0 570174 320001

57-01-74-32
(4.19)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Андросова Ильи Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

вышел: 16:55
вернулся: 16:57

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

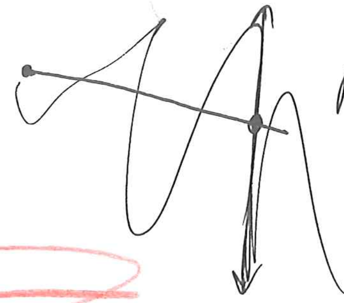
$\Delta m = \frac{\frac{8}{10}\cdot 100^2\cdot 2300}{80\cdot 2{,}3\cdot 10^6} = \frac{8\cdot\frac{10000}{10}\cdot 2{,}3\cdot 1000}{8\cdot 10\cdot 2{,}3\cdot 10^6} = 0{,}1$ кг $= 100$ г

$\Delta p = \frac{\frac{100}{18}\cdot 8{,}3\cdot 300}{50} = \frac{8{,}3\cdot 300}{9} = \frac{8{,}3\cdot 100}{3} \approx \frac{830}{3}$ Па $= 276{,}7 = 277$ Па. Возгонится, ибо 277 Па $< (1-\varphi_0)\cdot p_{нас}$, $(1-\varphi_0)\cdot p_{нас} > 1000$ Па.

$0{,}415\cdot 2000 = 415\cdot 2 = 830$ Па, $\frac{\frac{100}{18}\cdot 8{,}3\cdot 300}{50} = \frac{830}{3} \Rightarrow p = \frac{4}{3}\cdot 830$ Па

$\frac{18\cdot\frac{4}{3}\cdot 830}{8{,}3\cdot 300}\ \frac{г}{м^3} = \frac{6\cdot 4\cdot 8{,}3\cdot 100}{8{,}3\cdot 3\cdot 100} = 8\ \frac{г}{м^3}$

$\frac{0{,}415\cdot 18\cdot 2000}{8{,}3\cdot 300}\ \frac{г}{м^3} + \frac{100\ г}{50\ м^3} = \frac{8{,}3\cdot 100\cdot 6}{8{,}3\cdot 100}\ \frac{г}{м^3} + 2\ \frac{г}{м^3} = 8\ \frac{г}{м^3}$

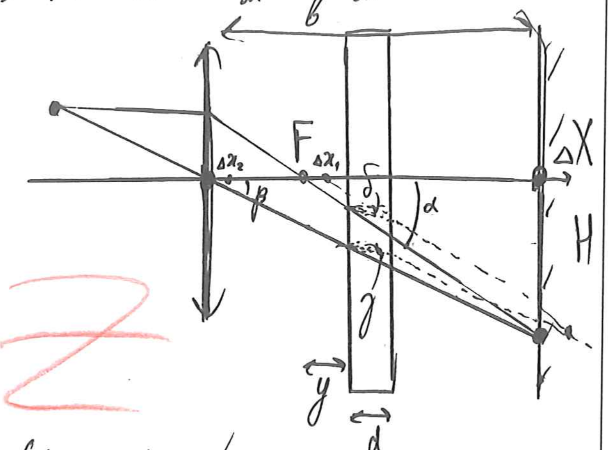


$\beta = \frac{H}{b}$

$\alpha = \frac{H}{b-F}$

$\alpha = n\delta$

$\beta = n\gamma$



$d\delta = (y+d-\Delta x_1)\alpha \Rightarrow d\cdot\delta = (d-\Delta x_1)\cdot n\delta \Rightarrow \Delta x_1 = d\left(1-\frac{1}{n}\right) = 3$ см $\left(1-\frac{2}{3}\right) = 1$ см, $\Delta x_2 = 1$ см.

$(b+\Delta X-\Delta x_2)\beta = (b-F+\Delta X-\Delta x_1)\alpha$

$(b+\Delta X-\Delta x)\cdot\frac{H}{b} = (b-F+\Delta X-\Delta x)\cdot\frac{H}{b-F}$

$b^2 - bF + (\Delta X-\Delta x)(b-F) = b^2 - bF + b(\Delta X-\Delta x) \Rightarrow F(\Delta X-\Delta x) = 0$

$\Delta X = \Delta x = d\left(1-\frac{1}{n}\right) = 1$ см

$\frac{660\cdot 10^{-6}}{3{,}3\cdot 10^{-7}} = \frac{660\cdot 10}{3{,}3} = 2000$ Кл

$\frac{744\cdot 10^{-6}}{9{,}3\cdot 10^{-8}} = 80\cdot 10^2 = \cancel{70000}$ Кл

$68000 : 105 = 647{,}6 \approx 650$

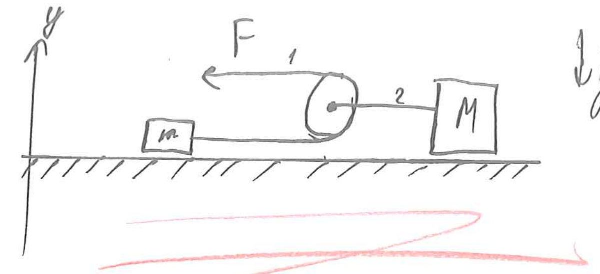
$\frac{68000\cdot 1{,}1\cdot 10^{-6}}{1{,}05\cdot 10^{-4}} = 0{,}68\ldots$

$AlCl_3$ Cu ? $Ag(NO_3)$?

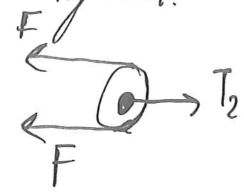
Чистовик №1

Дано: $m = 0{,}5$ кг; $M = 2m$; $\tau = 1$ с; $\Delta x = 1$ м; $\mu = 0{,}3$; $g = 10$ м/с²

Найти: $F = ?$

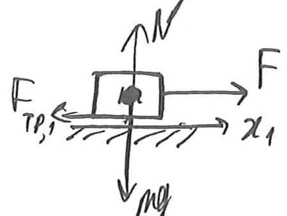


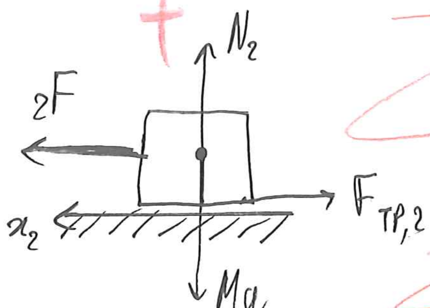
Решение: Так как нити невесомы, в каждой точке они натянуты с одинаковой по модулю силой. Значит, первая нить натянута с силой F, вторая — с силой T_2. Т.к. блок невесомый, сумма действующих на него сил нулевая:



$\Rightarrow 0 = T_2 - 2F \Rightarrow T_2 = 2F$

Рассмотрим силы на бруски:





Вдоль оси y бруски не двигаются, т.к. не отрываются от земли $\Rightarrow N = mg$, $N_2 = Mg = 2mg$. Заметим, что первый брусок будет покоиться, если $F < \mu N = \mu mg$, а второй покоится при $2F < \mu Mg = 2\mu mg \Rightarrow F < \mu mg$. Таким образом, при $F < \mu mg$ оба груза покоятся.

Иначе они одновременно начинают двигаться. Тогда запишем теорему о движении ~~цен~~ центра масс для первого бруска (уже в проекции на ось x_1):

$ma_1 = F - \mu N = F - \mu mg \Rightarrow a_1 = \frac{F}{m} - \mu g$

Теперь для второго (в проекции на x_2):

$Ma_2 = 2F - \mu N_2 = 2F - \mu Mg \Rightarrow$ $\cancel{2ma_2 = 2F}$ $a_2 = \frac{2F}{M} - \mu g$.

Значит, их относительное ускорение равно $a_{отн} = a_1 + a_2 = -2\mu g + F\left(\frac{1}{m}+\frac{2}{M}\right)$. Они сначала покоились $\Rightarrow$ $\cancel{\Delta x = \frac{a_{отн}\Delta t^2}{2}} \Rightarrow a_{отн} =$

$\Delta x = \frac{a_{отн}\tau^2}{2} \Rightarrow a_{отн} = \frac{2\Delta x}{\tau^2} \Rightarrow \frac{2\Delta x}{\tau^2} = F\left(\frac{1}{m}+\frac{2}{M}\right) - 2\mu g \Rightarrow F =$

57-01-74-32 (4.19)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	20	20	100

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Чистовик. №1. Продолжение

$$= \frac{\frac{2\Delta x}{\tau^2} + 2\mu g}{\left(\frac{1}{m} + \frac{2}{M}\right)} = \frac{\frac{2\Delta x}{\tau^2} + 2\mu g}{\frac{1}{m} + \frac{1}{m}} = \frac{\frac{\Delta x}{\tau^2} + \mu g}{\cancel{m}\frac{1}{m}} = m\left(\frac{\Delta x}{\tau^2} + \mu g\right) = 0{,}5\text{ кг}\cdot\left(1\text{ м/с}^2 + 3\text{ м/с}^2\right) =$$

$$= 0{,}5 \cdot 4\text{ Н} = 2\text{ Н}$$

Ответ: $F = \cancel{\frac{\frac{2\Delta x}{\tau^2} + 2\mu g}{\frac{1}{m} + \frac{2}{M}}}$ $\frac{\frac{2\Delta x}{\tau^2} + 2\mu g}{\frac{1}{m} + \frac{2}{M}} = m\left(\frac{\Delta x}{\tau^2} + \mu g\right) = 2\text{ Н}$

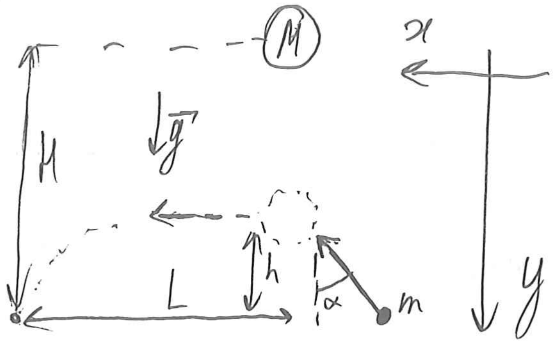
№2

Дано:

$\alpha = 45^\circ$, $\tau = 2\text{ с}$

$L = 20\text{ м}$, $g = 10\text{ м/с}^2$

~~Х~~ Найти: $H = ?$

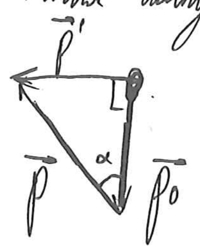


Решение:

~~Запишем~~ Определим, на какой высоте попала пуля в шарик. Т.к. после этого шарик полетел горизонтально, в проекции на y можно записать, что $h = \frac{g\tau^2}{2} = \frac{10\cdot 4}{2}\text{ м} = 20\text{ м}$.

За время τ по горизонтали шарик улетел на L, в проекции на ось x шарик движется равномерно $\Rightarrow v_x = \frac{L}{\tau}$

Рассмотрим столкновение шарика и пули. Выполняется закон сохранения импульса, т.к. время соударения мало:



$\vec{p}$ – импульс пули, $\vec{p_0}$ – импульс шарика до соударения, $\vec{p}'$ – после.

Т.к. $m \ll M$, $p' = Mv_x$.

Нужно найти скорость, которую приобрёл шарик до соударения. Из ЗСЭ в процессе свободного падения $\frac{Mv_0^2}{2} = Mg(H-h) \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{2g(H-h)}$

$p_0 = Mv_0$, $\quad tg\alpha = \frac{p'}{p_0} = \frac{\cancel{M}v_x}{\cancel{M}v_0} \Rightarrow v_0 = \frac{L}{\tau}\cdot\frac{1}{tg\alpha} \Rightarrow 2g(H-h) =$

$= \frac{L^2}{\tau^2}\cdot\frac{1}{tg^2\alpha} \Rightarrow H - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{L^2}{2g\tau^2 tg^2\alpha} \Rightarrow H = \frac{L^2}{2g\tau^2 tg^2\alpha} + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{\cancel{20}\cdot\cancel{20}^{\,5}}{\cancel{2\cdot 10\cdot 4}\cdot 1}\text{ м} +$

$+ \frac{10\cdot 4}{2}\text{ м} = 20 + 5\text{ м} = 25\text{ м}$

Ответ: $H = \frac{L^2}{2g\tau^2\cdot tg^2\alpha} + \frac{g\tau^2}{2} = 25\text{ м}$

Черновик

~~744 : 80 · 9,3 = 93 · 8 = 720 + 24 = 744~~

$$\frac{m_3}{k_3} = \frac{744\cdot 10^{-6}}{9{,}3\cdot 10^{-8}} = 80\cdot 100 = 8000\text{ Кл}$$

$$\frac{m_1}{k_1} = \frac{660\cdot 10^{-6}}{3{,}3\cdot 10^{-7}} = 200\cdot 10 = 2000\text{ Кл}$$

$$d = \frac{k_2\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}\right)}{\rho S}$$

$(9{,}3\cdot 80 = 90\cdot 8 + 3\cdot 8 = 720 + 24 = 744$

~~6000~~ ~~8000~~

6000 | 105
525 | 57,1428
750
735
150
105
450
420
300
210
900

400 | 7
35 | 57,14
50
49
10
7
30
28
...

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

57-01-74-32 (4.19)

Чистовик, №3Д (которая третья)

Дано: $V = 50\ м^3$, $T_0 = 300\ K$, $\varphi_0 = 41{,}5\% = 0{,}415$
$t = 100°C$, $r = 80$ Ом, $U = 100$ В, $\eta = 80\%$
$\tau = 2300$ с, $p_{нас} = 2$ кПа, $\lambda = 2{,}3 \cdot 10^6\ \frac{Дж}{кг}$
$\mu = \cancel{0{,}18}\ 0{,}018\ \frac{кг}{моль}$, $R = 8{,}3\ \frac{Дж}{моль \cdot K}$

Найти: $\rho_{абс} = ?$

Решение: Относительная влажность равна отношению парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при данной температуре. Значит, изначально давление водяного пара (парциальное) равно $p_0 = \varphi_0 \cdot p_{нас}$. Запишем уравнение Менделеева–Клапейрона для водяного пара:

$$p_0 \cdot V = \nu_0 R \cdot T_0 \Rightarrow \varphi_0 p_{нас} V = \nu_0 \cdot R T_0$$

Т.к. у воды температура $t = 100°C$, и её нагревают, она кипит (считаем, что в комнате давление атмосферное). Считаем, что всё время τ вода кипела и парообразовывалась (т.е. заранее вся не выкипела). Мощность нагревательной спирали равна $P = UI = \frac{U^2}{r}$, так что за время τ воде было сообщено тепло $Q = \eta P \tau = \eta \frac{U^2}{r}\tau \Rightarrow$
$\Rightarrow$ выкипела масса воды $\Delta m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{\eta U^2 \tau}{\lambda r}$. Тогда парциальное давление пара равно p, уравнение Менделеева–Клапейрона примет следующий вид:

$$pV = \left(\nu_0 + \frac{\Delta m}{\mu}\right) R T_0 \Rightarrow (p - \varphi_0 p_{нас}) V = \frac{\Delta m}{\mu} R T_0$$

Значит, $p = \varphi_0 p_{нас} + \frac{\Delta m}{V \cdot \mu} R T_0 = \varphi_0 p_{нас} + \frac{\eta U^2 \tau}{\lambda \mu r V} \cdot R T_0 = 830\ Па + \frac{830}{3}\ Па = \frac{4}{3} \cdot 830\ Па < p_{нас}$.

$$pV = \frac{m}{\mu} R T_0 \Rightarrow \rho_{абс} = \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{R T_0} = \frac{\varphi_0 \mu p_{нас}}{R T_0} + \frac{\eta U^2 \tau}{\lambda r V} \approx 8\ \frac{г}{м^3}$$

Ответ: $\rho_{абс} = \frac{\varphi_0 \mu p_{нас}}{R T_0} + \frac{\eta U^2 \tau}{\lambda r V} \approx 8\ \frac{г}{м^3}$

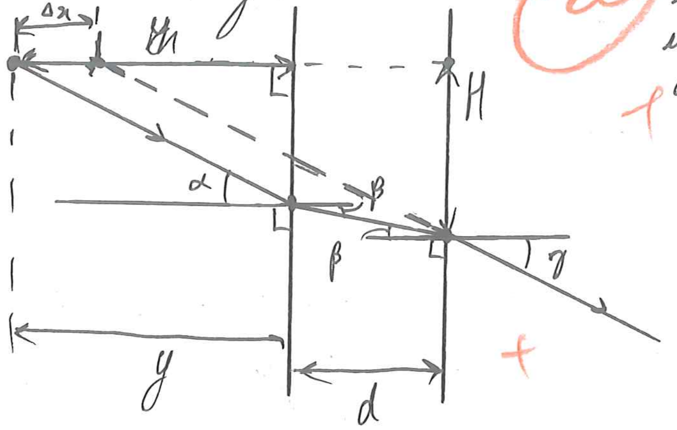
№5

Дано: $d = 3$ см, $n = 1{,}5$

Найти: $\Delta X = ?$

Чистовик, №5. Продолжение.

Решение: Посмотрим, что произойдёт с лучом, прошедшим плоскопараллельную пластинку:



Заметим, что по закону Снеллиуса $\sin\alpha = n\sin\beta$, $n\sin\beta = \sin\gamma \Rightarrow \alpha = \gamma$.

Т.е. пластинка лишь смещает каждый луч.

Пусть пластинка "сместила" "источник луча" на Δx ~~по горизонтали~~ (см. рисунок).

Т.к. углы малые, $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$, $\sin\beta \approx \operatorname{tg}\beta \approx \beta$. Тогда закон Снеллиуса примет следующий вид: $\alpha = n\beta$.

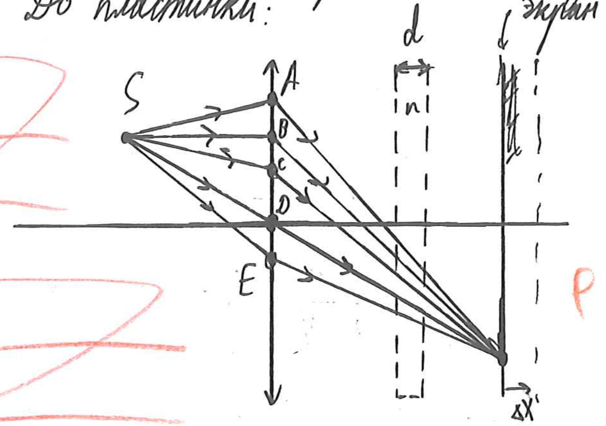
Заметим, что $H \approx y\alpha + d\beta$, а также $H = (y - \Delta x + d)\alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cancel{y\alpha} + d\beta = (\cancel{y} - \Delta x + d)\alpha \Rightarrow d\cdot\cancel{\beta} = (d - \Delta x)\cdot n\cancel{\beta} \Rightarrow \Delta x = d\left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

Заметим, что ни от угла падения (лишь бы он был малым), ни от расстояния до пластинки смещение не зависит.

Вернёмся к задаче. Заметим, что изображение и источник находятся по разные стороны от линзы. Значит, она собирающая.

До пластинки:



Как мы обнаружили ранее, из-за плоскопараллельной пластины лучи, ~~преломлённые~~ прошедшие её, ведут себя, как будто и точку этого луча до пластинки сместили к ней на $\Delta x = d\left(1 - \frac{1}{n}\right)$. То есть как будто точки A, B, C, D, E и бесконечное множество других точек линзы сдвигаются на Δx вправо. Значит, после преломления в пластинке лучи ведут себя так, ~~будто~~ как будто линза была на Δx ближе (т.е. правее) (ну и чтобы они были такими же, источник света S тоже должен ~~как~~ бы сдвинутся на Δx). ~~Т.е.~~

~~Иначе говоря, эквивалентная схема (которая не меняет относитель~~

Иначе говоря, ~~экран~~ т.к. лучи после линзы из-за пластинки просто

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

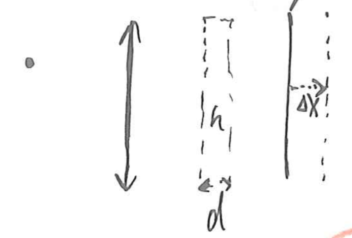
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

57-01-74-32 (4.19)

Чистовик, №5. Продолжение

~~приближ~~ смещаются на Δx ближе к экрану, изображение тоже сместится на Δx от экрана $\Rightarrow$ чтобы получить ~~чет~~ чёткое изображение, нужно отодвинуть экран от линзы на $\Delta X = \Delta x = d\left(1-\frac{1}{n}\right) = 3\,см \cdot \left(1-\frac{1}{1{,}5}\right) = 3\,см\left(1-\frac{2}{3}\right) = 1\,см$

Ответ: нужно отодвинуть ~~от~~ в сторону от линзы (т.е. в противоположном направлении к направлению к линзе) на $\Delta X = d\left(1-\frac{1}{n}\right) = 1\,см.$



№3Б (которая четвёртая)

Дано:

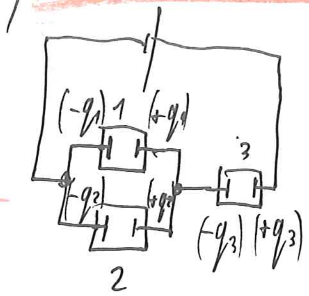
$m_1 = 660\,мг = 660 \cdot 10^{-6}\,кг$

$m_3 = 744\,мг = 744 \cdot 10^{-6}\,кг$

$S = 110\,см^2$, $k_1 = 3{,}3 \cdot 10^{-7}\,кг/Кл$

$k_2 = 1{,}1 \cdot 10^{-6}\,кг/Кл$, $k_3 = 9{,}3 \cdot 10^{-8}\,кг/Кл$

$\rho = 1{,}05 \cdot 10^{4}\,кг/м^3$



Найти: $d = ?$

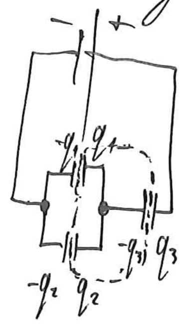
Решение:

Учитывая электрохимические эквиваленты, "эквивалентные" заряды определим так: $q_1 = \frac{m_1}{k_1}$, $q_3 = \frac{m_3}{k_3}$, $m_2 = k_2 q_2$.

Если мы найдём q_2, то $m_2 = k_2 q_2$, и $m_2 = \rho S d \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{k_2 q_2}{\rho S}$

Считая изначальную систему ~~это~~ эквивалентной ~~конд~~ системе конденсаторов, заметим, что ~~"заряд" на же анодах~~ сумма зарядов на анодах у 1 и 2 и на катоде 3 ~~нулевой~~: ая:



(у конденсаторов это очевидно следует из закона сохранения заряда, ведь обкладки одного конденсатора ~~двоих~~ не обмениваются зарядом, ~~а сначала он был нулевым~~). заряд в обведённой пунктиром области постоянный и нулевой).

Т.к. $q_1 + q_2 - q_3 = 0 \Rightarrow q_2 = q_3 - q_1$

Чистовик, №36 (которая четвёртая). Продолжение

$$q_2 = \frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \Rightarrow d = \frac{k_2\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}\right)}{\rho S}.$$

$$q_3 = \frac{m_3}{k_3} = \frac{744 \cdot 10^{-6}\ кг}{9{,}3 \cdot 10^{-8}\ кг/Кл} = \cancel{800 = 80 \cdot 1000}\ 80 \cdot 100\ Кл = 8000\ Кл$$

$$q_1 = \frac{m_1}{k_1} = \frac{660 \cdot 10^{-6}\ Кл}{3{,}3 \cdot 10^{-7}\ кг/Кл} = 200 \cdot 10\ Кл = \cancel{200}\ 2000\ Кл$$

$$\Rightarrow q_2 = 6000\ Кл$$

$$d = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-6}\ \frac{кг}{Кл} \cdot 6000\ Кл}{1{,}05 \cdot \cancel{10^4}\ \frac{кг}{м^3} \cdot 110 \cdot \cancel{10^{-4}}\ м^2} = \frac{\cancel{1{,}1} \cdot 10^{-6} \cdot \overset{60}{\cancel{6000}}\ м}{1{,}05 \cdot \cancel{1{,}1} \cdot \cancel{100}} = \frac{60}{1{,}05}\ мкм \approx 57{,}1\ мкм \approx$$

$$\approx 60\ мкм$$

Ответ: $d = \dfrac{k_2\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}\right)}{\rho S} \approx 60\ мкм$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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