0 275569 060004

27-55-69-06
(3.10)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Лукина Игоря Григорьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 16:47 - 16:49

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

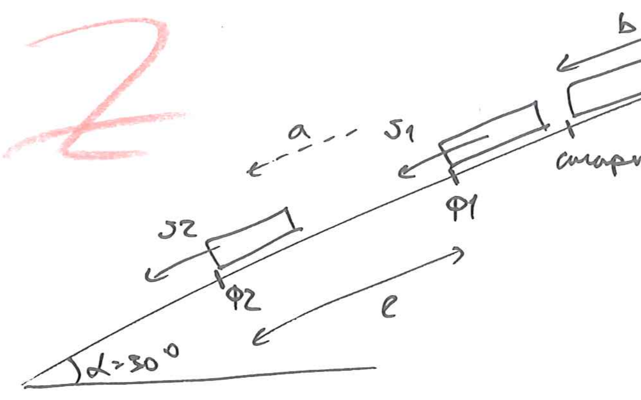
Выполнять задания на титульном листе запрещается!

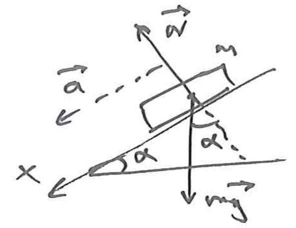
27-55-69-06 (3.10)

чистовик

черновиков нет

задача 1.5.3.





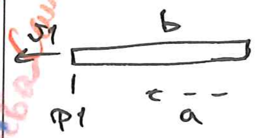
1) 2-ой з-н Ньютона на ось x:

$ma = mg\sin\alpha \Rightarrow \underline{a = g\sin\alpha = const}$

2) Выразим время: (равноуск. движ.)

$\tau = \frac{2l}{\upsilon_1+\upsilon_2}$. $\upsilon_2 = \upsilon_1 + a\tau$ (0) $\quad l = \frac{\upsilon_1+\upsilon_2}{2}\tau = \upsilon_1\tau + \frac{a\tau^2}{2} = l$ (1)

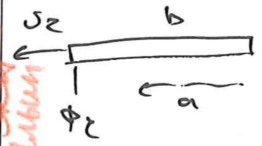
3) Пересечение Ф1:



τ_1

$b = \upsilon_1\tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2}$ (2)

Аналог., для Ф2:



τ_2

$b = \upsilon_2\tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2}$ (3)

4) Решаем сист. ур-ний: $\quad$ l — не понадобится $\quad a = g\sin\alpha$

$\upsilon_2 = \upsilon_1 + a\tau$

$$\begin{cases} b = \upsilon_1\tau_1 + \frac{a\tau_1^2}{2} \\ b = (\upsilon_1 + a\tau)\tau_2 + \frac{a\tau_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \upsilon_1 = \frac{b - \frac{a\tau_1^2}{2}}{\tau_1}$$

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

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

$$\boxed{b = \frac{g\sin\alpha\,\tau_1\tau_2}{2}\cdot\frac{2\tau + \tau_2 - \tau_1}{\tau_1 - \tau_2}} = \frac{10\cdot\frac{1}{2}\cdot 2\cdot 1}{2}\cdot\frac{2\cdot 0{,}51 + 1 - 2}{2 - 1} = 5\cdot\frac{1{,}02 - 1}{1} =$$

$= 5\cdot 0{,}02 = \boxed{0{,}1\,м = b}$

5	1	2	3	4	5
90	10	20	10+	20	20

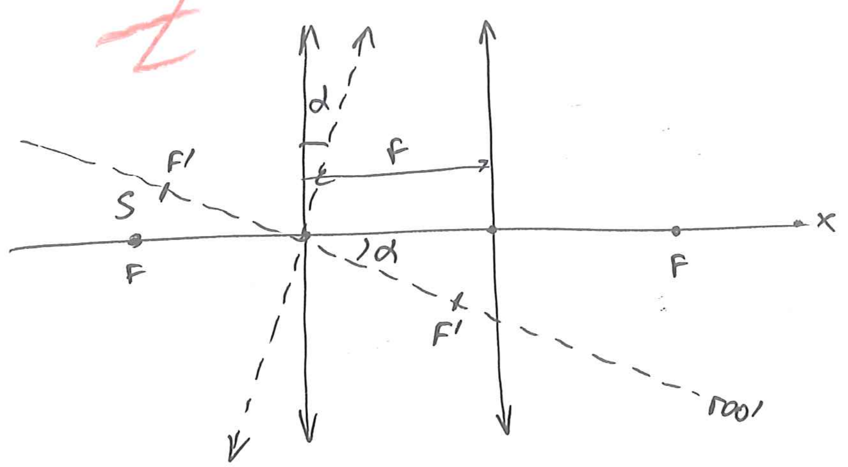
1 из 8

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

задача 4.10.3.

$\alpha = ?$ $P_{SS1} = x$

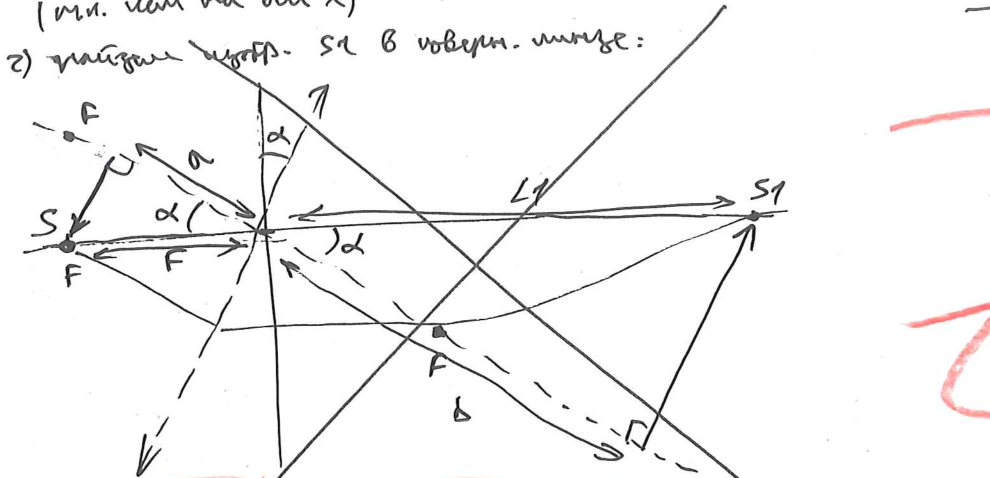
Часть 1



после поворота:

1) изображение на оси x (т.к. она на оси x) +

2) ~~найдем изобр.~~ S1 в поверн. линзе:



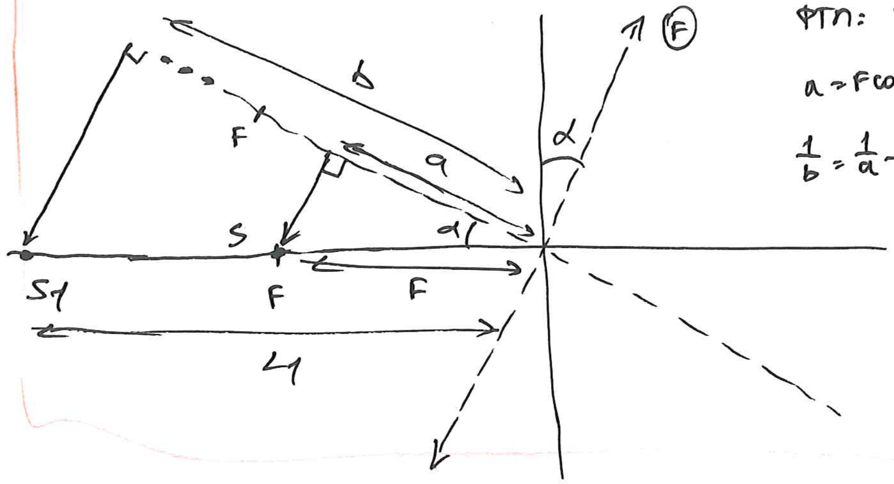
ФТЛ: $\boxed{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}}$, где $\boxed{a = F\cos\alpha}$ + ; $b = L_1\cos\alpha$

$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{aF} \Rightarrow b = \frac{aF}{a-F}$; $L_1\cos\alpha = \frac{F\cos\alpha \cdot F}{F\cos\alpha - F}$ → видно, что $L_1 < 0$, +

~~действительн~~

черновик

2) найдем изобр. S1 в поверн. линзе. Изм. будет ближе к линзе, чем фокус ⇒ изобр. мнимое:



ФТЛ: $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ +

$a = F\cos\alpha$; $b = L_1\cos\alpha$

$\frac{1}{b} = \frac{1}{a} - \frac{1}{F} = \frac{F-a}{aF}$; $b = \frac{aF}{F-a}$

$L_1\cos\alpha = \frac{F\cos\alpha \cdot F}{F(1-\cos\alpha)}$

$L_1 = \frac{F}{1-\cos\alpha}$ +

2 из 8

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

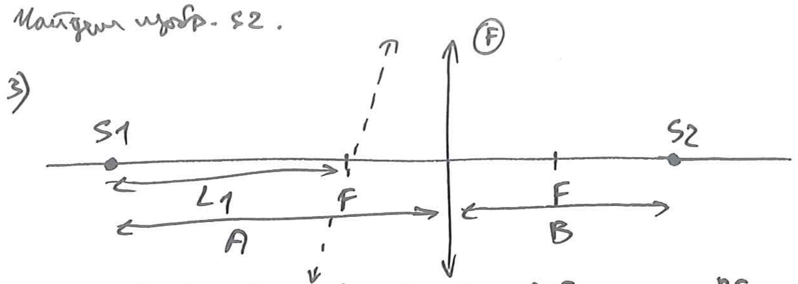
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

27-55-69-06 (3:10)

Источник S1 ~~создает~~ создает мнимое изображение S_2 во второй линзе. Найдем изобр. S2.

часть 2

3)



ФТЛ: $\frac{1}{A}+\frac{1}{B}=\frac{1}{F}$; $\frac{1}{B}=\frac{1}{F}-\frac{1}{A}=\frac{A-F}{AF}$; $B=\frac{AF}{A-F}$

$A=L1+F \Rightarrow B=\frac{(L1+F)F}{L1}=\frac{\cancel{F}\left(F+\frac{F}{1-\cos\alpha}\right)\cdot(1-\cos\alpha)}{\cancel{F}}=F(1-\cos\alpha)+F$

$B=F(2-\cos\alpha)$

4) Такие $\rho_{SS'}$ между ист. и изобр (изобр → S2 → S' одно и то же)

$\rho_{SS'}=2F+B=F(4-\cos\alpha)=x \Rightarrow \underline{4-\cos\alpha=\frac{x}{F}}$; $\cos\alpha=4-\frac{x}{F}=4-\frac{23,5}{7,5}\Rightarrow$

$\cos\alpha=\frac{30-23,5}{7,5}=\frac{6,5}{7,5}=\frac{13}{15}=\cos\alpha \Rightarrow \boxed{\alpha=\arccos\left(\frac{13}{15}\right)=\arccos\left(4-\frac{x}{F}\right)}$ +

т.к. $\cos\alpha=\frac{13}{15}$ — близко к 1 ⇒ α — мал ~~(угол)~~ ⇒

при малом α: $\cos\alpha\approx 1-\frac{\alpha^2}{2}=\frac{13}{15}\Rightarrow\frac{\alpha^2}{2}=\frac{2}{15}\Rightarrow\alpha^2=\frac{4}{15}\Rightarrow$

$\alpha=\frac{2}{\sqrt{15}}\approx\frac{2}{3,9}\approx 0,51$ рад $\Rightarrow$ $\underline{\alpha\approx 0,51\text{ рад.}}$ ← оценка угла, не явл. нужным результатом

8
3,9
×3,9
+351
117
15,21

6
3,8
×3,8
+304
114
14,44

2 | 3,9
−20 | 0,51
−19,5
0,50
−3,

51
×39
459
153

π рад = 180° ⇒

$0,51\text{ рад}=\frac{180}{\pi}\cdot 0,51^\circ\approx\frac{90^\circ}{3,14}\approx 30^\circ$

α около 30° ⇒ в принципе малый угол +

В условии не сказано, что угол острый ⇒ более общий ответ

~~$\alpha=\arccos\left(4-\frac{x}{F}\right)+2\pi n,\ n\in Z$~~

~~$\alpha=\arccos\left(\frac{13}{15}\right)+2\pi n,\ n\in Z$~~

+

$\cos\alpha=4-\frac{x}{F}\Rightarrow \alpha=\left[\begin{array}{l}\arccos\left(4-\frac{x}{F}\right)+2\pi n\\ -\arccos\left(4-\frac{x}{F}\right)+2\pi n\end{array}\right.\ n\in Z$

чистовик

Зад 8

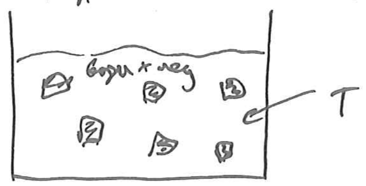
Задача 2.3.3.

$T = 273K = 0°C \Rightarrow P_{нас}(T)$ – известно

V, T сухой возд. $P_0 = P_{атмосф.}$

$P_{нас}(T) = ?$

$m_л \to m_л + \Delta m$ (уст. равн.)



$\lambda_л$ – кристалл.
$r_п$ – парообраз.
при T

1) т.к. темп. сосуда и компоненты равны $\Rightarrow$ не происходит между ними теплообмена ($P = \alpha \Delta T$, $\Delta T = 0 \Rightarrow P = 0$) $\Rightarrow$ ~~в сосуд~~

~~В сосуде работает закон сохран~~ Выполняется закон сохранения энергии!

~~Распишем механическую и внутреннюю энергию в системе~~:

• пусть испарилось $\nu_п$ воды

• пусть кристаллиз. $\nu_к$ воды $\Rightarrow \Delta m = \mu \nu_к \Rightarrow \nu_к = \frac{\Delta m}{\mu}$ (0)

~~ЗСЭ: $c_B m_B T + c_л m_л T$~~ ~~ЗСЭ: $Q_{крист} = Q_{пар}$~~

В воздухе водяной пар. т.к. уст. равн., есть жидкая фаза $\Rightarrow$ пар насыщ. $\Rightarrow$

ур-е сост: $P_{нас} \cdot V = \nu_п RT \Rightarrow \nu_п = \frac{P_{нас} V}{RT}$ (1)

$Q_{крист} = \lambda_к \mu \nu_к$ – вода „отдает" (2)

$Q_{пар} = r_п \mu \nu_п$ – пар „забирает" (3)

~~$U_{вп} = \frac{i}{2} \nu_п RT = \frac{i}{2}(P_{нас} V)$ – внутр. энергия вод. пара.~~

Итог: пишем ЗСЭ: $Q_{крист} = Q_{пар}$ (4)

Решаем систему:

$\lambda_к \mu \cdot \frac{\Delta m}{\mu} = r_п \mu \cdot \frac{P_{нас} V}{RT}$; $\lambda_к \Delta m RT = r_п \mu P_{нас} V \Rightarrow$

$$\boxed{P_{нас} = \frac{\lambda_к \Delta m RT}{r_п \mu V}} = \frac{3{,}3 \cdot 10^5 \cdot \frac{Дж}{кг} \cdot 1кг \cdot 8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 273К}{2{,}3 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль} \cdot 30 м^3}$$

$$P_{нас} = \frac{3{,}3 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 8{,}3 \cdot 273}{2{,}3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 30} \cdot \frac{Дж}{м^3} \overset{\text{Па}}{=} \frac{3{,}3 \cdot 10^5 \cdot 2265{,}9}{23 \cdot 3 \cdot 18 \cdot 10^3} =$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ \times\ 8{,}3 \\ \hline 819 \\ +2184\ \ \\ \hline 2265{,}9 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 2265{,}9 \\ \times\ 3{,}3 \\ \hline 67977 \\ +67977\ \ \\ \hline 7477{,}47 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 69 \\ \times\ 18 \\ \hline 552 \\ +69\ \ \\ \hline 1242 \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} 7477 & 1242 \\ -7452 & 6{,}02 \\ \hline 2500 & \end{array}$$

чистовик

$= \frac{7477{,}47 \cdot 10^2}{1242} \approx \boxed{602\ Па \approx P_{нас}}$

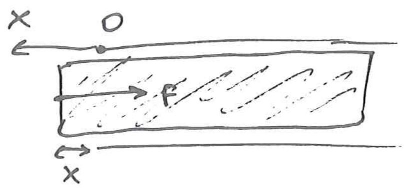
4 из 8

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Рассмотрим силу, действ. на диэл. в зависимости от x:

мы получили: $q = \frac{\varepsilon_0 U_0 \ell^2}{d}$; $C_{экв} = \frac{\varepsilon_0 \ell}{d}(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)$



F – со стороны электрич. поля. ⇒

$F = +\frac{dW}{dx}$, где W – энергия конденсатора.

$W = \frac{q^2}{2C_{экв}} = \underbrace{\frac{q^2}{2}}_{const} \cdot C_{экв}^{-1}$ ⇒ $\frac{dW}{dx} = \frac{q^2}{2}\cdot\frac{-1}{C_{экв}^2}\cdot\frac{dC_{экв}}{dx}$

часть 2

$\frac{dC_{экв}}{dx} = \frac{\varepsilon_0\ell}{d}(1-\varepsilon)$

Итог: $F = +\frac{dW}{dx} = \frac{-q^2}{2C_{экв}^2}\cdot\frac{\varepsilon_0\ell}{d}(1-\varepsilon) = \frac{-q^2\varepsilon_0\ell(1-\varepsilon)\cdot d^2}{2d(\varepsilon_0\ell)^2(\varepsilon\ell+(1-\varepsilon)x)^2}$

$F = \frac{-q^2(1-\varepsilon)d}{2\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell+(1-\varepsilon)x)^2} = -m\ddot{x}$; $m\ddot{x} = \frac{-q^2 d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell)^2(1+\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon\ell}x)^2}$

рассмотрим выражение $\frac{1}{1+\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon\ell}x}$. величина $\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon\ell}x \ll 1$ ⇒

Воспользуемся $\frac{1}{1+x}\approx 1$: ⇒ $m\ddot{x} = \frac{-q^2 d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell)^2} = \frac{-(\varepsilon_0 U_0\ell^2)^2 d(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell)^2 d^2}$

$m\ddot{x} = \frac{-\varepsilon_0^2 U_0^2\ell^4(\varepsilon-1)}{2\varepsilon_0\ell\varepsilon^2\ell^2 d} = \frac{-U_0^2\varepsilon_0\ell(\varepsilon-1)}{2\varepsilon^2 d} = m\ddot{x}$

$\ddot{x} = \frac{-U_0^2\varepsilon_0\ell(\varepsilon-1)}{2m\varepsilon^2 d}$ ~~ε<1 ⇒ ẍ<0 ⇒ будут колебания~~ $\varepsilon>1$ ⇒ $\ddot{x}<0$ ⇒ будут период. колеб.

(от x – наружу со стороны „голого" куска диэлектрика)

$|\ddot{x}| = const$ ⇒ периодич. движ. со сменой направления ускорения.

Итого: $\cancel{\frac{T}{4}}$ $\frac{a}{2}\left(\frac{T}{4}\right)^2 = x$, где $a = \frac{U_0^2\varepsilon_0\ell(\varepsilon-1)}{2m\varepsilon^2 d}$

$\frac{U_0^2\varepsilon_0\ell(\varepsilon-1)T^2}{2m\varepsilon^2 d\cdot 2\cdot 16} = x$; $U_0^2\varepsilon_0(\varepsilon-1)T^2\ell = 64xm\varepsilon^2 d$

$$\boxed{\ell = \frac{64xm\varepsilon^2 d}{U_0^2\varepsilon_0(\varepsilon-1)T^2}} = \frac{64\cdot 0{,}1\cdot 10^{-3}\,м\cdot 10\cdot 10^{-3}\,кг\cdot 16\cdot 10^{-3}\,м}{10^4\,В^2\cdot 9\cdot 10^{-12}\,\frac{Кл}{В\cdot м}\cdot 3\cdot 4{,}35^2\,с^2}$$

$$\ell = \frac{64\cdot 10^{-4}\cdot 10^{-2}\cdot 10^{-3}\cdot 16}{10^4\cdot 10^{-12}\cdot 9\cdot 3\cdot 4{,}35^2}\cdot\frac{м^2\cdot кг\cdot м}{В\cdot Кл\cdot с^2} = \frac{64\cdot 16\cdot 10^{-9}}{27\cdot 4{,}35^2\cdot 10^{-8}}\cdot\frac{м^3\cdot кг}{Дж\cdot с^2} \circleddash$$

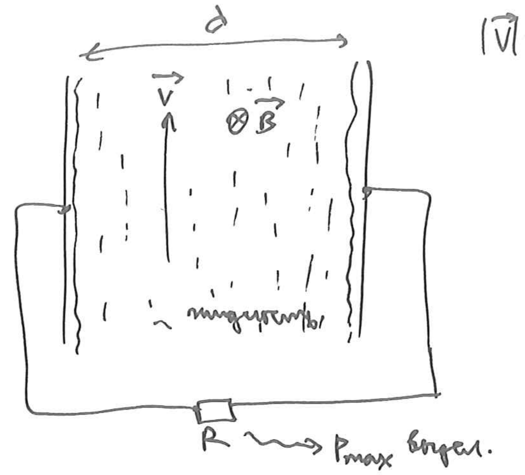
$64 \times 16 = 384 + 64 = 1024$; $4{,}35 \times 4{,}35 = 2175 + 1305 + 1740 = 18{,}9225$; $27 \times 189 = 1323 + 378 = 510{,}3$; $10240 : 5103 = 0{,}20$ (10206, 340)

чистовик

$\circleddash$ $\frac{1024\cdot 10^{-1}}{27\cdot 18{,}9}\cdot\frac{м\cdot м^2}{Н\cdot с^2} = \frac{102{,}4}{510{,}3}\cdot м \approx 0{,}2\,м = 20\,см = \ell$

8 из 8

Задача 3.3.3.



$|\vec{V}| = ?$

1) $\vec{F_л} = q[\vec{v}\times\vec{B}]$ +

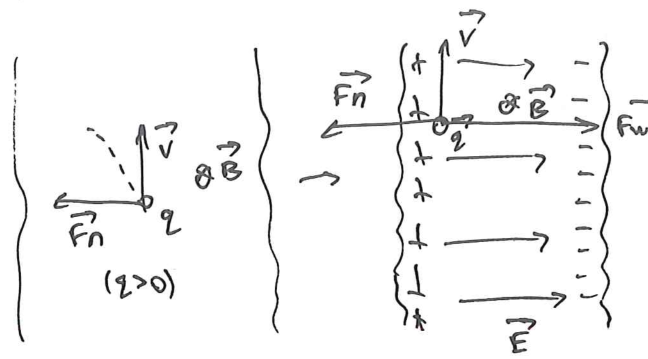
$\vec{F_{эл}} = q\vec{E}$, $\vec{E}$ – из-за перераспр. зарядов

т.к. движение стационарно ⇒

на заряд q $\sum\vec{F_i} = 0$ ⇒ находим поле $\vec{E}$.

?

2) Движение заряда (Эффект Холла)



индукция проводящая ⇒ заряды скапливаются по краям (свободные заряды, края – физ. граница)

В итоге $\vec{F_л} + \vec{F_{эл}} = 0$

$F_л = F_{эл}$

$F_л = qVB$
$F_{эл} = qE$ ⇒ $E = VB$ – поле между обкладками ⇒

напряжение между ними: $U = E\cdot d = VBd = U$ +

3) P на резисторе: $P = \frac{U^2}{R}$ ⇒ $P\to max$ при $U\to max$ при $d\to max$

Вероятно, в задаче под максимальной мощностью подразумевается тот раз, когда заряды протекают по физическим границам жидкости, т.е на расст. d. Может быть и такое, что поле создается по середине в жидкости в опред. области, шириной $< d$. В стационарном эффекте Холла заряды текут по краям жидкости, мощность всегда одинаковая.

Пренебрегаем ионным ..., тогда $P_m = \frac{U^2}{R} = \frac{(VBd)^2}{R}$ ⇒

$V = \frac{\sqrt{P_m R}}{Bd} = \frac{\sqrt{1\cdot 10^{-3}\cdot 4\cdot 10^{-1}}}{1\cdot 0{,}4} = \frac{2\cdot 10^{-2}}{0{,}4} = \boxed{5\cdot 10^{-2}\,\frac{м}{с} = V}$ (или $V = 5\,\frac{см}{с}$)

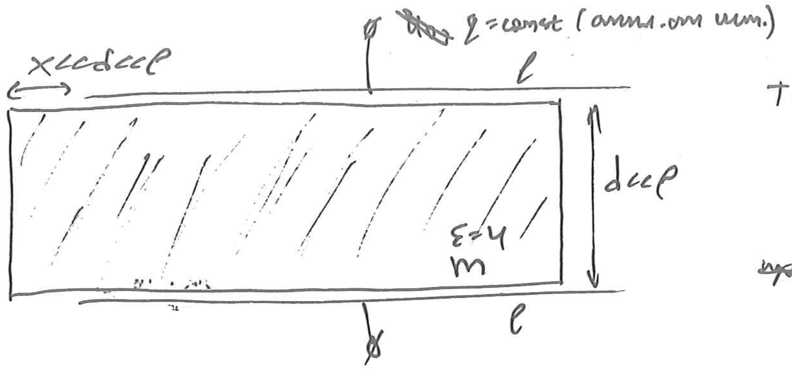
где внутр. сопр. среды ?

чистовик

5 из 8

Задача 5.2.3.

Чистовик

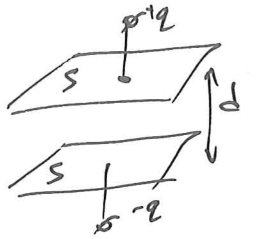


T-колеб. $\ell = ?$

~~[illegible]~~

часть 1

1) Ёмкость конденсатора:

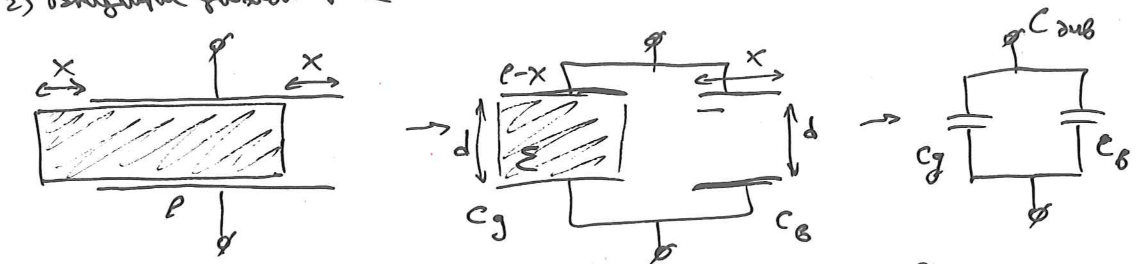


$E = \frac{q}{S\varepsilon_0}$

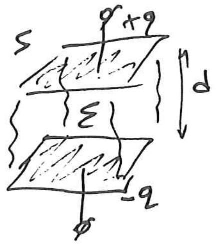
$U = E \cdot d$

$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{E \cdot d} = \frac{qS\varepsilon_0}{qd} = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = C$ (с возд. зазором)

2) Внутри диэлектрик:



$C_{экв} = C_g + C_в$



$E = \frac{q}{S\varepsilon_0\varepsilon}$ - ослабевает в ε раз.

$U = E \cdot d$

$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{E \cdot d} = \frac{qS\varepsilon_0\varepsilon}{qd} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} = C$ (с диэлектр.)

3) Итог: при вдвинутом на x диэлектрике, $C_{экв}$: (квадр. пласт. $\ell \times \ell$)

$C_{экв} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 \ell(\ell - x)}{d} + \frac{\varepsilon_0 x \ell}{d} = \frac{\varepsilon_0 \ell}{d}(\varepsilon(\ell - x) + x) = \frac{\varepsilon_0 \ell}{d}(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x) = C_{экв}.$

4) Вначале: $C_0 = \frac{\varepsilon_0 \ell^2}{d}$, $U_0 \to q = const = C_0 U_0 = \frac{\varepsilon_0 U_0 \ell^2}{d} = q$

5) Запишем ЗСЭ, энергетический подход:

пусть полн. энергия системы (при амплитуде) равна E_0:

Она постоянна, т.к. нет диссипативных сил (трения нет) $\Rightarrow$

$E_0 = const = E_{кин} + E_{конд} = \frac{mv^2}{2} + \frac{q^2}{2C_{экв}}$ $\qquad v^2 = \dot{x}^2$

$const = \frac{mv^2}{2} + \frac{(\varepsilon_0 U_0 \ell^2)^2 \cdot d}{2 \cdot d^2 \cdot \varepsilon_0 \ell(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)} = \frac{mv^2}{2} + \frac{\varepsilon_0^2 U_0^2 \ell^4 \cancel{d}}{2d^2 \cdot \cancel{\varepsilon_0}\ell(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)}$

$const = m\dot{x}^2 + \frac{U_0^2 \varepsilon_0 \ell^3}{d(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)} \to$ дифференц.

$0 = 2m\dot{x}\ddot{x} + \frac{U_0^2 \varepsilon_0 \ell^3}{d} \cdot \frac{-1}{(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)^2} \cdot (1-\varepsilon)\dot{x} \quad | : \dot{x}$

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

$(1+x)^n \approx 1 + nx$ при малом $x \Rightarrow (1 + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon\ell}x)^{-2} \approx 1 + \frac{-2(1-\varepsilon)}{\varepsilon\ell}x$

часть 2

~~$0 = 2m\ddot{x} + \frac{(\varepsilon-1)U_0^2\varepsilon_0\ell}{\varepsilon^2 d(1 + \frac{2(1-\varepsilon)}{\varepsilon\ell}x)}$~~

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

$0 = \underbrace{\frac{(\varepsilon-1)U_0^2\varepsilon_0\ell}{\varepsilon^2 d}}_{const} + 2m\ddot{x} + \frac{2(\varepsilon-1)^2 U_0^2\varepsilon_0\ell}{\varepsilon^2 d \cdot \varepsilon\ell}x$

$const = 2m\ddot{x} + \frac{2(\varepsilon-1)^2 U_0^2 \varepsilon_0}{\varepsilon^3 d}x$; $const = \ddot{x} + \overbrace{\frac{(\varepsilon-1)^2 U_0^2\varepsilon_0}{\varepsilon^3 m d}}^{w^2}x$

const не влияет на гармоничность колебаний

$w = \frac{(\varepsilon-1)U_0}{\varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon m d}}$

1) Вначале: $C_0 = \frac{\varepsilon_0\ell^2}{d} \Rightarrow q = C_0 U_0 = \frac{\varepsilon_0 U_0 \ell^2}{d} = q$ на обкладках

2) $C_{экв} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0\ell(\ell-x)}{d} + \frac{\varepsilon_0 \ell x}{d} \Rightarrow \frac{\varepsilon_0\ell}{d}(\varepsilon(\ell-x) + \cancel{x}) = \frac{\varepsilon_0\ell}{d}(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x) = C_{экв}$

3) $E_0 = const = \frac{mv^2}{2} + \frac{q^2}{2C_{экв}} \Rightarrow const = mv^2 + \frac{q^2 d}{\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)}$

$v^2 = \dot{x}^2 \Rightarrow$ ~~$const = m\dot{x}^2 +$~~ дифференц.:

$0 = 2m\cancel{\dot{x}}\ddot{x} + \frac{q^2 d}{\varepsilon_0\ell} \cdot \frac{-1}{(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)^2} \cdot (1-\varepsilon)\cancel{\dot{x}}$

$2m\ddot{x} = \frac{q^2 d(1-\varepsilon)}{\varepsilon_0\ell(\varepsilon\ell + (1-\varepsilon)x)^2}$; $\frac{q^2 d(1-\varepsilon)}{2m\ddot{x}\varepsilon_0\ell} = (\varepsilon\ell)^2 + 2\varepsilon\ell(1-\varepsilon)x + (1-\varepsilon)^2x^2$

чистовик