



0 002958 630001

00-29-58-63

(49.7)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Абшова Дашура Тимуровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«05» марта 2023 года

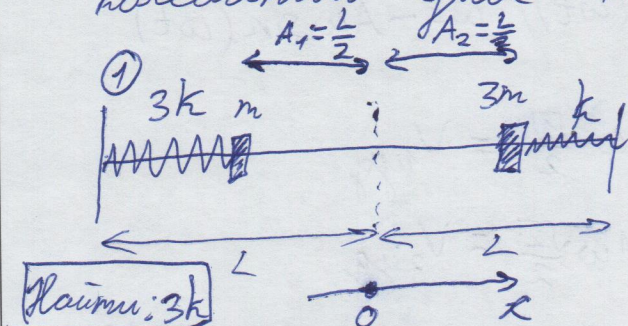
Подпись участника

00-29-58-63
(49.7)

Чистовик

Задача 1.2.2.

Запишем формулу гармонических колебаний для 1 и 2 маятника



② $A_1 = A_2 = \frac{L}{2} = A = 0,1 \text{ м}$
 $\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}} = 3\omega$
 $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}} = \omega$

Учитывая начальные фазы маятников:

$x_1(t) = -A \cos(3\omega t)$

$x_2(t) = A \cos(\omega t)$

В момент столкновения

$x_1(t_0) = x_2(t_0) = x_{ст}$

$-A \cos(3\omega t_0) = A \cos(\omega t_0)$

$-\cos(3\omega t_0) = \cos(\omega t_0)$

Решая данное тригонометрическое уравнение правильно, мы получим бесконечн. м-во решений для t_0 , но т.к. нам нужно лишь одно:

$\arccos(-\cos(3\omega t_0)) = \arccos(\cos(\omega t_0))$

$\arccos(-x) = \pi - \arccos x$

$\pi - 3\omega t_0 = \omega t_0$

$4\omega t_0 = \pi$

$t_0 = \frac{\pi}{4\omega}$

$x_1(t_0) = x_{ст} = -A \cdot \cos\left(3\omega \cdot \frac{\pi}{4\omega}\right) = -A \cos \frac{3\pi}{4} = A \frac{\sqrt{2}}{2}$

Найдем ~~начал~~ скорости грузиков через производную

1	2	3	4	5	Σ
20	20	18	20	6	84
Кисель	Пирожок	Машинами	Головнич	Уголок	(Всего будет 84 уголка)

Числовик

$$v_1(t) = \dot{x}_1(t) = -A \cdot (-\sin(3\omega t)) \cdot 3\omega = 3A\omega \cdot \sin(3\omega t)$$

$$v_2(t) = \dot{x}_2(t) = A \cdot (-\sin(\omega t)) \cdot \omega = -A\omega \sin(\omega t)$$

$$v_1(t_0) = 3A\omega \cdot \sin \frac{3\pi}{4} = 3A\omega \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = v_{1yq}$$

$$v_2(t_0) = -A\omega \cdot \sin \frac{\pi}{4} = -A\omega \frac{\sqrt{2}}{2} = v_{2yq}$$

Запишем закон сохранения импульса

$$m v_{1yq} + 3m v_{2yq} = (m+3m) v_0$$

$$3A\omega \frac{\sqrt{2}}{2} - 3A\omega \frac{\sqrt{2}}{2} = 4m v_0$$

$$4m v_0 = 0$$

$$v_0 = 0$$

Это значит, что механическая энергия W системы после столкновения состоит только из потенциальной энергии пружин.

Для них обеих абсолютная деформация равна $x_{ст} = A \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$W = \frac{3k \cdot x_{ст}^2}{2} + \frac{k \cdot x_{ст}^2}{2} = \frac{4k x_{ст}^2}{2}$$

$$k x_{ст}^2 = \frac{W}{2}$$

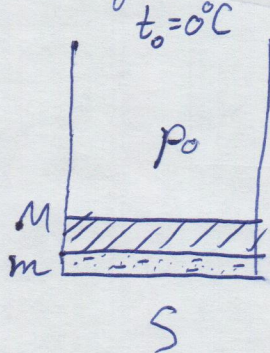
$$k \cdot A^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{W}{2}$$

$$k = \frac{W}{A^2}$$

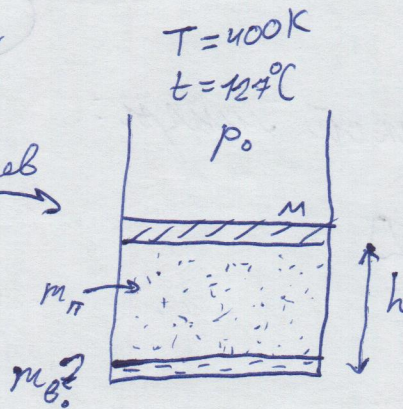
$$3k = \frac{3W}{A^2} = \frac{3 \cdot 3 \text{ Дж}}{0,1 \text{ м}^2} = \boxed{900 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} \text{ — ответ}$$

Чистовик

Задача 2.9.2.



нагрев



Найти: m

Проверим, какое давление должно быть у водяного пара, чтобы удержать поршень:

условие равновесия:

$$p_n S - Mg - p_0 S = 0$$

$$p_n = p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 \text{ Па} + \frac{100 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{100 \text{ см}^2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{см}^2}} = 10^5 \text{ Па} + 10^5 \text{ Па} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} < p_n,$$

значит $m_в = 0$, вся вода вскипела.

Запишем закон Менделеева-Клапейрона для водяного пара.

$$p_n V = \nu_n RT$$

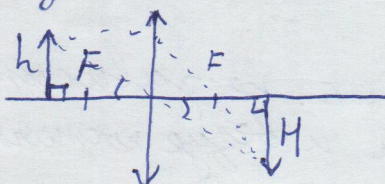
$$p_n h S = \frac{m_n}{\mu} RT$$

$$m_n = m = \frac{\mu p_n h S}{RT} = \frac{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,83 \text{ м} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К}}$$

$$= \frac{18 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 200} \text{ г} = \frac{9 \cdot 10}{10 \cdot 2} \text{ г} = 9 \text{ г}$$

Ответ: 9 г

Задача 4.5.2.



$$f = 3 \quad D = 6 \text{ см}$$

$$L = f + d - ?$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad (\text{в подобиях треугольничках})$$

$$f = \Gamma d = 3d$$

Чистовик

Формула тонкой линзы:

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

$$\frac{f+d}{fd} = D$$

$$\frac{3d+d}{3d \cdot d} = D$$

$$\frac{4}{3d} = D$$

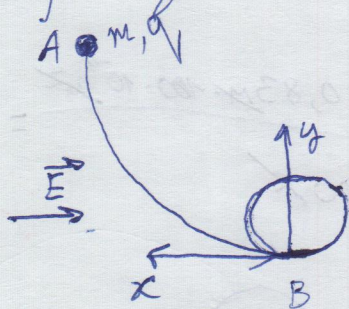
$$d = \frac{4}{3D} = \frac{4}{3 \cdot 6 \text{ ДИПР}} = \frac{2}{9} \text{ м}$$

$$f = 3d = \frac{12}{3D} = \frac{4}{D} = \frac{6}{9} \text{ м}$$

$$L = f + d = \frac{8}{9} \text{ м}$$

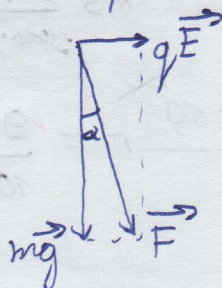
Ответ: $\frac{8}{9} \text{ м}$

Задача 3.9.2.



Введем новую силу —

$$\vec{F} = q\vec{E} + m\vec{g}$$



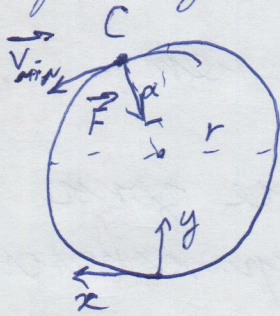
$$F = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} =$$

угол α показан на рисунке, $\alpha = \arctg\left(\frac{qE}{mg}\right) =$
 $= \arctg \frac{1}{10}$

Сила \vec{F} — потенциальная, т.к. не зависит от траектории движения и везде постоянна

В точке ~~максимальная~~ ^(цистовик) минимальная скорость будет достигнута в точке, где потенциальная энергия силы F - максимальная. (Из-за закона сохранения механической энергии)

Заметим, что сила нормальной реакции опоры никакую работу не совершает, т.к. направлена перпендикулярно направлению движения в каждой её точке.



Координаты этой точки:

$$y_c = r + r \cos \alpha,$$

$$x_c = r \sin \alpha, \quad \alpha = \arctg \frac{1}{10}$$

Координаты точки А:

$$y_A = R$$

$$x_A = R$$

Закон сохранения механической энергии:

$$mg y_A + q E x_A = mg y_c + q E x_c + \frac{m v_{\min}^2}{2}$$

$$m v_{\min}^2 = 2 (mg R + q E R - mgr (1 + \cos \alpha) - q E r \sin \alpha)$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2}{m} (mg R - mgr (1 + \cos \alpha) + q E R - q E r \sin \alpha)}, \quad (+)$$

$$\alpha = \arctg \frac{1}{10} \quad \text{А в бривае?}$$

Извините, но я отказываюсь это считать без калькулятора Нет числ. ответа (-)

Задача 5.3.2.

на обратной стороне

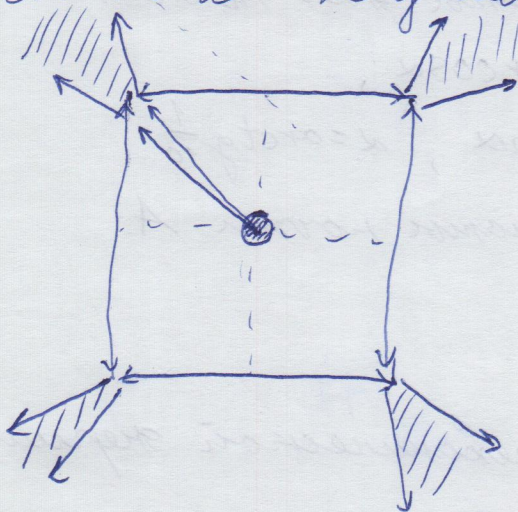
Чистовик.

№ 5.3.2.

Ответ: при $F \leq 4 \text{ см}$ (очень грубо, как сказано в условии)

Пояснение:

Проблема с освещением всей плоскости заключается в том, что при слишком большой F лучи преломляются слишком сильно и "по углам" света нет:

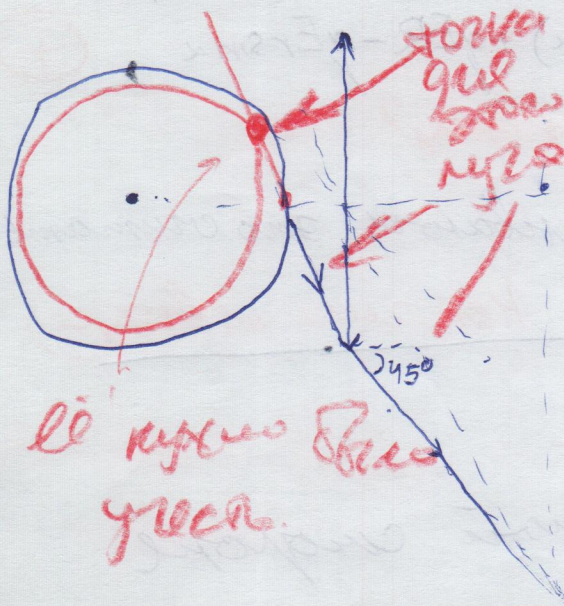


(темные зоны заштрихованы)

не учено во всем освещении

не от по углам

Крайним значением F будет такое, в котором луч, исходящий из угла лампы будет идти диагонально:



но не совсем

без линейки трудно нарисовать ровно, но крайним положением

будет $R \approx \frac{F}{2}$

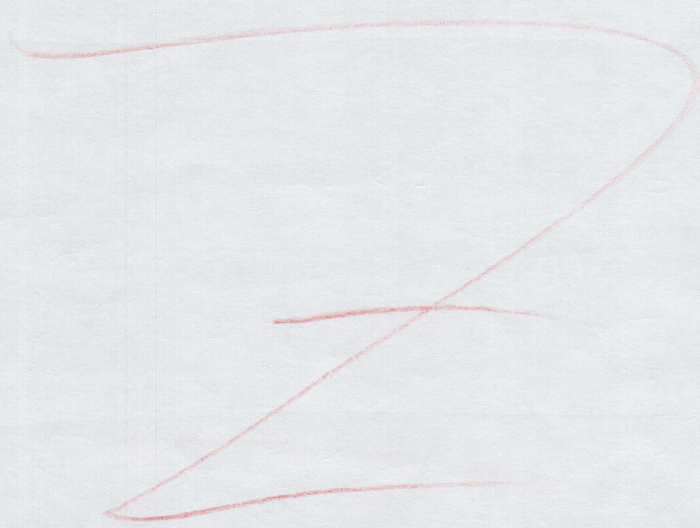
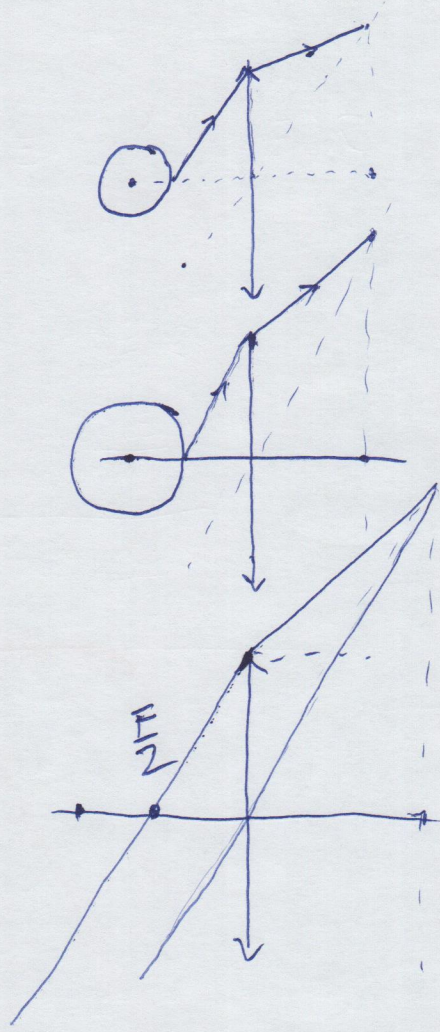
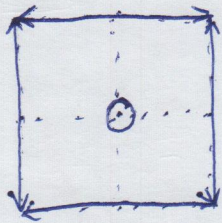
$F \approx 2R = 4,5 \text{ см}$

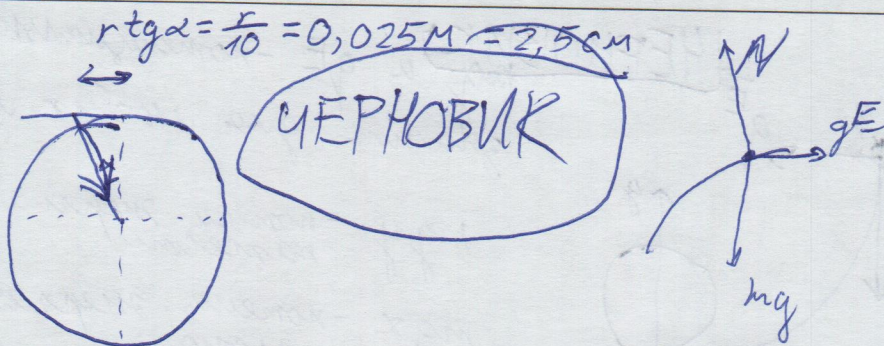
но чуть меньше, значит окружает в меньшую сторону.

$F \leq 4 \text{ см}$

не учено во всем

ЧЕРНОВИК





$$\frac{v^2}{r} = a \quad m\vec{a} = m\vec{g} + q\vec{E} + \vec{N}$$

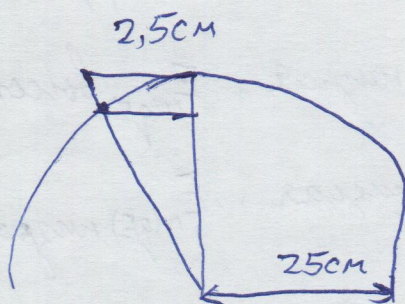
$$v = \sqrt{ar}$$

$$x_{\text{MIN}} = r \sin(\operatorname{arctg} \frac{1}{10})$$

$$y_{\text{MIN}} = r + r \cos(\operatorname{arctg} \frac{1}{10})$$

$$(qE + mg)R = qEx_{\text{MIN}} + mgy_{\text{MIN}} + \frac{mv_{\text{MIN}}^2}{2}$$

$$v_{\text{MIN}}^2 = \frac{2R(qE + mg) - qEr \sin(\operatorname{arctg} \frac{1}{10}) - mgr(1 + \cos(\operatorname{arctg} \frac{1}{10}))}{m}$$



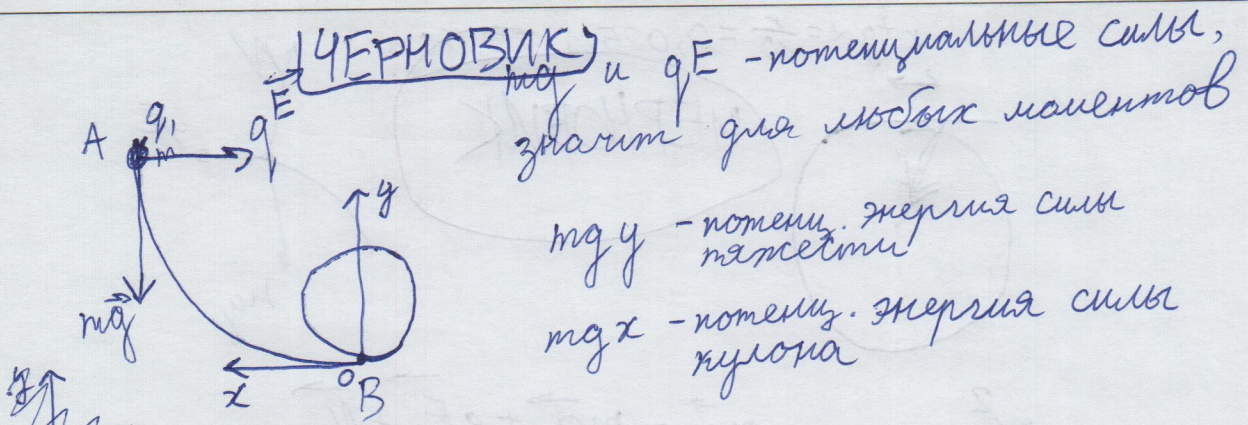
$$L = \sqrt{25^2 + 2,5^2} \text{ см} =$$

$$= 2,5 \text{ см} \cdot \sqrt{10^2 + 1^2} =$$

$$= 2,5 \sqrt{101} \text{ см}$$

$$\frac{x}{r} = \frac{2,5 \text{ см}}{2,5 \sqrt{101} \text{ см}} = \frac{\sqrt{101}}{101}$$

$$x = \frac{25 \sqrt{101}}{101} \text{ см}$$

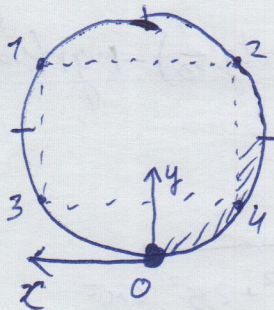


в м. А: $E_{\text{мех}} = mg \cdot R + qE \cdot R = (mg + qE)R$

в м. В: $E_{\text{мех}} = \frac{mv_0^2}{2} = (mg + qE)R$

$v_0^2 = 2R(g + \frac{qE}{m})$

$v_0 = \sqrt{2R(g + \frac{qE}{m})}$

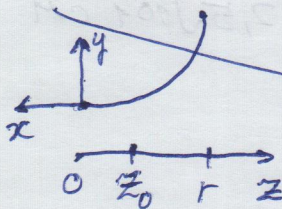


1: $E_{\text{п}(mg)}$ высокая, $E_{\text{п}(qE)}$ высокая

2: $E_{\text{п}(mg)}$ высокая, $E_{\text{п}(qE)}$ низкая

3: $E_{\text{п}(mg)}$ низкая, $E_{\text{п}(qE)}$ высокая

4: $E_{\text{п}(mg)}$ низкая, $E_{\text{п}(qE)}$ низкая



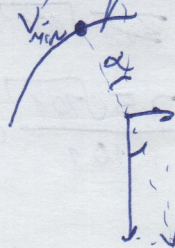
~~$(mg + qE)R = mgz_0 - qEz - mg\sqrt{r^2 - z^2} + \frac{mv^2}{2}$~~

~~$mv^2 = 2R(mg + qE) + qEz + mg\sqrt{r^2 - z^2}$~~

$mg = 0,001 \cdot 10 = 0,01 \text{ (Н)}$

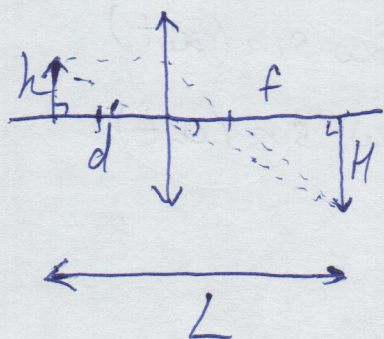
$qE = 10^{-6} \cdot 10^3 = 0,001 \text{ (Н)}$

$\alpha = \arctg(\frac{qE}{mg}) = \arctg \frac{1}{10}$



Черновик

4.



$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = 6 \text{ ДИТР}$$

$$\frac{H}{h} = \Gamma = 3 = \frac{f}{d}$$

$$f = 3d$$

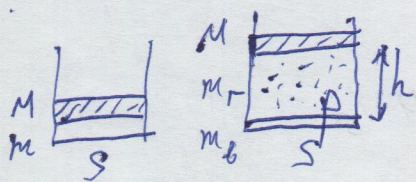
$$\frac{f+d}{dF} = 6 \text{ ДИТР}$$

$$\frac{3d+d}{d \cdot 3d} = \frac{4}{3d} = 6 \text{ ДИТР}$$

$$d = \frac{4}{3 \cdot 6 \text{ ДИТР}} = \frac{2}{9} \text{ м} \quad f = 3d = \frac{6}{9} \text{ м} = \frac{2}{3} \text{ м}$$

$$f+d = \frac{2}{9} \text{ м} + \frac{6}{9} \text{ м} = \frac{8}{9} \text{ м} = L$$

2.



$$Mg + p_0 S = pS$$

$$p = p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 \text{ Па} + \frac{100 \cdot 10}{100 \cdot 10^{-4}} \text{ Па} = 10^5 + 10^5 \text{ Па} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$phS = \frac{m_r}{\mu} RT$$

$$T = \frac{400 \text{ К}}{2.43}$$

$$m_r = \frac{\mu phS}{RT} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0.83 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{8.31 \cdot 10} =$$

$$= 2 \cdot 18 \cdot \frac{10^5 \cdot 0.83 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{10} = 36 \cdot 10 = 360 \text{ г}$$

Черновик

$$x_1 = -0,1 \cos(3\omega t) \quad v_1 = 0,1 \cdot 3\omega \cdot \sin(3\omega t)$$

$$x_2 = 0,1 \cos(\omega t) \quad v_2 = -0,1\omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$x_1 = x_2$$

$$-\cos(3\omega t_0) = \cos(\omega t_0)$$

~~Нет~~ ~~до~~

$$\arccos(-\cos(3\omega t_0)) = \omega t_0$$

$$\pi - 3\omega t_0 = \omega t_0$$

$$4\omega t_0 = \pi$$

$$t_0 = \frac{\pi}{4\omega}$$

$$v_1(t_0) = 0,3\omega \cdot \sin\left(3\omega \cdot \frac{\pi}{4\omega}\right) = \frac{0,3\sqrt{2}}{2}\omega \quad \left(\frac{m}{c}\right)$$

$$v_2(t_0) = -0,1\omega \cdot \sin\left(\omega \cdot \frac{\pi}{4\omega}\right) = -\frac{0,1\sqrt{2}}{2}\omega \quad \left(\frac{m}{c}\right)$$

$$v_{1CT} = -3v_{2CT} \quad \begin{cases} x_1(t_0) = -0,1 \cos\left(3\frac{\pi}{4}\right) = \frac{0,1\sqrt{2}}{2} \text{ м} \\ x_2(t_0) = 0,1 \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{0,1\sqrt{2}}{2} \text{ м} \end{cases}$$

$$m v_{1CT} + 3m v_{2CT} = (3m + m) v_0$$

$$\frac{0,3\sqrt{2}}{2}\omega + 3 \cdot \frac{-0,1\sqrt{2}}{2}\omega = 4v_0$$

$$v_0 = 0$$

$$W = \frac{3k \cdot x_{1CT}^2}{2} + \frac{k x_{2CT}^2}{2}$$

$$2W = k(3x_{1CT}^2 + x_{2CT}^2)$$

$$k = \frac{2W}{4x_{CT}^2} = \frac{3 \cdot \frac{M \cdot \omega^2}{2}}{4 \cdot 0,1^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 \omega^2} = \frac{3 \cdot \frac{M \cdot \omega^2}{2}}{0,01 \cdot \frac{1}{2} \omega^2} = 300 \frac{M \cdot \omega^2}{\omega^2} = 300 \frac{M}{m}$$

$$3k = 900 \frac{M}{m}$$