0 535509 150005

53-55-09-15
(1.10)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Хусаинова Мирата Ильдаровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вложен доп.1 лист

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника

$\frac{6{,}11\cdot 6\cdot 23}{8{,}3\cdot 1{,}1\cdot 9{,}1}$

$6{,}11\cdot 6 = 36{,}66$

$36{,}66\cdot 23$: 10998, 73320, $843{,}18$

$8{,}3\cdot 1{,}1$: 83, 830, $9{,}13$

$9{,}13\cdot 9{,}1$: 913, 82170, $83{,}083$

$3{,}135\cdot 7{,}5$: 15675, 219450, $23{,}5125$

$843{,}18 \,|\, 83{,}083$: $10{,}1$

$3{,}1\cdot 7{,}5$: 155, 2170, $23{,}25$

$\sqrt{3} = 1{,}73$

$\frac{843{,}18}{830{,}83} = 1{,}235$

$1{,}73\cdot 1{,}73$: 519, 12110, 17300, $2{,}9929$

$8 - 1{,}73 = 6{,}27$

$\frac{6{,}27}{2} = 3{,}135$

$7{,}5\cdot 3 = 22{,}5$

$23{,}5$

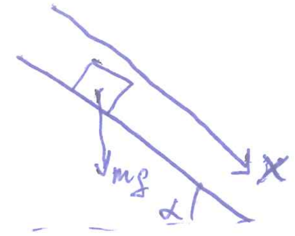
$3{,}135\cdot 7{,}5$: 15675, 219450, $23{,}5125$

53-55-09-15
(1.10)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

ЧИСТОВИК

Задача 1.5.1



т.к. наклонная плоскость гладкая значит на оси, проходящей параллельно наклоной плоскости действует только сила тяжести

Проведём ось x вдоль траектории движения бруска вниз, тогда по II зак. Ньютона

$x: mg\sin\alpha = am \Rightarrow a = g\sin\alpha = \frac{g}{2}$

↑
проекция силы тяжести на ось x

Значит брусок участвует в равноускоренном движении.

т.к. фотодетекторы малых размеров, значит за время τ_1 и τ_2 брусок проезжает расстояния b. значит по формуле равноускоренного движение

$b = v_1\tau_1 + g\sin\alpha\,\tau_1^2\frac{1}{2}$

$b = v_2\tau_2 + g\sin\alpha\,\tau_2^2\frac{1}{2}$

, где v_1 и v_2 скорости бруска в момент закрытия им датчиков 1 и 2 соответств.

$v_1 = \frac{b - g\sin\alpha\,\tau_1^2\frac{1}{2}}{\tau_1} = \frac{0{,}1\,м - 10\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot 4\,м}{2\,с} =$

$= -\frac{0{,}9}{2}\frac{м}{с} = -0{,}45\frac{м}{с}$

$v_2 = \frac{b - g\sin\alpha\,\tau_2^2\frac{1}{2}}{\tau_2} = \frac{0{,}1\,м - 10\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot 1\,м}{1\,с} =$

$= (0{,}1 - 2{,}5)\frac{м}{с} = -2{,}4\frac{м}{с}$

1	2	3	4	5	Σ
10	18	20	20	10	88

(Воскресенский Воснесенский)
Бахтиннский
Руденко
Назарчук Р.А.
Строгин
Киселева

т.к. движение равноускоренное значит

$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a}$, Δv - изменение скорости, Δt - промежуток времени

значит $\tau = \frac{|v_1 - v_2|}{a} = \frac{|v_1 - v_2|}{g \sin\alpha} = \frac{(2,4-0,45)\frac{м}{с}}{10 \cdot \frac{1}{2} \frac{м}{с^2}} =$

$\frac{1,95}{5} с = 0,39 с$ - время между началами перекрывания 1 и 2 датчика

Ответ: $\tau = 0,39 с$

№2.3.1

Определим плотность насыщенных паров воды ρ при температуре 0°С через закон Менделеева-Клапейрона

$\cancel{P} = p_{нас} = \frac{mRT}{MV} = \frac{\rho RT}{M} \Rightarrow \rho = \frac{p_{нас} M}{RT}$

~~тогда~~ Когда внесут сосуд сосмесью воды и льда, они ~~начнут~~ будут испаряться в воздух пока давление паров воды в комнате не будет равно $p_{нас}$, а значит $m_п$ - масса пара воды равна

$m_п = \rho \cdot V = \frac{p_{нас} MV}{RT} = \frac{611 Па \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль} \cdot 30 м^3}{8,3 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 273 К} =$

$\frac{611 \cdot 18 \cdot \cancel{30}^{10} \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot \cancel{273}\, 91} кг = \frac{6,11 \cdot 18}{8,3 \cdot 91} кг$

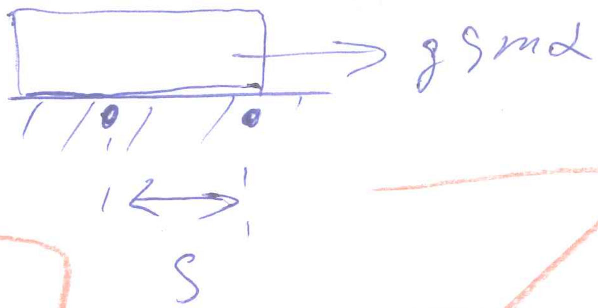
Составим уравнение теплового баланса при испарении от воды отняли $m_п r_п$ кол-во теплоты, из-за чего она сразу вся кристаллизовалась, значит

$m_п r_п = \Delta m \lambda_к$

ЧИСТОВИК

ЧЕРНОВИК

$b = \tau_1 v_1 + g \sin\alpha \tau_1^2 \frac{1}{2}$



$\tau_1 v_1 = b - g \sin\alpha \tau_1^2 \frac{1}{2}$

$v_1 = \frac{b - g \sin\alpha \tau_1^2 \frac{1}{2}}{\tau_1} =$

0,1

$10 \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 = 10 м$

~~$\tau_1 = 2v$~~

$b = \tau_1 v_1 + g \sin\alpha \tau_1^2 \frac{1}{2}$

$v_1 = \frac{b - g \sin\alpha \tau_1^2 \frac{1}{2}}{\tau_1} =$

$\frac{0,1 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{-0,9}{2} = -0,45 \frac{м}{с}$

$v_2 = \frac{b - g \sin\alpha \tau_2^2 \frac{1}{2}}{\tau_2} = -2,4 \frac{м}{с}$

$\frac{0,1 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{1} = 0,1 - 2,5 = -2,4 \frac{м}{с}$

$0,1 = -1,5 + 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 = -2,4 + 2,5 = 0,1$

$\Delta t = \frac{v_1 - v_2}{g \sin\alpha} = \frac{1,95}{10 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{1,95}{5} = 0,39 с$

Значит весь заряд собирается на конденсаторе с диэлектриком ⊖

$q_2 = q_0$

при колебаниях общая энергия системы сохраняется, она состоит из энергии конденсатора и кинетической энергии движения пластины

Запишем ЗСЭ:

$$\frac{q_0^2}{2C_2} + \frac{mv^2}{2} = const$$

$$\frac{q_0^2 d}{2l(l-\Delta x)\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{mv^2}{2} = const$$

$$\frac{l^4\varepsilon_0^2 dU_0^2}{2d^2 l(l-\Delta x)\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{mv^2}{2} = \frac{l^3\varepsilon_0 U_0^2}{2d(l-\Delta x)\varepsilon} + \frac{mv^2}{2}$$

при малых x $\cancel{(1+x)^n}$ $(1+x)^n = 1+nx$

Значит $\frac{1}{l-\Delta x} = \frac{1}{l}\left(1-\frac{\Delta x}{l}\right)^{-1} = \frac{1}{l}\cdot\frac{\Delta x}{l} = \frac{\Delta x}{l^2}$?

Подставим в ЗСЭ

$$\frac{l\varepsilon_0 x U_0^2}{2d\varepsilon} + \frac{mv^2}{2} = const$$

Возьмём производную по времени от этого выражения, движение совершает вдоль ~~прямой~~ осиох по которой мы измеряем $\Delta x \Rightarrow v^2 = \Delta\dot{x}^2$

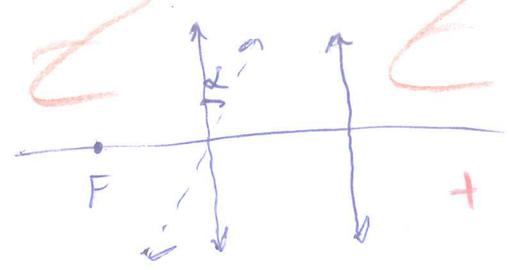
$$\frac{l\varepsilon_0 \Delta\dot{x} U_0^2}{2d\varepsilon} + m\Delta\dot{x}\Delta\ddot{x} = 0 \quad |:\Delta\dot{x}$$

$$m\Delta\ddot{x} = -\frac{l\varepsilon_0 U_0^2}{2d\varepsilon} \Rightarrow \Delta\ddot{x} = -\frac{l\varepsilon_0 U_0^2}{2d\varepsilon m}$$

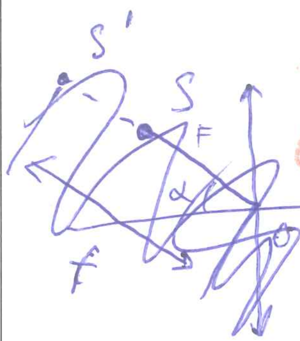
ЧИСТОВИК

53-55-09-15 (1.10)

№4.10-7 ЧИСТОВИК

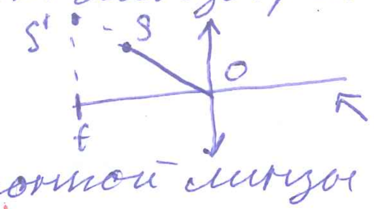


Рассмотрим изображение тог. источника, которое даёт первая линза после поворота +



т. S находится на расстоянии F от оптического центра линзы а прямая SO составляет с оптической осью угол α, тогда расстояние на котором источник находится от линзы равно

$d = F\cos\alpha$ +



Воспользуемся формулой тонкой линзы +

$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF} \Rightarrow$

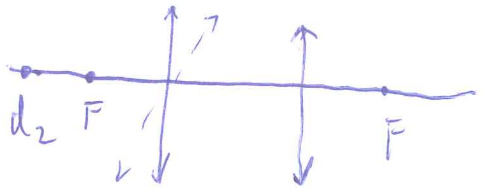
$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{F^2\cos\alpha}{F(\cos\alpha-1)}$ + $= F\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha-1} < 0$, значит

изображение будет мнимым, ~~а~~ а также будет находиться на той же прямой SO, значит расстояние от S' ~~до~~ изображения источника до ~~т. О равно~~ оптического центра равно +

$d_2 = \frac{|f|}{\cos\alpha} = \frac{F}{1-\cos\alpha}$ +

Теперь рассмотрим дальнейший ход лучей На вторую линзу показают лучи от изображения S'

Значит дальнейшее изображение S'' будет изображением точки S', которая находится на оптической оси на расстоянии d_2+F + от второй линзы



Воспользуемся формулой тонкой линзы +

$$\frac{1}{d_2+F}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{F}$$, f_2 расстояние от S'' до второй линзы

$$\frac{1}{f_2}=\frac{d_2+F-F}{F(d_2+F)}$$

$$f_2=\frac{F(d_2+F)}{d_2}=\frac{\cancel{F}\cdot F\left(\frac{1}{1-\cos\alpha}+1\right)}{\cancel{F}\cdot\frac{1}{1-\cos\alpha}}=$$

$$F(1+1-\cos\alpha)=F\cdot(2-\cos\alpha)$$ +

Расстояние же между источником S до его изображения в системе линз S'' равно

$$X=f_2+F+F=F(4-\cos\alpha)=$$ +

$$F\left(4-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)=F\,\frac{8-\sqrt{3}}{2}=F\cdot\frac{8-1{,}73}{2}=F\cdot\frac{6{,}27}{2}=$$

$F\cdot 3{,}135=7{,}5\cdot 3{,}135$ см $\approx 23{,}5$ см +

Все верно!!!

20б 5п баллистический

ЧИСТОВИК

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

ЧИСТОВИК

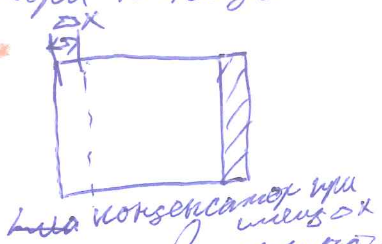
N 5.2.1

При выдвинутой ~~конце~~ пластине, можно представить конденсатор как два конденсатора, соединённых параллельно: один воздушный, другой с диэлектриком, тогда их электроёмкости равны соответственно

$$C_1=\frac{l\Delta x\varepsilon_0}{d}$$ где Δx ~~ширина~~ длина воздушного зазора м/у пластинами

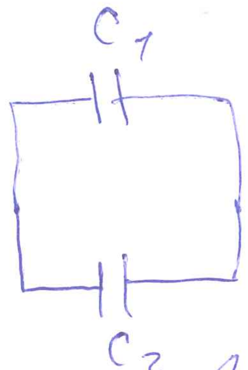
$$C_2=\frac{l(l-\Delta x)\varepsilon\varepsilon_0}{d}$$ +

Изначально на обкладках конденсатора находится заряд $q_0=\frac{l^2\varepsilon_0}{d}\cdot U_0$ +



по закону сохранения заряда

$q_1+q_2=q_0$, q_1 и q_2 - заряды на обкладках воздушного и конденсатора с диэлектриком



также, т.к. конденсаторы соединены параллельно значит, напряжения на них равны $\Rightarrow$

$$\frac{q_1}{C_1}=\frac{q_2}{C_2}\Rightarrow q_1=q_2\frac{C_1}{C_2}$$

Подставим в формулу зак. сохр. заряда

$$q_2+q_2\frac{C_1}{C_2}=q_0\Rightarrow q_2=q_0\frac{C_2}{C_1+C_2}=$$

$$q_0\cdot\frac{l(l-\Delta x)\varepsilon\varepsilon_0}{l\Delta x\varepsilon_0+l(l-\Delta x)\varepsilon\varepsilon_0}=q_0\frac{(l-\Delta x)\varepsilon}{\Delta x+(l-\Delta x)\varepsilon}=$$

Слишком грубое приближение

$$q_0\cdot\frac{1}{\frac{\Delta x}{(l-\Delta x)\varepsilon}+1}$$ при малых Δx, $\frac{\Delta x}{(l-\Delta x)\varepsilon}$ также мал $\Rightarrow$

$$\frac{1}{\frac{\Delta x}{(l-\Delta x)\varepsilon}+1}=1$$

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

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

$$U_2=\frac{q_2}{C_2}=\frac{l^{\cancel{2}}\varepsilon_0 U_0}{\cancel{d}\cdot\cancel{l}(l-\Delta x)\varepsilon_0}\cancel{d}=U_0\frac{l}{l-\Delta x}-U_0$$

$$\frac{U_0^2 l^2}{2(l-\Delta x)^2}\cdot\frac{l(l-\cancel{\Delta x})\varepsilon_0}{d}=$$

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

$$\frac{U_0^2 l^2\varepsilon_0}{2\cancel{l}d}+\cancel{\frac{mv^2}{2}=\frac{U_0 l^3\varepsilon_0}{2}}$$

$$\frac{U_0\frac{5}{4}\varepsilon_0}{2}=$$

$$\frac{mv^2}{2}+\frac{U_0^2 l^2\varepsilon_0}{2(l-\Delta x)d}=\frac{U_0^2 l^2\varepsilon_0}{2ld}$$

$$U_0\ \frac{1}{l-\Delta x}-\frac{1}{l}=\frac{l-l+\Delta x}{(l-\Delta x)l}=\frac{\Delta x}{(l-\Delta x)l}=$$

$$\frac{v(l-\Delta x)\cancel{l}+v\cancel{l}\Delta x}{(l-\Delta x)^2 l^2}=\frac{U_0 l\varepsilon_0}{2d}\left(1-\frac{\Delta x}{l}\right)^{-1}\cancel{(1-\Delta x)}$$

$$\frac{q}{l-\Delta x}-\frac{q}{l}=q\left(\frac{l-l+\Delta x}{l-\Delta x}\right)=\frac{q\Delta x}{l-\Delta x}=$$

$$\frac{q\left[v(l-\Delta x)+\cancel{l}v\Delta x\right]}{(l-\Delta x)^2}\quad\frac{q\,|\Delta x|}{l-|\Delta x|}$$

$$\frac{1}{\frac{l}{\Delta x}-1}=\frac{1}{1-\frac{l}{\Delta x}}\approx 0$$

при $\Delta x>0$

$qv\,l-\Delta x$

$$\frac{U_0^2}{2}\ \frac{l(l-\Delta x)\varepsilon_0}{d}\quad\frac{2\cancel{l}d}{2l\cancel{d}\cancel{\Delta x}d}\quad\frac{l}{l-\Delta x}$$

53-55-09-15 (1.10)

ЧИСТОВИК

$$\Delta m=\frac{m_a r_n}{\lambda_k}=\frac{6{,}11\cdot 18}{8{,}3\cdot 31}\cdot\frac{2{,}3\cdot 10^6}{3{,}3\cdot 10^5}\text{ кг}=$$

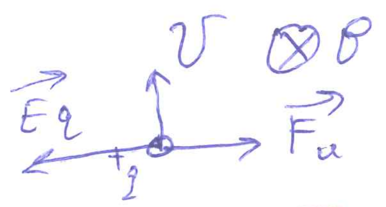
$$\frac{6{,}11\cdot\cancel{18}^{\,6}\cdot 23}{8{,}3\cdot 31\cdot\cancel{3{,}3}_{1{,}1}}\text{ кг}\approx 10\text{ кг}$$

Ответ: $\Delta m=10$ кг ?

N ~~4.10.1~~ 3.3.7

Вз установившемся режиме заряды в проводящей жидкости текут вместе, значит на них действует сила Лоренца, а т.к. а частицы нет ускорения, значит её уравновешива~~ют~~ет сила кулоновского взаимодействия со стороны зарядов на пластине.

Можно считать электрическое поле между пластинами однородным.



по I зак. Ньютона

$F_л=Eq$, E - напряжённость электрического поля м/у пластинами

$qvB=Eq\Rightarrow$

$E=vB$

$F_л$ - сила Лоренца

Электрическое поле создаёт м/у пластинами напряжение $U=Ed=Bvd$

Пластины имеют сопротивление r

тогда ток I ~~по цеп.~~ текущий по резистору равен по закону Ома

$$I=\frac{U}{R+r},$$ а мощность выделяющаяся на резисторе равна $$P=I^2R=\frac{U^2R}{(R+r)^2}$$ +

Найдём при каком значении r мощность, выделяющаяся на резисторе будет максимальной.

Возьмём производную P от R, в т. максимума она равняется 0

$$P'(R) = \cancel{U^2(R+r)^2 \cdot 2\, U^2 (R+r)\cdot 2\cdot R / (R+r)^2}\; U^2\frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^4}$$

Решим уравнение

$$P'(R) = 0 = \cancel{U^2\frac{(R+r)R\cdot 2}{(R+r)^2}}\; U^2\frac{(R+r)^2-2R(R+r)}{(R+r)^4} \Rightarrow$$

$$(R+r)^2 - 2R(R+r) = 0$$

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

$$(R+r)(r-R) = 0 \Rightarrow$$

$\left[\begin{array}{l} R = -r, \text{ не подходит т.к. } R>0,\ r>0 \\ R = r \end{array}\right.$ +

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

$$d^2 = \frac{P_m 4R}{B^2v^2} \Rightarrow d = \frac{2}{Bv}\sqrt{P_mR} =$$

$$\frac{2}{1\cdot 0{,}1}\sqrt{10^{-3}\cdot 0{,}4}\ \text{м} = 20\cdot 2\cdot 10^{-2}\ \text{м} = 40\ \text{см}$$

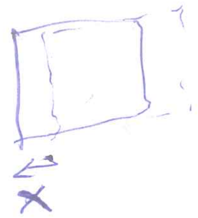
Ответ: $d = 40$ см +

ЧИСТОВИК

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

ЧЕРНОВИК

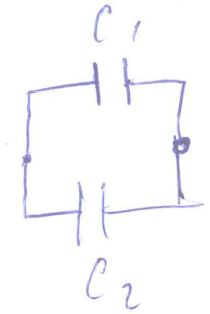
$\frac{q}{\varepsilon S\varepsilon_0} = \cancel{U = d}\frac{U}{d}$



$q_0 = CU_0$

$\frac{q}{U} = \frac{\varepsilon S\varepsilon_0}{d} = C$

$\frac{1}{2}\left(\frac{x}{l}\right)^2$



$C_1 = \frac{lx\varepsilon_0}{d}$

$C_2 = \frac{l(l-x)\varepsilon\varepsilon_0}{d}$

$1+\frac{x}{l}$ –

$q_1+q_2=q_0$

$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow$

$U = U_0\frac{l}{(l-x)\varepsilon}$

$q_1 = q_2\frac{C_1}{C_2}$

$\frac{1}{1+\frac{x}{(l-x)\varepsilon}} = q_0$

$q_2\frac{C_1+C_2}{C_2} = q_0$

$\frac{1}{l-x} =$

$q_2 = q_0\frac{C_2}{C_1+C_2} = \frac{(l-x)\varepsilon}{(l-x)\varepsilon+x} = \cancel{(l-x)\varepsilon}$

$\frac{1}{l}\left(1-\frac{x}{l}\right)^{-1}$

$q_1 = q_0\frac{C_1}{C_1+C_2} = \frac{x}{(l-x)\varepsilon+x} =$

$q_1+q_2=q_0 \Rightarrow q_1 = q_0 - q_2 = 0$

$W = \frac{q_0^2}{2C_2} = \frac{\frac{l^3\varepsilon_0^2}{d^2}\cdot U_0^2}{2\cdot\frac{l(l-x)\varepsilon\varepsilon_0}{d}} =$

$\frac{l^3\varepsilon_0U_0^2}{2d(l-x)\varepsilon} + \frac{m\dot x^2}{2} = const$

$\frac{l^3\varepsilon_0U_0^2}{2d(l-\cancel{x})\varepsilon_0} =$

$-\frac{l^3\varepsilon_0U_0^2}{2d\varepsilon}\cdot\frac{-\dot x}{(l-x)^2} + m\dot x\ddot x = 0$

$l^2\varepsilon_0$

$\frac{dq_0}{l((l-x)\varepsilon+x)\varepsilon_0\varepsilon} +$

$m\ddot x = -l\varepsilon_0$

$\frac{dq_0}{l((l-x)\varepsilon+x)\varepsilon_0} = \frac{dq_0(1+\varepsilon)}{l\varepsilon_0\varepsilon((l-x)\varepsilon+x)}$

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

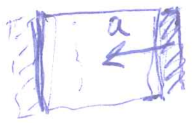
53-55-09-15 (1.10)

Чистовик продолжение решения № 5.2.7

Значит пластина двигается с ускорением

$a = \frac{e\varepsilon_0 U_0^2}{2d\varepsilon m}$ направленным против смещения, из-за происходит периодичное движение с амплитудой x.

За ~~половину~~ четверть периода пластина проходит от ~~одного~~ крайнего положения ~~и другого то есть~~ к положению равновесия, то есть расстояние x +



Значит по формуле равноускоренного движения

$x = a\left(\frac{T}{4}\right)^2 \frac{1}{2} \Rightarrow$

$\left(\frac{T}{4}\right)^2 = \frac{2x}{a}$ +

$\frac{T}{4} = \sqrt{\frac{2x}{a}}$

$T = 4\sqrt{\frac{2x}{a}} = 4\sqrt{\frac{4xd\varepsilon m}{e\varepsilon_0 U_0^2}} = \frac{8}{U_0}\sqrt{\frac{xd\varepsilon m}{e\varepsilon_0}} =$

$\sqrt{\frac{10^{-4}\cdot 10^{-3}\, 4\cdot 10^{-2}}{2\cdot 10^{-7}\cdot 9\cdot 10^{-12}}}\,\frac{8}{100}\,c = \sqrt{\frac{4\cdot 10^{2}}{2\cdot 9}}\,\frac{8}{100}\,c =$

$\frac{\sqrt{2}\cdot 10\cdot 8}{3\cdot 100}\,c = \frac{4\sqrt{2}}{15}\,c = \frac{4}{15}\sqrt{2}\,c \approx \frac{4\cdot 1{,}4}{15}\,c =$

$\frac{5{,}6}{15} \approx 0{,}37\,c$

Ответ: $T = 0{,}37\,c$ —

$$\frac{l^2 \varepsilon_0 U_0^2}{2d\varepsilon} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$$

$$m\delta a = 0$$

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

$$\frac{l \varepsilon_0 U_0^2 \delta}{2\varepsilon d} \mp m\delta a = 0$$

$$a\frac{T^2}{4} \cdot \frac{l}{2} = x$$

$$a = -\frac{l \varepsilon_0 U_0^2}{2\varepsilon d m}$$

$$T^2 = \frac{8x}{al}$$

ЧЕРНОВИК