

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Луканова Романа Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 лист. *шус.*

Работа дана
15:09

Шербасов

Дата

«05» марта 2023 года

Подпись участника

[Signature]

64-99-10-20

(49.3)

Решение:

N 2.9.2

Дано:

$$S = 100 \text{ м}^2$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$t_1 = 127^\circ$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$h = 0,83 \text{ м}$$

$$P_n = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

m = ?

В начальном состоянии температура воды $0^\circ \text{C} \Rightarrow$ она полностью находится в жидком состоянии.

$$(P_n < P_0 + P_{\text{порш}})$$

где P_n - давление пара при температуре 0°C ,

P_0 - нормальное атмосферное давление

$P_{\text{порш}}$ - давление, создаваемое поршнем.)

~~После нагрева вода~~

После нагрева пар приобретёт давление

P_n , и на поршень будет действовать сила F (Н), направленная вверх:

$$F = S(P_n - P_0) = 100 \cdot 10^{-4} \cdot (2,5 - 1) \cdot 10^5 = 1500 \text{ Н}$$

Сила тяжести будет равна $F_{\text{тяж}} = mg$.

$$F_{\text{тяж}} = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ Н}$$

$F > F_{\text{тяж}} \Rightarrow$ поршень поднимется и вся вода перейдёт в газообразное состояние.

и далее
 $\rightarrow$

Найдем массу пара с помощью
ур-ия Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M_r} RT$$

где p - давление пара

Поршень будет подниматься, пока
силы F и $F_{тяж}$ не станут равны

$$F = F_{тяж}$$

$$(p_2 - p_0) S = mg$$

$$p_2 = \frac{mg + p_0 S}{S}$$

$$p_2 = \frac{10^3 + 10^3}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^5 \text{ (Па.)}$$

p_2 - давление
пара под поршнем
в конечном состоянии

$$T = \dots \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{2,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5}$$

Найдем массу пара с помощью
ур-ия Менделеева-Клапейрона:

$$p_2 V = \frac{m}{M_r} RT$$

где: p_2 - давление под поршнем

V - объем пара

и.далее

M_r - молярная масса пара чистовик
 p_2 ,

$$2 \cdot 10^5 \cdot (100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,83) = m$$

$$p_2 (S \cdot h) = \frac{m}{M_r} R T$$

$$m = \frac{p_2 S \cdot h \cdot M_r}{R T}$$

$$m = \frac{0,005 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,83 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 400} =$$

$$= (90 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}) = 9 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1} \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 90 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

Ответ: $m = 9 \cdot 2$.

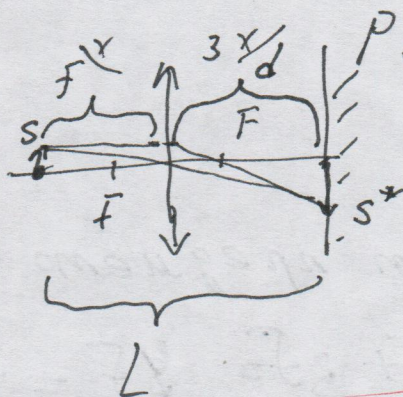
№ 4.5.2

Дано:

6 дптр

$$l = 3$$

$$L = ?$$



Решение:

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

$$= \frac{1}{6} \text{ м}$$

$$\textcircled{1} \frac{1}{F} = \frac{1}{l} + \frac{1}{L}$$

F - фокусное расст.

l - расстояние от предмета до линзы

L - расстояние от линзы до изображения

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

Чистовик

②

Увеличение, даваемое линзой равно отношению d к f

$$\frac{d}{f} = 3$$

$$d = 3f$$

③ Подставим в формулу: F

$$\frac{1}{1/8} = \frac{1}{F} + \frac{1}{3F}$$

$$6 = \frac{4}{3F}$$

$$F = \frac{2}{9} \text{ (м)}$$

④ Расстояние от предмета до экрана равно $F + d = F + 3F = 4F = \frac{12}{9} \cdot \frac{2}{9} = \frac{2}{3} \text{ м}$.

Ответ: $L = \frac{2}{3} \text{ м}$ $4F = \frac{2}{9} \cdot 4 = \frac{8}{9} \text{ м}$

Ответ: $\frac{8}{9} \text{ м}$

20

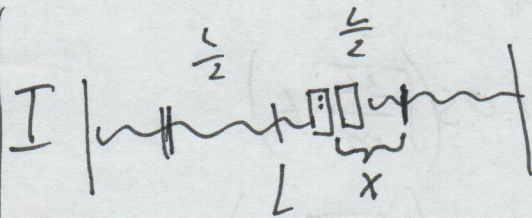
Решение: Чистовик

64-99-10-20

(49.3)

N 1.2.2.

Дано:

 $L = 20 \text{ м.}$ $3k, \text{ к.}$ $m, 3m$ $\Delta L = 10 \text{ см}$ $W = 30 \text{ Н}$ $3k = ?$ 

В момент соударения груз $3m$ будет обладать энергией W_1
 x — расстояние от т. удара до максимального отклонения груза от положения равновесия
 Груз m будет обладать энергией W_2

~~$$W_2 = \frac{k \left(\left(\frac{L}{2} - x \right)^2 + x^2 \right)}{2}$$

$$W_1 = \frac{3k \left(\left(\frac{L}{2} \right)^2 - \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 \right)}{2}$$

$$W_1 = \frac{3k \left(\frac{L}{2} - x \right)^2}{2}$$

$$W_2 = \frac{k \left(\left(\frac{L}{2} - x \right)^2 - x^2 \right)}{2}$$~~

$$W_1 = \frac{3k \left(\frac{L}{2} - x \right)^2}{2}$$

$$W_2 = \frac{k \left(\frac{L}{2}^2 - \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 \right)}{2}$$

см. далее



Ур-ия колеб.:

Чистовик

$$① X_1 = L - \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right)$$

$$② X_2 = L + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$L - \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) = L + \frac{L}{2} \cos\sqrt{\frac{3k}{3m}} t$$

$$\cos\sqrt{\frac{3k}{3m}} t + \cos\sqrt{\frac{3k}{m}} t = 0$$

$$\cos(\omega_2 t) + \cos(3\omega_2 t) = 0$$

$$4\omega_2 t = \frac{\pi}{2} + \pi n \Rightarrow \omega_2 t = \frac{\pi}{8} + \frac{1}{4}\pi n$$

$$-2\omega_2 t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \omega_2 t = -\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\pi n$$

$$X_1 \sim \cos \frac{\pi}{8}$$

$$X_2 \sim \cos \frac{\pi}{4}$$

$$\boxed{\omega_2 t = \frac{\pi}{4}} \Rightarrow \text{2-ое тело}$$

пройдёт $\frac{T}{4}$ пер пер $\frac{T}{4}$
до столкновения

$$X = \cos \frac{\pi}{4} \cdot \frac{L}{2}$$

$$\boxed{X = \cos \frac{\pi}{4} \cdot \frac{L}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4} L}$$

$$X \approx \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot 20 \text{ см} = 5\sqrt{2} \text{ см}$$

III ~~Подставь!~~

$$W_{\text{общ}} = W_2 - W_1 + W_3 + W_4$$

 W_3 - энергия 2-ой пруж.

 W_4 - энергия 1-ой пруж.

$$W_{\text{общ}} = \frac{k}{2} \left(\frac{3 \left(\frac{20}{2} - 5\sqrt{2} \right)^2}{2} - \left| \left(\frac{20}{2} \right)^2 - \left(\frac{20}{2} - 5\sqrt{2} \right)^2 \right| \right) + \frac{k \cdot \left(\frac{20}{2} - 5\sqrt{2} \right)^2}{2} + \frac{3k \cdot \left(\frac{20}{2} - \left(\frac{20}{2} - 5\sqrt{2} \right) \right)^2}{2}$$

$$Z = \frac{k}{2} \left(3 \cdot (10 - 5\sqrt{2})^2 - 100 + (10 - 5\sqrt{2})^2 + (10 - 5\sqrt{2})^2 + 3 \cdot (100 - (10 - 5\sqrt{2})^2) \right)$$

$$Z = \frac{k}{2} \left(4 \cdot (100 - 100\sqrt{2} + 50) + 200 - 2(100 - 100\sqrt{2} + 50) \right)$$

$$Z = \frac{k}{2} (200 - 200\sqrt{2} + 200 + 200)$$

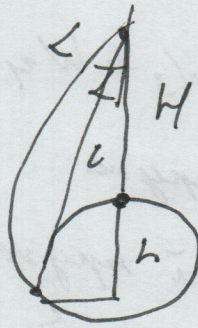
$$6 = k \cdot (600 - 200\sqrt{2})$$

$$k = \frac{6}{600 - 200\sqrt{2}}$$

$$3k = \frac{18}{600 - 200\sqrt{2}} = \frac{9}{300 - 100\sqrt{2}}$$

№ 3.9.2

Чистовик



$$H = \sqrt{2} R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4} - \arctg d\right) - r(1 + \cos \alpha)$$

$$\frac{mv^2}{2} = \sqrt{m^2 g^2 + q^2 E^2} \cdot H$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \sqrt{m^2 g^2 + q^2 E^2} H}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \sqrt{m^2 g^2 + q^2 E^2} \cdot \left(\sqrt{2} R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4} - \arctg \frac{qE}{mg}\right) - r\left(1 + \frac{mg}{\sqrt{m^2 g^2 + q^2 E^2}}\right) \right)}{m}}$$

64-99-10-20

(49.3)

N 5.3.2

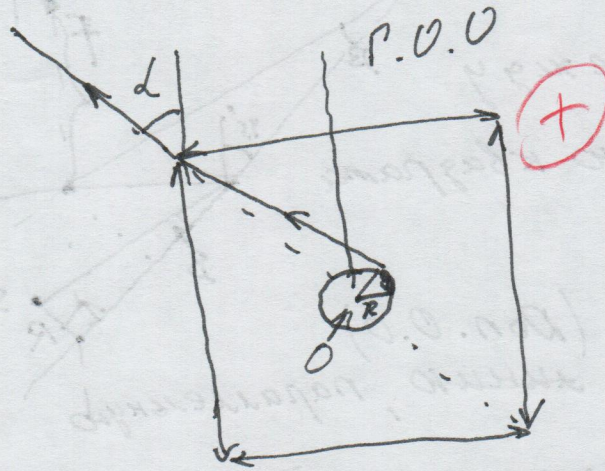
Дано:

$$D = 2a$$

$$R = 2,25 \text{ см}$$

 $F = ?$

Решение



① По условию свет распространяется

во всех направлениях. Система симметрична относительно т. О $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ луч выходящий из крайней

(максимально удалённой от диагонали)

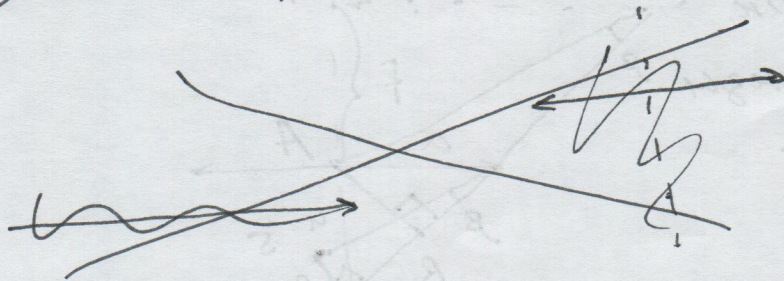
точки шара, после преломления в крайней

точке линзы (точке, лежащей на стыке с другой линзой) должен идти под углом

α ; $\alpha \geq 45^\circ$ (α - угол между лучём и

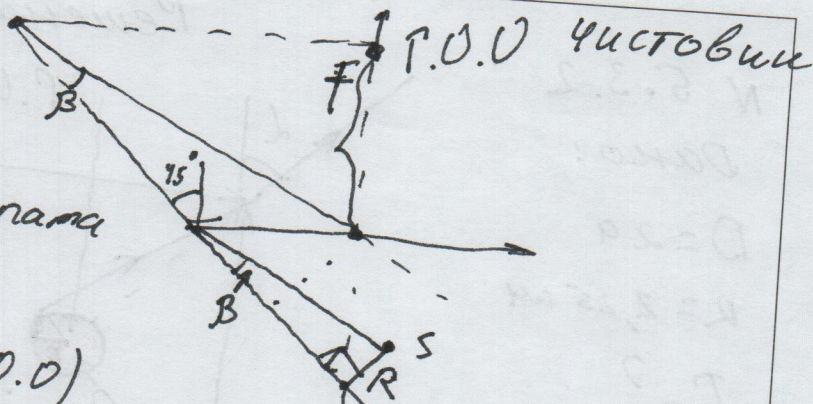
перпендикуляром Г.О.О линзы.)

② Рассмотрим ход луча:



см. далее

В-угол между диагональю квадрата и лучём



Построим ^(Доп. О.О.) ~~линию~~, параллельную падающему
 лучу и проходящей через центр
 линзы. Преломлённый луч пойдёт
 через точку пересечения фокальной
 плоскости и построенной ^(Доп. О.О.) ~~линии~~.

Но, как мы уже поняли, преломлённый
луч должен идти под углом $\geq 45^\circ \Rightarrow$
Эта точка лежит на пересечении
продолжения диагонали квадрата и
построенной Дополнит. Оптич. осью.

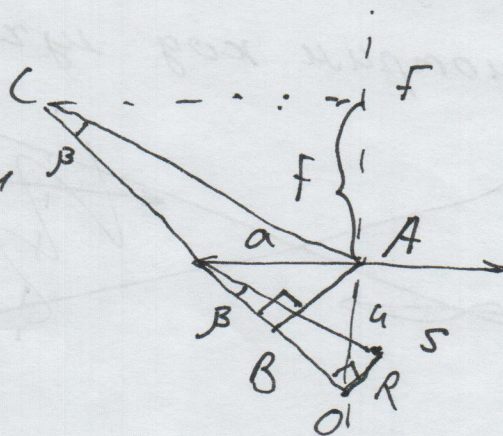
Угол между этими прямыми равен $\sqrt{3}$

3) АВ - перпендик.
от центра линзы
до диагонали.

$$AB = \frac{\sqrt{2}}{2} a$$

$$CB = AB \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\sqrt{2}a}{R}$$



М. Галес

Чистовик

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\sqrt{2} a}{R}$$

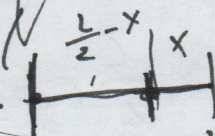
$$CB = \frac{\sqrt{2}}{2} a \cdot \frac{\sqrt{2} a}{R} = \frac{a^2}{R}$$

$$F = CB \cdot \sin \alpha - AB \cdot \sin \alpha$$

$$F = \frac{a^2}{R} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} a = \frac{a\sqrt{2}}{2} \left(\frac{a}{R} - 1 \right)$$

$F = a$
мы не знаем

~~Значение a в вариантах не дано!~~



Черновики

Решение $\left(\frac{L}{2} - x\right)^2$

№ 1.2.2.

Дано:

$$L = 20 \text{ м}$$

$$3 \text{ к, к}$$

$$m, 3m$$

$$W = 3 \text{ Дж}$$

$$3 \text{ к} - ?$$

Период колебаний 1 и 2-ого груза равны соответственно

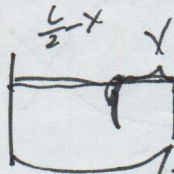
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{3k}} ; T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{k}}$$

$$W_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

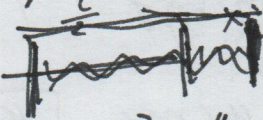
$$W_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

Формула зависимости x от t

$\left(\frac{L}{2} - x\right)^2 + x^2$ и 2-ого груза равны:



$$X = \frac{L}{2} + \frac{L}{2} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right)$$



$$\frac{L}{2} - \left(\frac{L}{2} - x\right)^2$$

$$X = \frac{L}{2} - \frac{L}{2} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$\frac{L}{2} - \left(\frac{L}{2} - x\right)^2$$

$$\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) = \frac{3L}{2} - \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$\frac{L}{2} L = \frac{L}{2} \left(\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) + \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) \right)$$

$$2 = \left(\cos\sqrt{\frac{k}{3m}} t + \cos\sqrt{\frac{3k}{m}} t \right) \text{ см. далее}$$

~~$L + \frac{L}{2} \cos(\sqrt{\frac{k}{3m}} t) = t - \frac{L}{2}$ Черновик~~

Формула зависимости x от t

для 1 и 2-ого тела: $\text{tg } k = \frac{1}{10}$

~~$y = L - \frac{L}{2} \cos(\sqrt{\frac{3k}{m}} t)$~~

~~$x = L + \frac{L}{2} \cos(\sqrt{\frac{3m}{k}} t)$~~

~~$x - \frac{L}{2} \cos(\sqrt{\frac{3k}{m}} t) = L + \frac{L}{2} \cos(\sqrt{\frac{3m}{k}} t)$~~

~~$\frac{L}{2} (\cos(\sqrt{\frac{3k}{m}} t) + \cos(\sqrt{\frac{3m}{k}} t)) = 0$~~

~~$-2 \sin \frac{t(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}})}{2} \sin \frac{t(\sqrt{\frac{k}{3m}} - \sqrt{\frac{3k}{m}})}{2} = 0$~~

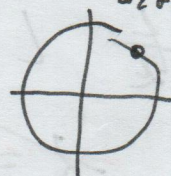
~~$\sin \frac{t(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}})}{2} = \pm \frac{1}{2}$~~

~~$\frac{L}{2} (\frac{L}{2} - x)^2 = \frac{L^2}{2} - Lx + x^2$~~

~~$\text{tg cm } \sqrt{\frac{k}{3m}} = \omega_1, \text{ тогда } \omega_2 = 3\omega_1, 3\omega_1 t = \frac{\pi}{4}$~~

~~$t \cdot (\omega_1 + 3\omega_1) = \pm \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{\pi}{8 \cdot \omega_1} \text{ и } 4\omega_2 = \pi, 0$~~

~~$t \cdot (\omega_1 - 3\omega_1) = \pm \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = -\frac{\pi}{4 \omega_1}$~~



МЗ.9.2. Минимальная скорость бусинки
будет в точке с максимальной потенци-
альной энергией. Т.е. точкой, максимально
удаленной от нижней точки



Бусинка сместится от исход-
ной верхней точки на расстояние
 h .

$$h = L \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4} - \alpha\right) - 2r \cdot (1 - \cos\alpha)$$

где L - длина хорды большой дуги,
 α - угол наклона системы.

$$F_{кл} = E \cdot g = 10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3} \text{ Н}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{10}; \quad \cos \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$$

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\cos \alpha \approx 1$$

$$\alpha \approx 0$$

$$h \approx \frac{2R \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{2}} \cos \frac{\pi}{4} - r(2 - 0) \approx \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 2 \approx$$

$$\approx \frac{1}{2} \quad W = h \cdot \sqrt{mg^2 + qE^2}; \quad \frac{mv^2}{2} = h \sqrt{mg^2 + qE^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2h \sqrt{mg^2 + qE^2}}{m}} \approx \sqrt{50}$$

Формула зависимости x от t для 1-го тела:

$$x = L + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right)$$

$$x = L + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$L + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) = L + \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$\frac{L}{2} \left(\cos\sqrt{\frac{k}{3m}} t + \cos\sqrt{\frac{3k}{m}} t \right) = 0$$

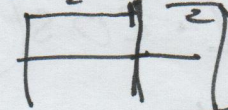
$$2 \cos \frac{t \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}} \right)}{2} \cos \frac{t \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} - \sqrt{\frac{3k}{m}} \right)}{2} = 0$$

$$\cos t \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}} \right) = 2 \cos \frac{t \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} - \sqrt{\frac{3k}{m}} \right)}{2}$$

$$t \sqrt{\frac{k}{3m}} (1 + 3) = 2t$$

$$2T_1 = 4 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

$$t = \frac{\sqrt{3m} T_1}{2\sqrt{k}}$$



Чистовик.

№ 3.9.2.

Дано:

$$r = \frac{1}{4} \text{ м}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$m = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

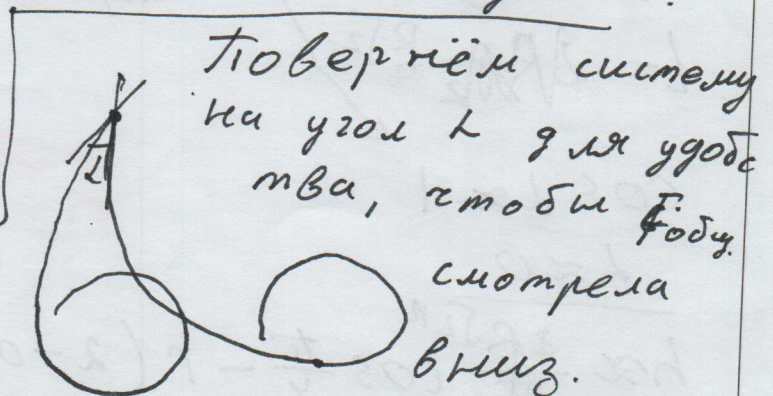
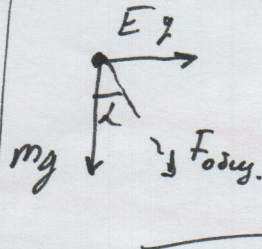
$$E = 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$\sigma_{\min}$

Решение:

На бусинку действует сила тяжести и сила Кулона.



Повернём систему на угол α для удобства, чтобы $F_{\text{Кул.}}$ смотрела вниз.

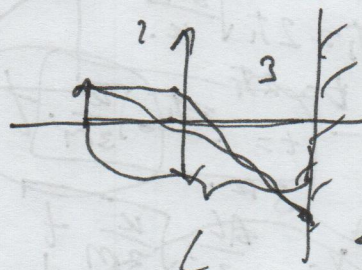
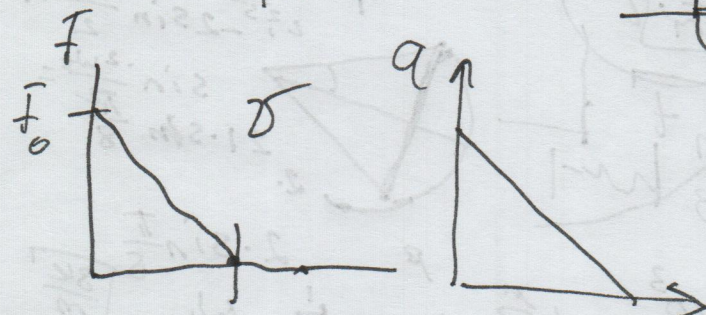
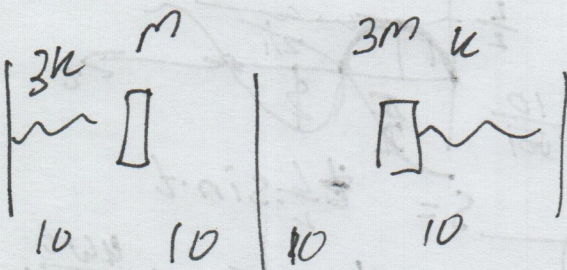
Черновик.

ЧЕРНОВИК

$$F = P \cdot S$$

$$10^3 \leq 1,5 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-2}$$

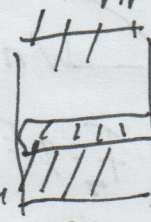
$$D = 6 \cdot 10^3 \approx 1,5$$



$$2,5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,83 = \frac{100}{111} \cdot R \cdot T$$

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

$$F = \frac{1}{6} \mu$$



$$S = 100 \text{ cm}^2$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{X} + \frac{1}{3X}$$

$$6 = \frac{3}{3X} + \frac{1}{3X}$$

$$18X = 4$$

$$X = \frac{2}{9}$$

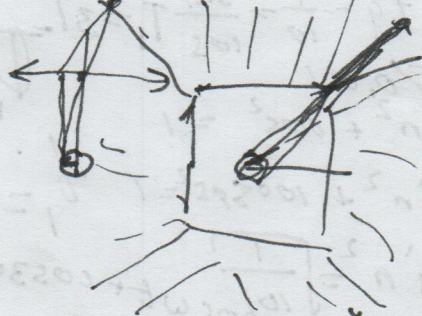
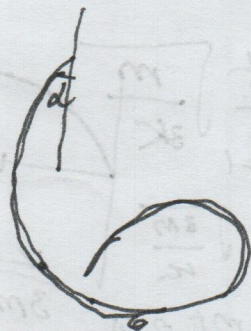
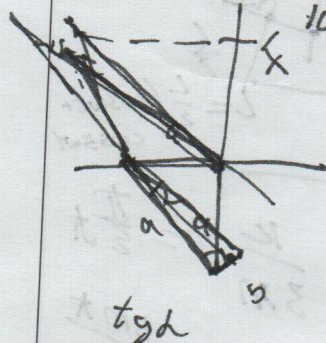
$$L = \frac{2}{9} \cdot 4 = \frac{8}{9}$$

$$a(E) = \frac{E \cdot q}{m}$$

$$10^{-3}$$

$$10^3 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{10^{-3}}{10^{-3}} \approx 1 \frac{\mu}{c^2}$$



$$\begin{array}{r} 400 \\ \times 0,05 \\ \hline 20.00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 5 \\ \hline 90 \end{array}$$