0 527790 190006

52-77-90-19
(65.12)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения _____
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Лабуренных Максима Константиновича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

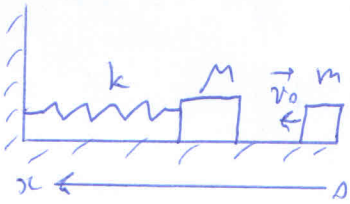
Подпись участника

52-77-90-19 (65.12)

Чистовик

№ 1.1.2.

Дано:
m; M;
v_0;
$t = \frac{15}{8}T$;
n – ?



Запишем закон сохранения импульса для упругого удара:

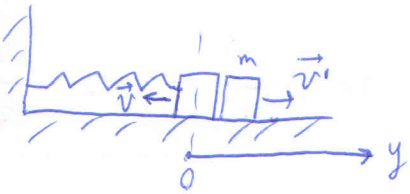
Ox: $mv_0 = Mv - mv'$ (1) +

v – скорость M; v' – скорость m.

Закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{mv'^2}{2} \quad (2)$$ +

Брусок M будет совершать гармонические колебания по закону sin для координаты.



$y(t) = A\sin(\omega t)$ (3); $y(0) = 0$ (м)

$y'(t) = A\omega\cos(\omega t) = v(t)$

$v_{max} = A\omega \Leftrightarrow A = \frac{v_{max}}{\omega}$;

Так как брусок начинает движение из положения равновесия, то его скорость в этом положении максимальна: $v_{max} = v$.

Для пружинного маятника:

ЗСЭ: $\frac{kx^2}{2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$ +

$kx\cancel{\dot{x}} + m\cancel{\dot{x}}\ddot{x} = 0$

$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ – дифференциальное ур-е

II порядка, тогда $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

81

Σ	25	23	15			
Оцен						
Ф.И.О.						
1	3	15	15	5	13	
2	10	8	10	5		
3						
4						

Чистовик

Пусть фрагмент m за время t проехал путь $s = v't$, тогда из ур-я (3):

$$y(t) = \frac{v}{\omega}\sin(\omega t) = 0 + s = v't$$

$$\frac{v}{\omega}\sin\left(\frac{5}{8}\cdot 2\pi\right) = v'\cdot\frac{5}{8}T;$$

$$\frac{v}{\omega}\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = v'\frac{5}{8}T; \quad v' = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi}v$$

Из (1): $v_0 = \dfrac{Mv - mv'}{m} \to (2)$

$$\frac{(Mv - mv')^2}{m} = Mv^2 + mv'^2$$

$$M^2v^2 + m^2v'^2 - 2mMvv' = Mmv^2 + m^2v'^2$$

$$Mv^2 - 2mvv' = mv^2; \quad \frac{M}{m}v^2 - 2vv' = v^2$$

$$n = \frac{v^2 + 2vv'}{v^2} = 1 + 2\frac{v'}{v} = 1 + 2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{5\pi} = \frac{5\pi + 4\sqrt{2}}{5\pi}.$$

Ответ: $n = \dfrac{5\pi + 4\sqrt{2}}{5\pi} \approx 1{,}35$ (+)

Вопрос:

Гармоническими колебаниями называются такие колебания, которые можно описать по закону sin или cos. Амплитуда – максимальное отклонение колеблющейся величины от положения равновесия в процессе колебаний.

Фаза колебаний – аргумент под cos или sin в уравнении гармонических колебаний (в радианах)

$$x(t) = x_{max}\cos(\underbrace{\omega t}_{\text{фаза колебаний}} + \underbrace{\varphi_0}_{\text{начальная фаза}})$$

где ω – собственная (циклическая) частота колебаний.

52-77-90-19 (65.12)

Чистовик

№ 4.10.2.

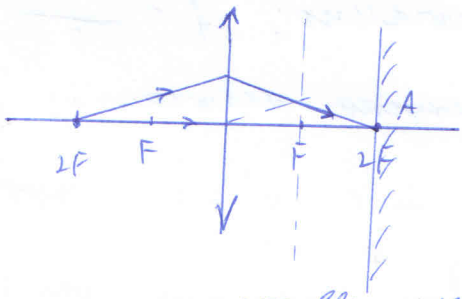
Дано:

$F = 15$ см;

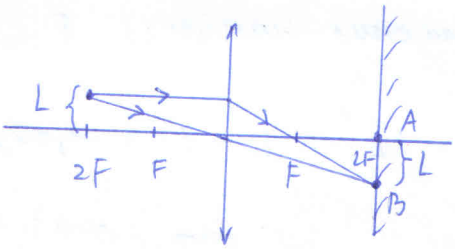
$d = 30$ см;

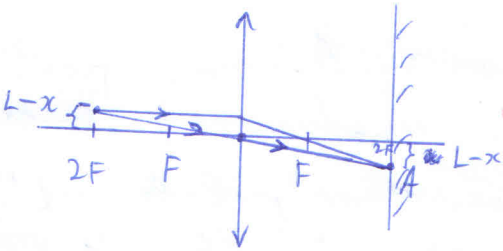
$L = 8$ см;

$h - ?$



источник смещают вверх на L.





Пусть первоначально изображение находилось в т. A на главной оптической (так как сам источник находился на главной оптической оси)

По ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad f = \frac{Fd}{d-F}$$

это частный случай

По условию $d = 2F$, тогда изображение также будет в $2F$ по другую сторону линзы.

Так как источник смещают $\perp$ главной оптической оси, то его расстояние до линзы $d = const$, значит $f = const$. Значит, чтобы изображение оставалось чётким на экране, нужно смещать линзу $\perp$ гл. опт. оси.

Сместим линзу на расстояние x $\perp$ главной оптической оси вверх.

Чистовик

Расстояние от гл. опт. оси до источника станет $L-x$.

Первоначально: $f = \frac{2F \cdot F}{F} = 2F = d$

2

После смещения источника: $\Gamma = \frac{f}{d} = 1$, значит $\Gamma = \frac{L'}{L} = 1$, т.е. $L' = L$ (изображение сместится на $L' = L$ отн. гл. опт. оси).

После смещения линзы: $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{2F}{2F} = 1$;

$\Gamma = \frac{L''}{L-x} = 1$; $L'' = L - x$ (изображение будет на $L'' = L - x$ отн. гл. опт. оси).

С другой стороны, линза сместилась на расстояние x от т. А.

Но, чтобы изображение попало в т. А, нужно выполнение рав-ва $L'' = x = L - x$

$x = \frac{L}{2} = h$; $h = \frac{8}{2} = 4$ (см) + - ле в общем виде $h = h(F; d; L)$

Ответ: $h = 4$ см (сместить в направление смещения источника) 13

Вопросы:

Тонкой называется линза, толщина которой много меньше её фокусного расстояния. –

Точка, лежащая на главной оптической оси, в которой сходятся параллельно идущие этой оси лучи или их продолжения, называется фокусом линзы, а её расстояние до тела линзы называется фокусным расстоянием +

Оптическая сила линзы: $\Phi = \frac{1}{F}$ – величина, обратная фокусному расстоянию. ± знаки?

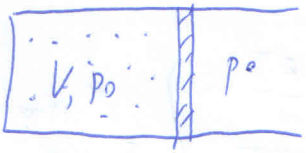
в СИ: $[\Phi]$ = дптр

52-77-90-19 (65.12)

Чистовик — №2.4.2.

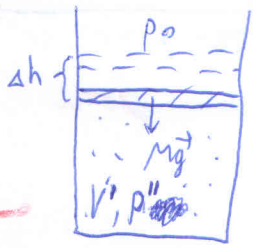
Дано:
$t = 100°C$;
$h = 35$ см;
$S = 100$ см^2;
$R = 8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot K}$;
$p_0 = 10^5$ Па;
$\Delta m = 0{,}1$ г;

Δh - ?



Представим влажный воздух как сухой воздух и водяной пар, относительная влажность которого φ.

По I случае: $\varphi p_0 + p = p_0$ (условие равновесия), где p - давление сухого воздуха (парциальное); $p = p_0(1-\varphi)$ (1)



По II случае: $p'' = p_0 + \frac{Mg}{S}$ (условие равновесия)

$V' < V$, так как $T = const$, давление увеличилось. Часть пара сконденсировалась, значит относительная влажность пара стала 100% и его давление при $t = 100°C$ стало p_0.

$p'' = p_0 + p' = p_0 + \frac{Mg}{S}$; $p' = \frac{Mg}{S}$ (2);

Для сухого воздуха выполняется з-н Бойля-Мариотта: $pV = p'V'$ с учётом (1) и (2):

$$p_0(1-\varphi)V = \frac{Mg}{S}V' \quad (3)$$

Закон Менделеева-Клапейрона для двух состояний пара:

1) $\varphi p_0 V = \nu_п RT$; 2) $p_0 V' = (\nu_п - \nu_в) RT$

$\nu_п = \frac{\varphi p_0 V}{RT}$; $\nu_в = \frac{\Delta m}{\mu}$;

Из этих ур-й: $p_0 V' = \left(\frac{\varphi p_0 V}{RT} - \frac{\Delta m}{\mu}\right) RT$

Чистовик

$$\varphi = \frac{p_0V' + \frac{\Delta m RT}{\mu}}{p_0V};$$ подставим в (3):

$$p_0V\left(\frac{p_0V - p_0V' - \frac{\Delta m RT}{\mu}}{p_0V}\right) = \frac{Mg}{S}V';$$

$$p_0V - \frac{\Delta m RT}{\mu} = V'\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right);$$

$V = Sh$; $V' = S(h - \Delta h)$;

$$\cancel{p_0Sh} - \frac{\Delta m}{\mu}RT = \cancel{Shp_0} - S\Delta hp_0 + hMg - \Delta hMg$$

$$\Delta h = \frac{\frac{\Delta m}{\mu}RT + hMg}{Mg + Sp_0}; \quad \Delta h = \frac{\frac{0,1}{18}\cdot 8,3\cdot 373 + 0,35\cdot 10\cdot 10}{100 + 10^{-4}\cdot 10^5\cdot 100} \approx$$

15б

$\approx 0,047$ (м)

Ответ: $\Delta h = 0,047$ м (вниз)

Вопросы:

Виды парообразования: испарение (происходит при любой температуре только с поверхности жидкости). Кипение (происходит только при температуре кипения $t_{кип}$ со всего объёма жидкости).

Удельная теплота парообразования:

$L = \frac{Q}{m}$ скалярная величина, равная отношению количества теплоты, которое нужно сообщить жидкости массы $m = 1$ кг, чтобы полностью превратить её в пар, к величине этой массы m. 9б

$T = const$

Чистовик

№ 3.7.2

Вопросы:

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея): при всяком изменении магнитного потока, пронизывающий замкнутый проводящий контур, в контуре возникает ЭДС индукции, равная по величине скорости изменения этого потока, взятого со знаком "−".

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Правило Ленца:

Изменяющийся во времени магнитный поток, пронизывающий замкнутый проводящий контур, приводит, создает индукционный ток так, что его собственное магнитное поле препятствует всякому изменению внешнего магнитного поля, пронизывающего этот контур. Определяет знак "−" в формуле (1).

Дано:

$q = 10^{-7}$ Кл;

$m = 10$ мг;

$N = 100$;

$n = 8$

$B_0 - ?$

Чтобы B_0 было минимально, скорость вращения кольца должна быть минимальна. Это произойдет, когда за 1 секунду заряд q сместится n раз, т.е. пройдет расстояние

$l = \frac{n}{N} \cdot 2\pi R$; Тогда угловая скорость вращения кольца будет: $\omega = 2\pi \frac{n}{Nt} \left(\frac{рад}{с}\right)$, где $t = 1$ с.

Закон сохранения энергии: $A_{поля} = \frac{I\omega^2}{2}$

Момент инерции $I = NmR^2$

Получим: $\frac{\cancel{N} m R^2 \omega^2}{2} = A_{пол}$ [чистовик]; Полный заряд:

$Q = Nq$, тогда получим:

$$\frac{\cancel{N} m R^2 \omega^2}{2} = \frac{\cancel{N} q S \, dB}{dt}; \quad S = \pi R^2;$$

$$\frac{m \cancel{R^2} 4\pi^2 n^2}{2 \cdot \nu^2 t^2} = \frac{q \cdot \pi \cancel{R^2} \, dB}{dt}$$

$$\frac{2\pi^{\cancel{2}} n^2 m}{\nu^2 t^2} = \cancel{\pi} q \frac{dB}{dt}$$

$$dB = \frac{2\pi n^2 m}{\nu^2 t^2 q} dt$$

$$B_0 - 0 = \frac{2\pi n^2 m}{\nu^2 t^2 q} \Delta t; \quad B_0 = \frac{2\pi n^2 m}{\nu^2 t^2 q} \Delta t$$

$$B_0 q v = m \omega^2 R; \quad B_0 q \cancel{\omega R} = m \omega^{\cancel{2}} \cancel{R}$$

$$B_0 = \frac{m\omega}{q} = \frac{2\pi m n}{\nu t q};$$

$$B_0 = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot \cancel{10} \cdot 10^{-3} \cdot 8}{10\cancel{0} \cdot 7 \cdot 10^{-7}} = \cancel{\frac{6{,}28 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{10^{-7}}} =$$

~~Ответ~~:

Черновик

$$p_0V' = \left(\frac{\varphi p_0 V}{RT} - \frac{\Delta m}{\mu}\right)RT$$

$$p_0V' = \varphi p_0 V - \frac{\Delta m RT}{\mu}$$

$$\varphi = \frac{p_0V' + \frac{\Delta m RT}{\mu}}{p_0V}$$

$$p_0(1-\varphi)V = \frac{Mg}{S}V'$$

$$p_0\left(\frac{p_0V - p_0V' - \frac{\Delta m RT}{\mu}}{p_0V}\right)V = \frac{Mg}{S}V'$$

$$p_0(V-V') - \frac{\Delta m RT}{\mu} = \frac{Mg}{S}V'$$

$$p_0V - \frac{\Delta m RT}{\mu} = V'\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)$$

$V = Sh$

$V' = S(h - x) = Sh - Sx$

$$p_0\cancel{S}h - \frac{\Delta m}{\mu}RT = \cancel{Sh}p_0 - Sxp_0 + \frac{\cancel{S}hMg}{\cancel{S}} - xMg$$

$$x(Mg + Sp_0) = \frac{\Delta m}{\mu}RT + hMg$$

$см = м^{-2}$

$см^2 = м^{-4}$

$100 см^2$

$100 м \cdot 10^{-4}$

$$\Delta h = x = \frac{\frac{\Delta m}{\mu}RT + hMg}{Mg + Sp_0} =$$

$$= \frac{\frac{0,7}{18}\cdot 8,3\cdot 373 + 0,35\cdot 10\cdot 10}{100 + 100\cdot 10^{-4}\cdot 10^5} = \frac{35 + 77,2}{100 + 1000} = \frac{52,2}{1100}$$

$$\begin{array}{r} 37,3 \\ \times\ 8,3 \\ \hline 1119 \\ +\ 2984 \\ \hline 309,59 \end{array}$$

$$309,59 : 18 = 17,2$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times\ 7 \\ \hline 133 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ +\ 77,2 \\ \hline 52,2 \end{array}$$

$$52,2 : 1100 = 0,047$$

$qvB = m\omega^2 R$

$q\cancel{v}RB = m\omega^{\cancel{2}}R \quad B =$

Черновик

№3.

Чертеж

$m; q;$

$N = 100$

$B \to 0$

$\downarrow \vec{B}$ $\vec{r} \perp \vec{B}$

$\frac{kx^2}{2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} = const$

$x\dot{x}k + \dot{x}\ddot{x}m = 0$

$x\dot{k} + \ddot{x}m = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$M = Nm$

$\frac{\pi}{9}$

$\mathcal{E}_i = \left(-\frac{S\Delta B}{\Delta t}\right) = \frac{A_{поля}}{Nq_m}$ $A_{поля} - ?$

$\frac{Nmv^2}{2}$

$\sum \frac{S\Delta B}{\Delta t} = \frac{A}{q} = A = qN\frac{SB_0}{t}$

$I = NmR^2$

$\frac{mv^2}{2}$ $\frac{I\omega^2}{2} = \frac{NmR^2\omega^2}{2} = \frac{NqSB_0}{t}$

min B_0, зн. ω min

$n = q$ n/c

за с. в раз перемещ. q.

$\omega = \frac{v}{R} = \frac{S}{tR}$

$L = I\Delta\varphi$

$S = \frac{b}{100}l$ за 1 с.

$A =$

$I = \frac{a}{t}$

$S = \frac{b}{100} \cdot 2\pi R$

$v = \frac{\frac{b}{100}2\pi R}{t}$; $\omega = \frac{b}{100} \cdot 2\pi \left(\frac{рад}{с}\right)$

$\omega = \frac{n}{N} \cdot 2\pi$

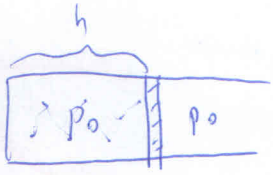
$\frac{NmR^2\omega^2}{2} = \frac{NqS\Delta B}{\Delta t}$;

$S = \pi R^2$

$\frac{m\omega^2}{2} = \frac{q\pi\Delta B}{\Delta t}$

$B = B_0 - \alpha t$

Черновик



$t = 100°C$

$T = const$

$\Delta m = 0{,}1$ г

$M = 10$ кг;

$S = 100$ см^2

$pV = p'V'$

$p_0 V = \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) V'$

$p_0(1-\varphi)V = \frac{Mg}{S} V'$

$\varphi p_0 V = \nu_п RT$

$p_0 V' = (\nu_п - \nu_в) RT$

$\nu_п = \frac{\varphi p_0 V}{RT}$; $p_0 V' = \left(\frac{\varphi p_0 V}{RT} - \frac{\Delta m}{\mu}\right) RT$

1) $pV = \nu_в RT$

2) $\varphi p_0 V = \nu_п RT$

$p = p_0(1-\varphi)$

пара возд.

$\varphi p_0 + p = p_0$

3) $p'V' = \nu_в RT$

4) $p_0 V' = (\nu_п - \nu_в) RT$

$p' + p_0 = p_0 + \frac{Mg}{S}$

$p' = \frac{Mg}{S}$

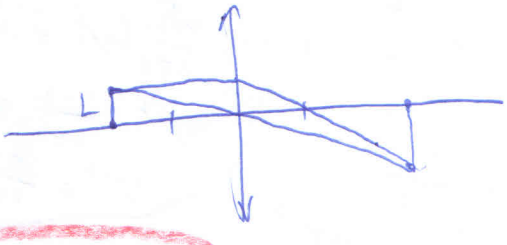
$\nu_п = \frac{\varphi p_0 V}{RT}$; $p_0 V' = \left(\frac{\varphi p_0 V}{RT} - \frac{\Delta m}{\mu}\right) RT$

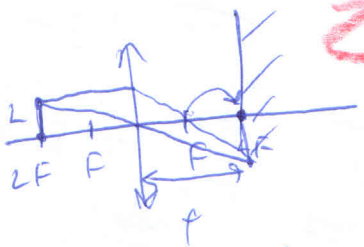
№4.

Уст. нач. см.

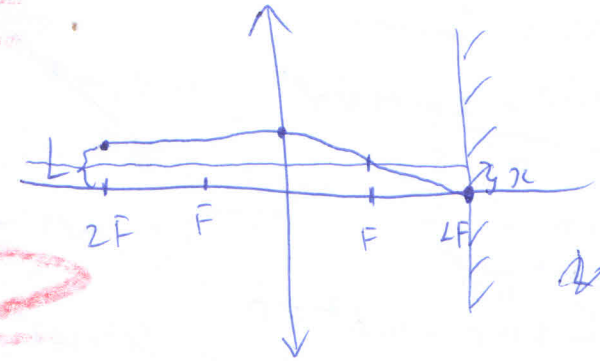
F; d; L;

$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{15 \cdot 30}{15} = 30 = 2F$





на $F = h$, т.к. луч. 1 р. перелет.



Вверх: на $\frac{h}{2}$

$\frac{x}{L-x} = F = 1$

$2x = L$

$x = \frac{L}{2}$

Черновик

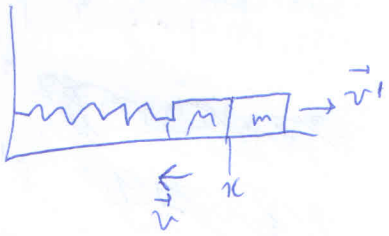
Тела взаимод. упр. м.п., прощ. за пр. пост.

$m;\ M;\ v_0;\ t = \frac{5}{8}T$

$n = \frac{M}{m}$ $\quad x \leftarrow 0$

ЗСИ: $mv_0 = Mv - mv'$

для пруж. маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$



$L = I\Delta\vec{p}$

$4\sqrt{2}$

$\frac{4\cdot 7,4}{5\cdot 3,74} = \frac{5,6}{5\cdot 3,74}$

$\frac{56}{5\cdot 37,4}$

$x(t) = A\sin(\omega t)$; $S = v't$

$v(t) = \underbrace{A\omega}_{v_m}\cos(\omega t)$

$x + S = A\sin(\omega t)$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$

$v = v_m = A\omega$; $a_m = A\omega^2$

$x(t) = A\sin(\omega t) = \underset{0}{x} + S = S$; $S = \frac{v}{\omega}\sin(\omega t)$

$v = \frac{0,7\cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 10^{-7}$

$S = 10^{-2}$

$\begin{array}{r} 37,4 \\ \times\ 5 \\ \hline 757,0 \end{array}$

$\begin{array}{r} 757 \\ \times\ 3 \\ \hline 471 \end{array}$

$\begin{array}{r} 757 \\ \times\ 6 \\ \hline 942 \end{array}$

$-\begin{array}{r|l} 560 & 757 \\ 471 & 0,35 \\ \hline 890 & \end{array}$

$v't = \frac{v}{\omega}\sin(\omega t)$

$\omega\cdot\frac{5}{8}T = \frac{5}{8}\cdot 2\pi = \frac{5\pi}{4} = 45\cdot 3 =$

$\frac{5\pi}{4} - \frac{8\pi}{4} = -\frac{3\pi}{4} =$

$\Rightarrow \sin = -\frac{\sqrt{2}}{2}$

$v'\cdot\frac{5}{8}T = \frac{v}{\omega}\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

$v'\cdot\frac{5}{8}\cdot 2\pi = -\frac{\sqrt{2}}{2}v$; $|v'| = \frac{4\sqrt{2}}{25\pi}|v| = \frac{2\sqrt{2}}{5\pi}|v|$

$v'^2 = \frac{4\cdot 2}{25\pi^2}v^2$

$v'^2 = \frac{8}{25\pi^2}v^2$

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{mv'^2}{2}$

$(Mv - mv')v_0 = Mv^2 + mv'^2$

$v_0 = \frac{Mv - mv'}{m}$; $\frac{(Mv - mv')^2}{m} = Mv^2 + mv'^2$

$\frac{M^2v^2 + m^2v'^2 - 2mMvv'}{\cancel{m}} = Mv^2 + \cancel{mv'^2}$

$M^2v^2 + m^2v'^2 - 2mMvv' = mMv^2$

$M^2\cancel{v^2} + m^2\frac{8}{25\pi^2}\cancel{v^2} - 2mM\sqrt{\frac{8}{25\pi^2}}\cancel{v^2} = mM\frac{8}{25\pi^2}\cancel{v^2}$

$n^2 + \alpha^2 - 2n\alpha - n\alpha^2 = 0$

$n^2 - n(\alpha^2 + 2\alpha) + \alpha^2 = 0$; $D = (\alpha^2 + 2\alpha)^2 - 4\alpha^2 =$

$= \alpha^4 + 4\alpha^3$