0 628931 380000

62-89-31-38
(3.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Пеуновой Полины Дмитриевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$pV = const$ $T = const$

$p_{вв} = p_{св} + p_п$

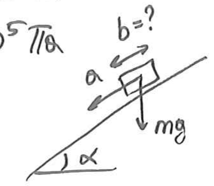
$\frac{47}{15}$ $\frac{235}{75}$

$p_{св}$

$V_{св0} = 30 м^3$

$p_0 = 10^5$ Па

$b = ?$



$30 - 23{,}5$ $\quad 0{,}51 \times 4 = 2{,}04$ $\quad 75 \times 3 = 225$

$7{,}5 \times 4 = 30{,}0$

Δm $\quad Q = \lambda \Delta m$

$ma = mg\sin\alpha$

$a = g\sin\alpha$

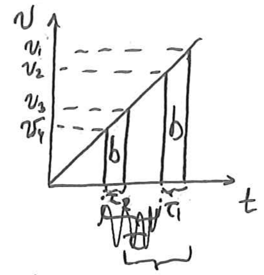
$Q = \Delta U + A$

$\frac{6{,}5}{7{,}5} = \frac{65}{75} = \frac{13}{15}$

$235 : 5 = 47$ $\quad 75 : 5 = 15$

τ

$b =$



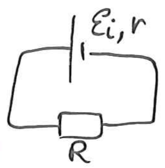
$83 \times 91 = 7553$

$140 + 21$

$120 + 18$

$v = ?$

$\mathcal{E}_i = Bvd$



$23 \times 7 = 161$

$\frac{(v_1+v_2)\tau_1}{2} = \frac{(v_3+v_4)\tau_2}{2}$

$(v_1+v_2)\tau_1 = (v_3+v_4)\tau_2$

$v_2 = v_1 + a\tau_1$

$P = I^2R = UI = \frac{U^2}{R}$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{2R}$

$7553 \times 11 = 83083$

$(2v_1 + a\tau_1)\tau_1 = (2v_3 + a\tau_2)\tau_2$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R+r}$

$v_3 = v_1 + a\tau$

$P_{уст} = \mathcal{E}_i I$

$P = \frac{\mathcal{E}_i^2 R}{(R+r)^2}$

$(2v_1 + a\tau_1)\tau_1 = (2v_1 + 2a\tau + a\tau_2)\tau_2$

$v_1 = \ldots$

$273 : 3 = 91$

$\mathcal{E}_i = Bvd$

$P_{max} = \frac{\mathcal{E}_i^2 \cdot R}{4R^2} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4R}$

$p_{нас}(0°C) = ?$

$13848 : 23 = 602$

$\mathcal{E}_i = \sqrt{4RP_{max}}$

$83083 : 6 = 13847{,}5$

$Bvd = \sqrt{4RP_m}$

$v = \frac{\sqrt{4RP_m}}{Bd} = \frac{\sqrt{4 \cdot 0{,}4 \cdot 10^{-3}}}{1 \cdot 0{,}4} = \frac{\sqrt{4^2 \cdot 10^{-4}}}{0{,}4} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-1}} = \frac{0{,}01}{0{,}1} = \frac{1}{10} = 0{,}1\ \frac{м}{с}$

$U_0 =$

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

$Q = C_0 U_0$

$\frac{F}{1-\cos\alpha} + F$

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

62-89-31-38 (3.5)

1	2	3	4	5
10	20	20	20	15

95

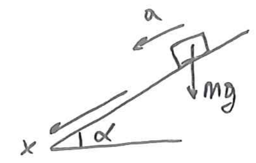
Чистовик

№1.5.3.

Дано:
$\alpha = 30°$
$\tau = 0{,}51 с$
$\tau_1 = 2 с$
$\tau_2 = 1 с$
$g = 10 \frac{м}{с^2}$

$b = ?$

1) Пусть масса бруска m. По второму закону Ньютона: x: $ma = mg\sin\alpha \rightarrow a = g\sin\alpha$

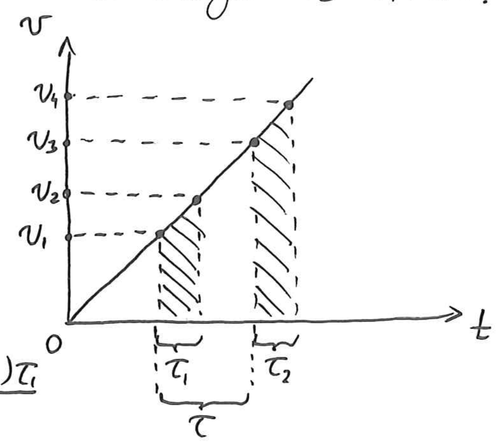


2) Изобразим график $v(t)$.

Пусть в момент начала перекрывания первого фотоэлемента брусок имел скорость v_1. В конце перекрывания первого элемента, поскольку фотоэлемент имеет малые размеры, брусок за время τ_1 пройдёт расстояние b по плоскости, тогда его скорость в этот момент $v_2 = v_1 + a\tau_1$.

Если в момент начала перекрывания второго элемента брусок имеет скорость v_3, то в конце перекрывания (через τ_2 от начала перекрывания второго элемента) он будет иметь скорость $v_4 = v_3 + a\tau_2$.

Известно, что время от начала перекрывания ~~второго~~ первого фотоэлемента до начала перекрывания второго составляет τ. Тогда $v_3 = v_1 + a\tau$.



Поскольку фотоэлемент имеет малые размеры, то за время τ_1 и τ_2 брусок преодолевает расстояние b.

На графике каждая заштрихованная область равна b. Тогда:

$$b = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot \tau_1 = \frac{v_1 + v_1 + a\tau_1}{2} \cdot \tau_1 = \frac{(2v_1 + a\tau_1)\tau_1}{2}$$

$$b = \frac{v_3 + v_4}{2} \cdot \tau_2 = \frac{v_3 + v_3 + a\tau_2}{2} \cdot \tau_2 = \frac{(2v_3 + a\tau_2)\tau_2}{2} = \frac{(2(v_1 + a\tau) + a\tau_2)\tau_2}{2}$$

левые части равны, значит, равны и правые:

$$\frac{(2v_1 + a\tau_1)\tau_1}{2} = \frac{(2(v_1 + a\tau) + a\tau_2)\tau_2}{2} \rightarrow (2v_1 + a\tau_1)\tau_1 = (2(v_1 + a\tau) + a\tau_2)\tau_2$$

$$\rightarrow 2v_1\tau_1 + a\tau_1^2 = 2v_1\tau_2 + 2a\tau\tau_2 + a\tau_2^2 \rightarrow 2v_1(\tau_1 - \tau_2) = 2a\tau\tau_2 + a\tau_2^2 - a\tau_1^2$$

$$\rightarrow v_1 = \frac{2a\tau\tau_2 + a\tau_2^2 - a\tau_1^2}{2(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{a(2\tau\tau_2 + \tau_2^2 - \tau_1^2)}{2(\tau_1 - \tau_2)}$$

$$b = \frac{(2v_1 + a\tau_1)\tau_1}{2} = \frac{1}{2}\tau_1\left(\frac{a(2\tau\tau_2 + \tau_2^2 - \tau_1^2)}{\tau_1 - \tau_2} + a\tau_1\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\tau_1 \cdot \frac{2a\tau\tau_2 + a\tau_2^2 - a\tau_1^2 + a\tau_1^2 - \cancel{a\tau_2^2}\, a\tau_1\tau_2}{\tau_1 - \tau_2} = \frac{(2a\tau\tau_2 + a\tau_2^2 - a\tau_1\tau_2)\tau_1}{2(\tau_1 - \tau_2)}$$

Чистовик

№1.5.3 (продолжение).

Получаем, что $b = \dfrac{a\tau_1\tau_2^2 - a\tau_1^2\tau_2 + 2a\tau_1\tau_2\tau}{2(\tau_1-\tau_2)} = \dfrac{g\sin\alpha(\tau_1\tau_2^2-\tau_1^2\tau_2+2\tau_1\tau_2\tau)}{2(\tau_1-\tau_2)}$

$$b = \frac{10\frac{м}{с^2}\cdot\frac{1}{2}\left(2с\cdot(1с)^2-(2с)^2\cdot 1с+2\cdot 2с\cdot 1с\cdot 0{,}51с\right)}{2(2с-1с)} = \frac{5}{2}(2-4+2{,}04)\ м =$$

$$= \frac{5}{2}\cdot 0{,}04 = \frac{5}{2}\cdot\frac{4}{100} = \frac{10}{100} = 0{,}1\ м = 10 см$$

~~Ответ: $b = \frac{1}{2}g\sin\alpha(\tau_1\tau_2^2-\tau_1^2\tau_2+2\tau_1\tau_2\tau) = 0{,}1\ м$~~

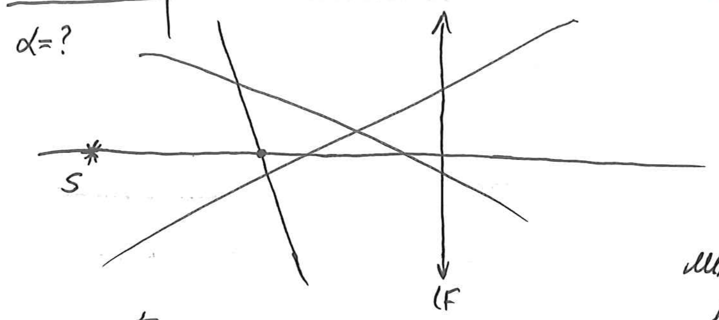
Ответ: $b = \dfrac{g\sin\alpha}{2(\tau_1-\tau_2)}\cdot(\tau_1\tau_2^2-\tau_1^2\tau_2+2\tau_1\tau_2\tau) = 0{,}1\ м = 10 см$

№4.10.3.

Дано:
$F = 7{,}5$ см
$X = 23{,}5$ см

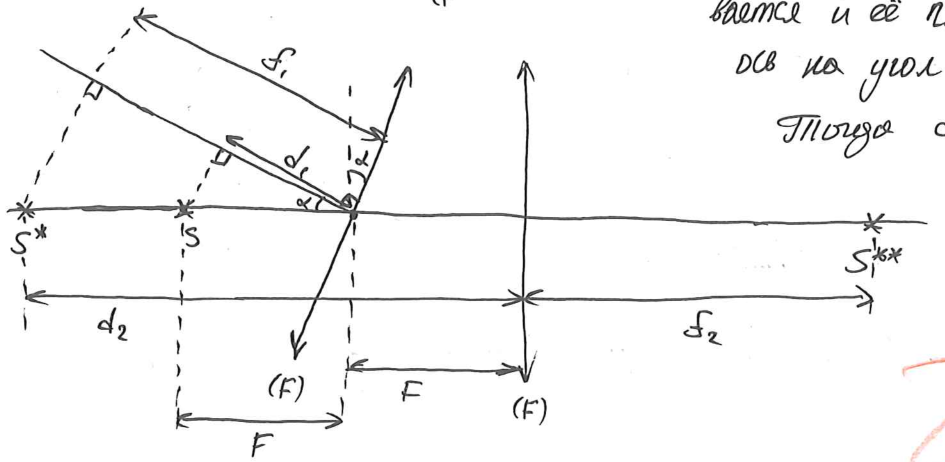
$\alpha = ?$

Рассмотрим точечный источник в оптической системе после поворота линзы на α:



Вместе с поворотом линзы ~~поворачивается~~ поворачивается и её главная оптическая ось на угол α

Тогда $d_1 = F\cos\alpha$



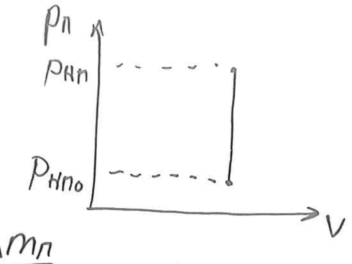
$d_1 < F \to$ изображение S^* будет мнимым и находится на расстоянии f_1 от линзы. Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} \to \frac{1}{F} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{f_1} \to \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{F} = \frac{1-\cos\alpha}{F\cos\alpha} \to$$

$$\to f_1 = \frac{F\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$$

Для второй линзы ~~S^*~~ действительный предмет S^* находится на расстоянии $d_2 = \dfrac{f_1}{\cos\alpha} + F = \dfrac{F}{1-\cos\alpha} + F = \dfrac{F(2-\cos\alpha)}{1-\cos\alpha}$

Черновик



$Q = \lambda\Delta m$ $\quad Q = r_п\cdot\Delta m_п$

$\Delta m_п = \dfrac{\lambda\Delta m}{r_п}$

$\Delta m_п = \mu\cdot\nu_п$ $\qquad \nu_п = \dfrac{\Delta m_п}{\mu}$

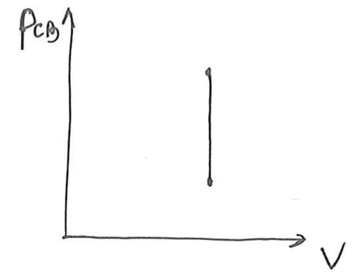
$p_{вв} = p_{св} + p_п$

$\varphi = \dfrac{p_п}{p_{нп}}$ $\quad p_п V = \dfrac{\Delta m_п}{\mu}RT$ $\qquad p_п = \dfrac{\Delta m_п RT}{\mu\cdot V}$

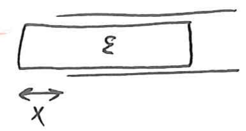
~~p_0~~ $p_0 V = \nu_{св}RT$ $\qquad Q = \lambda_к\Delta m$

$\nu_{св} = \dfrac{p_0 V}{RT}$

$Q = \cancel{2} r_п m_п + \frac{3}{2}\Delta U$



$p_{нп}^* V = \nu_п RT^*$
$p_{св}^* V = \nu_{св} RT^*$
$p_0 V = \nu_{св} RT$



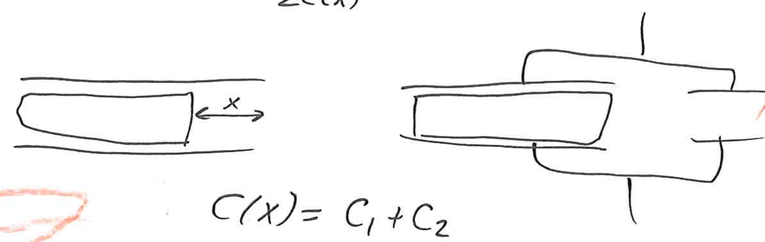
$\dfrac{p_{нп}^*}{p_{нп0}} = \dfrac{T^*}{T}$ $\quad$ ~~$F_э =$~~ $\quad A_э = -\Delta W$ $\qquad F_э(x)\cdot\Delta x = -\Delta W$

~~$\Sigma\Delta F_э\Delta S = -\Delta W$~~ $\qquad F_э(x) = -W'(x)$

$Q = CU_0$

$p_{нп}^* = \dfrac{\nu_п RT^*}{V} =$ $\qquad W =$

$W(x) = \dfrac{Q^2}{2C(x)}$



$C(x) = C_1 + C_2$

~~$C_1 = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}{d}$~~ $\qquad C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 \cancel{\varepsilon}\, l(l-x)}{d}$

$C_2 = \varepsilon_0$ $\qquad C_2 = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 lx}{d}$

$\dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 ly}{d} + \dfrac{\varepsilon_0 l(l-y)}{d}$

$\dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 ly + \varepsilon_0 l^2 - \varepsilon_0 ly}{d} = \varepsilon_0 l^2 + \varepsilon_0 ly(\varepsilon-1)$

$\Delta U_п = \frac{3}{2}\nu_п R\Delta T + \frac{3}{2}\nu_{св}R\Delta T = \frac{3}{2}R\Delta T(\nu_п + \nu_{св})$

$\lambda_к\Delta m = \frac{3}{2}R(T^* - T)\left(\dfrac{m_п}{\mu_п} + \nu_{св}\right) + r_п m_п$

Черновик

$\frac{29\cdot3\cdot5}{100}$

$\frac{Q^2d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0 l(l+y(\varepsilon-1))^2}$

$64 : 50 = 1{,}02$

$87 : 3 = 29$

$\frac{64}{5109075}$

$Q = C_0 U_0$

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

при $y = l$ $a = 0 \to$ $\to F = 0$

$\frac{64\cdot10^5}{5\cdot10^6} = \frac{64}{50}$ $Q = \frac{\varepsilon_0 l^2 U_0}{d}$

$4{,}35 = \frac{435}{100}$

$\frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2 d(\varepsilon-1)}{d^2\cdot2\varepsilon_0 l(l+y(\varepsilon-1))^2} =$

841×81

$= \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2(\varepsilon-1)}{d\cdot2(l+y(\varepsilon-1))^2} = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2(\varepsilon-1)}{2d(l+3y)^2}$

$435 : 5 = 87$

$681121 \times 75 = 3406054768 47$

$= \frac{3\varepsilon_0 l^2 U_0^2}{2d(l+3y)^2} = \frac{3\varepsilon_0 U_0^2}{2d(1+\frac{3y}{l})^2}$

$29 \times 29 = 841$

$\frac{B^2\cdot м\cdot м\cdot \frac{Ф}{м}}{м\cdot кг}$

CU^2

$\frac{1^2}{(1+\frac{3y}{l})^2}$

$\frac{B^2\cdot Ф}{кг}$ $\frac{Дж}{кг}$

$F_э = ma$

$\frac{3Q^2 d\varepsilon_0 l}{2\varepsilon_0^2 l^2(4l-3y)^2}$

T

$\frac{3Q^2 d}{16l^2\cdot2\varepsilon_0 l(1-\frac{3y}{4l})^2}$

$C(0) = \frac{\varepsilon\varepsilon_0(l-x)l}{d} + \frac{\varepsilon_0 x l}{d}$

$W(0) = \frac{Q^2}{2C(0)}$

$C(0) = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2 - \varepsilon\varepsilon_0 x l + \varepsilon_0 x l}{d} =$

$W(\tau) + \frac12 m v_{max}^2 = W(0)$

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

$v_{max} = A\cdot\omega$

$A = x$

$v_{max} = x\cdot\omega$

$\omega = \frac{v_{max}}{x}$

$64 : 50 = 1{,}21$

$C(\tau) = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}{d}$

$W(0) = \frac{Q^2 d}{2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2 - \varepsilon_0 x l(\varepsilon-1))}$

$W(\tau) = \frac{Q^2 d}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi x}{v_{max}}$

$\frac{435}{100} = \frac{5\cdot29\cdot3}{100}$

62-89-31-38 (3.5)

№4.10.3 (продолжение) Чистовик

$d_2 > F \to$ изображение S^{**} будет действительным и находится на расстоянии f_2 от линзы. Формула тонкой линзы:

$\frac1F = \frac1{d_2} + \frac1{f_2} \to \frac1F = \frac{1-\cos\alpha}{F(2-\cos\alpha)} + \frac1{f_2} \to \frac1{f_2} = \frac1F - \frac{1-\cos\alpha}{F(2-\cos\alpha)} \to$

$\to \frac1{f_2} = \frac{2-\cos\alpha-1+\cos\alpha}{F(2-\cos\alpha)} = \frac1{F(2-\cos\alpha)} \to f_2 = F(2-\cos\alpha)$

По условию, $x = 2F + f_2 \to x = 2F + F(2-\cos\alpha) = 2F + 2F - F\cos\alpha \to$

$\to x = 4F - F\cos\alpha \to x = F(4-\cos\alpha) \to 4-\cos\alpha = \frac{x}{F} \to \cos\alpha = 4 - \frac{x}{F}$

$\cos\alpha = 4 - \frac{23{,}5}{7{,}5} = \frac{30-23{,}5}{7{,}5} = \frac{6{,}5}{7{,}5} = \frac{65}{75} = \frac{13}{15}$

20

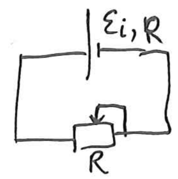
Ответ: $\cos\alpha = 4 - \frac{x}{F} = \frac{13}{15}$

№3.3.3

Дано:
$R = 0{,}4$ Ом
$d = 40$ см
$B = 1$ Тл
$P_m = 1$ мВт
$v = ?$

За счёт движения проводящей жидкости в магнитном поле, ~~у~~ между пластинами возникает ЭДС индукции, ~~кот~~ равная: $\mathcal{E}_i = Bvd$

Поскольку существует максимальная ~~мощ~~ мощность, то у возникающей батарейки с ЭДС $\mathcal{E}_i$ есть сопротивление (на рисунке приведена эквивалентная цепь)



Максимальная мощность на резисторе выделяется при сопротивлении реостата, равному R.

Тогда $P_m = \frac{\mathcal{E}_i^2}{(2R)^2}\cdot R = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4R}$, где $\mathcal{E}_i = Bvd \to$

$\to P_m = \frac{(Bvd)^2}{4R} \to 4P_mR = B^2d^2v^2 \to v = \sqrt{\frac{4P_mR}{B^2d^2}} = \frac{\sqrt{4P_mR}}{Bd}$

$v = \frac{\sqrt{4\cdot10^{-3}Вт\cdot0{,}4Ом}}{1Тл\cdot0{,}4м} = \frac{4\cdot10^{-2}}{0{,}4}\frac{м}{с} = \frac{0{,}01}{0{,}1}\frac{м}{с} = \frac{1}{10}\frac{м}{с} = 0{,}1\frac{м}{с}$

Ответ: $v = \frac{\sqrt{4P_mR}}{Bd} = 0{,}1\frac{м}{с}$

~~№5.2.3.~~

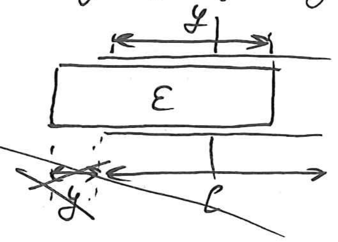
~~Дано:~~
~~$U_0 = 100$ В~~
~~$d = 1$ мм~~
~~$m = 10$ г~~
~~$x = 0{,}1$ мм~~
~~$T = 4{,}35$ с~~
~~$\varepsilon = 4$~~
~~$\varepsilon_0 = 9\cdot10^{-12}\frac{Ф}{м}$~~
~~$l = ?$~~

~~Найдём силу, действующую на диэлектрик, когда он ~~выступа~~ ~~выступает~~ находится на в y конденсаторе.~~

~~$A_э = F_э\cdot\Delta y$, где $A_э = -\Delta W \to$~~

~~$\to -\Delta W = F_э\cdot\Delta y \to F_э = -\frac{\Delta W}{\Delta y} \to$~~

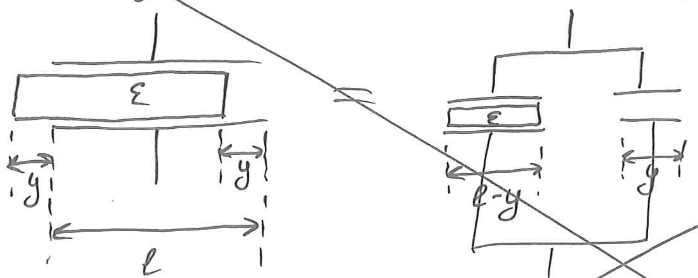
~~$\to F_э = -W'(y)$~~



Чистовик

№5.2.3 (продолжение).

~~Найдём зависимость энергии конденсатора от y:~~



$W=\frac{1}{2}CU_0^2$, где

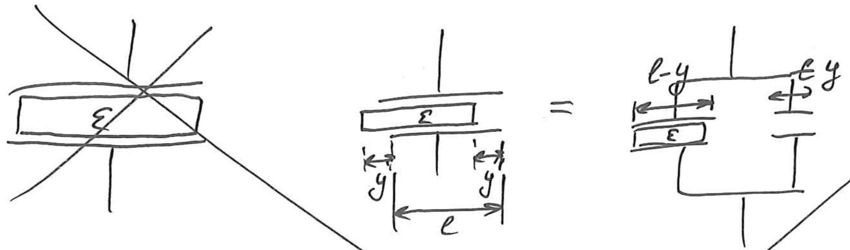
$C=C(y)=\frac{\varepsilon\varepsilon_0(l-y)l}{d}+\frac{\varepsilon_0 yl}{d}\to$

$\to C(y)=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon\varepsilon_0 yl+\varepsilon_0 yl}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1)}{d}$

$W'(y)=\frac{1}{2}U_0^2\cdot(C(y))'=\frac{1}{2}U_0^2\cdot\left(\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1)}{d}\right)'=\frac{1}{2}\cdot\frac{U_0^2}{d}\left(-\frac{\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1)}{1}\right)'\to$

$\to \cancel{W'(y)=\frac{U_0^2}{2d}(-\varepsilon_0 y}$ $\quad W'(y)=\frac{U_0^2}{2d}(-\varepsilon_0 l(\varepsilon-1))(y)'\to$

$\to W'(y)=-\frac{U_0^2\varepsilon_0 l(\varepsilon-1)}{2d}$



$W=\frac{Q^2}{2C(y)}$, где $C=C(y)=\frac{\varepsilon\varepsilon_0(l-y)l}{d}+\frac{\varepsilon_0 yl}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon\varepsilon_0 yl+\varepsilon_0 yl}{d}=$

$=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1)}{d}\to W=\frac{Q^2 d}{2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1))}$

$W'(y)=\frac{Q^2 d}{2}\left((\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1))^{-1}\right)'=\frac{Q^2 d(-1)}{2}(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1))^{-2}\cdot$

$\cdot(-\varepsilon_0 l(\varepsilon-1))'=\frac{Q^2 d(-1)(-\varepsilon_0 l(\varepsilon-1))}{2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 yl(\varepsilon-1))^2}=\frac{Q^2 d\varepsilon_0 l(\varepsilon-1)}{2(\varepsilon_0 l(\varepsilon l-y(\varepsilon-1))^2}=$

$=\frac{Q^2 d\varepsilon_0 l(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0^2 l^2(\varepsilon l-y\varepsilon+y)^2}$

~~Найдём зависимость энергии конденсатора от y:~~

$W(y)=\frac{Q^2}{2C(y)}$, где $Q=C_0U_0$, где $C_0=\frac{\varepsilon_0 l^2}{d}$

$C(y)=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 ly}{d}+\frac{\varepsilon_0 l(l-y)}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 ly+\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 ly}{d}=\frac{\varepsilon_0 l^2+\varepsilon_0 ly(\varepsilon-1)}{d}$

Черновик

$W(0)-W(T)=\frac{1}{2}mv_{max}^2$

$v_{max}=\sqrt{\frac{2(W(0)-W(T))}{m}}$

$W(0)-W(T)=\frac{Q^2d^{\cancel{2}}}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2}-\frac{Q^2 d}{2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1))}$

$\frac{Q^2 d(2\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1))-Q^2 d\,2\varepsilon_0\varepsilon l^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2(2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1))}$

$-Q^2 d\varepsilon_0 x$

$W(0)-W(T)=\frac{Q^2 d\,\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2(2\varepsilon\varepsilon_0 l^2-2\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1))}$

~~v_{max}~~

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

80+64=144

90+72=162

$18\times9=182$

$18\times8=144$

$v_{max}=\sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2}{d^2}\cdot\frac{\cancel{Q^2 d}\;\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1)}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2(2\varepsilon\varepsilon_0 l^2-2\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1))}\right)}$

23×6 = 8

$v_{max}=\sqrt{\frac{2}{m}\frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2\varepsilon_0 xl(\varepsilon-1)}{2d^2\,2\varepsilon\varepsilon_0 l^2 d^2\,2\varepsilon_0 l(\varepsilon l-x(\varepsilon-1)}}$

120+18=138

160+24

140+21=161

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

$\sqrt{\frac{U_0^2\varepsilon_0 x(\varepsilon-1)}{2m\varepsilon^2 d^2 l}}$

$18\times6=108$

$18\times4=72$

$18\times3=54$

$T=\frac{2\pi x}{v_{max}}=2\pi x\sqrt{\frac{2m\varepsilon^2 d^2 l}{U_0^2\varepsilon_0 x(\varepsilon-1)}}$

$\frac{3{,}3\cdot10^5\cdot8{,}3\cdot273}{2{,}3\cdot10^6\cdot18\cdot10^{-3}\cdot30}=\frac{3{,}3\cdot8{,}3\cdot273\cdot10^2}{2{,}3\cdot18\cdot30}=\frac{\overset{11}{\cancel{33}}\cdot83\cdot273}{2{,}3\cdot18\cdot\cancel{30}_{10}}$

$\frac{83\cdot11\cdot273}{23\cdot18}$

23×18: 184, 23, 4

273×83: 819, 584

6659×11: 6659, 6659, 6659

73249 | 18: −72, 12, −10, 124, −108, 169; 4069

4069 | 23: −23, 176; 17

Черновик

$Q=\lambda_к \Delta m$

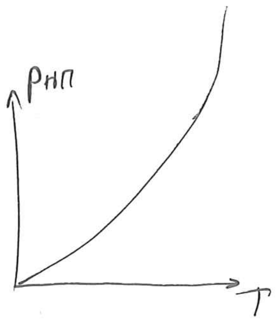
$V=const$

$p_{св}V=\nu_{св}RT \to p_0V=\nu_{св}RT$

$p^*_{св}V=\nu_{св}RT^*$

$p^*_пV=\nu_пRT^*$

$p_{вв}=p_{св}+p_п$



$Q=\cancel{з}\Delta U$

$\cancel{\Delta U=\frac{3}{2}(\nu_{св}+\nu_п)RT}$

$Q=\lambda_к\Delta m$

$p_{нп}V=\nu_пRT$

$\lambda_к\Delta m=r_п\cdot m_п$

$\nu_п=\frac{m_п}{\mu_я}=\frac{\lambda_к\Delta m}{r_п\mu_к}$

$p_{св}V=\nu_{св}RT$

$p_пV=\nu_пRT$

$3{,}3\cdot10^2$

$\nu_{св}=\frac{p_0V}{RT}$

$\nu_п=\frac{3{,}3\cdot10^5\cdot1}{2{,}3\cdot10^6\cdot18\cdot10^{-3}}\ \frac{330}{2{,}3\cdot18}$

$\nu_{св}+\nu_п=\nu_{вв}$

$\nu_{св}=\frac{p_{св}V}{RT}=\frac{10^5\cdot30}{8{,}3\cdot273}$

$p_{нп}V=\nu_пRT$

$p_{св}V=\nu_{св}RT$

$\frac{p_{нп}}{p_{св0}}=\frac{\nu_п}{\nu_{св}}=\frac{\lambda_к\Delta m}{r_п\mu_я}\frac{RT}{p_0V}$

$p_{нп}=\frac{\lambda_к\Delta mRT}{r_п\mu V}$

$\frac{3{,}3\cdot10^5\cdot1\cdot8{,}3\cdot\cancel{273}73}{2{,}3\cdot10^6\cdot18\cdot10^{-3}\cdot30}$

$\frac{3{,}3\cdot8{,}3\cdot273\cdot100}{2{,}3\cdot18\cdot30}=\frac{\cancel{33}\cdot83\cdot273}{\cancel{2{,}3}\,23\cdot18\cdot3}$

$\frac{249249}{23\cdot18}$

249249 | 3
−24 | 83083
9
−9
24
−24
09

83083 | 6
−6 | 13847
23
−18
50
−48
28
−24
43

$\cancel{83}$

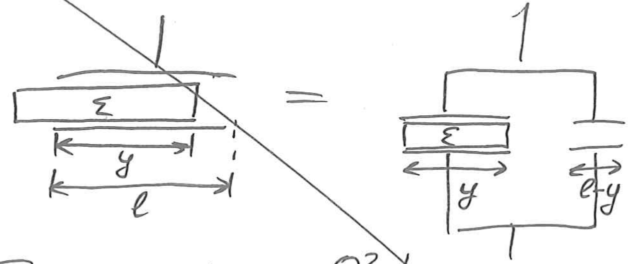
273 × 83 = 819 + 2184 = 22659

22659 × 11: 22659 + 22659 = 249249

62-89-31-38 (3.5)

Чистовик

~~№5.2.3. (продолжение).~~



~~Тогда $W(y)=\frac{Q^2d}{2(\varepsilon_0l^2+\varepsilon_0ly(\varepsilon-1))}$~~

~~$W'(y)=\frac{Q^2d}{2}\left((\varepsilon_0l^2+\varepsilon_0ly(\varepsilon-1))^{-1}\right)'=\frac{Q^2d}{2}\cdot(-1)(\varepsilon_0l^2+\varepsilon_0ly(\varepsilon-1))^2\cdot$~~

~~$\cdot\,\varepsilon_0l(\varepsilon-1)=-\frac{Q^2d\varepsilon_0l(\varepsilon-1)}{2(\varepsilon_0l^2+\varepsilon_0ly(\varepsilon-1))^2}=\frac{-Q^2d\varepsilon_0l(\varepsilon-1)}{2(\varepsilon_0l(l+y(\varepsilon-1)))^2}=$~~

~~$=\frac{-Q^2d\varepsilon_0l(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0^2l^2(l+y(\varepsilon-1))^2}=\frac{-Q^2d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0l(l+y(\varepsilon-1))^2}$~~

~~Тогда $F_э=-W'(y)=\frac{Q^2d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0l(l+y(\varepsilon-1))^2}=\frac{Q^2d}{2\varepsilon_0}$~~

~~Поскольку y малое то $F_э$~~

№5.2.3.

$U_0=100В$
$d=1мм$
$m=10г$
$x=0{,}1мм$
$T=4{,}35с$
$\varepsilon=4$
$\varepsilon_0=9\cdot10^{-12}\frac{Ф}{м}$

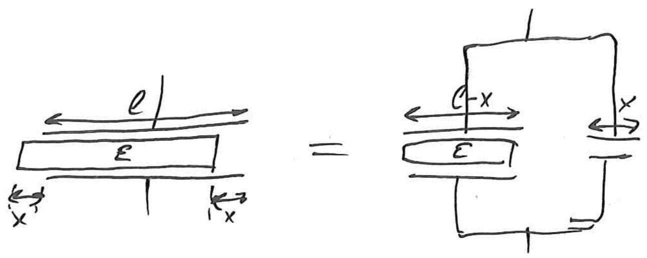
$l=?$

1) Рассмотрим конденсатор до того, как в него внесли диэлектрик ~~$Q_c=$~~ $Q=C_0U_0$, где $C_0=\frac{\varepsilon_0l^2}{d}\to$

$\to\boxed{Q=\frac{\varepsilon_0l^2U_0}{d}}$

2) Энергия системы, когда диэлектрик выдвинули на x и только-только отпустили (скорость диэлектрика отсутствует):

$$W(0)=\frac{Q^2}{2C(0)},\ где\ C(0)=\frac{\varepsilon_0lx}{d}+\frac{\varepsilon_0\varepsilon(l-x)l}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0l^2-\varepsilon_0xl(\varepsilon-1)}{d}$$



Энергия системы, когда диэлектрик полностью находится в конденсаторе, состоит из энергии электрического поля конденсатора и кинетической энергии диэлектрика. Энергия в системе

Чистовик

№5.2.3. сохраняется, тогда:

$$W(\tau)+\frac{1}{2}mv_{max}^2=W(0),\ \text{где}\ W(\tau)=\frac{Q^2}{2C(\tau)}=\frac{Q^2d}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2}$$

$$\frac{Q^2d}{2\varepsilon\varepsilon_0 l^2}+\frac{1}{2}mv_{max}^2=\frac{Q^2d}{2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1))}\to$$

$$\to\frac{Q^2d}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}+mv_{max}^2=\frac{Q^2d}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}\to$$

$$\to mv_{max}^2=\frac{Q^2d}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}-\frac{Q^2d}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}\cancel{=Q^2d\cdot\ \varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon\varepsilon_0 l^2}$$

$$\to mv_{max}^2=Q^2d\cdot\frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon\varepsilon_0 l^2+\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1))}\to$$

$$\to v_{max}^2=\frac{Q^2d}{m}\cdot\frac{\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1))}=\frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2\cdot d}{d^2\cdot m}\cdot$$

$$\cdot\frac{\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2(\varepsilon\varepsilon_0 l^2-\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1))}=\frac{\cancel{\varepsilon_0^2} l^4 U_0^2 \cancel{d}\,\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{\varepsilon\cancel{\varepsilon_0} \cancel{l^2}\,\cancel{\varepsilon_0 l}\,(\varepsilon l-x(\varepsilon-1))\,d^2 m}=$$

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

~~Поскольку x мало, то~~ $\cancel{v_{max}^2\approx\frac{l^2U_0^2\varepsilon_0 x(\varepsilon-1)}{\varepsilon dm}}$

Поскольку $x<<l$, то $x\cdot\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon l}\to 0\to v_{max}^2\approx\frac{l^2U_0^2\varepsilon_0 x(\varepsilon-1)}{\varepsilon^2 l dm}\to$

$$\to v_{max}=\sqrt{\frac{U_0^2\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}{\varepsilon^2 dm}}$$

$v_{max}=A\cdot\omega$, где A - амплитуда колебаний, которая в нашей задаче равна x, ω - циклическая частота колебаний

Тогда $\omega=\frac{v_{max}}{x}\to T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi x}{v_{max}}=2\pi x\sqrt{\frac{\varepsilon^2dm}{U_0^2\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}}\to$

$$\to T=\frac{2\pi x\varepsilon}{U_0}\sqrt{\frac{dm}{\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}}\to\frac{TU_0}{2\pi x\varepsilon}=\sqrt{\frac{dm}{\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}}\to$$

$$\to\frac{T^2U_0^2}{4\pi^2x^2\varepsilon^2}=\frac{dm}{\varepsilon_0 x l(\varepsilon-1)}\to l=\frac{4\pi^2x^2\varepsilon^2dm}{T^2U_0^2\varepsilon_0 x\cancel{l}(\varepsilon-1)}$$

$$l\approx\frac{4\cdot3^2\cdot(0{,}1\cdot10^{-3}м)^2\,4^2\cdot10^{-3}м\cdot10\cdot10^{-3}кг}{(4{,}35с)^2\cdot(100В)^2\cdot9\cdot10^{-12}\frac{Ф}{м}\cdot0{,}1\cdot10^{-3}м(4-1)}=\frac{4\cdot9\cdot0{,}1\cdot10^{-3}\cdot16\cdot10^{-3}\cdot10^{-2}}{4{,}35^2\cdot10^4\cdot9\cdot10^{-12}\cdot0{,}1\cdot10^{-3}\cdot3}м$$

$$l=\frac{4\cdot9\cdot16\cdot10^{-9}}{4{,}35^2\cdot9\cdot3\cdot10^{-12}}м=\frac{4\cdot16\cdot10^3\cdot100^2}{29^2\cdot9\cdot25\cdot9\cdot3\cdot\cancel{7}}\approx\cancel{1{,}22\ м}\ \cancel{122\ м}\ 1{,}22\ м$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

~~№6~~ Чистовик

№5.2.3.

Ответ: $l=\frac{4\pi^2x\varepsilon^2dm}{T^2U_0^2\varepsilon_0(\varepsilon-1)}\approx1{,}22\ м$

№2.3.3.

Дано:

$V=30м^3$

$T=273K$

$\Delta m=1кг$

$\lambda_к=3{,}3\cdot10^5\frac{Дж}{кг}$

$r_п=2{,}3\cdot10^6\frac{Дж}{кг}$

$\mu=\cancel{1,}\,18\cdot10^{-3}\frac{кг}{моль}$

$R=8{,}3\frac{Дж}{мольK}$

$p_{нас}=?$

Поскольку льда стало на Δm больше, то теплота, ушедшая от этой части воды пошла на испарение воды ~~н~~.

$Q=\lambda_к\cdot\Delta m$, $Q=r_п\cdot m_п\to m_п=\frac{\lambda_к\Delta m}{r_п}$

Процесс, происходящий с влажным воздухом, изохорный.

До внесения сосуда в помещении был сухой воздух при давлении $p_0=10^5$ Па. Уравнение Менделеева-Клапейрона для него: $p_0V=\nu_{св}RT$

Пока пар не насыщен, выполняется: $p_{вв}V=(\nu_{св}+\nu_п^*)RT$, где $p_{вв}=p_{св}+p_п$, где $p_{св}$ - давление сухого воздуха, $p_п$ - давление водяного пара, $p_{вв}$ - давление влажного воздуха.

$\nu_{св}$ - кол-во сухого воздуха; $\nu_п^*$ - кол-во пара (мен-ся в течение процесса)

Когда пар только-только стал насыщенным, установилось равновесие, т.е.:

$\cancel{p_{св}^*+p_{нас}}$ $p_{вв}^*V=(\nu_{св}+\nu_п)RT$, где $p_{вв}^*=p_{св}^*+p_{нас}$, $p_{св}^*=p_0$,

поскольку температура в системе ~~не~~ не изменяется (иначе бы растаял лёд, а это невозможно по условию) и объём сухого воздуха не меняется. Тогда ~~получает~~ получаем:

$(p_0+p_{нас})V=(\nu_{св}+\nu_п)RT$, где $\nu_п=\frac{m_п}{\mu}=\frac{\lambda_к\Delta m}{r_п\mu}$, $\nu_{св}=\frac{p_0V}{RT}\to$

$$\to(p_0+p_{нас})V=\frac{p_0V}{RT}\cdot RT+\nu_пRT\to p_{нас}V=\nu_пRT\to$$

$$\to p_{нас}=\frac{\nu_пRT}{V}=\frac{\lambda_к\Delta mRT}{r_п\mu\cdot V}=\frac{3{,}3\cdot10^5\frac{Дж}{кг}\cdot1кг\cdot8{,}3\frac{Дж}{мольK}\cdot273K}{2{,}3\cdot10^6\frac{Дж}{кг}\cdot18\cdot10^{-3}\frac{кг}{моль}\cdot30м^3}=$$

$$=\frac{3{,}3\cdot10^2\cdot8{,}3\cdot273}{2{,}3\cdot18\cdot30}Па=\frac{\overset{11}{\cancel{33}}\cdot83\cdot\overset{91}{\cancel{273}}}{23\cdot\underset{6}{\cancel{18}}\cdot\underset{1}{\cancel{3}}}Па\approx602\ Па$$

Ответ: $\frac{\lambda_к\Delta mRT}{r_п\mu V}$

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