0 866991 320004

86-69-91-32
(3.15)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист Г. [illegible] –
+ 1 лист [illegible]

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

~~[illegible]~~ Глухова Дмитрия Олеговича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«13» февраля 2026 года

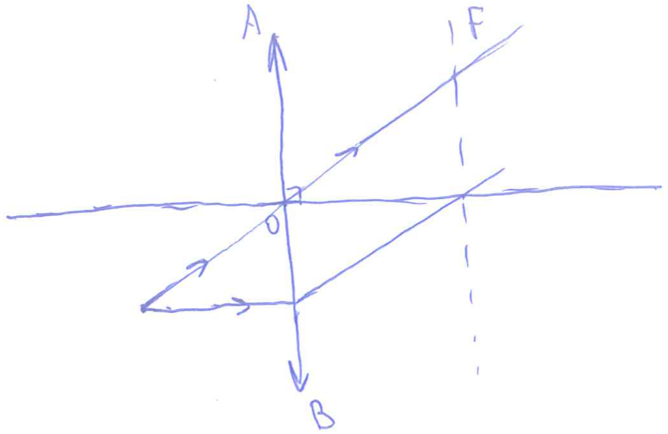
Подпись участника

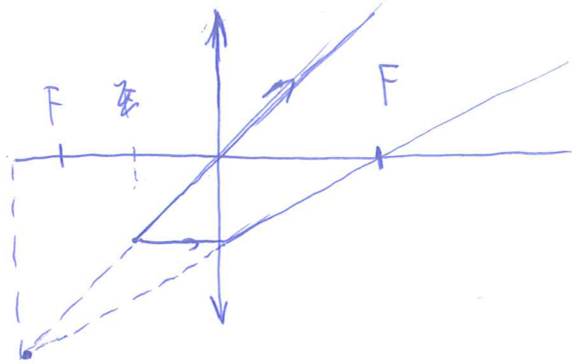
[illegible]

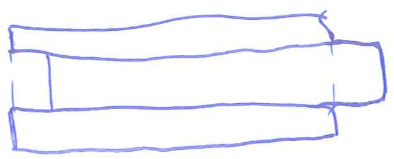
Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик







$$\begin{array}{r|l} 26 & 3 \\ -24 & 8,66 \\ 20 & \\ -18 & \\ 20 & \end{array}$$

№5

~~$W_0 = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$~~

~~$W_0 = C \; q^2$~~

$$W_0 = \frac{q^2}{2C}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}$$

$$U = \frac{q d}{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}{d}$$

86-69-91-32 (3.15)

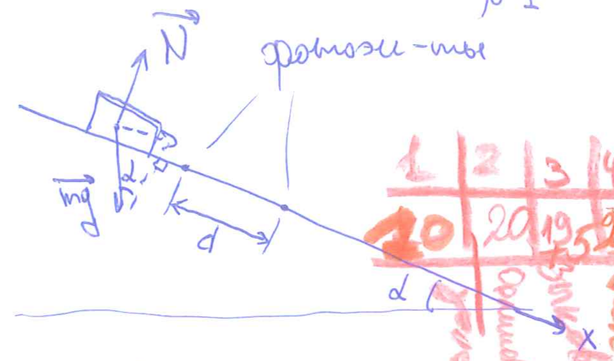
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№1

Чистовик

1	2	3	4	5	Σ
10	20	19,5	[illegible]	16	85

Восемьдесят пять



$\tau = 0,51$ с

$\tau_1 = 2$ с

$\tau_2 = 1$ с

$l = ?$ – длина бруска

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

Пусть d – расстояние м/у фотоэлементами.

t_0 – момент, когда брусок начинает перекрывать 1-ый фотоэлемент, v_0 – скорость в момент t_0.

На брусок на гладкой пов-сти действуют только силы $\vec{mg}$ и $\vec{N}$. Ускорение бруска постоянно и равно $g \sin\alpha$, а направлено по оси X ~~направлению движения~~, т.к.

II з-н Ньютона в проекции на OX:

$$mg \sin\alpha = ma$$

$$a = g\sin\alpha$$

Запишем уравнения движения на ось x:

$$v_0\tau + \frac{g\sin\alpha \cdot \tau^2}{2} = d$$ – сдвиг от 1 эл-та до второго

$$v_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha \cdot \tau_1^2}{2} = l$$ – полный проезд 1 эл-та

К началу перекрытия второго эл-та брусок имел скорость $v_0 + g\sin\alpha \cdot \tau = v_1$

(продолж. на след. стр.)

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

Чистовик

$\cancel{V_1 t}$ $V_1\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = l$ - полный проезд 2 эл-та

Перепишем сис-му уравнений:

$V_0\tau + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau^2}{2} = d$ - отбросим это ур-ние

$V_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1^2}{2} = l$ (1)

$V_1 = V_0 + g\sin\alpha\cdot\tau$ (2)

$V_1\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = l$ (3)

(2) → (3):

$(V_0 + g\sin\alpha\cdot\tau)\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = l$ (4)

(1) − (4):

$V_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1^2}{2} - V_0\tau_2 - g\sin\alpha\cdot\tau\cdot\tau_2 - \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = 0$

$V_0(\tau_1-\tau_2) = g\sin\alpha\left(\frac{\tau_2^2}{2} + \tau\cdot\tau_2 - \frac{\tau_1^2}{2}\right)$

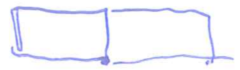
$V_0 = \frac{g\sin\alpha\left(\frac{\tau_2^2}{2} + \tau\cdot\tau_2 - \frac{\tau_1^2}{2}\right)}{\tau_1-\tau_2}$ → (1):

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

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

(прод. на след. стр.)

Черновик



№2

83×33: 249, 249, 2739

2739

913

$3612{,}3 \times 23$: 108369, 72246, 830829

$\frac{2739\cdot 91}{23\cdot 18} = \frac{913\cdot 91}{23\cdot 6}$

913×91: 913, 8217, 83083

$83083 : 23 = 3612{,}304\ldots$

69, 140, 138, 28, 23, 53, 46, 70, 69, 100

$3612{,}3 : 6 = 602{,}05$

36, 12, 12, 30, 30, 0

Чистовик

Линза повернулась на угол α, $\Rightarrow$ угол $F_1OB = 90° - \alpha \Rightarrow \angle OF_1B = \alpha$.

Найдём нынешнее расстояние от источника до линзы d:

$d = F \cdot \cos\alpha$, при этом параметр F линзы сохранился

Запишем уравнение тонкой линзы:

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

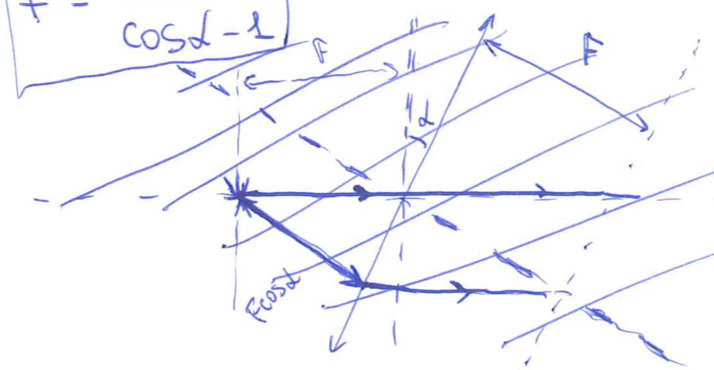
f – расстояние от линзы до изображ.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F\cdot\cos\alpha} + \frac{1}{f}$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F}\left(1 - \frac{1}{\cos\alpha}\right) = \frac{1}{F}\left(\frac{\cos\alpha - 1}{\cos\alpha}\right) = \frac{\cos\alpha - 1}{F\cos\alpha}$$

$$\boxed{f = \frac{F\cos\alpha}{\cos\alpha - 1}}$$



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

86-69-91-32
(3.15)

Чистовик

~~= 10 см~~ Единицы измерения дальше опросим, очевидно, что данные в системе СИ и ответ будет в метрах.

$$= 10 \cdot \frac{1}{2}\left(\frac{\frac{1^2}{2} + 0,51\cdot 1 - \frac{2^2}{2}}{\cancel{t_1 - \tau_1}\ 2 - 1}\cdot \cancel{1} \cdot 2 + \frac{2^2}{2}\right) =$$

$$= 10\cdot\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{-0,99}{1}\cdot 2 + 2\right) = 10\cdot\frac{1}{2}\cdot 2\cdot 0,01 =$$

$$= 0,1\ м = 10\ см$$

Ответ правильный
Ход решения корректный

При этом ясно, что скорость V_0 была направлена вверх по склону.

Ответ: 10 см

(продолж. на след. стр.) №2

Δm воды кристаллизовалось, при этом выделилась теплота $Q_к = \Delta m \cdot \lambda_к$. Эта теплота не могла пойти ~~на~~ в окружающую среду, т.к. температура воды со льдом равна температуре в помещении. Она не могла пойти также и на нагрев воды,

$R = 8,3\ \frac{Дж}{моль\cdot К}$

$V = 30\ м^2$

$T = 273\ К$

$\Delta m = 1\ кг$ – рост массы льда

$p_{нас} = ?$ при $t = 0°C$

$\lambda_к = 3,33\cdot 10^5\ \frac{Дж}{кг}$

$r_п = 2,3\cdot 10^6\ \frac{Дж}{кг}$

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

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

т.к. пока в сосуде вода и лёд, ~~Черновик~~ Чистовик

температура внутри постоянна.

Значит, эта теплота пошла на испарение воды, причём (здесь берём модули теплот)

$Q_к = Q_п$

$Q_п = \Delta m_1 \cdot r_п$ Δm_1 - кол-во испарённой воды

$\Delta m_1 \cdot r_п = \Delta m \cdot \lambda_к \Rightarrow \Delta m_1 = \frac{\Delta m \cdot \lambda_к}{r_п}$

Рассчитаем давление этого водяного пара:

$p_{нас} \cdot V = \frac{\Delta m_1}{\mu} RT$ (ур-ние Менделеева Клапейрона для пара)

$p_{нас} = \frac{\Delta m_1 RT}{\mu V} = \frac{\Delta m \cdot \lambda_к \cdot R \cdot T}{r_п \cdot \mu \cdot V} =$

$= \frac{1 кг \cdot 3,3 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг} \cdot 8,3 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 273 К}{2,3 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль} \cdot 30 м^3} =$

$= \frac{1 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \cdot 8,3 \cdot 273}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 30}$ ~~Па~~ $\frac{Дж}{м^3} =$

$= \frac{3,3 \cdot 8,3 \cdot 273}{2,3 \cdot 18 \cdot 30} \cdot 10^2$ Па $= \frac{33 \cdot 83 \cdot \cancel{273}^{91}}{23 \cdot 18 \cdot \cancel{3}}$ Па $\approx$

$\approx \frac{3612,3}{6}$ Па $\approx 602,05$ Па ~~≈ 600 Па~~ ≈ 602 Па

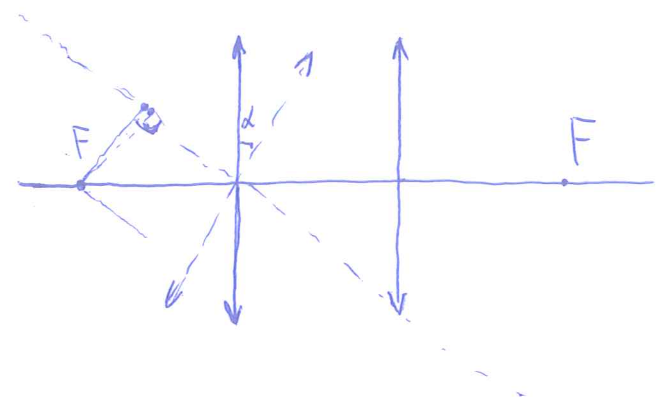
Ответ: 602 Па

В этой задаче учитывалось, что температура в комнате не менялась

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

№4

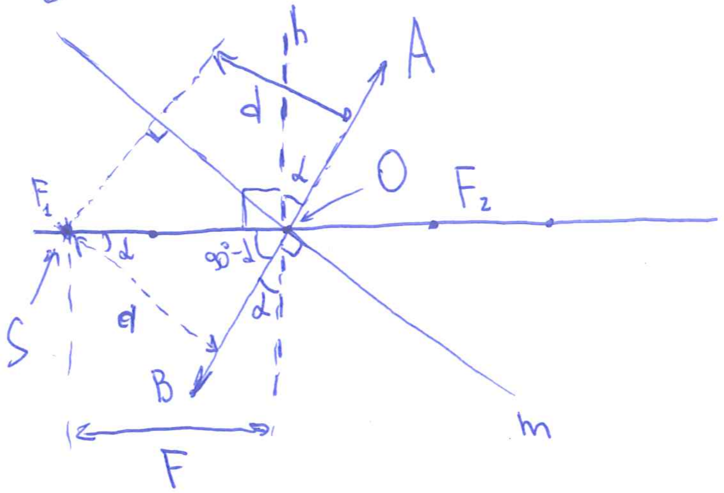


$F = 7,5$ см

$x = 23,5$ см

$\alpha = ?$

Отдельно рассмотрим изображение, кот. получилось ~~изображение~~ в первой линзе от источника.



~~Черновик~~ S-источник

F_1F_2 - ~~прежняя~~ ГОО линзы (до ~~переворота~~ поворота).

h - прямая, ей перпендикулярная, то есть старое положение линзы.

m - новая ГОО.

O - центр линзы

AB - линза

(продолж. на след. стр.)

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

Чистовик

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

$r + R - 2R = 0$

$r = R$ ч.т.д.

Вернёмся к задаче:

$r = R$

$\mathcal{E} = I(r+R) = I \cdot 2R$

Также $\mathcal{E} = vBd$

$vBd = I \cdot 2R$

$v = \frac{2IR}{Bd}$

мощность $P_m = I^2 \cdot R \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P_m}{R}}$

$v = \frac{2\sqrt{\frac{P_m}{R}} \cdot R}{Bd} = \frac{2\sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3} Вт}{0,4 Ом}} \cdot 0,4 Ом}{1 Тл \cdot 0,4 м} =$

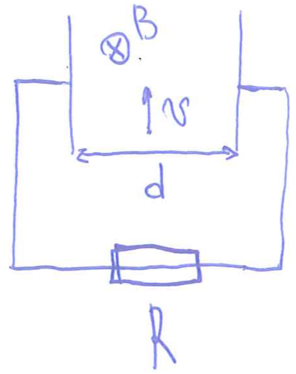
ошибка в вычислении

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

Ответ: $10 \frac{см}{с}$

86-69-91-32 (3.15)

№3 Чистовик



$R = 0,4$ Ом

$d = 40$ см

$v = ?$

$B = 1$ Тл

$P_m = 1$ мВт

На проводящую жидкость действует магнитное поле $\vec{B}$, создавая силу Лоренца, которая по правилу левой руки будет действовать перпендикулярно плоскости пластин влево в плоскости рисунка для положительных зарядов в жидкости. Эта сила Лоренца будет создавать электрический ток между пластинами, который будет равен току во внешней цепи. Таким образом конденсатор с жидкостью и магнитным полем станет источником тока с напряжением между пластинами $\mathcal{E}$ и внутренним сопротивлением r. (продолж. на след. стр.)

Чистовик

Рассчитаем $\mathcal{E}$:

$$F = q \cdot v \cdot B$$

$$E = \frac{F}{q} = vB$$

$$\mathcal{E} = E \cdot d = vBd$$

Запишем закон Ома для полной цепи

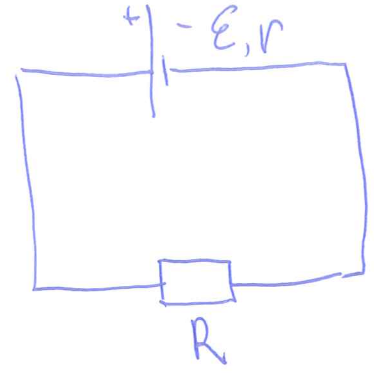
$$\mathcal{E} = I(r+R)$$

Но мы не знаем сопротивление r. Найдём его.

В условии сказано, что на резисторе R выделяется максимальная возможная при данных условиях мощность. Известный факт, что на нагрузке выделяется максимальная мощность тогда, когда её сопротивление равно внутреннему сопротивлению источника. Докажем это, выразив мощность через сопротивления и ЭДС:

(продолж. на след. стр.)

Чистовик



$P = I^2 R$ (это справедливо, т.к. закон Ома здесь работает)

$I = \frac{\mathcal{E}}{(r+R)}$ - з-н Ома для полной цепи.

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

Из этой формулы видно, что как при ~~бесконечном~~ неограниченном увеличении, так и при неограниченном уменьшении R мощность будет мала $\Rightarrow$ есть значение R, при котором мощность максимальна. Найдём максимум, продифференцировав ф-цию $P(R)$ по R

по ф-ле производной частного

$$\frac{dP(R)}{dR} = \mathcal{E}^2 \cdot \left(\frac{R}{(r+R)^2}\right)' = \mathcal{E}^2 \cdot \frac{R'(r+R)^2 - ((r+R)^2)' \cdot R}{(r+R)^4} =$$

$$= \mathcal{E}^2 \cdot \frac{(r+R)^2 - 2(r+R) \cdot 1 \cdot R}{(r+R)^4} = 0$$ в точке максимума

$\cancel{(r+R)^2 - 2(r+R) \cdot R}$

(продолж. на след. стр.)

Чистовик

$\cancel{8F + x\cos\alpha - x = 2x - x\cos\alpha + 5F\cos\alpha}$

$\cancel{8F + 2x\cos\alpha - 3x = 5F\cos\alpha}$

$\cancel{8F - 3x = (5F - 2x)\cos\alpha}$

$\cancel{\cos\alpha = \frac{8F-3x}{5F-2x} = \frac{8\cdot 7,5\text{ см} - 3\cdot 23,5\text{ см}}{5\cdot 7,5\text{ см} - 2\cdot 23,5\text{ см}} =}$

$\cancel{= \frac{60\text{ см} - 70,5\text{ см}}{37,5\text{ см} - 47\text{ см}} = \frac{70,5-60}{47-37,5} = \frac{11,5}{9,5}}$

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

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

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

$$2x - x\cos\alpha - 4F + 2F\cos\alpha = x - x\cos\alpha - 2F + 2F\cos\alpha + 2F - F\cos\alpha$$

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

$$\cos\alpha = \frac{4F - x}{F} = \frac{7,5\cdot 4 - 23,5}{7,5} = \frac{6,5}{7,5} = \frac{13}{15}$$

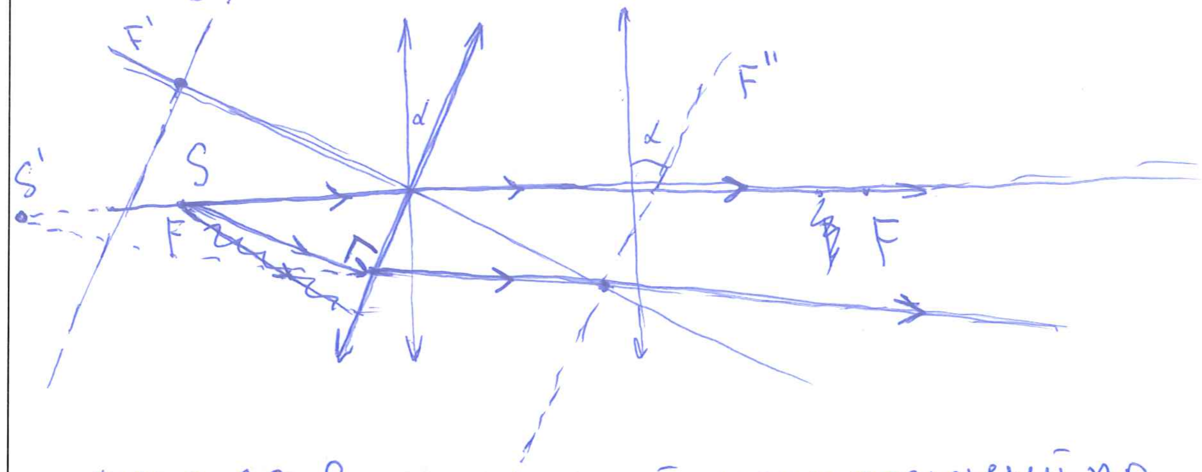
$$\alpha = \arccos\frac{13}{15} = \arccos\frac{13\cdot\frac{2}{3}}{10} = \arccos 0,8666\ldots$$

20б

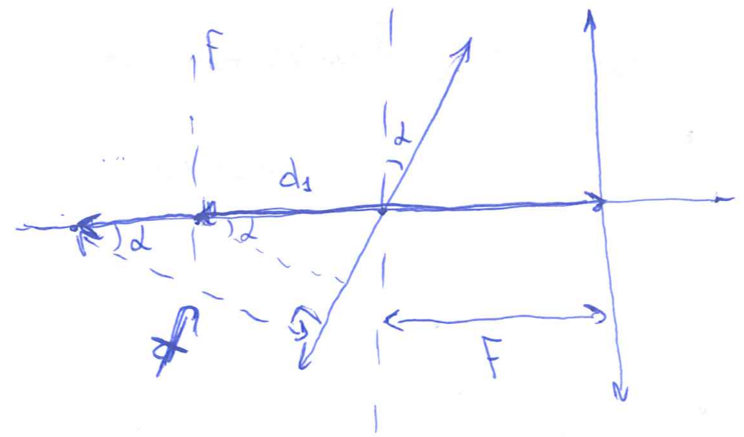
86-69-91-32
(3.15)

Чистовик

f получилось отрицательным ⇒ ~~Изо~~ изображение будет находиться по ту же сторону линзы, что и предмет (источник)



~~Нарисую~~ Вот ход лучей, построенный по правилам геом. оптики. Сходятся не лучи, а их продолжения за линзой. ⇒ изображение (S') после первой линзы окажется всё также на ГОО второй линзы, на расстоянии ~~d₁~~ d_1 от второй линзы



~~здесь берём~~

~~Из рисунка~~

$\cancel{d_1 = \frac{f}{\cos\alpha} + F = \frac{F\cos\alpha}{(\cos\alpha-1)\cos\alpha} + F = F\left(\frac{1}{(\cos\alpha-1)}\right)}$

(продолж. на след. стр.)

Чистовик

Посчитаем d_1, взяв модуль f.

Из рисунка:

$$d_1 = \frac{f}{\cos\alpha} + F = \frac{F\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)\cos\alpha} + F =$$

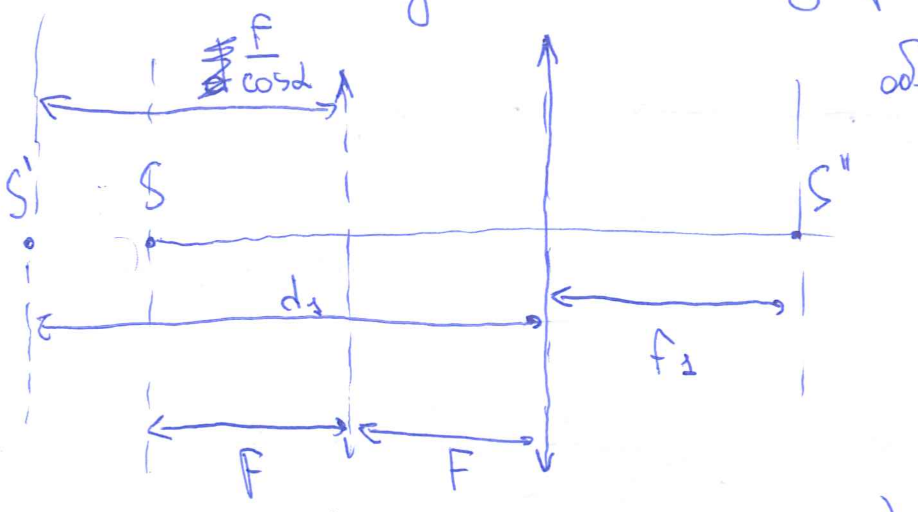
$$= F\left(\frac{1}{1-\cos\alpha} + 1\right) = F\left(\frac{1+1-\cos\alpha}{1-\cos\alpha}\right) =$$

$$= F\cdot\left(\frac{2-\cos\alpha}{1-\cos\alpha}\right)$$

Теперь запишем уравнение тонкой линзы для второй линзы ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~. Так мы найдём изображение, полученное всей опт. сис-мой

$$\frac{1}{F} = +\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$$

При этом известно, ~~что~~ расстояние от источника до конечного изображения, оно обозначено SS''



(продолж. на след. стр.)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$$x = 2F + f_1$$

Решим систему

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} & (1) \\ x = 2F + f_1 & (2) \end{cases}$$

$$(3)\quad d_1 = F\cdot\left(\frac{2-\cos\alpha}{1-\cos\alpha}\right)$$

$$f_1 = x - 2F$$

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

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

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

$$F(2-\cos\alpha) - (1-\cos\alpha)(x-2F) = (x-2F)(2-\cos\alpha)$$

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

$$2F - F\cos\alpha + x\cos\alpha - x - 2F\cos\alpha + 2F = 2x - x\cos\alpha - 4F + 2F\cos\alpha$$

$$8F - F\cos\alpha + x\cos\alpha - x - 2F\cos\alpha = 2x - x\cos\alpha + 2F\cos\alpha$$

(продолж. на след. стр.)

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

Чистовик

Система будет стремиться к мин. энергии $\Rightarrow$ пластина будет двигаться в сторону обратную смещению, что и вызовет колебания.

$x \ll l \Rightarrow$ предположим, что они гармонические.

Также природа силы, действ. на пластину очевидно ЭМ.

Уравнение колебаний:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

Причём $T = \frac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$

Мы можем найти знач T

В нулевой момент времени

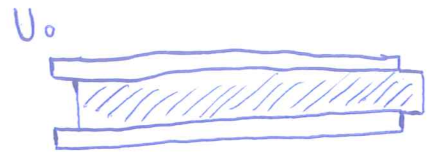
$x = x_0$ – смещение изначальное

$$\ddot{x} = a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x$$

86-69-91-32 (3.15)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№ 5 Чистовик



$l_1 = ?$

$U_0 = 100$ В

$d = 1$ мм

$m = 10$ г

$x_0 = 0{,}1$ мм

$x_0 \ll d \ll l$

$T = 4{,}35$ с

$\varepsilon = 4$

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

При малых x:

$\frac{1}{1+x} \approx 1$

Сначала необходимо понять, почему будут возникать колебания.

Для этого посчитаем энергию конденсатора:

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

Конденсатор отсоединён от источника $\Rightarrow$ заряд будет постоянным.

Теперь посчитаем ёмкость до выдвигания пластины:

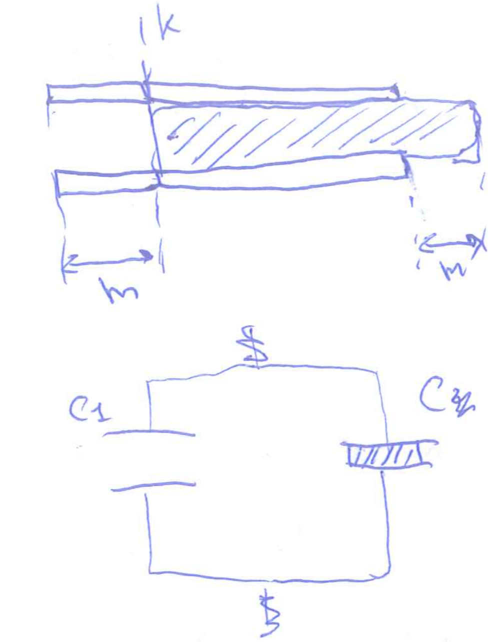
$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l^2}{d}$$

(продолж. на след. стр.)

Теперь при выдвижении пластины на расстояние x. Представим конденсатор как два параллельно соед. конденсатора, разбитых по линии k

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

Чистовик



У „конденсатора", из которого выдвинута пластина, ёмкость

$$\cancel{C_1 = \frac{\varepsilon_0 l^2}{\xi \cdot \left(\frac{m}{l}\right) \cdot d} = \frac{\varepsilon_0 l^3}{m \xi d} = \frac{1}{m} \cdot \frac{\varepsilon_0 l^3}{\xi d}}$$

~~У второго~~

$$\cancel{C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^2}{\xi\left(1-\left(\frac{m}{l}\right)\right) d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^2}{\xi\left(\frac{l-m}{l}\right) d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^3}{\xi (l-m) d} = \frac{\varepsilon}{(l-m)} \cdot \frac{\varepsilon_0}{\xi d}}$$

~~Их общая ёмкость~~

$$\cancel{C' = C_1 + C_2 = \left(\frac{1}{m} + \frac{\varepsilon}{(l-m)}\right) \cdot \frac{\varepsilon_0}{\xi d}}$$

прод. на след. стр.

Чистовик

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 l^2 \left(\frac{m}{l}\right)}{d} = \frac{\varepsilon_0 l m}{d}$$

У второго

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^2 \left(1 - \frac{m}{l}\right)}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{l-m}{l}\right) l^2}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon (l-m) l}{d}$$

Их общая ёмкость

$$C' = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left(m + (l-m)\varepsilon\right),$$

что очевидно меньше ёмкости

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l^2}{d}, \text{ т.к. } \varepsilon > 1$$

Итак, ~~энергия~~ $C' < C \Rightarrow$

$W' = \frac{q^2}{2C'}$ больше, чем энергия

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

прод. на след. стр.

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