0 399895 620005

39-98-95-62
(49.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения МОСКВА
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов-2023»
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Прохорова Павла Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

15:14 Работу сдал Карпеченков Д.Ю.

Дата

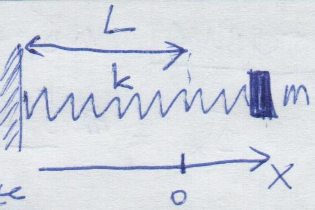
«05» марта 2023 года

Подпись участника

ЧИСТОВИК

1.2.2

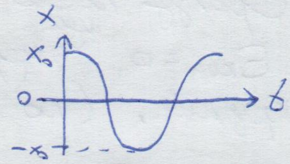
Уравнение пружины:



$ma = -kx \quad |:m$

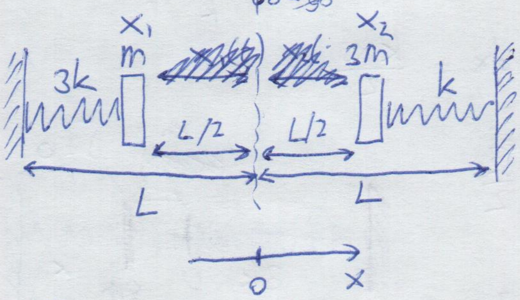
$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$ — гармонические колебания

(*) $x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi_0\right)$



При $v_0 = 0$, $x(0) = x_0$: $\quad x = x_0\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$

~~$v(0) = -A\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi_0\right) = 0$~~ ~~$\varphi_0 = 90°$~~



$x_1(0) = -\frac{L}{2} \qquad x_2(0) = \frac{L}{2}$

$x_1(t) = -\frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t\right)$

$x_2(t) = \frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right)$

Пусть $\omega = \sqrt{\frac{k}{3m}}$ тогда $\quad x_1(t) = -\frac{L}{2}\cos(3\omega t)$

$x_2(t) = \frac{L}{2}\cos(\omega t)$

Найдём τ — время столкновения

$x_1(\tau) = x_2(\tau) \quad \left| : \frac{2}{L}\right.$

$\cos(3\omega\tau) = -\cos(\omega\tau) \qquad \varphi = \omega\tau$

$\boxed{\begin{aligned} &(*)\ x(0) = A\sin\left(\sqrt{\tfrac{k}{m}}t + \varphi_0\right) = x_0 \\ &v(0) = \dot{x}(0) = -A\cos\left(\sqrt{\tfrac{k}{m}}t + \varphi_0\right) = 0 \\ &\Downarrow\ \varphi_0 = 90° \qquad x(t) = x_0\sin\left(\sqrt{\tfrac{k}{m}}t + 90°\right) \\ &A = x_0 \qquad\qquad\qquad\ \ \, \| \\ &\qquad\qquad\qquad\qquad x_0\cos\left(\sqrt{\tfrac{k}{m}}t\right)\end{aligned}}$

$\cos(3\varphi) = -\cos(\varphi) \iff \cos(3\varphi) + \cos(\varphi) = 0$

На интервале $\varphi \in [0; 60°]$, $3\varphi \in [0; 180°]$:

$\cos(3\varphi)$ монотонно убывает $\qquad \cos(3\varphi) + \cos(\varphi)$ возрастает

$-\cos(\varphi)$ монотонно возрастает

~~По непрерывности~~ может быть не более 1 корня.

$\varphi_0 = 45°$ подходит; это и есть единственный корень на интервале $\varphi \in [0; 60°]$

$\cos(135°) + \cos(45°) = -\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} = 0$.

Удар происходит в момент первого совпадения координат — $\min(\varphi \geq 0)$. φ_0 — наименьший корень ≥ 0, это и есть удар.

$\omega\tau = \cancel{45°} = \frac{\pi}{4}$

Скорости в момент удара:

$v_1(\tau) = \dot{x}_1(\tau) = \frac{L}{2}\cdot 3\omega\sin(\underbrace{3\omega\tau}_{3\pi/4}) = \frac{3}{2}L\omega\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$

$v_2(\tau) = \dot{x}_2(\tau) = -\frac{L}{2}\cdot\omega\sin(\underbrace{\omega\tau}_{\pi/4}) = -\frac{1}{2}L\omega\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$

Грузы сталкиваются и слипаются, применим ЗСИ:

N	1	2	3	4	5
оценка	20	20	18	20	20

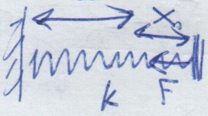
Σ 98

ЧИСТОВИК $m\vartheta_1 + 3m\vartheta_2 = 4m\vartheta_x$

$$\vartheta_x = \frac{\vartheta_1 + 3\vartheta_2}{4} = \frac{1}{4}\left(\frac{3}{2}L\omega\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} - 3\cdot\frac{1}{2}L\omega\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 0$$

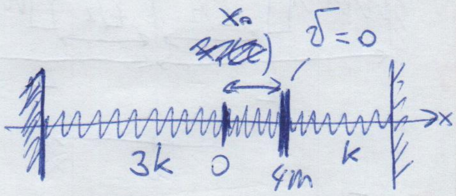
Сразу после удара слипшиеся грузы покоятся, $E_{кин} = 0$, мех. энергия системы состоит только из энергии пружин; (по ЗСЭ она потом не меняется).

Энергия одной пружины:



$$W_{пр} = \int_{x=0}^{x_0} F(x)\,dx = \int_{x=0}^{x_0} kx\,dx = \frac{kx_0^2}{2}$$

$$x_0 = x_1(\tau) = x_2(\tau) = \frac{L}{2}\cos(\overset{\pi/4}{\omega\tau}) = \frac{L}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$$



$$W = W_1 + W_2 = \frac{3kx_0^2}{2} + \frac{k(-x_0)^2}{2} = 2kx_0^2 =$$

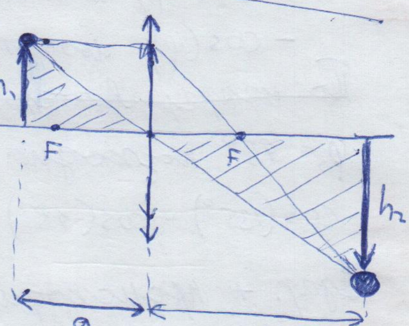
$$= 2k\cdot\frac{L^2}{4}\cdot\frac{2}{4} = \frac{kL^2}{4}$$

$$k = \frac{4W}{L^2} = \frac{12\text{ Дж}}{(0{,}2\text{ м})^2} = 300\text{ Н/м}$$

$$3k = 900\text{ Н/м} = \frac{12W}{L^2}$$

Ответ: 900Н/м.

4.5.2 $D = \frac{1}{F}$ + $\Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a}$ + подобие △



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = D \quad \Big|\cdot b$$ +

$\Gamma =$ $\frac{b}{a} + 1 = bD$ +

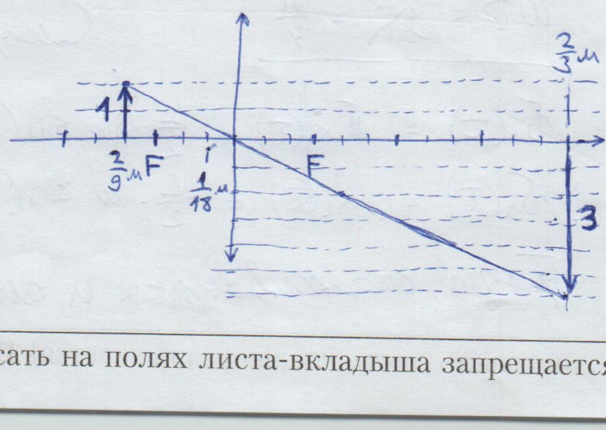
$$b = \frac{\Gamma + 1}{D} = \frac{3+1}{6\text{ дптр}} = \frac{2}{3}\text{ м}$$ + +

$$a = \frac{b}{b/a} = \frac{b}{\Gamma} = \frac{2}{9}\text{ м}$$ + +

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{6}\text{ м}$$

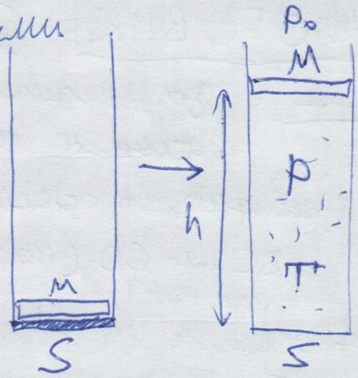
20

$$L = a + b = \left(\frac{2}{3} + \frac{2}{9}\right)\text{м} = \frac{8}{9}\text{ м}$$ + (4)



39-98-95-62 (49.3)

ЧИСТОВИК 2.9.2 Пренебрежём размерами воды ~~вначале~~ - при испарении она ~~увелич~~ сильно увеличивается в объёме $V_{воды} \ll V_{пара}$.



Равновесие поршня:

$Mg = (p - p_0)S$

$p = \frac{Mg}{S} + p_0 = \frac{100кг \cdot 10 Н/кг}{0{,}01 м^2} + 10^5 Па = 2 \cdot 10^5 Па$

$p = 2 \cdot 10^5 Па < p_{нас}(T') = 2{,}5 \cdot 10^5 Па$, равновесие $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ вся вода испарилась (иначе она может продолжать испаряться, пока $p < p_{нас}$.

Пар считаем идеальным газом:

$pV = \nu RT$ $\qquad V = Sh$

$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 Па \cdot 0{,}01 м^2 \cdot 0{,}83 м}{8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot 400K} = \frac{200}{400/моль} = 0{,}5$ моль

$m = \mu\nu = 18$ г/моль $\cdot$ $0{,}5$ моль $= 9$ г

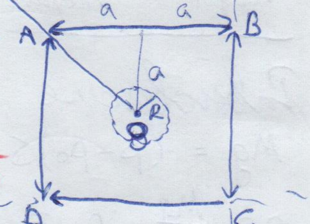
$m = \mu \frac{pV}{RT} = \mu\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right)\frac{Sh}{RT} = 9$ г.

Ответ: 9 грамм.

ЧИСТОВИК

5.3.2

Рассмотрим луч OA за пределами A. Он должен быть освещён, по условию.

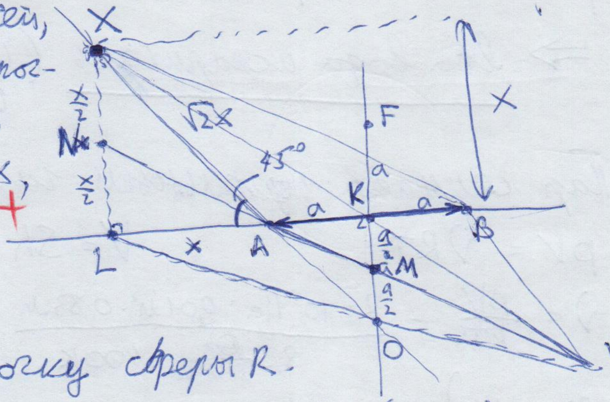


Очевидно, он освещён не через линзы BC или CD (находится не в той полуплоскости отн. них).

А освещён ли он через линзу AB или AD — без разницы из-за симметрии рисунка.

Поэтому рассмотрим такую конструкцию:

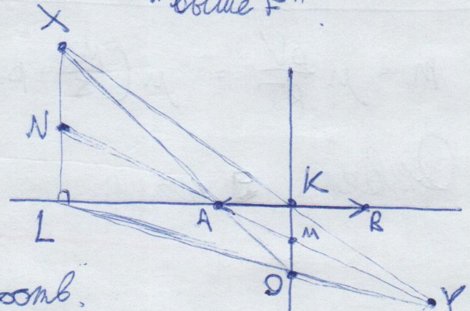
Из-за обратимости хода лучей, если точка X освещена источником, то если расположить точечный источник света в X, он осветит хотя бы одну из точек источника (по обратному ходу луча)



X освещает хотя бы одну точку сферы R.

X — точка на OA на расстоянии $\sqrt{2}x$ от A $(x > a)$ "выше F".

Y — изображение X через AB.



Известно, что Y — пересечение XK (луч через оптический центр) и LO (луч через фокус)

M, N — пересечение YA с KO и XL соотв.

$$\left.\begin{aligned}\triangle KAO \sim \triangle LAX &\Rightarrow \frac{KM}{MO} = \frac{LN}{NX} \\ \triangle KYO \sim \triangle XYL &\Rightarrow \frac{KM}{MO} = \frac{XN}{NL}\end{aligned}\right\} \quad \frac{XN}{NL} = 1,$$

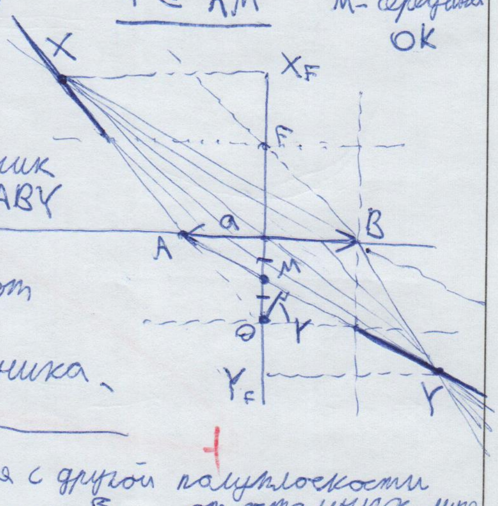
M, N — середины KO, XL соотв.

$\underline{Y \in AM}$

M — середина OK

X освещён источником через линзу AB

$\Downarrow$ какая-то точка источника освещена из X через линзу AB.



Лучи, прошедшие из X сквозь AB образуют треугольник $\triangle ABY$

В нём должна быть точка источника

Найдём минимальное расстояние от этого треугольника до точки O — это минимальный радиус светильника.

⊛ свет не может пройти через две линзы. В при проходе через одну он находится с другой полуплоскости от остальных линз

39-98-95-62
(49.3)

Так как X находится (на главной оси линзы) дальше F, то и Y – тоже:

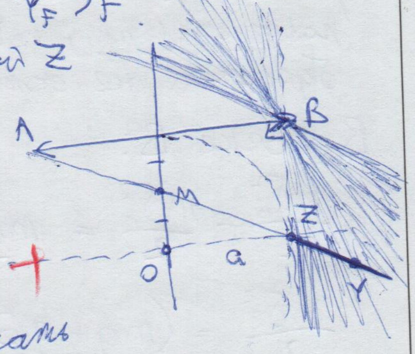
ЧИСТОВИК
есть продолжение через 2 стр

$$\frac{1}{x_F}+\frac{1}{y_F}=\frac{1}{F} \qquad x_F>F \Rightarrow \frac{1}{x_F}<\frac{1}{F} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{y_F}=\frac{1}{F}-\frac{1}{x_F}\in\left(0;\frac{1}{F}\right)<\frac{1}{F}$$

$$y_F>F$$

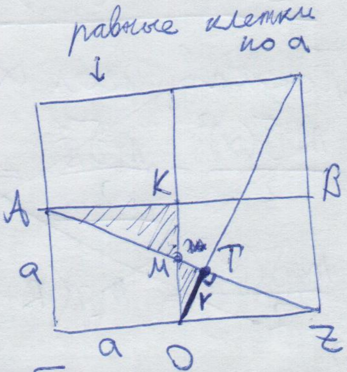
Y лежит на прямой AM ~~дальше~~ так, что $y_F>F$.
Значит, она лежит на луче AZ за точкой Z



⇓ Все возможные ~~лучи~~ прямые BY ~~находятся~~ (от BZ до параллельного AM) лежат от O дальше чем на расстоянии A.

Знагит, наименьшее расстояние (если оно окажется $<a$) стоит искать у прямой $AY=AM$

$\min r = OT$ (когда перпендикулярен)



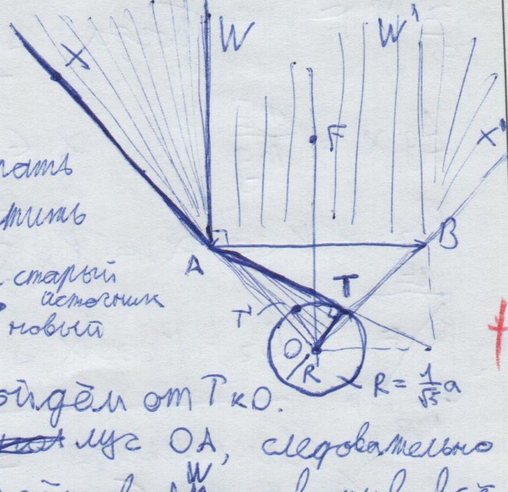
$$\frac{OT}{OM}=\frac{AK}{AM}$$

$$OT=\frac{AK}{AM}\cdot OM=\frac{a}{\frac{\sqrt5}{2}a}\cdot\frac{1}{2}a=\frac{1}{\sqrt5}a$$

Минимальный радиус светильника, ~~треб~~ при котором можно осветить луг OA ~~при~~ (при $x>a$) – это $R=\frac{1}{\sqrt5}a$. ← Ответ: $F=a=\sqrt5R\approx 5$ см

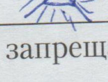
всё симметрично

Этого радиуса достаточно, чтобы осветить все 90°: (от OA до OB):



⊛ Внутри источника можно выбирать другие источники, и они будут светить так же, будто они есть:

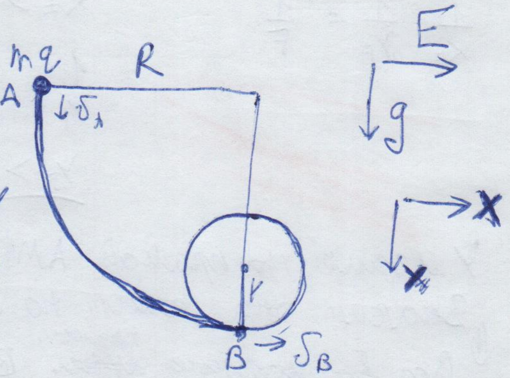
Выберем источник – отрезок TO. Пройдём от T к O.
Тогда ~~луч~~ луг ~~TA~~ TA плавно перейдёт в ~~луг~~ луг OA, следовательно преломлённый луг AX плавно перейдёт в ~~AX~~ AW, осветив всё между AX и AW. W'BX' освещается симметрично. (через T')
Источник в O ~~в~~ в фокусе – осветит всё WABW' параллельными лугами.
Наконец, соединим все 4 линзы в квадрат, и освещённые 90°-градусные сектора превратятся во всю плоскость.



ЧИСТОВИК | 3.9.2. mg и qE – потенциальные силы, трения нет, применим ~~ЗСЭ~~ ЗСЭ:

~~$\Delta W_{пот} = -mg$~~

$$\Delta E_{кин} = -\Delta W_{пот} = mg\Delta y + qE\Delta x$$

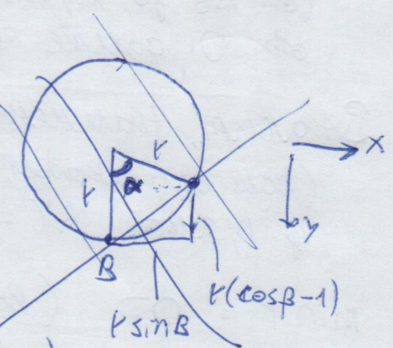


При съезде по большой дуге Δx и Δy положительны, $\Delta E_{кин}$ положителен, бусинка не останавливается.

В точке B: $v_A = 0$

$$\frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} = mgR + qER$$

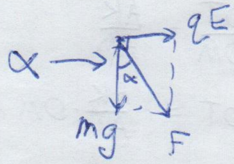
$$\frac{mv_B^2}{2} = (mg + qE)R$$



~~Проехав угол α на кольце:~~

~~$$\frac{mv(\alpha)^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2} = mgr\sin\beta + qEr(\cos\beta - 1)$$~~

~~$$\frac{mv(\alpha)^2}{2} = mg(R + r\sin\beta) + qE(R +$$~~



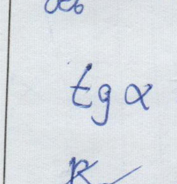
Рассмотрим суммарную силу $\vec{F} = m\vec{g} + q\vec{E}$, действующую на бусинку. $\vec{g} \perp \vec{E} \Rightarrow F = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} = const$

Это тоже потенциальная сила (так как сумма потенциальных)

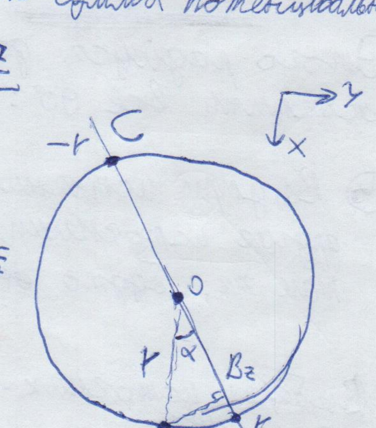
$\underset{ось}{\vec{Z}} \uparrow\uparrow \vec{F}$ Тогда $\Delta E_{кин} = -\Delta W_{пот} = F\Delta Z$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{qE}{mg} \qquad \alpha \in [0; 90°]$$

~~$$B_Z = r\cos\alpha = r\sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2\alpha + 1}} = r\cdot\frac{mg}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$$~~



$$B_Z = r\cos\alpha = r\frac{mg}{F}$$



Наименьшая $E_{кин}$ будет в точке С с наименьшей $Z_{min} = -r$

$C_Z = -r$

$B_Z = r\frac{mg}{F}$

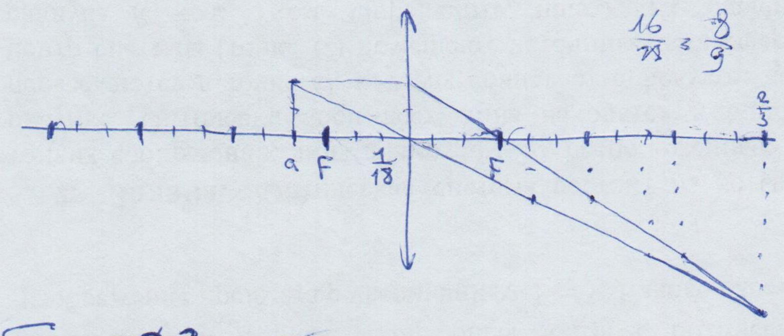
$$E_{кин}(C) = E_{кин}(B) + F(C_Z - B_Z)$$

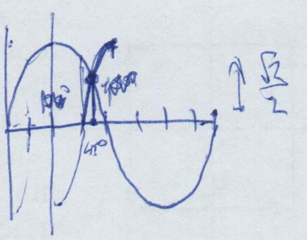
min → min для $E_{кин}$ → min

$$\frac{mv_C^2}{2} = \frac{mv_B^2}{2} - F\left(r + r\frac{mg}{F}\right)$$

$$\frac{12}{0{,}04} = \frac{1200}{4} = 300$$

$\sin 135° = \frac{\sqrt{2}}{2}$





$\sqrt{5} = 2{,}23$

$\boxed{\sqrt{5} \approx 2{,}24}$

4 | 100
84
44 | 1600
1329

$$tg^2\alpha = \frac{\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{1}{\cos^2\alpha} - 1 \qquad \cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{tg^2\alpha + 1}}$$

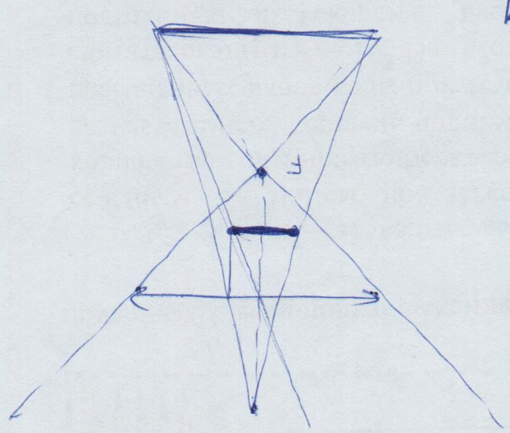
$\frac{1}{\sqrt{2}}$

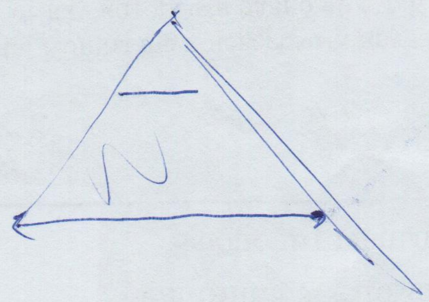
$\cos\alpha$

$$W = \frac{3k\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{L}{2}\right)^2}{2} + \frac{k\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{L}{2}\right)^2}{2} =$$

$$= \frac{3k}{2}\cdot\frac{L^2}{8} + \frac{k}{2}\cdot\frac{L^2}{8} = 2k\cdot\frac{L^2}{8} = \frac{kL^2}{4}$$

$$k = \frac{4W}{L^2} = \frac{4\cdot 3\,Dm}{(0{,}2\,m)^2} = 300\,N/m$$





Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Олимпиада «Ломоносов 2022/2023» по физике

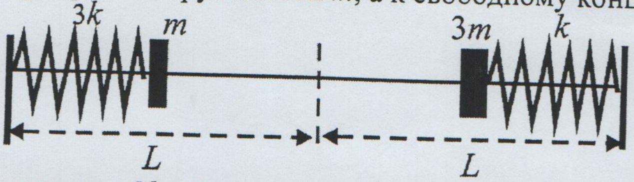
Заключительный этап для 10-11-х классов

39-98-95-62
(49.3)

Вариант №2

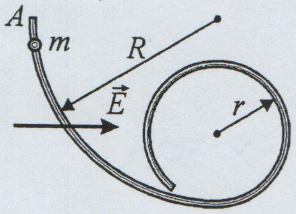
$x_s > F$
$\frac{1}{x_s} < \frac{1}{F}$

1.2.2. Задача. Концы двух невесомых пружин длиной $L = 20$ см каждая закреплены на стенах, расстояние между которыми равно 40 см. К свободному концу первой пружины жёсткостью $3k$ прикреплён груз массой m, а к свободному концу второй пружины жёсткостью k массой $3m$. Грузы могут скользить по гладкому горизонтальному стержню. Пружины сжимают до длины 10 см и отпускают. Через некоторое время грузы сталкиваются и слипаются. Пренебрегая толщиной грузов, определите жёсткость первой пружины $3k$, если полная механическая энергия системы после удара грузов равна $W = 3$ Дж.



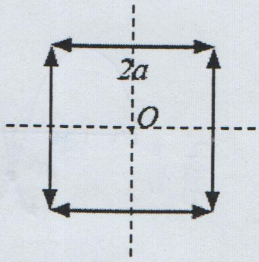
2.9.2. Задача. В вертикально расположенной трубе с запаянным дном и с поперечным сечением $S = 100$ см^2 под легко подвижным поршнем массой $M = 100$ кг находится некоторое количество воды при температуре $0°C$. Вся конструкция нагревается до температуры $t = 127$ °C. В результате чего поршень поднимется на высоту $h = 0{,}83$ м. Определить массу воды m. Давление насыщенных паров воды при температуре $t = 127°C$ равно $p_н = 2{,}5 \cdot 10^5$ Па. Атмосферное давление считать равным $p_0 = 10^5$ Па. Молярная масса воды $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Универсальную газовую постоянную и ускорение свободного падения принять равными соответственно $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К) и $g = 10$ м/с^2. Результат выразите в граммах.

3.9.2. Задача. Тонкой пластмассовой спице придали форму, изображенную на рисунке, изогнув ее в виде дуги, образующей четверть окружности радиусом $R = 1$ м, и кольцевого витка радиусом $r = 0{,}25$ м. Плоскость дуги и витка расположена вертикально. По спице может без трения перемещаться маленькая бусинка массой $m = 1$ г, несущая заряд $q = 10^{-6}$ Кл. Вся система помещена в однородное электрическое поле напряженностью $E = 10^3$ В/м, направленное горизонтально в плоскости дуги и витка. Бусинку помещают в точку A, в которой касательная к дуге окружности радиусом R вертикальна, и отпускают без начальной скорости. Чему равна минимальная скорость v_{min} бусинки при ее движении по витку? Заряд бусинки при движении остается неизменным. Поляризацией пластмассы и потерями энергии на излучение можно пренебречь. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2. При решении считайте, что $r \le \dfrac{(qE + mg)R}{mg + \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}}$.



4.5.2. Задача. Тонкая собирающая линза с оптической силой $D = 6$ дптр дает на экране изображение предмета с увеличением $\Gamma = 3$. Каково расстояние L между предметом и экраном?

5.3.2. Задача. Оптическая система состоит из четырёх одинаковых тонких собирающих линз диаметром $2a$, расположенных как показано на рисунке. Оптические оси всех линз находятся в одной плоскости и пересекаются в точке O, которая совпадает с фокусом каждой линзы. В центр системы (точка O) помещают источник света сферической формы радиуса $R = 2{,}25$ см. Определите, при каких значениях фокусного расстояния линз F такая система будет излучать свет по всем направлениям в плоскости рисунка? Ответ приведите в сантиметрах, округлив до целых.



$R = 2{,}25 \text{ см} = \frac{1}{\sqrt{5}} a$ $\quad a = \sqrt{5} \cdot 2{,}25$

$$\frac{m v_c^2}{2} = (mg+qE)R - \cancel{\ldots}\,(mg+F)r \overset{?}{\geq} 0$$

$\Downarrow$ не остановится раньше, доедет до C.

$$r(mg+F) \overset{?}{\leq} (mg+qE)R$$

$$r \leq \frac{(mg+qE)R}{mg+F} = \frac{(mg+qE)R}{mg+\sqrt{(mg)^2+(qE)^2}}$$ – верно по условию.

$$E_{кин}(C) = \frac{m v_c^2}{2}$$ – минимальна на всём кольце.

v_c – минимальная скорость

$\boxed{\text{ЧИСТОВИК}}$

$$v_c^2 = \frac{2}{m}\left((mg+qE)R - (mg+F)r\right)$$

$$v_c = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\underbrace{(mg+qE)R - (mg+\sqrt{(mg)^2+(qE)^2})r}_{\geq 0}\right)}$$ +

~~ЧЕРНОВИК~~ $\boxed{\text{ЧИСТОВИК}}$ 5.3.2

~~ЧИСТОВИК~~ ~~[illegible]~~ Подробнее последний шаг.

~~ПУСТОЙ~~

$R = \frac{1}{\sqrt{5}} a$

$a = \sqrt{5} R \approx \underline{5 \text{ см}}$

$R \approx \sqrt{5}$ см

Z находится на фокальной плоскости

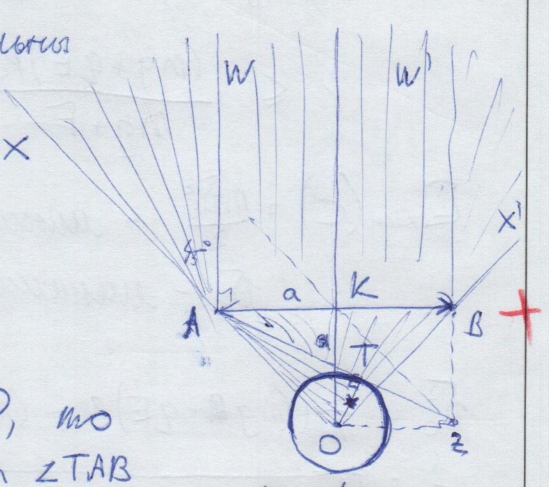
⇓ все преломлённые лучи из Z параллельны

⇓ AX ∥ ZK ∥ OA.

TA преломляется в AX.

O – фокус

⇓ OA преломляется в AW



Если плавно двигать источник E из T в O, то ∠EAB будет плавно изменяться от ∠TAB до ∠OAB.

Тогда преломлённый луч EA → AE' будет

⇓ плавно изменяться от AX до AW (∠BAE' – от ∠BAX до ∠BAW)

Часть плоскости внутри ∠XAW освещена.

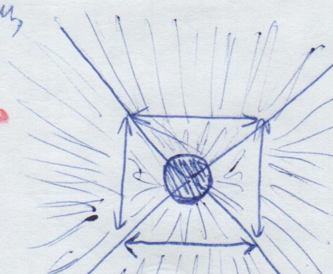
Симметричная ей часть плоскости – тоже. (∠W'BX') отн. OK

Фокус O освещает WABW'.

⇓ ∠XOX' $_{=90°}$ полностью освещён. (ΔAOB очевидно освещён.)

⇓ Когда соединим 4 линзы в квадрат, каждая осветит по четверти плоскости, вся плоскость будет освещена.

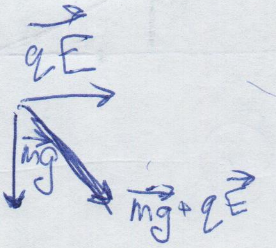
Молодец!

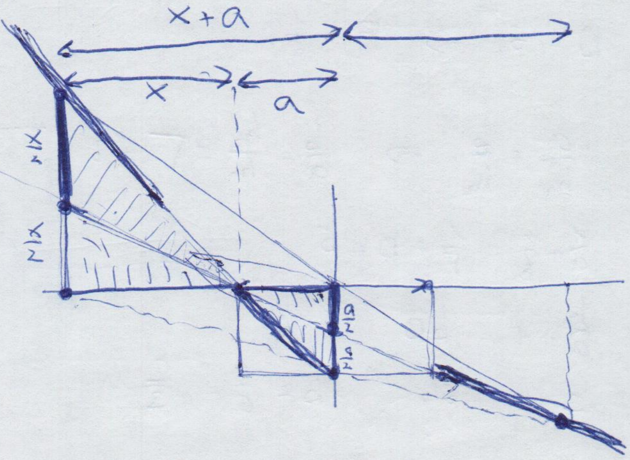


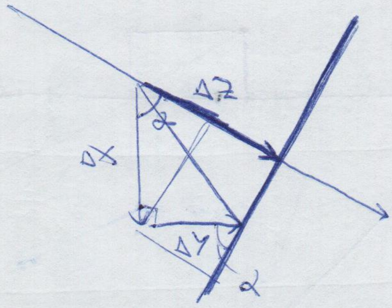
ещё можно добавить, что f>R

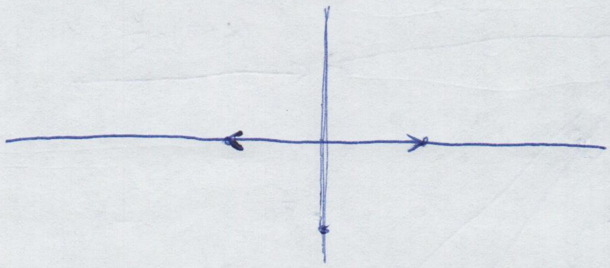
Ответ: R<f = a = $\sqrt{5}R \approx 5$ см. +

ЧЕРНОВИК



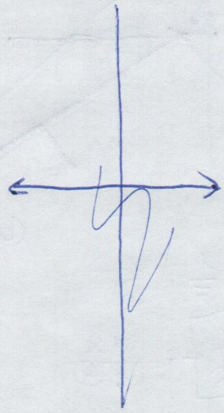


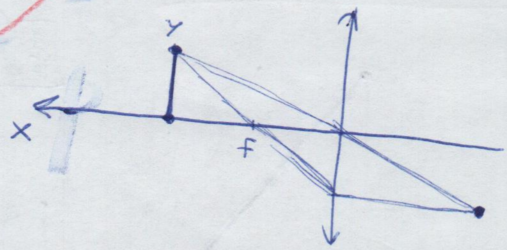


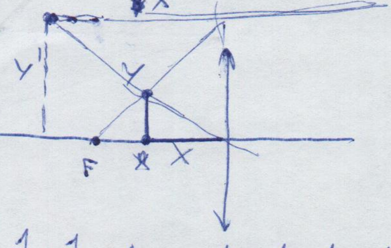


$$mg\,\Delta x + qE\,\Delta y \overset{?}{=} \sqrt{(mg)^2+(qE)^2}\,\Delta z$$

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







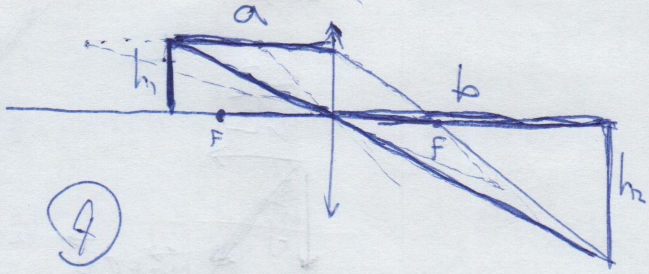
$\frac{1}{x}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}$ $\quad$ $\frac{1}{b}=\frac{1}{x}-\frac{1}{F}$

$y'=\frac{x'}{x}y=\frac{yF}{F-x}$ $\quad$ $x'=\frac{1}{\frac{1}{x}-\frac{1}{F}}=\frac{xF}{F-x}$

$x \longrightarrow \frac{xF}{F-x}$

ЧЕРНОВИК

$D = 6 \Rightarrow F = \frac{1}{6}$ м



$\frac{a}{h_1} = \frac{b}{h_2} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{h_2}{h_1} = \Gamma = 3$

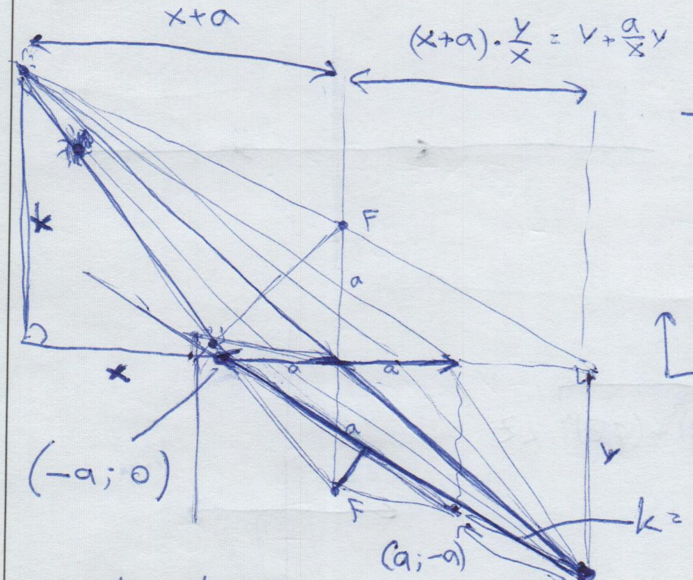
$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = D = 6 \quad | \cdot b$

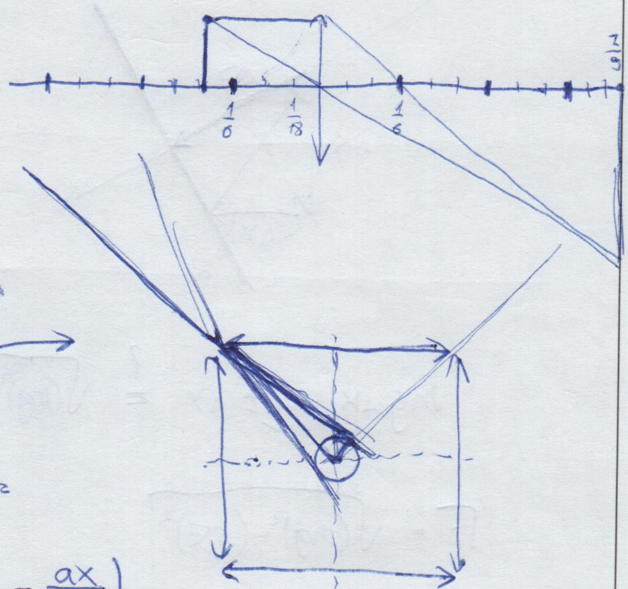
4

$\frac{b}{a} + 1 = bD$

$\underbrace{3+1}_{4} = 6b \qquad b = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ м $\qquad a = \frac{2}{9}$ м

$(x+a)\cdot\frac{y}{x} = y + \frac{a}{x}y$



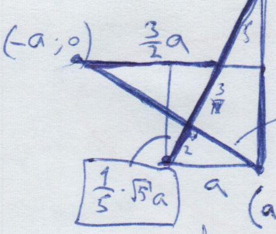


$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{F} = \frac{1}{a}$

$\boxed{y = \frac{1}{\frac{1}{a} - \frac{1}{x}}} = \frac{ax}{x-a}$

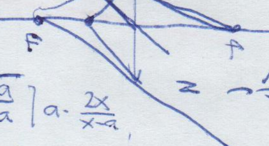
$(x+a)\cdot\frac{y}{x} = a\cdot\frac{x+a}{x-a}$

$\left(a\cdot\frac{x+a}{x-a};\ -\frac{ax}{x-a}\right)$

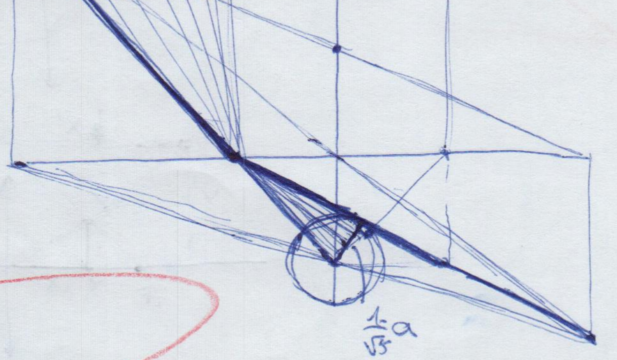


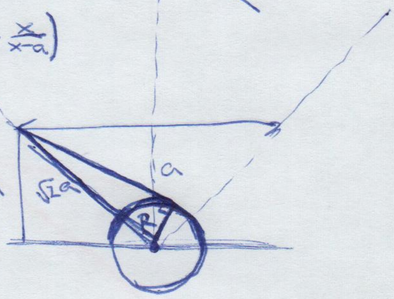
$k = \frac{-a\cdot\frac{x}{x-a}}{a + a\cdot\frac{x+a}{x-a}} \quad | \; a\cdot\frac{2x}{x-a}$

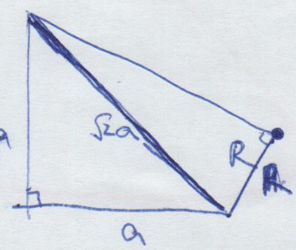
$\left(a\cdot\frac{x+a}{x-a};\ -a\cdot\frac{x}{x-a}\right)$



$= -\frac{1}{2}$

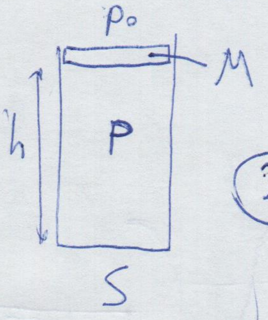






ЧЕРНОВИК

$0{,}0106\,м^2 =$ $1\,м^2 = 10\,000\,см^2$



$Mg = (p - p_0)S$

$p = \frac{Mg}{S} + p_0 = \frac{100\,кг \cdot 10\,\frac{Н}{кг}}{0{,}01\,м^2} + 1 \cdot 10^5\,Па =$

$= 2 \cdot 10^5\,Па < p_{нас} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ вся вода испарилась

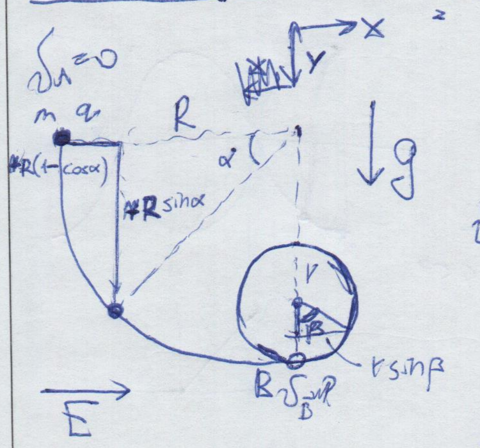
$pV = \nu RT$, $V = Sh$

$\nu = \frac{pSh}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5\,Па \cdot 0{,}01\,м^2 \cdot 0{,}83\,м}{8{,}3\,\frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 400\,К} =$

$127°C = 400\,K$ (+273)

$= \frac{200}{400}\,моль = 0{,}5\,моль$

$m = M\nu = 18 \cdot 10^{-3}\,кг/моль \cdot 0{,}5\,моль = 9\,г$



$\Delta E_{кин} = -\Delta W_{пот} = mg\Delta Y + qE\Delta X$

$\frac{m v^2(\alpha)}{2} = mgR\sin\alpha + qER(1-\cos\alpha)$, >0, >0, >0

$\frac{m v^2(90°)}{2} = mgR + qER$

$$\boxed{v_B = \sqrt{\frac{2(mg+qE)R}{m}}}$$

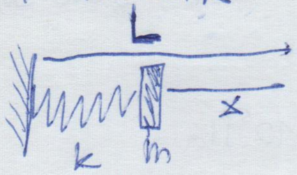
$\frac{m v^2(\beta)}{2} - \frac{m v_B^2}{2} = mgr(\cos\beta - 1) + qEr\sin\beta$

$\frac{m v^2(\beta)}{2} = mgR + qER - mgr(1-\cos\beta) + qEr\sin\beta \rightarrow \min$?

$mg(R-r) + qER + (mg\cos\beta + qE\sin\beta)r$

$\min(\underbrace{mg}_{0{,}001\cdot 10}\cos\beta + \underbrace{qE}_{10^{-6}\cdot 10^3}\sin\beta) = \min(0{,}01\cos\beta + 0{,}001\sin\beta)$

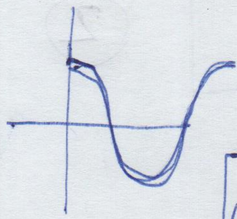
ЧЕРНОВИК



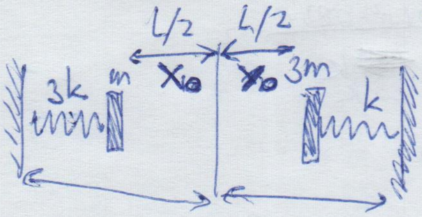
$$\ddot{\varphi} = -w^2\varphi$$

$$ma = kx$$
$$-m\ddot{x} = kx$$
$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$$
$$w = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x = x_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$

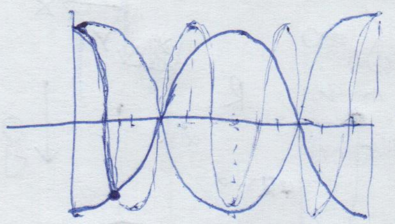


$$\boxed{w = \sqrt{\frac{k}{3m}}}$$



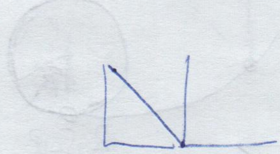
$$x = x_0\cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t\right) = \frac{L}{2}\cos(3wt)$$
$$y = y_0\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right) = \frac{L}{2}\cos(wt)$$

$$x(\tau) = -y(t)$$
$$\cos(3w\tau) = -\cos(w\tau)$$



$$\cos(3\alpha) = \cos(2\alpha + \alpha) =$$
$$= \cos 2\alpha \sin\alpha - \sin 2\alpha \cos\alpha$$

$\alpha = 45°$: $\cos(\underset{135°}{45°\cdot 3}) = -\frac{\sqrt{2}}{2} = -\cos 45°$



$$w\tau = \frac{\pi}{4}$$

$$x_1(t) = -\frac{L}{2}\cos(3wt)$$
$$x_2(t) = \frac{L}{2}\cos(wt)$$

$w\tau = \frac{\pi}{4}$ – удар.

$$x_1'(t) = \frac{3}{2}wL\sin(3wt)$$
$$x_2'(t) = -\frac{1}{2}wL\sin(wt)$$

$\delta_1(\tau) =$

$$r(mg + \sqrt{}) \leq (qE + mg)R$$
$$r\sqrt{} \leq qE\cdot R + mg(R - r)$$