \alpha t_1}{2}$$

$$\frac{b}{g} \left( \frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) = \sin \alpha \left( t - \frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2} \right)$$

Дефектность габарита  
 64-63-16-12 (2.8)  
 99  
 19  
 20+5  
 20+5  
 20  
 20  
 20

Черновик Задача 1. (продолжение) Задача 1.5.2

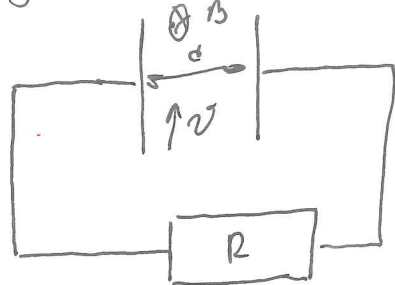
$$\sin \alpha = \frac{b}{g} \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right) = \frac{2b}{g} \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{(\tau_1 + \tau_2 - \tau_1) \tau_1 \tau_2}$$

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{2b}{g} \frac{(\tau_1 - \tau_2)}{(\tau_1 + \tau_2 - \tau_1) \tau_1 \tau_2} \right) = \arcsin \left( \frac{2 \cdot 0,1}{100(0,51 \cdot 2 + 1 - 2)} \right)$$

$$\frac{1}{2 \cdot 1} = \arcsin \left( \frac{1}{100(0,02)} \right) = \arcsin \frac{1}{2} = 30^\circ$$

Ответ:  $30^\circ$

Задача 3. 3.2



1) Из-за движения проводящей жидкости в магнитном поле индуцируется ЭДС, на подвижные носители заряда в жидкости появляется Кулоновская составляющая силы Лоренца, из-за которой на во: пластинках появляется разность потенциалов, равная по модулю BVD. Записывая закон Ома для цепи, получаем:

$$I = \frac{BVD}{R+r}, \text{ где } r - \text{внутреннее сопротивление источника, то есть жидкости и пластины}$$

$$P_R = I^2 R = \frac{(BVD)^2}{(R+r)^2} R \quad \text{Т.к. } P_R \text{ максимальна, то } \frac{dP_R}{dR} = 0$$

$$\frac{d}{dR} \left( \frac{(BVD)^2 R}{(R+r)^2} \right) = \frac{(BVD)^2}{(R+r)^4} \cdot \frac{1 \cdot (R+r)^2 - 2(R+r) \cdot R}{(R+r)^4} = 0 \quad \left| \cdot \frac{(R+r)^4}{(BVD)^2} \right.$$

$$(R+r)^2 - 2(R+r) \cdot R = 0, \quad \& (R+r)^4 > 0$$

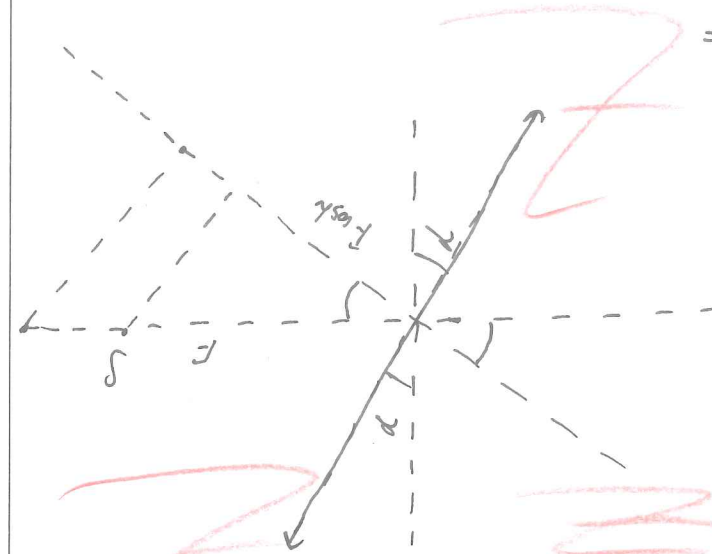
$$(R+r)(R+r-2R) = 0 \quad R = -r \quad r - R = 0$$

$$\emptyset \quad \underline{R = R}$$

Черновик

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F \cos \alpha} - \frac{1}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{1}{F \cos \alpha} - \frac{1}{F} \quad d_1 = \frac{F \cos \alpha}{F - F \cos \alpha} = \frac{F \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$= \frac{F \sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} = \sqrt{3} F$$



$$20 \cdot 4000 + 80 \cdot 16 = 4096$$

$$416 + 27 = 443$$

$$3500 + 70 \cdot 19 = 3589$$

$$q_1 + q_2 = q$$

$$C_1 U + C_2 U = C U$$

$$\frac{q^2}{2C} = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 \epsilon (\epsilon - \chi(\epsilon - 1))}$$

$$\frac{q^2 d}{2\epsilon_0 \epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon - \chi(\epsilon - 1)} \right) = \frac{q^2}{2\epsilon_0 \epsilon} \frac{1}{(\epsilon - \chi(\epsilon - 1))^2} \cdot (-\epsilon - 1)$$

$$\frac{435}{13} \quad \frac{435}{75} \quad 4500 + 50 \cdot 18 = 4600$$

$$\begin{array}{r} 435 \\ \times 435 \\ \hline 2175 \\ 1305 \\ \hline 1740 \\ \hline 189225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 189225 \\ \times 27 \\ \hline 1324575 \\ 378450 \\ \hline 5109075 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5109075 \\ - 4608 \\ \hline 5010 \\ - 4608 \\ \hline 4027 \\ - 3589 \\ \hline 4435 \\ - 4096 \\ \hline \vdots \end{array} \quad \left| \begin{array}{r} 512 \\ \hline 9978 \end{array} \right.$$

Черновик

$$\frac{47}{8-1,72} = \frac{47}{6,28} = \frac{4700}{628}$$

$$\begin{array}{r} 4700 \quad | \quad 628 \\ -1403 \quad | \quad 7,47 \\ \hline 2300 \\ -2516 \\ \hline 4590 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 435 \\ \times 27 \\ \hline 3045 \\ 870 \\ \hline 11745 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11745 \\ \times 435 \\ \hline 35235 \\ 57725 \\ 16980 \\ \hline 5108075 \end{array}$$

$$4500 + 50 + 18 = 4608$$

$$\begin{array}{r} 5108075 \\ -4608 \\ \hline 5000 \\ -4608 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 512 \\ | 99 \dots \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83 \\ \times 55 \\ \hline 415 \\ 415 \\ \hline 4565 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4565 \\ \times 92 \\ \hline 9130 \\ 4565 \\ \hline 415415 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 611 \\ \times 23 \\ \hline 1833 \\ 1222 \\ \hline 14053 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 415415 \quad | \quad 14053 \\ -28106 \\ \hline 139355 \\ -126477 \\ \hline 78780 \\ -70265 \\ \hline 85150 \end{array}$$

$$17073 \cdot 9 = 90000 + 36000 + 450 + 27 = 126477$$

$$70000 + 250 + 15 = 70265$$

64-63-16-12  
(2.8)

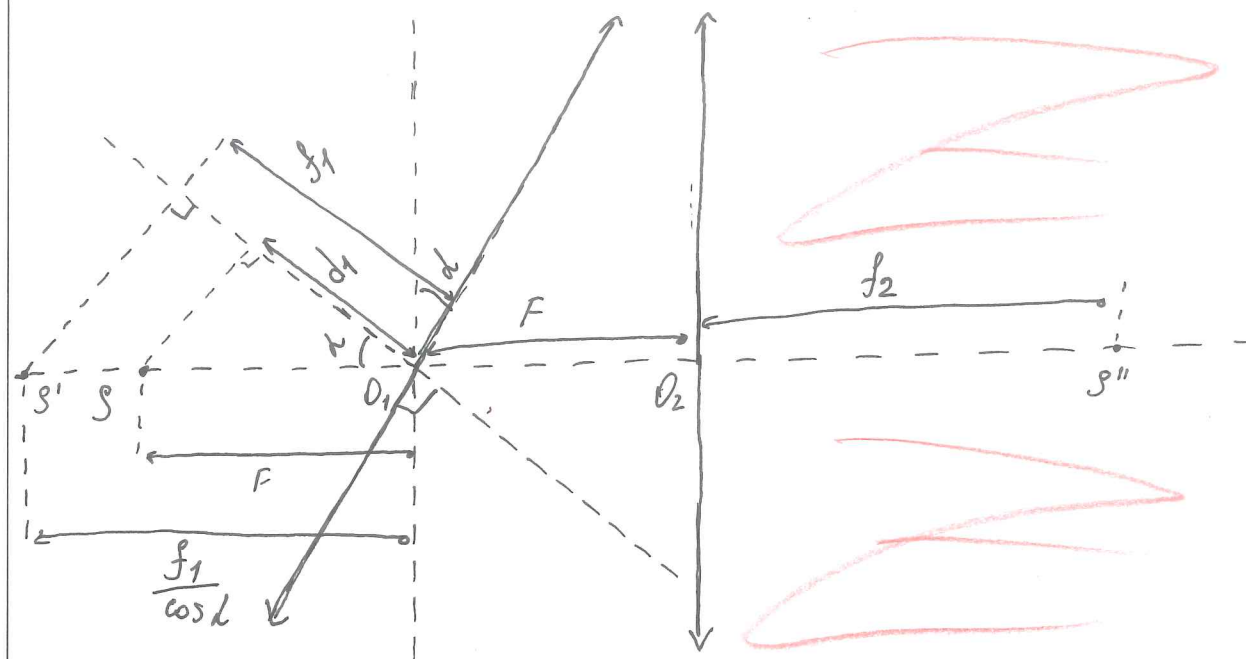
Черновик Вагнера (продолжение) Задача 3.3.2

$$\text{Тогда } P_m = I^2 R = \left( \frac{B \omega d}{R+R} \right)^2 R = \frac{(B \omega d)^2 R}{4R^2}$$

$$4P_m R = (B \omega d)^2 \Rightarrow B = \sqrt{\frac{4P_m R}{\omega^2 d^2}} = \frac{\sqrt{4P_m R}}{\omega d} = \frac{\sqrt{4 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}}{0,1 \cdot 0,4} = \frac{\sqrt{16 \cdot 10^{-4}}}{10^{-2} \cdot 4} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} = 1 \text{ Тл}$$

Ответ: 1 Тл

Задача 4.10.2



1) Из рисунка видно, что после поворота линзы  $d_1 = F \cosh < F$

Получаем, что в ней будет формироваться мнимое изображение  $S'$ . По формул. такой линзы: Оно формируется на луче  $SO_2$ , т.к. он не преломляется, пройдет через опти. центр  $O_2$ .

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d_1 F}{F - d_1} = \frac{F^2 \cosh}{F(1 - \cosh)} = F \frac{\cosh}{1 - \cosh}$$

2) Из рисунка видно, что  $S'O_2 = S'O_1 + O_1O_2$ ;  $S'O_1 = \frac{f_1}{\cosh} = \frac{F}{1 - \cosh}$ ;  $O_1O_2 = F$ . Тогда  $S'O_2 = F + \frac{F}{1 - \cosh} = F \frac{1 - \cosh + 1}{1 - \cosh} = \frac{2 - \cosh}{1 - \cosh}$   
 $S'O_2 = d_2 > F$ . Значит, в линзе 2 формируется действител.

Числовой задачи (продолжение) Задача 4.10.2

изображение  $S''$ . По форму. точкой  $h$  анализа:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{dz} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F dz}{F dz - F} = \frac{F^2 \frac{2 - \cos h}{1 - \cos h}}{F \left( \frac{2 - \cos h}{1 - \cos h} - 1 \right)}$$

$$= F \frac{2 - \cos h}{2 - \cos h - 1 + \cos h} = F \frac{2 - \cos h}{1} = F(2 - \cos h)$$

3) Из рис. видно, что  $x = S S'' = S O_1 + O_1 O_2 + O_2 S'' =$

$$= F + F + f_2 = 2F + 2F - F \cos h = F(4 - \cos h) \text{ где}$$

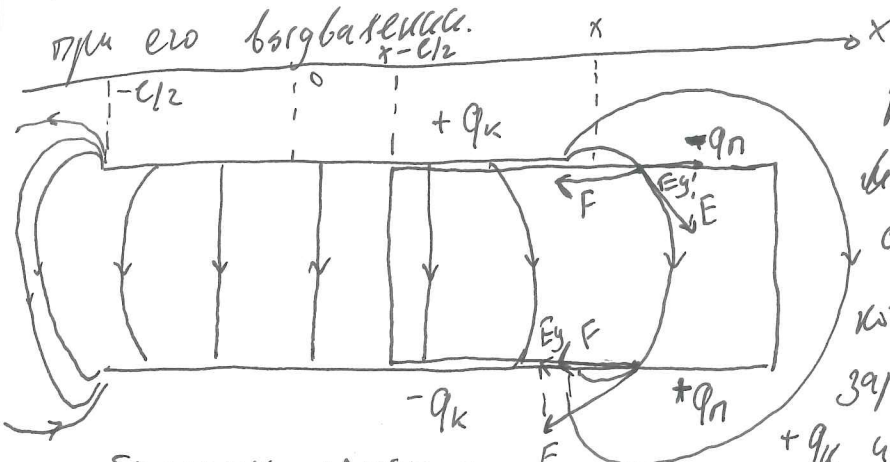
$$F = \frac{x}{4 - \cos h} = \frac{23,5}{4 - \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{47}{8 - \sqrt{2}} = \frac{47}{8 - 1,71} = \frac{47}{6,29} = \frac{4700}{629} \approx 7,5 \text{ см}$$

$$\begin{array}{r} 4700 \quad | \quad 629 \\ -4403 \quad | \quad 7,47 \\ \hline 2970 \\ -2516 \\ \hline 4540 \\ -4403 \\ \hline 137 \end{array}$$

Ответ: 7,5 см

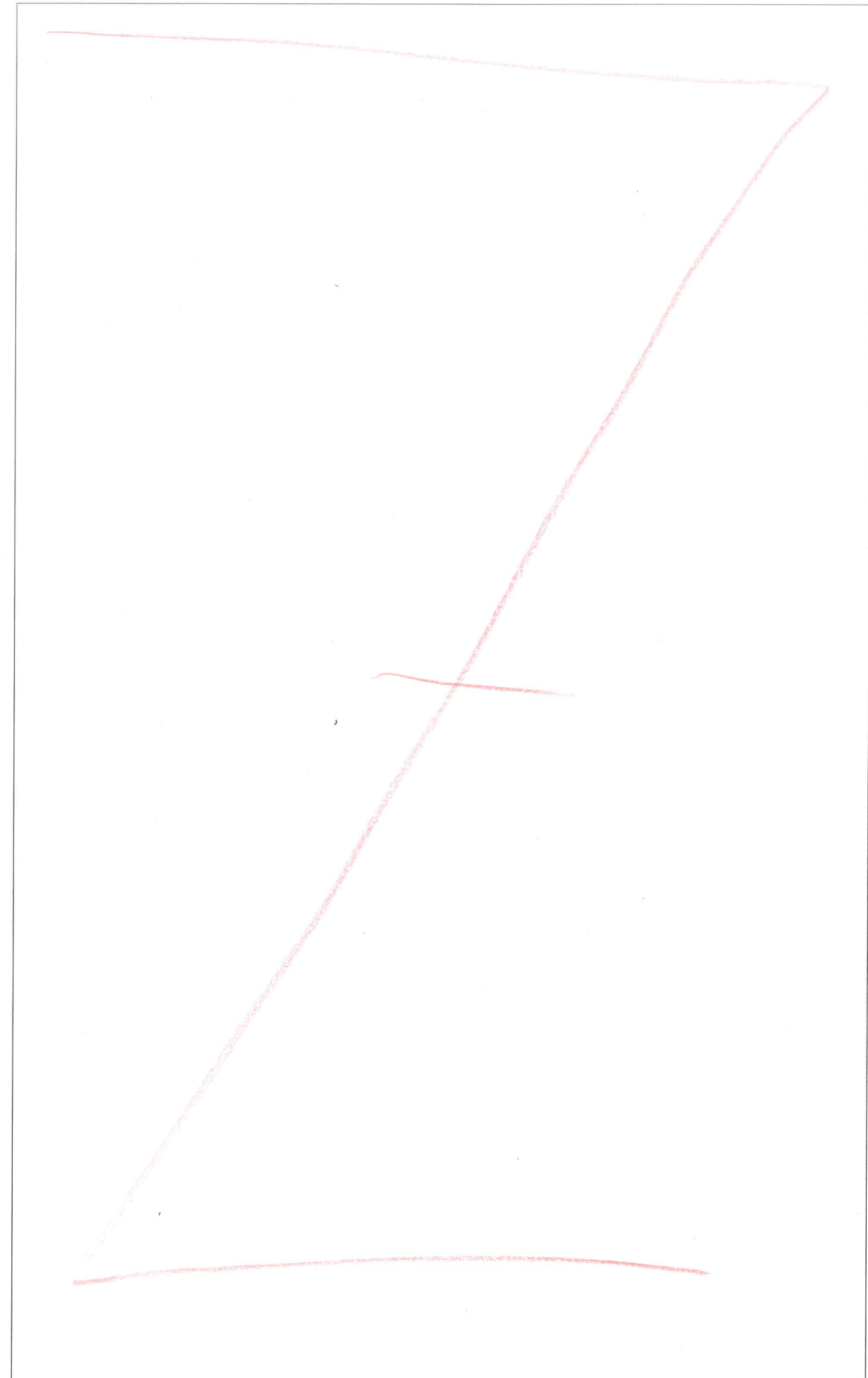
Задача 5.2.2

1) Рассмотрим взаимодействие конденсатора и диэлектрика при его вогнывании.



Какой под воздействием края электрич. поле со стороны конденсатора, которое создается зарядами пластин  $+Q_k$  и  $-Q_k$ ,

на обкладках диэлектрика поляризуется заряды  $+Q_n$  и  $-Q_n$ , для создающее электр. поле, действующее против поле конденсатора. Как видно из рисунка, из-за наличия краевых зарядов за пределами пластин



Задача 2.3.2 (продолжение) Числовик

$$= \frac{11 \cdot 83 \cdot 273 \cdot 10^3}{23 \cdot 611 \cdot 10^2} = \frac{91 \cdot 10^5 \cdot 11 \cdot 83}{23 \cdot 611 \cdot 2} = \frac{55 \cdot 83 \cdot 91}{23 \cdot 611} =$$

$$\begin{array}{r} 91 \\ \times 83 \\ \hline 273 \\ 728 \\ \hline 7553 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7553 \\ \times 55 \\ \hline 37765 \\ 37765 \\ \hline 415415 \end{array}$$

$$= \frac{415415}{14053} \approx 29,6 \text{ м}^3$$

Ответ:  $29,6 \text{ м}^3$

$$\begin{array}{r} 611 \\ \times 23 \\ \hline 1833 \\ 1222 \\ \hline 14053 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 415415 \\ -28106 \\ \hline 134355 \\ -126477 \\ \hline 78780 \\ -70265 \\ \hline 85150 \\ -84318 \\ \hline 832 \\ \vdots \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14053 \\ \times 5 \\ \hline 70265 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14053 \\ \times 6 \\ \hline 84318 \end{array}$$

64-63-16-12  
(2.8)

Числовик Задача 5 (продолжение) Задача 5.2.2

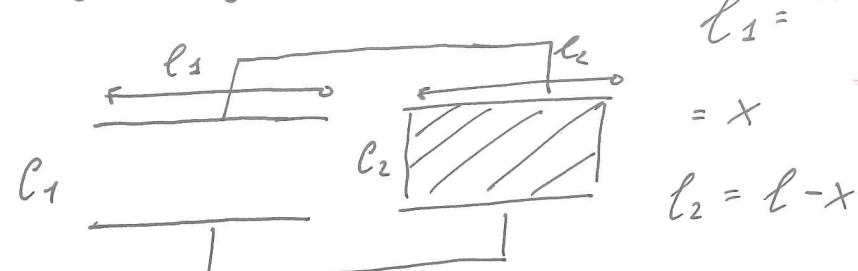
Появляется компонента электрич. поля, параллельная пластинкам, под действием которой на диэлектрик начинает действовать втягивающая сила  $F_{вт}$ , равная по модулю

$$\frac{dW}{dx}, \text{ где } W - \text{ энергия, запасенная в конденсаторе,}$$

$x$  - координата центра пластинки по  $Ox$ .

Получим  $W(x)$ .  $W = \frac{q^2}{2C(x)}$   $q = q_k; q > 0$   $q = \text{const}$  (источник отключен)

Чтобы найти  $C(x)$ , разобьем конденсатор на два параллельно соедин. конденсатора:



$$l_1 = x - \frac{l}{2} + \frac{l}{2} = x$$

$$l_2 = l - x$$

$C_2$  заполнен диэлектриком,  $C_1$  - нет.

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon l_1}{d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 l_2}{d} = \frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon l_1 + \epsilon^2 l_2) =$$

$$= \frac{\epsilon_0 l}{d} ((l-x)\epsilon + x) = \frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon l - x(\epsilon - 1))$$

Тогда  $F_{вт} = \frac{dW}{dx}$  (из условия стремление системы прийти в состояние с наименьшей пот. энергией)

$$F_{вт} = \frac{d}{dx} \left( \frac{q^2}{2C(x)} \right) = \left( \frac{q^2}{2} \cdot \frac{1}{C(x)} \right)' = \left( \frac{q^2 d}{2 \cdot \epsilon_0 l (\epsilon l - x(\epsilon - 1))} \right)'$$

$$= \frac{q^2 d}{2 \epsilon_0 l} \left( \frac{1}{\epsilon l - x(\epsilon - 1)} \right)' = - \frac{q^2 d}{2 \epsilon_0 l} \frac{1}{(\epsilon l - x(\epsilon - 1))^2} \cdot (- (\epsilon - 1)) =$$

$$= \frac{q^2 d \cdot (\epsilon - 1)}{2 \epsilon_0 l ((\epsilon l)^2 - 2x(\epsilon - 1)(\epsilon l) + x^2(\epsilon - 1)^2)}$$

В силу малости  $x$  пренебрежем слагаемым  $x^2(\epsilon - 1)^2$

Циголик Задача 5.2.2 (продолжение)

$$= \frac{q^2 d (\epsilon - 1)}{2 \epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{1 (\epsilon \ell)^2}{(\epsilon \ell)^2 - 2 \lambda (\epsilon - 1) (\epsilon \ell)} = \frac{q^2 d (\epsilon - 1)}{2 \epsilon_0 \epsilon (\epsilon \ell)^2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{2 \lambda (\epsilon - 1)}{\epsilon \ell}}$$

Т.к.  $x \ll \ell$ , то  $\frac{2 \ell - 1}{\ell} \frac{x}{\ell} = \frac{3}{2} \frac{x}{\ell} \ll 1 \Rightarrow \frac{1}{1 - \frac{2 \lambda (\epsilon - 1)}{\epsilon \ell}} \approx 1$

Тогда  $F_{\text{вг}} = \frac{q^2 d (\epsilon - 1)}{2 \epsilon_0 \epsilon^3 \ell^2} \approx \text{const.}$

Тогда запишем II з.и. для пластины:

$$m a = F_{\text{вг}} \Rightarrow a = \frac{F_{\text{вг}}}{m} = \text{const}$$

Когда пластина переходит из крайнего положения, где  $x = x_m = 0,1$  мм, в положение, где  $x = 0$ , она проходит одну амплитуду и затрачивает четвёртый периода, дважды при этом равноускоренно из покоя с нулевой нач. скоростью. Тогда:

$$\vec{T} = \frac{T}{4} \vec{a} = \frac{T}{4} a$$

$$x_m = \frac{a T^2}{2} = \frac{a T^2}{16 \cdot 2} \Rightarrow \frac{32 x_m}{T^2} = a = \frac{F_{\text{вг}}}{m}$$

$$m = \frac{F_{\text{вг}} \cdot T^2}{32 x_m} = \frac{q^2 d (\epsilon - 1) T^2}{2 \epsilon_0 \epsilon^3 \ell^2 \cdot 32 x_m}$$

q найдем из нач. условий

$$q = U_0 \cdot C_0 = \frac{U_0 \cdot \epsilon_0 \ell^2}{d}$$

$$m = \frac{U_0^2 \cdot \epsilon_0^2 \cdot \ell^4}{d^2} \cdot \frac{d (\epsilon - 1) \cdot T^2}{64 \cdot \epsilon_0 \cdot \ell^3 \cdot \epsilon^2 \cdot x_m} = \frac{U_0^2 \cdot \epsilon_0 \cdot \ell (\epsilon - 1) T^2}{64 \epsilon^2 \cdot d \cdot x_m} \quad (19)$$

$$= \frac{10^4 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot (4-1) \cdot 435^2 \cdot 10^{-4}}{64 \cdot 4^2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}} =$$

Циголик Задача 5.2.2 (продолжение)

$$= \frac{9 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 435^2 \cdot 10^{-7}}{64 \cdot 16} = 10^{-6} \frac{9 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 435 \cdot 435}{64 \cdot 16 \cdot 8} = \frac{183225 \cdot 27}{512} \cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{5109075}{512} \cdot 10^{-6} \approx 998 \cdot 10^{-6} = 0,998 \cdot 10^{-3} \approx 1 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 1 \text{ г}$$

Ответ: 1 г

(Все расчеты в столбик проведены на черновике ~~инвариант~~ ~~инвариант~~ ответ)

Задача 2.3.2.

1) Т.к. температура помещения  $T = 273 \text{ К} = 0^\circ \text{ C}$  равна температуре смеси  $t = 0^\circ \text{ C}$ , то теплообмена между смесью и окружающей средой не было, поэтому

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{пол}} = 0 \text{ где смесь равно нулю. Здесь } Q_{\text{от}} = \rho V \Delta T \text{ где } \rho \text{ и } V \text{ где смеси равно нулю.}$$

$$Q = -L \Delta m + Q = -\rho \Delta m + L m_{\text{исп}}, \text{ исп} - \text{масса испарившейся жидкости. } m_{\text{исп}} = \frac{\rho \Delta m}{L}$$

После установления равновесия парциальное давление водяного пара в комнате стало равным  $P_{\text{нас}}$ .

Для пара ~~нет~~ Т.к. по условию изначально помещено сухое, то начальная масса водяных паров в воздухе равна нулю, то если давление  $P_{\text{нас}}$  создает только испарившаяся из смеси жидкость. Можем записать для пара у-ие Менделеева-Клапейрона.

$$P_{\text{нас}} \cdot V = \frac{m_{\text{исп}}}{\mu} R T \Rightarrow V = \frac{m_{\text{исп}} R T}{\mu \cdot P_{\text{нас}}} + \frac{\rho \Delta m R T}{L \mu P_{\text{нас}}} =$$

$$\frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 8,3 \cdot 273}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 611} = \frac{33 \cdot 83 \cdot 273 \cdot 10^3}{23 \cdot 18 \cdot 611 \cdot 10^2} =$$