0 362262 270004
36-22-62-27
(2.17)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Калининград
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

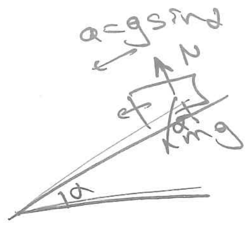
Чернова Бориса Владиславовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

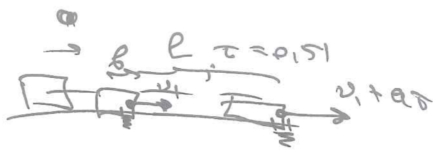
Дата

«13» февраля 2026 года

Подпись участника

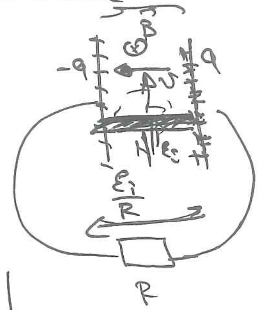
Черновик





$$\begin{cases} b=v_1\tau_1+\frac{a\tau_1^2}{2} \\ b=(v_1+a\tau)\tau_2+\frac{a\tau_2^2}{2} \end{cases}$$

R, v, d



$\mathcal{E}_i=Bvd$ = const

$P=\left(\frac{\mathcal{E}_i}{R}\right)^2\cdot R=\frac{\mathcal{E}_i^2}{R}$ $\quad q=CU_c$ $\quad \dot q=C\cdot\dot U_c$

$U_c=\frac{q}{C}=\frac{q\cdot d}{\varepsilon_0 S}$

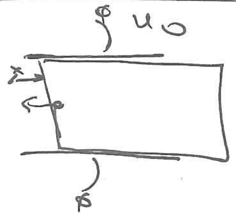
P $\quad \frac{(\mathcal{E}_i-U_c)^2}{R}=P$

$\mathcal{E}_i\cdot\Delta q=\Delta Q/\Delta t$

$A_{ст}=\Delta W+Q\,|:\Delta t$ $\quad \mathcal{E}_i\cdot I=P$

$\frac{A_{ст}}{\Delta t}=\dot W+\frac{\delta Q}{\Delta t}$ P $\quad \mathcal{E}_i\cdot I=P$

$\ddot x+x$

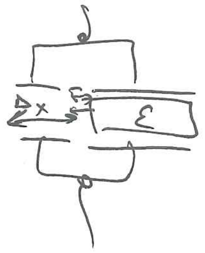


$U_0=\text{const}$ $\quad W=\frac12 CU^2$

$U_0=\frac{q}{C}$

$F_э\cdot\Delta x=\Delta W=$

$F_э=W'(x)$



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

$=\frac{\varepsilon_0 l}{d}(\varepsilon\Delta x+l-\Delta x)=\frac{\varepsilon_0 l}{d}(3\Delta x+l)$

$\cancel{W=\frac12\cdot\frac{\varepsilon_0 l}{d}(3\Delta x+l)\cdot U_0^2}$ $\quad \frac{Q^2}{2C}$

$W'=\frac{Q^2}{2}\cdot\frac{d}{\varepsilon_0 l}\cdot(-1)\cdot\frac{1}{3\Delta x+l}\cdot 3=\alpha\cdot\frac{1}{(3\Delta x+l)^2}=F_э$

$\alpha\cdot\frac{1}{9x^2+6xl+l^2}=F_э=ma_x=m\ddot x$

$\alpha=\ddot x(9x^2+6xl+l^2)$

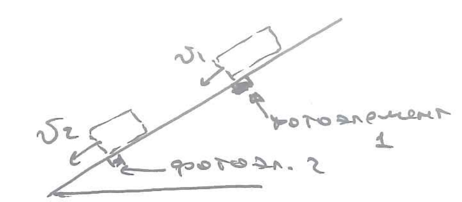
36-22-62-27 (2.17)

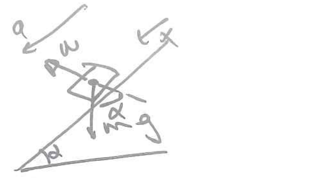
1	10	Марков
2	19	Ларина
3	22	Зотов Д.И.
4	25	Мирзоева
5	12	Конопатский А.В.
Σ	88 (восемьдесят восемь)	

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик $\quad$ № 1.6-2

Дано:
$b=0{,}1$ м
$\tau=0{,}5$ с
$\tau_1=2$ с
$\tau_2=1$ с
$\alpha=?$





Рассмотрим движение бруска в произвол. мом.: 2 Закон Ньютона:

$m\vec g+\vec N=m\vec a$

Ox: $mg\sin\alpha=ma$

$a=g\sin\alpha=\text{const}$ равноуск. движение

Пусть v_1 — скорость бруска, когда брусок начал перекрывать 1ый фотоэл.

v_2 — ск-ть бруска, когда он начал перекрывать 2ой фотоэл.

$v_x=v_{0x}+a_xt$

Ф-ле руд!: $v_2=v_1+a\tau$, (1)

$S_x=v_{0x}t+\frac{a_xt^2}{2}$ т.к. он проезжал фотоэл. время τ_1 и τ_2:

Ф-ле руд.!

$$\begin{cases} b=v_1\tau_1+\frac{a\tau_1^2}{2} \\ b=v_2\tau_2+\frac{a\tau_2^2}{2} \quad (2) \end{cases}$$

; подставим (1) в (2):

$$\begin{cases} b=(v_1+a\tau)\tau_2+\frac{a\tau_2^2}{2} \\ b=v_1\tau_1+\frac{a\tau_1^2}{2}, \end{cases}$$

т.к. $\tau_1=2\tau_2$:

$$\begin{cases} b=v_1\tau_2+a\tau_2\left(\tau+\frac{\tau_2}{2}\right) \\ b=2v_1\tau_2+2a\tau_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2b=2v_1\tau_2+a\tau_2(2\tau+\tau_2) \quad (*) \\ b=2v_1\tau_2+2a\tau_2^2 \quad (**) \end{cases}$$

$(*)-(**)$: $b=a\tau_2(2\tau+\tau_2-2\tau_2)$

$b=a\tau_2(2\tau-\tau_2)$

$a=\frac{b}{\tau_2(2\tau-\tau_2)}=g\sin\alpha$

$\sin\alpha=\frac{b}{g\tau_2(2\tau-\tau_2)}$; $\sin\alpha=\frac{0{,}1\,м}{10\frac{м}{с^2}\cdot1с\cdot(2\cdot0{,}5с-1с)}$

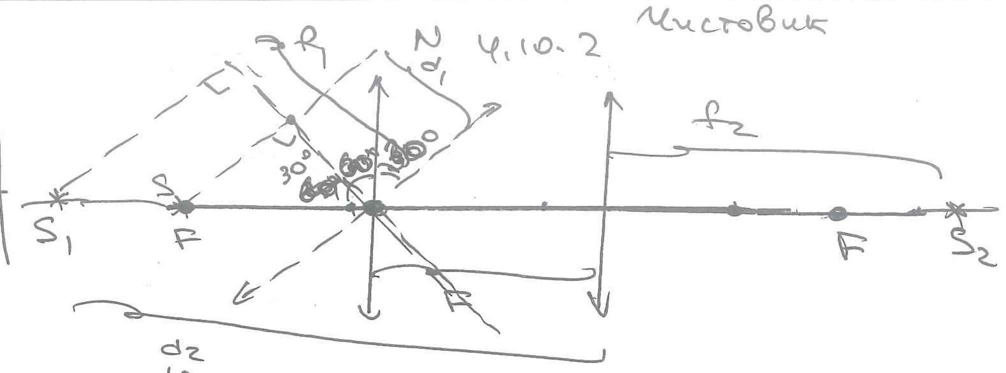
$\sin\alpha=\frac{1}{100\cdot0{,}02}=\frac12\Rightarrow\alpha=30^\circ$. Ответ: $\alpha=30^\circ$

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

N 4.10.2 Чистовик

Дано:
$x = 23{,}5$ см

$F = ?$



Нарисуем новую гл. опт. ось первой линзы.

d – расс-ие от предмета до линзы

f – расс-ие от из-ия до линзы

Из геометрии $d_1 = F\cdot\cos(30°) = F\cdot\frac{\sqrt3}{2}$

$d_1 < F \Rightarrow$ изображение в первой линзе будет мнимым

Ф-ла линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1}$

$f_1 = F\cdot\frac{\sqrt3}{2-\sqrt3}$

$\frac{1}{F} = \frac{2}{F\sqrt3} - \frac{1}{f_1}$

Изображение, предмет, гл. опт. ось находятся на одной прямой, с учётом этого перерисуем первое из-ие S_1. Для второй линзы изображение S_1 – будет действ. источником на расс-ии!

$d_2 = F + \frac{f_1}{\cos(30°)}$

$d_2 = F + F\cdot\frac{\sqrt3\cdot 2}{(2-\sqrt3)\cdot\sqrt3} = F\cdot\frac{4-\sqrt3}{2-\sqrt3}$

$d_2 > F \Rightarrow$ из-ие S_2 во второй линзе будет действ.

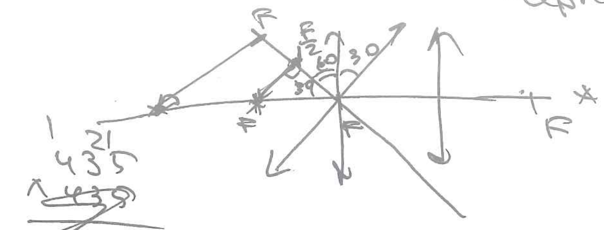
Ф-ла линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$

$\frac{1}{F} = \frac{2-\sqrt3}{F(4-\sqrt3)} + \frac{1}{f_2}$

$f_2 = F\cdot\left(2-\frac{\sqrt3}{2}\right)$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

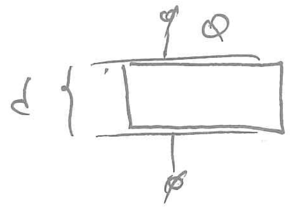
Черновик



$\frac{1}{F} = \frac{2}{F} - \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

435×435: 2175, 1305, 1740, 189225



$Q =$

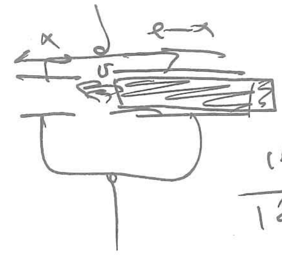
$\varphi = CU$

$\frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU}{2}$

$\frac{1}{F} = \frac{2}{F} - \frac{1}{f}$

$\frac12 CU^2 = \frac12 C\cdot\frac{Q^2}{C^2} = \frac{Q^2}{2C}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F}$



$F_э\cdot\Delta x = \Delta W$

$F_э = -W'(x)$

$W = \frac{Q^2}{2C}$

$x = 0$, $F(x=0) = 0$

$W' = \frac{Q^2}{2}\cdot(C^{-1})' = \frac{Q^2}{2}\cdot(-1)\cdot\frac{1}{C^2}\cdot C'(x) = \sim\frac{1}{(4l-3x)^2}$

$C = \frac{\varepsilon_0\cdot x\cdot l}{d} + \frac{\varepsilon\varepsilon_0(l-x)\cdot l}{d} = \frac{\varepsilon_0 l}{d}\cdot(x + \varepsilon l - \varepsilon x) = \frac{\varepsilon_0 l}{d}\cdot(4l-3x)$

$19 \times 9 = 171$

$F_э = -W'(x)$

$F_э\cdot\Delta x = -\Delta W$

$W + E_k = const$

$\dot W + \dot E_k = 0$

171×64: 684, 1026, 10944

$\ddot x + \beta x = 0$

$F = \frac{\alpha}{(4l-3x)^2} = m\cdot\ddot x$

$\frac{\alpha}{\ddot x} = 9x^2 + 16l^2 - 24lx$

$\frac{\alpha}{16l^2 - 24lx} = m\ddot x$

$(1+x)^n = 1 + nx$

$\frac{\alpha}{\ddot x} = \frac{1}{x}\cdot(9x^3 + 16l^2x - 24lx^2)$

$\frac{\alpha}{(4l-3x)^2} = \ddot x$

$\frac{\alpha}{16l^2 + 9x^2 - 24lx} = \ddot x$

$F = \frac{\alpha}{(4l-3x)^2} = ma_x$

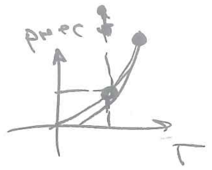
$\frac{Q^2}{2}\cdot\frac{\dot C}{C^2} + mva = 0$

$\frac{Q^2}{2}\cdot\frac{6}{(4l-3x)^2} + mva = 0$

$a \sim \frac{1}{(4l-3x)^2}$

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

мерзлая



p

$p_{сух} = const$

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

$\nu_п; p_{нас}$ $\quad pV = \nu RT$

$pV = \nu RT$

$p_{нас} \cdot V = \nu_п RT_0$

$(p_0 + p_{нас}) \cdot V = \left(\nu_п + \frac{p_0 V}{RT}\right) \cdot RT$

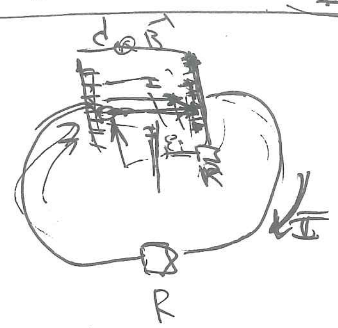
$\cancel{p_0 V} + p_{нас} V = \nu_п RT + \cancel{p_0 V}$

$E \cdot d = \frac{\rho d}{S} I$

$E = \frac{\rho}{S} I \Rightarrow$

$\frac{E}{\rho} = \frac{I}{S}$

$\frac{E}{\rho} = \frac{I}{S}$



$p = const$

$\mathcal{E}_i = B v \cdot d$

$P_m = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4R} = \frac{B^2 v^2 d^2}{4R}$

$Q = C U_0$

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

$(4l - 3x)^{-1} = -1 \cdot$

$P = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} = \frac{B^2 v^2 d^2}{R} = P$

$W = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{d \cdot 2 \cdot (4l - 3x)}$

$W = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2 \cdot d (4l - 3x)}$

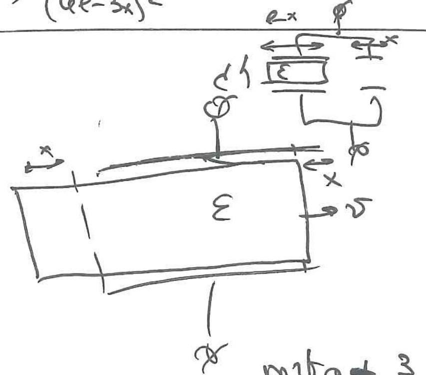
$\dot{W} = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot \left(\frac{1}{4l - 3x}\right)' =$

$B^2 \cdot 100 \cdot 4^2 = 1$

$= \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot (-1) \cdot \frac{(0 - 3 \cdot v)}{(4l - 3x)^2}$

$\dot{W} = \frac{3}{2} \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2 v}{(4l - 3x)^2}$

$\frac{Q^2}{2 \varepsilon_0 l^2}$



$\varphi = const$

$x \ll d \ll l$

$W + E_k = const$

$\dot{W} + \dot{E}_k = 0$

$m v a + \dot{W} = 0$

$(1+x)^{-1} = 1 + (-1) x$

$m v a + \frac{3}{2} \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{(4l - 3x)^2} \cdot v = 0$

$(1+x)^n = 1 + nx$

$W = \frac{Q^2}{2C}$

$C = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 l (l - x)}{d} + \frac{\varepsilon_0 \cdot l x}{d} = \frac{\varepsilon_0 l}{d} \cdot (x + \varepsilon (l - x)) =$

$a = \frac{3 \varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2 (4l - 3x)^2 m}$

$= \frac{\varepsilon_0 l}{d} \cdot (4l - 3x)$

$\frac{1}{x^2} \approx x$

$(4l - 3x)^{-2} \approx \left(1 + \left(-\frac{3x}{4l}\right)\right)^{-2} = 1 + (-2) \cdot \left(-\frac{3x}{4l}\right) = 1 + \frac{3}{2} \frac{x}{l}$

36-22-62-27
(2.17)

черновик

~~Из геометрии:~~ $\cancel{x = d_2 + f_2 = F\left(2 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + F \cdot \frac{4 - \sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}}} =$

$\cancel{x = F\left(2 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + 2F = F\left(4 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}$

$\cancel{= F \cdot \frac{4(2 - \sqrt{3}) - \sqrt{3} \cdot (2 - \sqrt{3}) + 8 - 2\sqrt{3}}{2(2 - \sqrt{3})}} =$

$\cancel{= F \cdot \frac{8 - 4\sqrt{3} - 2\sqrt{3} + 3 + 8 - 2\sqrt{3}}{2(2 - \sqrt{3})}} =$

$\cancel{= F \cdot \frac{19 - 8\sqrt{3}}{2(2 - \sqrt{3})}}$

~~Из геометрии:~~

$\cancel{x = f_2 + F}$

$\cancel{x = f_2 + 2F}$

$\cancel{x = \frac{3}{2} F + 2F = \frac{7}{2} F \Rightarrow F = \frac{2}{7} x}$

$\cancel{F = \frac{2}{7} \cdot 23{,}5\,см} =$

Из геометрии:

$x = f_2 + 2F = F \cdot \left(4 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

$F = \frac{x}{4 - \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2x}{8 - \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 23{,}5\,см}{8 - \sqrt{3}} =$

$\approx \frac{47}{8 - 2}\,см = \frac{47}{6}\,см \approx 8\,см$ $\quad = \frac{47\,см}{8 - \sqrt{3}}$

Ответ: $F = \frac{2x}{8 - \sqrt{3}} \approx 8\,см$

N 2-3.2

Дано:

$T = 273\,K$

$\Delta m = 1\,кг$

$p_{нас} = 611\,Па$

$\lambda_к = 3{,}3 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг}$

$r_п = 2{,}3 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$

$V = ?$

$p_0 = 10^5\,Па$ — нор. атм. давл.

~~Ход~~ Часть воды замёрзнет из-за испарения водяных паров. Запишем равенство эн-ий:

$\lambda_к \cdot \Delta m = r_п \cdot \mu \cdot \nu_п$

$\nu_п$ — кол-во испар. воды

$\nu_п = \frac{\lambda_к \Delta m}{r_п \mu}$

Дальше эти пары распределятся по комнате, чтобы иметь темп. T и давл. $p_{нас}$, чтобы прекратилось исп.

чистовик

З-н Клапейрона-Менд.: $p_{нас}\cdot V = \nu_п RT$

$$p_{нас}\cdot V = \frac{\lambda_к\cdot\Delta m}{r_п\,\mu}\cdot RT$$

$$\boxed{V = \frac{\lambda_к\,\Delta m\,RT}{p_{нас}\,r_п\,\mu}} = \frac{3{,}3\cdot10^{5}\frac{Дж}{кг}\cdot 1кг\cdot 8{,}3\frac{Дж}{моль\cdot К}\cdot 273К}{611\,Па\cdot 2{,}3\cdot10^{6}\frac{Дж}{кг}\cdot 18\cdot10^{-3}\frac{кг}{моль}} =$$

$$= \frac{3{,}3\cdot 8{,}3\cdot 273}{611\cdot 2{,}3\cdot 18}\cdot 10^{2}\,м^3 = \frac{1{,}1\cdot 755{,}3\cdot 10^{2}\,м^3}{611\cdot 2{,}3\cdot 2} = \frac{11\cdot 7553}{611\cdot 4{,}6}\,м^3 \approx$$

$$\approx \frac{2\cdot 7553}{611}\,м^3 = \frac{7553}{306}\,м^3 \approx \frac{7551}{306}\,м^3 = \frac{2517}{102}\,м^3 \approx 25\,м^3$$

неточно 29,56 ≈ 30!

$273 \times 83 = 819 + 2184 = 22659$

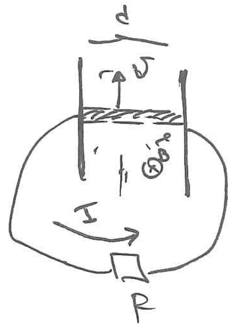
$22659 : 3 = 7553$

$7551 : 3 = 2517$

Ответ: $V = \frac{\lambda_к\,\Delta m\,RT}{p_{нас}\,r_п\,\mu} \approx \cancel{25\,м^3}$

Дано:
$R = 0{,}4\,Ом$
$d = 40\,см$
$v = 10\,\frac{см}{с}$
$P_m = 1\,мВт$

$B = ?$



№ 3.3.?

В следствие того, что жидкость явл. проводящей, а также из-за того она находится в магнитном поле возникает $\mathcal{E}_i$

$\mathcal{E}_i = B\cdot v\cdot d$ (жидкость можно представить как большое кол-во параллельных тонких полосок двиг. со ск-тью v, в каждой из них будет возникать $\mathcal{E}_i$ и так как все они соед. параллельно

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

черновик

$$ma = \frac{\varepsilon_0 \rho^3 u_0^2\cdot 3}{2d\,(4\rho-3x)^2} = \frac{3}{2}\,\frac{\varepsilon_0\rho^3 u_0^2}{d\,(4\rho-3x)^2}$$

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

Чистовик

$$\sqrt{\frac{md}{\varepsilon_0}} = \frac{3T\ell^2 U_0}{\pi} \Rightarrow \frac{md}{\varepsilon_0} = \frac{9T^2 \cdot \ell^4 U_0^2}{\pi^2}$$

$$m = \frac{9T^2 \ell^4 U_0^2 \varepsilon_0}{d\pi^2}\ ?$$

$\pi \approx 3$

$\pi^2 \approx 9$

$$m = \frac{\cancel{9}\cdot(4{,}35c)^2\cdot(0{,}2м)^4\cdot(100В)^2\cdot 9\cdot10^{-12}\,\frac{Ф}{м}}{10^{-3}м\cdot\cancel{9}} =$$

$$= кг\cdot\frac{4{,}35^2\cdot 64\cdot\cancel{10^{-4}}\cdot\cancel{10^4}\cdot 9\cdot 10^{-12}}{10^{-3}} =$$

$$= кг\cdot\frac{64\cdot 9\cdot 4{,}35^2\cdot 10^{-9}}{1} \approx$$

$$\approx кг\cdot\frac{64\cdot 9\cdot 19}{1}\cdot 10^{-9} =$$

$$= 10944\cdot 10^{-9}\,кг \approx 11\cdot 10^{-6}\,кг =$$

$$= 11\,мг$$

Ответ: $m = \dfrac{9T^2\ell^4 U_0^2\varepsilon_0}{d\pi^2} \approx 11\,мг.$

36-22-62-27 (2.17)

чистовик

то ~~результир~~ суммарное ЭДС индукции и будет $\varepsilon_i = B\upsilon d$ $(\vec{B} \perp \vec{\upsilon})$.

Вследствии ЭДС индукции заряды в жидкости начнут двигаться от ~~одной~~ ~~стороны~~ одного края жидкости до другого. ~~Т.е. появляется ток как в~~ ~~жидкости~~ Т.е. появл. ток. ~~Равный~~:

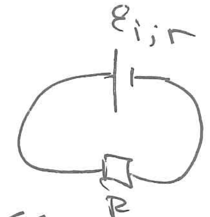
~~по з-ну Ома: $I = \frac{\varepsilon_i}{R}$, $P_м = I\cdot\varepsilon_i$~~ ~~напр. на резисторе равно ε_i~~

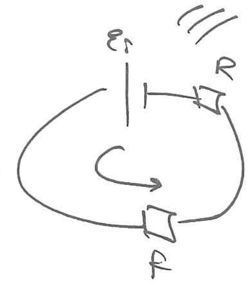
~~$P_м = \frac{\varepsilon_i^2}{R} = \frac{B^2\upsilon^2 d^2}{R} \rightarrow B = \frac{\sqrt{P_м R}}{\upsilon d} =$~~

~~$= \frac{\sqrt{1\cdot10^{-3}Вт\cdot 0{,}4\Omega}}{10\cdot10^{-2}\frac{м}{с}\cdot 0{,}4м} =$~~

~~$= \frac{10^{-2}\cdot 2}{10\cdot10^{-2}\cdot 0{,}4}Тл = \frac{2}{4}Тл = 2\cdot 0{,}5 Тл$~~

Т.е. ток появл. и в жидкости ~~и~~ во внешн. цепи, т.е. у жидкости есть ненулевое сопр. ~~изв~~ Тогда цепь можно представить так: батарейка с ε_i и внутр. сопр. r, также последовательно соед. резистор R.





Известно, что максимальная мощность на резисторе достигается тогда, когда внутр. сопротив. батарейки (сопр. жидкости) равно внешнему, т.е. $R = r$,

да, но нужен вывод факта

по з-ну Ома: $I = \dfrac{\varepsilon_i}{2R}$,

$$P_м = I^2\cdot R = \frac{\varepsilon_i^2}{4R} = \frac{B^2\upsilon^2 d^2}{4R}$$

$$B = \frac{2\sqrt{P_м R}}{\upsilon d} = \frac{2\cdot\sqrt{10^{-3}Вт\cdot 0{,}4\Omega}}{10\cdot10^{-2}\frac{м}{с}\cdot 0{,}4м} =$$

$$= \frac{2\cdot10^{-2}\cdot 2}{10\cdot10^{-2}\cdot 0{,}4}Тл = 1\,Тл.$$

Ответ: $B = 1\,Тл$

Чистовик

№5. 2-7.

Дано:

$l = 20$ см

$U_0 = 100$ В

$d = 1$ мм

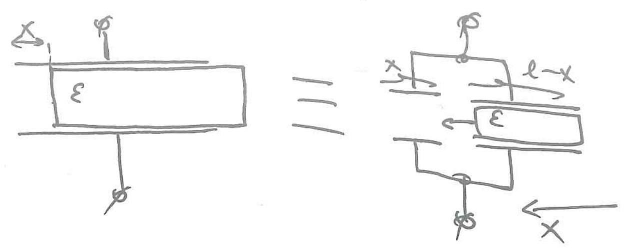
$x = 0,1$ мм

$T = 4,35$ с

$\varepsilon = 4$

$\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

$m = ?$



Т.к. конденсатор отключен от цепи, то заряд на его обкладках Q остаётся постоянным и равным начальному:

$$Q = C_0 \cdot U_0, \text{ где } C_0 = \frac{\varepsilon_0 \cdot l^2}{d}$$

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

Когда диэл. находится на расстоянии x от левого края, конденсатор можно представить в виде двух параллельно соед. конденсаторов, в одном из кот. диэл., а в другом нет.

Найдём ёмкость конденсатора C в этот момент.

Т.к. конд. соединены параллельно то ёмкости складываются:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot xl}{d} + \frac{\varepsilon\varepsilon_0 (l-x) l}{d} = \frac{\varepsilon_0 l}{d} \cdot (x + \varepsilon l - \varepsilon x) = \frac{\varepsilon_0 l}{d}(\varepsilon l - x(\varepsilon - 1))$$

Пренебрегаем краевыми эффектами, также из-за того что на конденсатор и диэл. не действ. внешних сил: Энергия конденсатора и кин. эн-ия диэл. остаётся постоянным числом, т.е.: $E_к + W = const$ (1)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

Продиф. (1) по вр-ни: $\dot{E}_к + \dot{W} = 0$

$$E_к = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \dot{E}_к = \frac{m}{2} \cdot 2v \cdot \dot{v} = mv \cdot \dot{v}$$

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{\varepsilon_0^2 l^4 U_0^2 \cdot d}{d^2 \cdot 2 \cdot \varepsilon_0 l(\varepsilon l - x(\varepsilon-1))} = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d(\varepsilon l - x(\varepsilon - 1))}$$

$$\dot{W} = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot (-1) \cdot \frac{1 \cdot (-(\varepsilon-1) \cdot \dot{x})}{(\varepsilon l - x(\varepsilon-1))^2} = \frac{\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot \frac{(\varepsilon - 1)}{(\varepsilon l - x(\varepsilon-1))^2} \cdot \dot{x}$$

возьмём момент когда $x \downarrow$ $\Rightarrow \dot{x} = +v_x$, $\dot{v} = a_x$

$$m v_x a_x + \frac{(\varepsilon-1)\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d(\varepsilon l - x(\varepsilon-1))^2} \cdot v_x = 0$$

$$m a_x + \frac{(\varepsilon-1)\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2d(\varepsilon l - x(\varepsilon-1))^2} = 0$$

, подставим $\varepsilon = 4$ и поделим на m

$$a_x + \frac{3\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2md(4l - 3x)^2} = 0$$

$$a_x + \frac{3\varepsilon_0 l^3 U_0^2}{2md \cdot \frac{1}{16l^2} \cdot \left(1 - \frac{3x}{4l}\right)^2} = 0$$

$$a_x + \frac{24\varepsilon_0 l^5 U_0^2}{md} \cdot \left(1 + \left(-\frac{3x}{4l}\right)\right)^{-2} = 0$$

при малых x: $(1+x)^n \approx 1 + nx$, воспользуемся этой ф-лой, с учётом $x \ll l \Rightarrow \frac{3x}{4l} \ll 1$

$$a_x + \frac{24\varepsilon_0 l^5 U_0^2}{md} \cdot \left(1 + \frac{3x}{2l}\right) = 0$$

$$a_x + \underbrace{\frac{36\varepsilon_0 l^4 U_0^2}{md}}_{\omega^2} x = -\frac{24\varepsilon_0 l^5 U_0^2}{md}$$

ур-ие гарм. колеб.: $\omega^2 = \frac{36\varepsilon_0 l^4 U_0^2}{md}$

$$\omega = 6l^2 U_0 \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{md}}; \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \frac{1}{6l^2 U_0}\sqrt{\frac{md}{\varepsilon_0}} = \frac{\pi}{3l^2 U_0}\sqrt{\frac{md}{\varepsilon_0}}$$

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