0 680105 890005

68-01-05-89
(3.8)

+1 лист

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Литвика Станислава Семеновича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 16:37-16:40

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
[подпись]

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Чистовик 7

$\omega = \frac{2\pi}{T}$; ~~число π можно узнать~~

т.к. в $t=0$ $v=0$, то $v(t)$ колеблется по синусу: $v(t) = v_m \sin(\omega t)$

Значит $x(t) = A\cos(\omega t) = x\cos(\omega t)$

$v_m = x\omega$ — максимальная скорость в колебаниях (в точке $x=0$)

$$v_m = x\cdot\frac{2\pi}{T}$$

Теперь, по ЗСЭ:

$\frac{m v_m^2}{2} + W_0 = W_k$, где

W_0 — потенц. эн-ия взаимод в $x=0$

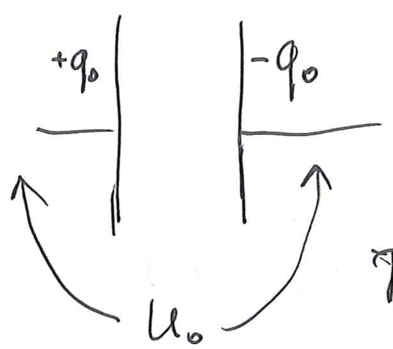
W_k — пот. эн-ия вз. в $x=x$.

$$W_k - W_0 = \frac{m}{2}\cdot\frac{4\pi^2 x^2}{T^2} = \frac{2\pi^2 m x^2}{T^2}$$

Теперь найдем $W_k - W_0$;

До введения пластины ε:

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 l^2}{d}$$



$$q_0 = U_0 C_0 = \frac{\varepsilon_0 l^2 U_0}{d}$$

Такие заряды и сохраняются (т.к. конденс. отключили от питания)

68-01-05-89
(3.8)

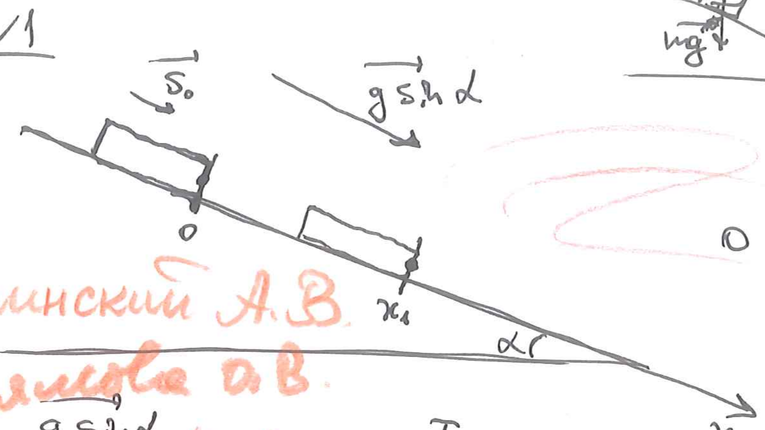
1	2	3	4	5	Σ
10	20	20	22	13	85

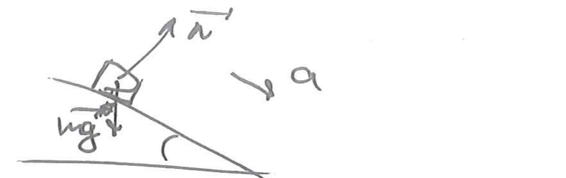
Восемьдесят пять

Белинский А.В.
Гелляшова О.В.
Бербенёва Н.А.
Захаров К.В.

Черновик 1

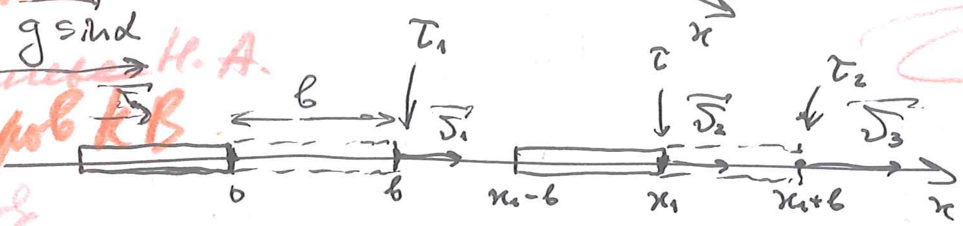
№1





$\cancel{m}a = \cancel{m}g\sin\alpha$

$0 \to x_1$ за τ



$v_1 = v_0 + g\sin\alpha\,\tau_1$

$v_2 = v_0 + g\sin\alpha\,\tau$

$v_3 = v_2 + g\sin\alpha\,\tau_2 = v_0 g\sin\alpha(\tau+\tau_2)$

$$b = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} = \frac{\cancel{v_0^2} + g^2\tau_1^2\sin^2\alpha + 2v_0 g\tau_1\sin\alpha - \cancel{v_0^2}}{2g\sin\alpha}$$

$\frac{5\cdot 2}{100} = \frac{1}{10} = 0{,}1$

$$= \frac{g\sin\alpha\,\tau_1^2}{2} + v_0\tau_1 \;\Big|\; \tau_2$$

$$b = v_2\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\,\tau_2^2}{2} = v_0\tau_2 + g\sin\alpha\,\tau\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\,\tau_2^2}{2} \;\Big|\; \tau_1$$

$$b\tau_2 = \frac{g\sin\alpha\,\tau_1^2\tau_2}{2} + v_0\tau_1\tau_2$$

$\ominus$

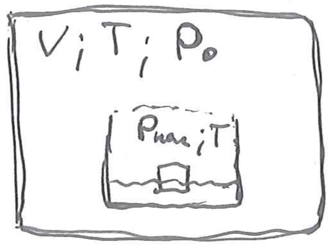
$$b\tau_1 = g\sin\alpha\,\tau\tau_1\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\,\tau_1\tau_2^2}{2} + v_0\tau_1\tau_2$$

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

$$= g\sin\alpha\,\tau_1\tau_2\left(\tau + \frac{\tau_2-\tau_1}{2}\right) = \frac{g\sin\alpha\,\tau_1\tau_2}{2}\cdot(2\tau+\tau_2-\tau_1)$$

Черновик 2

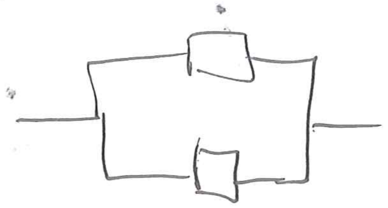
№2



$$P_0 V = \nu_{лун} RT$$

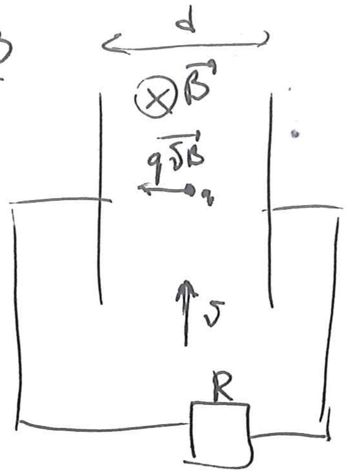
$$\frac{\Delta m}{\mu} = \Delta \nu$$

$$r_n \Delta \nu$$



$$\lambda_к \Delta m$$

№3



$$F_л = q v B$$

$$E = v B$$

$$\Delta \varphi = E d = v B d \; +$$

$$v B d = (R_б + R)\, i$$

$$i = \frac{v B d}{R_б + R}$$

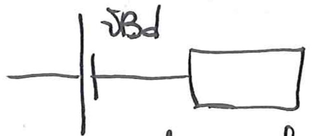
$$2\sqrt{vB}$$

$$P_R = i^2 R = \frac{(vBd)^2 R}{(R_б + R)^2}$$

$$I = \frac{R}{2} = vBd$$

$$I = \frac{2vBd}{R}$$

$$P_m = I^2 R = \frac{4(vBd)^2}{R}$$

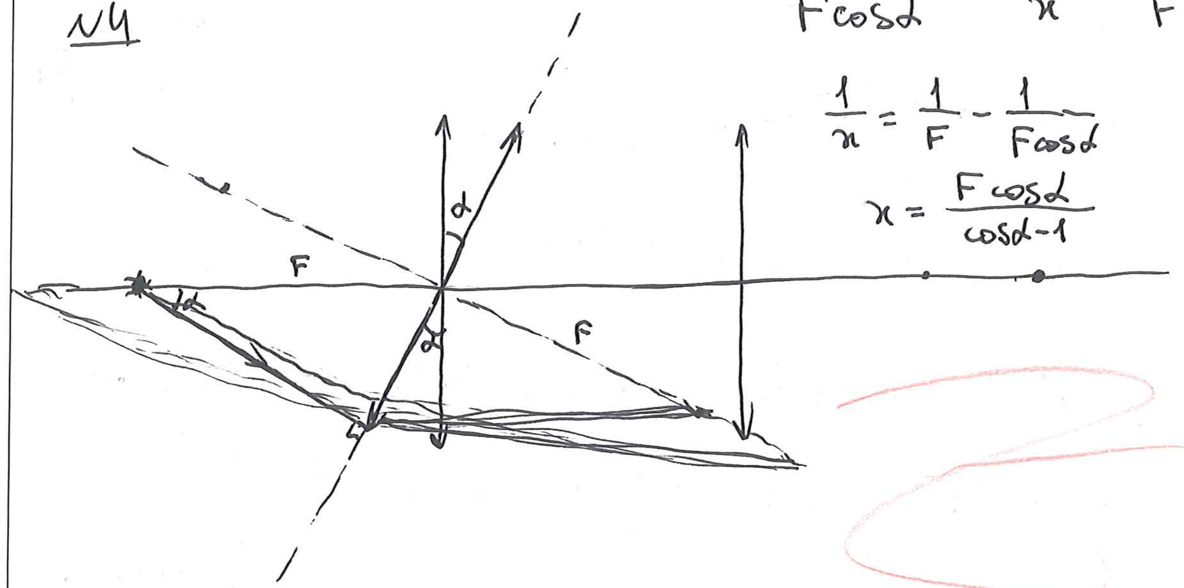


$$\frac{1}{F\cos\alpha} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$$

№4

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F\cos\alpha}$$

$$x = \frac{F\cos\alpha}{\cos\alpha - 1}$$

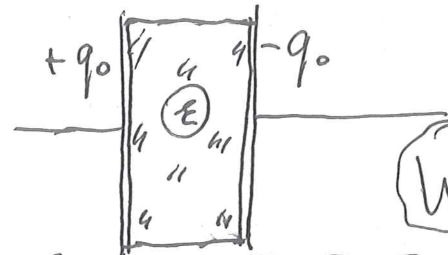


ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

~~Черновик 8~~ Чистовик 8

[illegible]

После введения пл-ины $\mathcal{E}$:

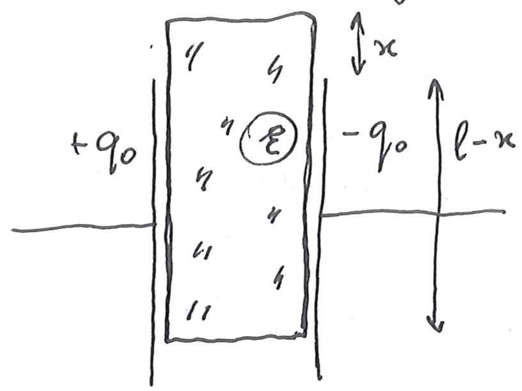


$$C = \frac{\varepsilon_0 \mathcal{E} S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \mathcal{E} l^2}{d}$$

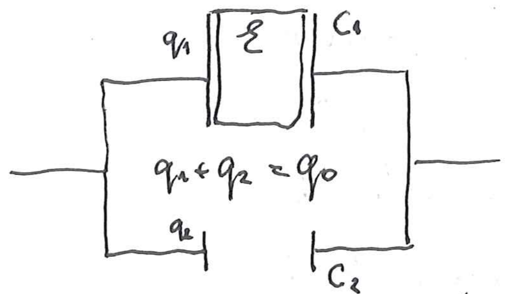
$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2 \cdot d}{d^2 \cdot 2\varepsilon_0 \mathcal{E} l^2} =$$

$$= \boxed{\frac{\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2 d \mathcal{E}}}$$

После выдвижения пластины вверх на x:



это эквивалентно такой схеме:



$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \mathcal{E} l (l - x)}{d}$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 l x}{d}$$

$C_{экв.} = C_1 + C_2$ (они параллельны)

$$C_{экв.} = \frac{\varepsilon_0 l}{d}(\mathcal{E} l - \mathcal{E} x + x)$$

$$W_k = \frac{q_0^2}{2C_{экв.}} = \frac{\varepsilon_0^{\cancel{2}} l^{\cancel{4}\,3} U_0^2 \cdot \cancel{d}}{d^{\cancel{2}} \cdot 2 \cdot \cancel{\varepsilon_0 l}(\mathcal{E} l - \mathcal{E} x + x)} =$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d(\mathcal{E} l - \mathcal{E} x + x)} = \boxed{\frac{\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2d\mathcal{E}\left(1 - \frac{x}{l} + \frac{x}{l\mathcal{E}}\right)}}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик 6

когда $R_x = R$? (сопротивления (ж) равно ~~R~~ сопротивлению во внешней цепи).

Значит, по правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E} = i\cdot 2R$? откуда $\quad i = \frac{\mathcal{E}}{2R}$

$P_m = i^2 R = \frac{\mathcal{E}^2}{4R^2}\cdot R = \frac{\mathcal{E}^2}{4R}$, $\mathcal{E} = \upsilon B d$ +

$P_m \cdot 4R = \upsilon^2 B^2 d^2 \qquad \boxed{\upsilon = \frac{2\sqrt{P_m\cdot R}}{Bd}}$ +

$\boxed{\upsilon} = \frac{2\cdot\sqrt{1\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}4}}{1\cdot 0{,}4} = \frac{2\cdot\sqrt{\frac{4}{10^4}}}{0{,}4} = \frac{2\cdot 2}{100\cdot 0{,}4} =$

$= \frac{4}{40} = \boxed{0{,}1\ (м/с)}$

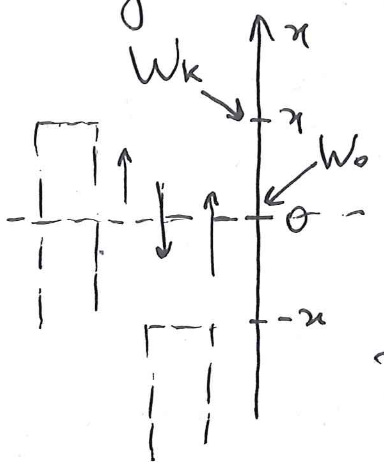
Ответ: $\upsilon = \frac{2\sqrt{P_m R}}{Bd} = 0{,}1$ м/с.

№5.2.3

Даны такие величины:

$U_0; d; m; x; T; \mathcal{E}; \mathcal{E}_0$

Надо найти: ℓ - ?



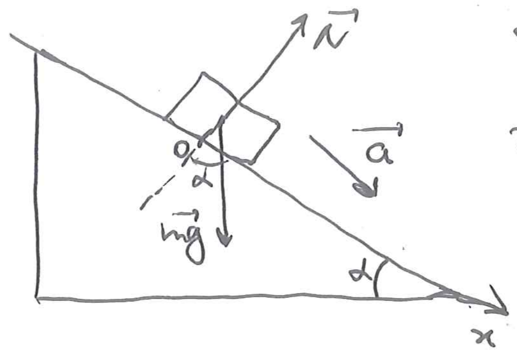
Т.к. отвели на (x) и отпустили без начальной скорости, то $A = x$ (амплитуда колебаний)

Период T дан по услов. =>

68-01-05-89 (3.8)

Чистовик 1

№1.5.3



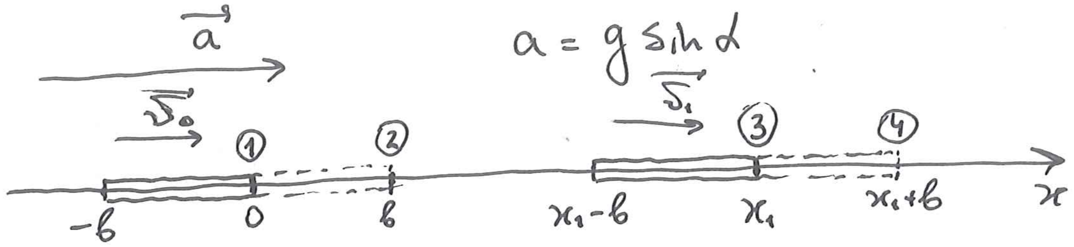
Поверхность клина гладкая ($F_{тр} = 0$)

2 з-н Ньютона на Ox: $mg\sin\alpha = ma$

$\boxed{a = g\sin\alpha}$

Расположим ось Ox горизонтально

$a = g\sin\alpha$



Фотоэлементы в точках 0 и x_1.

По усл. из (1) в (2) за τ_1

из (3) в (4) за τ_2

из (1) в (3) за τ

Запишем уравнения кинематики:

(1) → (2): $b = \upsilon_0\tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2} \Big| \cdot\tau_2$

(3) → (4): $b = \upsilon_1\tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2} = \upsilon_0\tau_2 + a\tau\tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2} \Big| \cdot\tau_1$

(1) → (3): $\upsilon_1 = \upsilon_0 + a\tau$

$b\tau_2 = \upsilon_0\tau_1\tau_2 + \frac{a\tau_1\tau_2}{2}\tau_1$

$b\tau_1 = \upsilon_0\tau_1\tau_2 + \frac{a\tau_1\tau_2}{2}\cdot 2\tau + \frac{a\tau_1\tau_2}{2}\tau_2$

$b(\tau_1 - \tau_2) = \frac{a\tau_1\tau_2}{2}(2\tau + \tau_2 - \tau_1)$

Чистовик 2

$$b = \frac{a T_1 T_2 (2T + T_2 - T_1)}{2(T_1 - T_2)} \quad , \quad a = g\sin\alpha$$

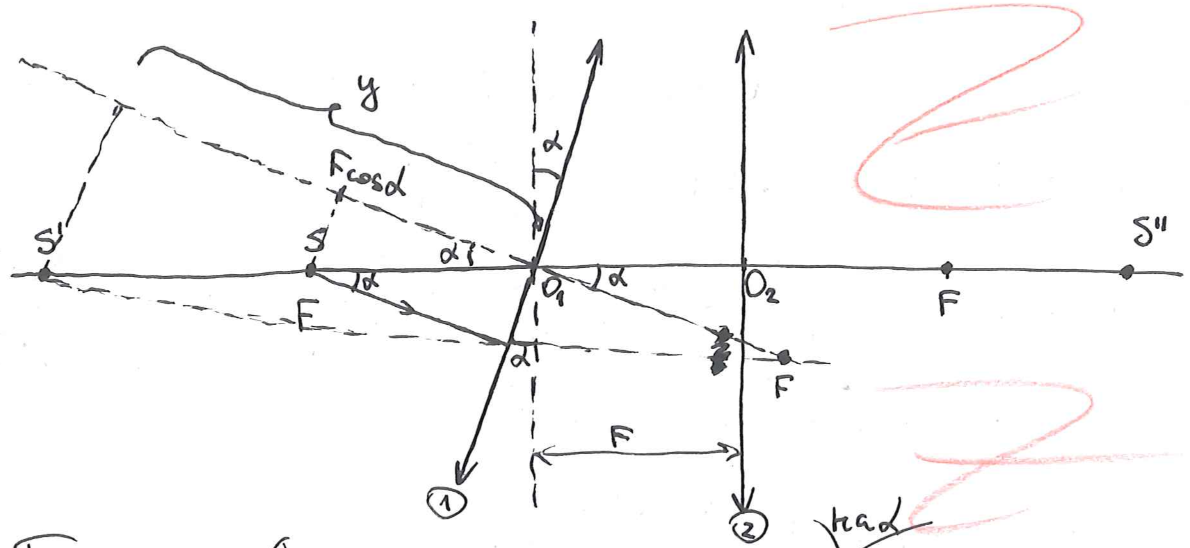
$$\boxed{b = \frac{g\sin\alpha}{2}\cdot\frac{T_1T_2(2T+T_2-T_1)}{T_1-T_2}}$$

$$\boxed{b} = \frac{10\cdot\frac{1}{2}}{2}\cdot\frac{2\cdot 1(1{,}02+1-2)}{2-1} =$$

$$= \frac{5}{2}\cdot 2(1{,}02-1) = 5\cdot 0{,}02 = \boxed{0{,}1\,(м)} = \boxed{10\,(см)}$$

Ответ: $b = \frac{g\sin\alpha}{2}\cdot\frac{T_1T_2(2T+T_2-T_1)}{T_1-T_2} = 10$ см.

№4.10.3

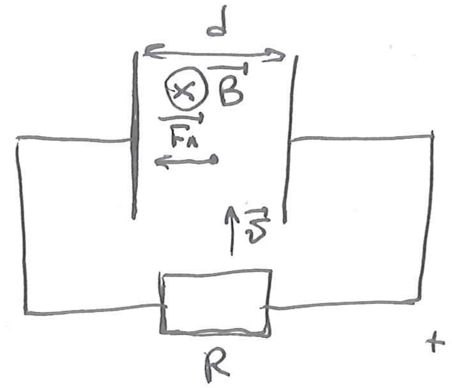


После поворота линзы ① над источник S теперь находится на расст. $F\cos\alpha$ от линзы ①. Что меньше F ⇒ изображение мнимое, увеличенное слева от S. S' лежит на ГОО л.②

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик 5

№3.3.3



Т.к. жидкость проводящая, то на каждый заряд +q потока действует сила Лоренца, направл. влево, которая равн. $F_л = qvB$ (это можно назвать эффектом Холла в жидкости).

Теперь найдем „электро-движущую силу" этой конструкции.

$\boxed{1\text{ сп.}}$ $\mathcal{E} = \frac{A_{стор}}{q} = \frac{F_л d}{q} = vBd$

$\boxed{2\text{ сп.}}$ $F_л = qvB$; $E = \frac{F_л}{q} = vB$

$\Delta\varphi = Ed = vBd = \mathcal{E}$

Но! жидкость тоже обладает каким-то сопротивлением R_x.

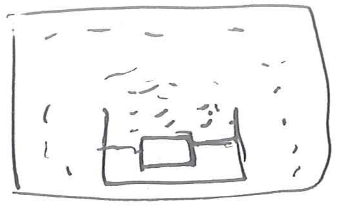
Сказано, что $P_R = P_m = max$.

Также при движении каждого q в жидкости он испытывает ~~они~~ омическое сопротивление.

Если так, то максимальная мощность на R будет выделяться,

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик 4



$P_0 V = \nu_{пол} R T$

$P_к V = \nu_{пол} R T_к$

$Q_к = \lambda_к \Delta m$

$Q_п = r_п m'$ $pV = \frac{m}{\mu} RT$ $\nu = \frac{m}{\mu}$ $m' = \frac{\lambda_к \Delta m}{r_п}$

$\lambda_к m$ $r_1 m_в$

$V = \frac{m_{вод}}{\mu} RT$ $\frac{\frac{\lambda_к \Delta m}{r_п} RT}{\mu P^0_{н.п}} = V$

$\frac{m'}{\mu} = \nu'$

$\frac{\Delta m}{\mu} RT \cdot \frac{\lambda_к}{r_п} = P^0_{н.п} V$

$P^0_{н.п.} V = \nu' RT$; $\nu' = \frac{m'}{\mu} = \frac{\lambda_к \Delta m}{r_п \mu}$

$P^0_{н.п} = \frac{RT}{V} \cdot \frac{\lambda_к \Delta m}{r_п \mu}$ $\upsilon B d$

$\upsilon = \frac{2\sqrt{P_m R}}{Bd}$

$2R \cdot i = \upsilon B d$

на $R = \frac{\upsilon B d}{2}$

$\upsilon = \frac{2\sqrt{P_m R}}{Bd}$ ✓

$P_m = \frac{U^2}{R} = \frac{(\upsilon B d)^2}{4R}$

$\frac{m \upsilon_m^2}{2} = W_к - W_0$ $x\omega = \upsilon_m$

$\upsilon_m = x\omega = x \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi x}{T}$

$W_к - W_0 = \frac{m}{2}\upsilon_m^2 = \frac{m}{2}\cdot\frac{4\pi^2 x^2}{T^2} = \frac{2\pi^2 m x^2}{T^2}$

68-01-05-89 (3.8)

Чистовик 3

Теперь найдем расстояние y из ФТЛ для л. 1:

$\frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{y} = \frac{1}{F}$ $\frac{1}{y} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{F}$

$y = \frac{F\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$

$S'O_1 \cos\alpha = y$ $S'O_1 = \frac{F}{1-\cos\alpha}$

Теперь запишем ФТЛ для л. 2 и узнаем O_2S''

$\frac{1}{S'O_2} + \frac{1}{O_2S''} = \frac{1}{F}$ $S'O_2 = S'O_1 + F$

$\frac{1}{F + \frac{F}{1-\cos\alpha}} + \frac{1}{O_2S''} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{O_2S''} = \frac{1}{F} - \frac{1-\cos\alpha}{2F - F\cos\alpha} = \frac{2-\cancel{\cos\alpha}-1+\cancel{\cos\alpha}}{2F-F\cos\alpha}$

$O_2S'' = 2F - F\cos\alpha$

По усл. $SS'' = x$; $SS'' = SO_1 + O_1O_2 + O_2S''$

$x = 4F - F\cos\alpha$

$\cos\alpha = \frac{4F - x}{F}$ $\boxed{\alpha = \arccos\left(\frac{4F-x}{F}\right)}$

$\boxed{\alpha} = \arccos\left(\frac{\overset{30}{4\cdot 7{,}5} - 23{,}5}{7{,}5}\right) = \arccos\left(\frac{6{,}5}{7{,}5}\right) =$

$= \boxed{\arccos\left(\frac{13}{15}\right)}$

Ответ: $\alpha = \arccos\left(\frac{4F-x}{F}\right) = \arccos\left(\frac{13}{15}\right)$.

205

Чистовик 4

№2.3.3

Тепло, которое нужно, чтобы преобразовать Δm воды в лёд пошло на тепло для испарения воды (некоторого кол-ва)

Тогда можно записать:

$\lambda_к \Delta m = r_n \cdot m_u \rightarrow m_u = \frac{\lambda_к}{r_n} \Delta m$

$\nu_u = \frac{m_u}{\mu} = \frac{\lambda_к \Delta m}{r_n \mu}$

З-н Менделеева - Клапейрона для испарившейся воды в комнате:

$P_{нас} V = \nu_u R T$ ($P = P_{нас}$, потому что есть (осталась) вода)

$\boxed{P_{нас}} = \frac{\nu_u R T}{V} = \frac{RT}{V} \cdot \frac{\lambda_к \Delta m}{r_n \mu} = \boxed{\frac{\lambda_к \Delta m\, RT}{r_n \mu V}}$

$\boxed{P_{нас}} = \frac{3{,}3 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 8{,}3 \cdot 273}{2{,}3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 30} = \frac{33 \cdot 83 \cdot 273}{3 \cdot 18 \cdot 23} =$

$= \frac{11 \cdot 83 \cdot 91}{23 \cdot 6} \approx \boxed{602\ (Па)}$

83083 | 138
828 | 602,0...
283
276
700

$23 \times 6 = 138$; $138 \times 6 = 828$; $138 \times 2 = 276$

$91 \times 83 = 273 + 728 = 7553$; $7553 \times 11 = 7553 + 7553 = 83083$

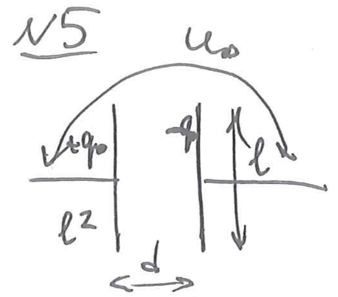
Ответ: $P_{нас} = \frac{\lambda_к \Delta m RT}{r_n \mu V} = 602$ Па.

Задача решена 20

Черновик 3

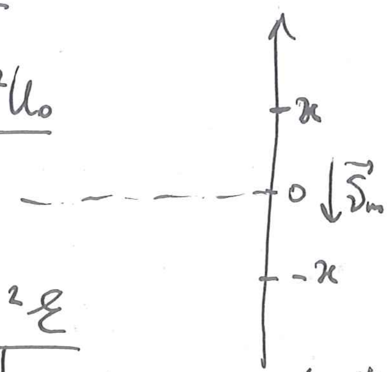
$\{U_0; d; m; x; T; \varepsilon; \varepsilon_0\}$ $\ell - ?$

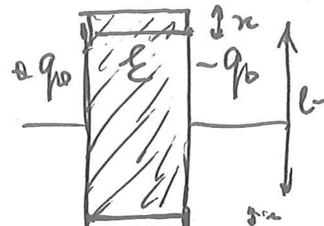
№5



$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \ell^2}{d}$

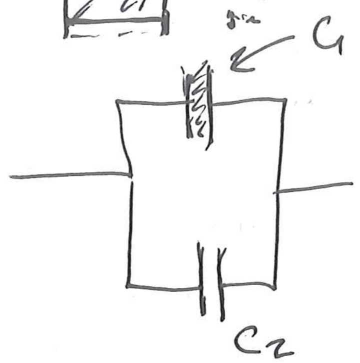
$q_0 = C_0 U_0 = \frac{\varepsilon_0 \ell^2 U_0}{d}$





$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \ell^2 \varepsilon}{d}$

$x(t) = x \cos(\omega t)$



$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \ell (\ell - x)}{d}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \ell x}{d}$

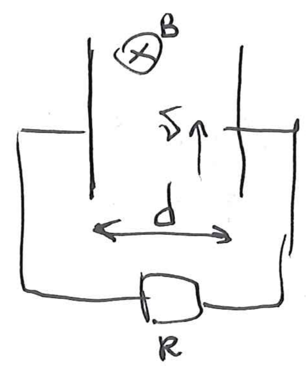
$C_э = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \ell^2 - \varepsilon_0 \varepsilon \ell x + \varepsilon_0 \ell x}{d}$

$W_к = \frac{q_0^2}{2C_э} = \frac{\varepsilon_0^2 \ell^4 U_0^2 \cdot d}{2d^2 \cdot (\varepsilon_0 \varepsilon \ell^2 - \varepsilon_0 \ell x(\varepsilon - 1))} =$

$= \frac{\varepsilon_0 \ell^3 U_0^2}{2d(\varepsilon \ell - \varepsilon x + x)}$

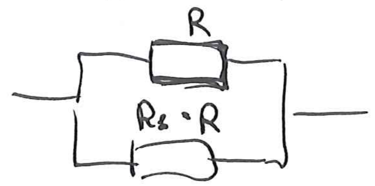
$W_0 = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{\varepsilon_0^2 \ell^4 U_0^2 d}{d^2 \cdot 2 \varepsilon_0 \ell^2 \varepsilon} = \frac{\ell^2 U_0^2 \varepsilon_0}{2 d \varepsilon}$

$W_к - W_0 = \frac{\varepsilon_0 \ell^2 U_0^2}{2d} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon - \varepsilon \frac{x}{\ell} + \frac{x}{\ell}} - \frac{1}{\varepsilon} \right)$



$q v B = F$

$E = vB$



$\varepsilon = Ed = vBd$

$P_m = \frac{v^2 B^2 d^2}{R}$

$v = \frac{\sqrt{P_m R \cdot 2}}{Bd}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

68-01-05-89 (3.8)

Чистовик 9

$$\boxed{W_k - W_0} = \frac{\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2d\varepsilon}\left(\frac{1}{1-\frac{x}{l}+\frac{x}{l\varepsilon}} - 1\right) =$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2d\varepsilon}\cdot\frac{\cancel{1}-\cancel{1}+\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}}{1-\frac{x}{l}+\frac{x}{l\varepsilon}} =$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2d\varepsilon}\cdot\frac{\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}}{1-\left(\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}\right)}$$

Теперь найдем l:

$$\frac{2\pi^2 m x^2}{T^2} = \frac{\varepsilon_0 U_0^2}{2\varepsilon d}\cdot\frac{\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}}{1-\left(\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}\right)}\cdot l^2$$

$$\cancel{\boxed{l} = \sqrt{\frac{4\pi^2 x^2 m\varepsilon d\left(1-\left(\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}\right)\right)}{T^2\varepsilon_0 U_0^2\left(\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}\right)}} = \boxed{\frac{2\pi x}{TU_0}\sqrt{\frac{m\varepsilon d}{\varepsilon_0}\cdot\left(\frac{1}{\left(\frac{x}{l}-\frac{x}{l\varepsilon}\right)}-1\right)}}}$$

~~$\pi \approx 3$ (примем примерно 3)~~

$$\cancel{l = \frac{6\cdot 1}{10^4\cdot 4,35\cdot 100}\sqrt{\frac{4\cdot 10^{12}}{100\cdot 1000\cdot 9\cdot 1}\cdot\left(\frac{1}{\left(\frac{1}{10^4}\right.}\right.}}$$

$$\frac{4\pi^2 x^2}{T^2 U_0^2}\cdot\frac{m\varepsilon d}{\varepsilon_0} = \frac{(\varepsilon x - x)\cdot\cancel{\varepsilon l}}{\cancel{l\varepsilon}\cdot(\varepsilon l - \cancel{\varepsilon x}^0 + \cancel{x}^0)}\cdot l^2 =$$

$$\approx \frac{(\varepsilon-1)x}{\varepsilon \cancel{l}}\cdot l^{\cancel{2}} = \boxed{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}x\cdot l}$$

пренебрегаем малостью x отн. l

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик 10

$$\boxed{l} = \frac{4\pi^2\varkappa^2\cdot m\,\varepsilon^2 d}{T^2 U_0^2\,\varepsilon_0\,\varkappa(\varepsilon-1)} = \boxed{\frac{4\pi^2\varepsilon^2\varkappa m d}{T^2 U_0^2\,\varepsilon_0(\varepsilon-1)}}$$

$\pi \approx 3$

$$\boxed{l} = \frac{4\cdot\cancel{9}\cdot 16\cdot 10^{-4}\cdot 10^{-2}\cdot 10^{-3}}{4{,}35^2\cdot 10^{4}\cdot\cancel{9}\cdot 10^{-12}\cdot 3} = \frac{64\cdot 10^{-9}}{3\cdot 4{,}35^2\cdot 10^{-8}} =$$

$$= \frac{64}{3\cdot 4{,}35^2\cdot 10} = \frac{\cancel{64}\,32}{3\cdot\cancel{200}\,1} \approx \frac{32}{300}\ (м) =$$

$$\begin{array}{r} \times\; 4{,}35 \\ 4{,}35 \\ \hline 2175 \\ +\;1305 \\ 1740 \\ \hline 18{,}9225 \end{array} \approx 19 \approx 20$$

$\approx \cancel{\boxed{10{,}6\ (см)}} \approx \boxed{11\ (см)}$

Ответ: $l = \dfrac{4\pi^2\varepsilon^2\varkappa m d}{T^2 U_0^2\,\varepsilon_0(\varepsilon-1)} \approx 11$ (см).