15:12. Работа сдана, Руденко

0 244920 760006

24-49-20-76
(50.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Каспарова Николая Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Подпись участника

Дата

«05» Марта 2023 года

24-49-20-76 (50.1)

Задача №4.5.3 Чистовик

рисунок — ?

1) Для ↕: $\frac{1}{F} = D \rightarrow F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5м^{-1}} = 0{,}2м$

2) ~~[illegible]~~ Изображение на экране, значит оно действительное

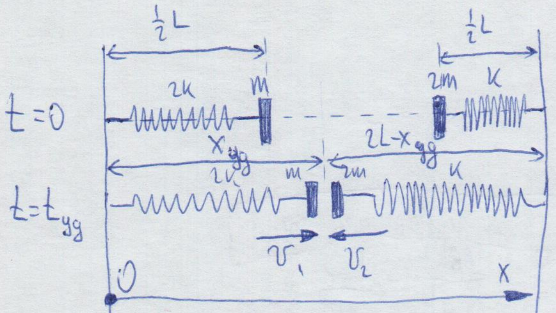
Уравнение тонкой линзы:

$\frac{1}{d} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \rightarrow d = \frac{FL}{L-F} = \frac{0{,}2м \cdot 1м}{0{,}8м} = 0{,}25м$

3) $\Gamma = \frac{L}{d} = \frac{1м}{0{,}25м} = 4$; ~~[illegible]~~

Ответ: $\Gamma = 4$

Задача №1.2.3.



1) До столкновения известно, что

$\omega_1 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$; $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$; $\omega_1 = 2\omega_2$ +

Введём ось x, найдём $x_1(t)$ и $x_2(t)$,

$x_1 = x_1(t) = x_{01} + A_1 \sin(\omega_1 t) + B_1 \cos(\omega_1 t)$

x_{01} – координата ПР; $x_{01} = L$

$x_1(0) = \frac{1}{2}L = L + B_1 \rightarrow B_1 = -\frac{1}{2}L$

$v_1(t) = x_1'(t) = A_1\omega_1\cos(\omega_1 t) - B_1\omega_1 \sin(\omega_1 t)$

$v_1(0) = 0 = A_1\omega \rightarrow A_1 = 0$: готово:

Посчитаем $x_2(t)$ аналогично:

$x_2(t) = x_{20} + A_2\sin(\omega_2 t) + B_2\cos(\omega_2 t)$

$x_{20} = L$; $x_2(0) = \frac{3}{2}L = L + B_2 \rightarrow B_2 = \frac{1}{2}L$

$v_2(t) = x_2'(t) = A_2\omega_2\cos(\omega_2 t) - B\omega_2\sin(\omega_2 t)$

$v_2(0) = 0 \rightarrow A_2 = 0$

$\boxed{x_1(t) = L - \frac{1}{2}L\cos(\omega_1 t) = L - \frac{1}{2}L\cos(\frac{2\pi}{T_1}t) \\ x_2(t) = L + \frac{1}{2}L\cos(\omega_2 t) = L + \frac{1}{2}L\cos(\frac{2\pi}{T_2}t)}$

2) Найдём $t_{уд}$ столкновения: $x_1(t) = x_2(t) \rightarrow \cos(\omega_1 t_{уд}) = -\cos(\omega_2 t_{уд}) = \cos(\pi - \omega_2 t_{уд})$

$\omega_1 t_{уд} + \omega_2 t_{уд} = \pi \rightarrow$ $t_{уд} = \frac{\pi}{\omega_1 + \omega_2}$ +

$x_{уд} = x_1(t_{уд}) = L - \frac{1}{2}L\cdot\cos\left(\frac{\omega_1}{\omega_1+\omega_2}\pi\right)$

$\boxed{x_{уд}} = L - \frac{1}{2}L\cos(\frac{2}{3}\pi) = L + \frac{1}{2}L\cdot\cos(\frac{\pi}{3}) = \boxed{\frac{5L}{4}}$ +

$v_{1x}(t_{уд}) = \frac{1}{2}L\omega_1 \sin\left(\frac{\omega_1}{\omega_1+\omega_2}\pi\right) = \frac{\sqrt{3}}{4}L\omega_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}L\omega_2$

$v_{2x}(t_{уд}) = -\frac{1}{2}L\omega_2 \cdot \sin\left(\frac{\omega_2}{\omega_1+\omega_2}\pi\right) = -\frac{\sqrt{3}}{4}L\omega_2$

$\rightarrow 2v_2 = v_1$ +

3) За время соударения напишем ЗСИ:

x: $mv_1 - 2mv_2 = 3mv^*$, но $2v_2 = v_1 \rightarrow v^* = 0 \rightarrow$ Произойдёт остановка, а $x_{уд}$ – координата одной из амплитуд.

4) ~~Найдём новое ПР. 23И.~~ ПР своего положения не изменит:

$A = \frac{5L}{4} - L = \frac{1}{4}L \rightarrow L = 4A = 20см$ Ответ: $L = 4A = 20см$

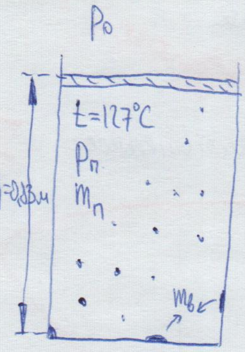
+

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	5	20	85

восемьдесят пять

Плющина Камилов Кудинов Комиссаров

Задача №2.9.3. Чистовик

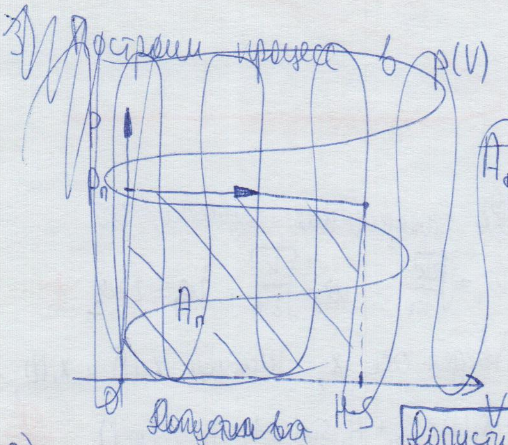


1) Под поршнем нет воздуха, а $p_{н.п}(0°C)$ пренебрежимо мало. В начальном состоянии поршень почти лежал на дне

2) Рассмотрим поршень в конечном состоянии:

$$p_п S = Mg + p_0 S \to p_п = \frac{Mg}{S} + p_0; \quad p_п \le p_{н.п}$$ +

3) ~~Построим процесс в p(V)~~



$\cancel{A_c = p_п \cdot HS = p_0 SH + MgH}$

~~Допустим вся~~

$\boxed{\text{Допустим, вся вода испарилась, тогда:}}$

3) $$p_п \cdot HS = \frac{m_в}{\mu} RT = p_0 SH + MgH \to M = \frac{m_в RT}{\mu g H} - \frac{p_0 S}{g}$$

$$M = \frac{9\,гр \cdot 8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 400\,К}{18 \frac{гр}{моль} \cdot 10 \frac{м}{с^2} \cdot 0{,}83\,м} - \frac{10^5\,Па \cdot 100^{-1}\,м^2}{10 \frac{м}{с^2}} =$$

$$\boxed{M = 200\,кг - 100\,кг = 100\,кг}$$

Проверим, возможно ли такое:

$$p_п = \frac{Mg}{S} + p_0 = 100000\,Па + 10000\,Па = 2 \cdot 10^5\,Па \le p_{нп}$$

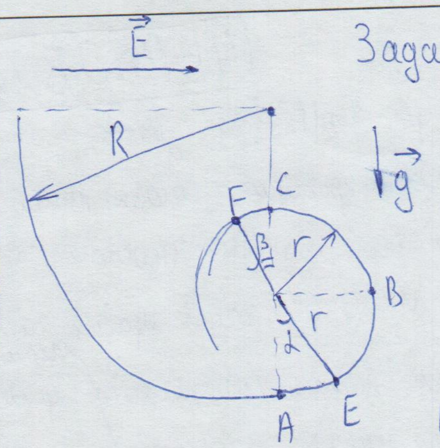
$$2 \cdot 10^5\,Па \le 2{,}5 \cdot 10^5\,Па$$

Значит, предположение верно

Ответ: $M = \frac{m_в RT}{\mu g H} - \frac{p_0 S}{g} = 100\,кг$

$R = 1$ м
$r = 0{,}25$ м
$m = 10^{-3}$ кг
$q = 10^{-6}$ Кл
$E = 10^{3}$ В/м

$n = \frac{v_{max}}{v_{min}} = ?$



Задача №3.9.3 Чистовик

1) До движения до т. A бусинка только ускорялась, затем, до т. B, неочевидно, что происходит со скоростью, до т. C она замедлялась, а потом движение снова стало непонятным.

Отметим точки E и F, в которых $v = v_{max}$ и $v = v_{min}$

2) $\vec{N}$ не совершает работу, а F_{mg} и $F_{эл}$ – потенциальные, тогда справедлив ЗСЭ: в т. E: $mgR + Eq(R + r\sin\alpha) - mgr(1-\cos\alpha) + \frac{1}{2}mv_{max}^2$

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = mg(R-r) + mgr\cos\alpha + EqR + Eqr\sin\alpha$$

Возьмем производную

$$0 = Eqr\cos\alpha - mgr\sin\alpha$$

$$mg\sin\alpha = Eq\cos\alpha$$

$$10^{-2}\,Н\cdot\sin\alpha = 10^{-3}\,Н\cdot\cos\alpha \quad |\cdot 10^{3}$$

$$10\sin\alpha = \cos\alpha \rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{10}$$

в т. F: $mg(R - r - r\cos\beta) + Eq(R - r\sin\beta) = \frac{1}{2}mv_{min}^2$

Возьмем производную

$$mgr\sin\beta - Eqr\cos\beta = 0 \rightarrow \operatorname{tg}\beta = \frac{1}{10}; \quad \boxed{\alpha = \beta}$$

Углы малые $\rightarrow \alpha = \beta \approx \frac{1}{10} \rightarrow \boxed{т.A \approx т.E;\ т.F \approx т.C}$

$\sin\alpha = \sin\beta \approx \frac{1}{10}$; $\cos\alpha = \cos\beta \approx 1 - \frac{1}{200} \approx 1$

3) $v_{max}^2 \approx 2gR + \frac{2Eq}{m}\left(R + \frac{1}{10}r\right) \approx (20+2)\frac{м^2}{с^2} \approx 22\frac{м^2}{с^2}$

$v_{min}^2 \approx 2g(R - 2r) + \frac{2Eq}{m}R = (20\cdot 0{,}5 + 2)\frac{м^2}{с^2} \approx 12\frac{м^2}{с^2}$

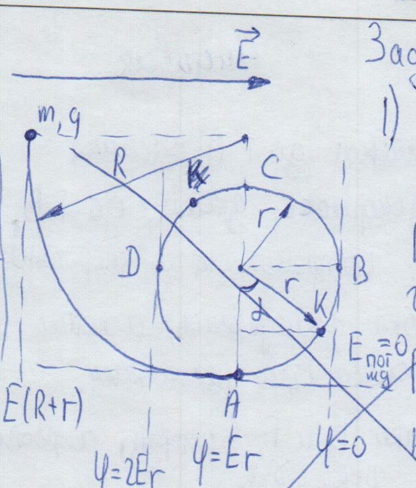
$$n = \sqrt{\frac{v_{max}^2}{v_{min}^2}} = \sqrt{\frac{11}{6}} \approx 1{,}35$$

Ответ: $n = \frac{v_{max}}{v_{min}} \approx 1{,}35$

24-49-20-76
(50.1)

$R = 1\,м$
$r = 0{,}25\,м$
$m = 10^{-3}\,кг$
$q = 10^{-6}\,Кл$
$E = 10^{3}\,\frac{В}{м}$

$n = \frac{v_{max}}{v_{min}} = ?$



Задача № 3.9.3

ЧЕРНОВИК

1) Потенциал $\varphi = -\mathrm{grad}(\vec{E})$, а значит, он спадает по направлению силовых линий $\vec{E}$. Расставим эквипотенциальные плоскости, учитывая, что $\Delta\varphi = E\cdot d$ и $\varphi = 0$ в самой правой части (см. рис.) горки. Потенциальную энергию силы тяжести примем нулю в самой нижней части (см. рис.) горки.

2) $\vec{N}$ не совершает работу, а $F_{эл}$ и mg – потенциальные силы, тогда справедлив ЗСЭ:

в т. A $\quad mgR + Eq(R+r) = mgh_A + \varphi_A q + \frac{1}{2}mv_A^2 = Eqr + \frac{1}{2}mv_A^2$

$\frac{1}{2}mv_A^2 = mgR + EqR \rightarrow v_A^2 = 2gR + \frac{2Eq}{m}R = 2\cdot 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 1\,м + \frac{2\cdot 10^3\,\frac{В}{м}\cdot 10^{-6}\,Кл\cdot 1\,м}{10^{-3}\,кг}$

$v_A^2 = 22\,\frac{м^2}{с^2}$

для т. B: $mgR + Eq(R+r) = mgr + \frac{1}{2}mv_B^2 \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = mg(R-r) + Eq(R+r)$

$v_B^2 = 2g(R-r) + \frac{2Eq}{m}(R+r)$

$v_B^2 = (15 + 2{,}5)\,\frac{м^2}{с^2} = 17{,}5\,\frac{м^2}{с^2}$

$$\begin{array}{r} 775 \\ +\;405 \\ 135 \\ \hline 18325 \end{array}$$

для т. C: $v_C^2 = 2g(R-2r) + \frac{2Eq}{m}R$

$v_C^2 = (20\cdot 0{,}5 + 2)\,\frac{м^2}{с^2} = 12\,\frac{м^2}{с^2}$

для т. D $\quad v_D^2 = 2g(R-r) + \frac{2Eq}{m}(R-r)$

$v_D^2 = \left(20\cdot\frac{3}{4} + 2\cdot\frac{3}{4}\right)\frac{м^2}{с^2} = 16{,}5\,\frac{м^2}{с^2}$

ЧЕРНОВИК

$$\begin{array}{r|l} 50 & 6 \\ -48 & 0{,}8333 \\ 20 & \\ 18 & \\ 20 & \end{array}$$

3) Проверим все точки в окружности r: точку K(α)

ЗСЭ: $mgR + Eq(R+r) = \frac{1}{2}mv_K^2 + mgr\cos\alpha + Eq(r - r\sin\alpha)$

$mgr(1-\cos\alpha) + Eqr(1-\sin\alpha)$

$\frac{1}{2}mv_K^2 = mg(R - r(1-\cos\alpha)) + Eq(R + r - r + r\sin\alpha) = mgR - mgr(1-\cos\alpha) + Eq(R + r\sin\alpha)$

$\frac{1}{2}mv_K^2 = mg(R-r) + mgr\cos\alpha + EqR + Eqr\sin\alpha$

$$\begin{array}{r} 1{,}35 \\ \times\;1{,}35 \\ \hline 775 \\ 405 \\ 135 \end{array}$$

Возьмем производную

$Eqr\cos\alpha - mgr\sin\alpha = 0$

$10^{-6}\,10^{-3}\cos\alpha - 10^{-3}\cdot 10\sin\alpha = 0 \rightarrow \sin\alpha = 0$

$\cos\alpha - 10\sin\alpha = 0$

$10\sin\alpha = \cos\alpha \;|:\cos\alpha$

$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{1}{10}$

1,8333

$$\begin{array}{r} 399 \\ +\;399 \\ 133 \\ \hline 17689 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1{,}4 \\ \times\;1{,}4 \\ \hline 56 \\ +\;14 \\ \hline 1{,}96 \end{array}$$

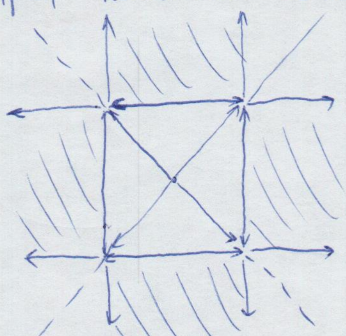
$$\begin{array}{r} 1{,}3 \\ \times\;1{,}3 \\ \hline 39 \\ +\;13 \\ \hline 169 \\ 1{,}69 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1{,}33 \\ \times\;1{,}33 \\ \hline 399 \\ +\;399 \\ 133 \end{array}$$

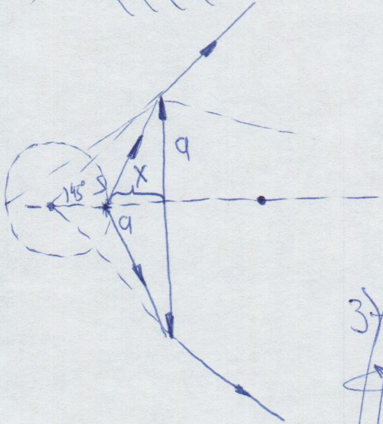
24-49-20-76
(50.1)

Задача №5.3.3. Чистовик

1) Рассмотрим начальное состояние. Заштрихована область, освещаемая светом; чтобы осветить всё, нужно, чтобы каждая линза осветила четверть плоскости (показано пунктиром). Видно, чтобы этого добиться, изображение в каждой линзе должно быть в центре



2)

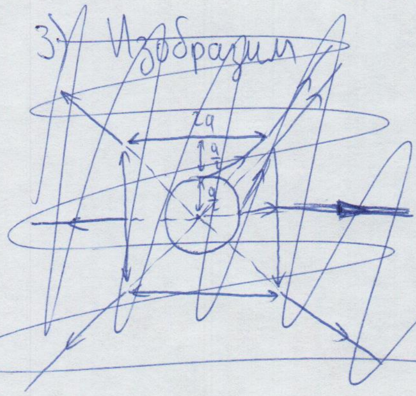


Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{x}-\frac{1}{a}=\frac{1}{a} \to \boxed{x=\frac{1}{2}a}$$

~~$R=a-x=\frac{1}{2}a$~~

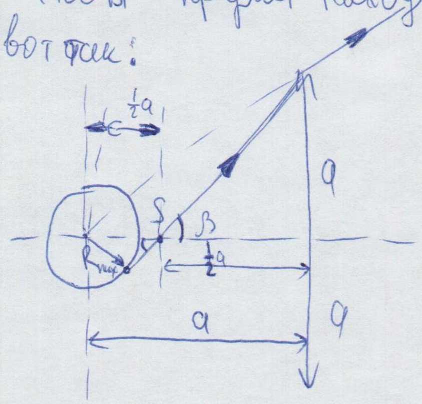
~~3) Изобразим~~



~~Ответ: $R < \frac{a}{2}$~~

~~$R < 2$ см~~

Чтобы предмет находился в S, сфера должна касаться луча вот так:



$tg\beta = 2$; $\sin^2\beta+\cos^2\beta=1 \quad |: \sin^2\beta$

$R_{max}=\frac{1}{2}a\sin\beta$ $\qquad 1+\frac{1}{tg^2\beta}=\frac{1}{\sin^2\beta}$

~~$R_{max}=\frac{\sqrt{5}}{4}a$~~

~~$R < \frac{\sqrt{5}}{4}a$~~

$\frac{5}{4}=\frac{1}{\sin^2\beta} \to \sin\beta=\frac{2}{\sqrt{5}}$

~~Ответ: $R < \frac{a}{\sqrt{5}}$, $R < 2$см~~

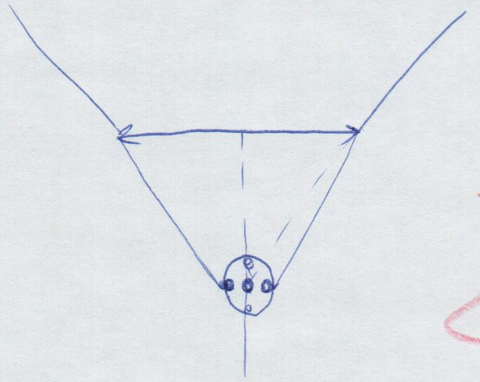
$R_{max}=\frac{1}{2}a\cdot\sin\beta=\frac{a}{\sqrt{5}}$

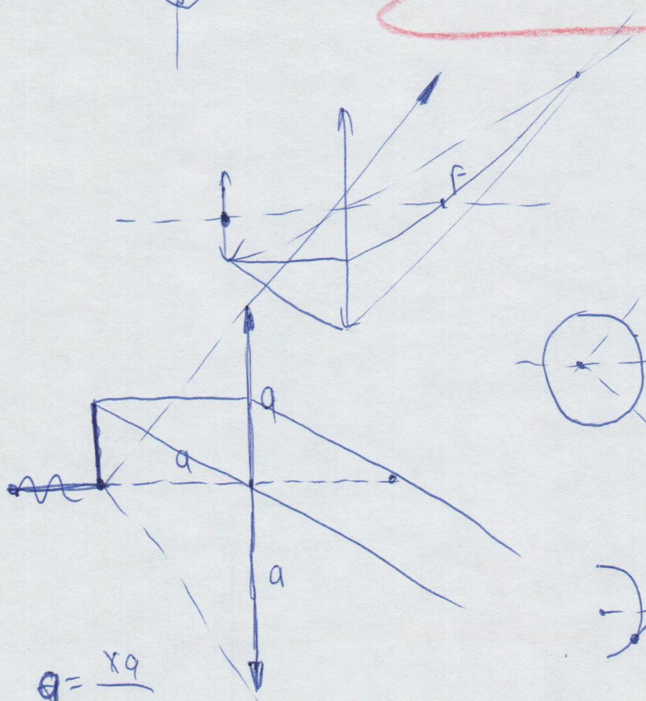
Ответ: $R < \frac{a}{\sqrt{5}}$

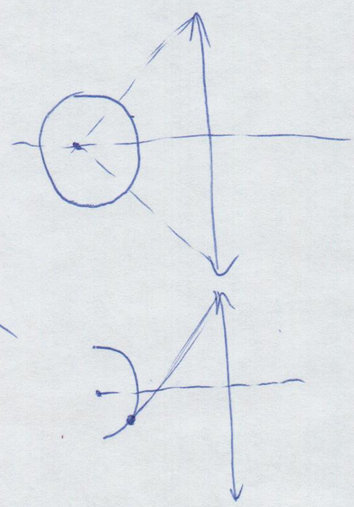
$R < 2$см

черновик

Черновик

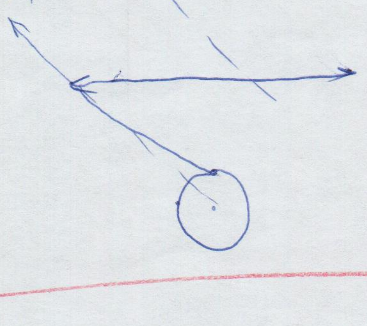






1

$$a = \frac{xa}{a-x}$$

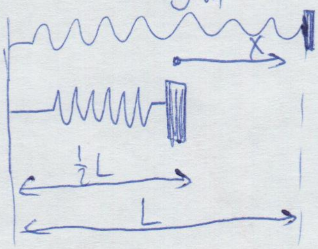


Черновик

$$0,83 \times 0,83 = 249 + 664 = 6889$$

$ma_1 = 2kx \to a_1 = \frac{2kx}{m}$ $\quad 2ma_2 = kx \to a_2 = \frac{kx}{2m}$

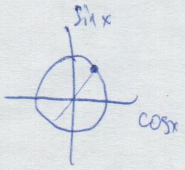
$\omega_1 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$ $\quad \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$



$x = -\frac{1}{2}L + A\cdot\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

$t=0$; $0 = -\frac{1}{2}L + B\cos(\omega t)$; $A=0$

$0 = -\frac{1}{2}L + \frac{1}{2}L\cos(\omega t) = \cancel{-\frac{1}{2}L + \frac{1}{2}L}$ $\quad \frac{1}{2}L(\cos(\frac{2\pi}{T}t) - 1)$



$x = \frac{1}{2}L - \frac{1}{2}L\cos(\omega t)$

$\cos(\pi + x) = -\cos x$

$\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$$\frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{\sqrt{\frac{2k}{m}}}{\sqrt{\frac{2k}{m}} - \sqrt{\frac{k}{2m}}} = \frac{\sqrt{\frac{2\cdot 2km}{km}}}{2-1} = 2$$

$$\frac{\sqrt{\frac{2\cdot 2\cdot m\cdot k}{mk}}}{\sqrt{\frac{2\cdot 2\cdot mk}{mk}} - \sqrt{\frac{2\cdot mk}{2\cdot mk}}\ 1} = 2$$

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

$\frac{T_2}{T_1} = 2$

$$\frac{\sqrt{\frac{k}{2m}}\ 1}{2+1}$$

$\cos x + \cos y = 0$

$\cos x = -\cos y$

$2k\cdot A_0 = kA_0$