0 825967 820009

82-59-67-82
(3.13)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

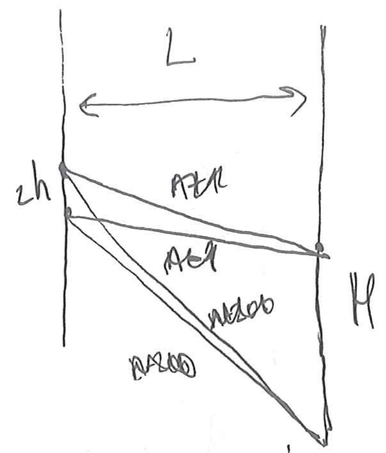
по физике
профиль олимпиады

Субботина Михаила Максимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик



$L = \lambda n$

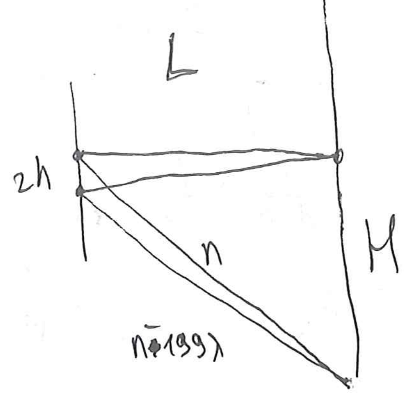
$\frac{2}{\frac{2}{0.5}} = 5$

$(H-h)^2 + L^2 = (n-199\lambda)^2$

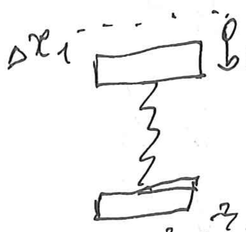
$(H+h)^2 + L^2 = n^2$

$+ 398\lambda n = 4Hh$

$n = \frac{2}{199}\frac{Hh}{\lambda}$



$H^2 + 2Hh + L^2 = \frac{4}{199^2}\frac{H^2h^2}{\lambda^2}$

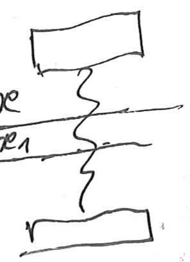


$\frac{mv^2}{2} + \frac{k\Delta x_1^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2} + 2mg(\Delta x + \frac{mg}{k})$

$\frac{mv^2}{2} + \frac{m}{2}\cdot\frac{mg^2}{k} = \frac{k\Delta x^2}{2} + 2mg(\Delta x + \frac{mg}{k})$

$2^{-3.5}\ \ \frac{3}{5}\cdot\frac{2}{5}$

$\frac{1}{1000}\ \ 2^{-1.5}\ \ \frac{2\Delta x}{\Delta x_1}$



$\frac{\Delta x^2}{2}\cdot k^2 + (2mg\Delta x - \frac{mv^2}{2})k + \frac{3}{2}m^2g^2 = 0$

$k\Delta x = mg$

$k = \frac{8mg^2}{v^2}$

$\frac{mv^2}{2} + \frac{m^2g^2}{2k} = \frac{m^2g^2}{2k} + 4mg(\frac{mg}{k})$

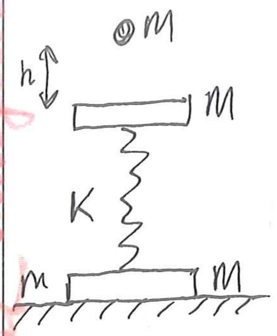
$\frac{mv^2}{2} = \frac{4m^2g^2}{k}$

82-59-67-82 (3.13)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

Задача 1



После того, как на верхний брусок уронят шарик, пружина сначала сожмётся до минимального расстояния, а затем растянется до максимального. В момент, когда пружина растянется до максимального расстояния, на нижний брусок будет действовать сила $F_{упр.} = k\Delta x$. В случае, если $F_{упр.}$ окажется больше, чем mg, нижний брусок начнёт подниматься и колебания не будут гармоническими. Максимальная высота, при которой колебания будут гармоническими — $h_{max} = 8$ см. $\Rightarrow$ при высоте $> h_{max} = 8$ см колебания не будут гармоническими, $F_{упр} > mg$; при высоте $< h_{max} = 8$ см колебания будут гармоническими, $F_{упр} < mg$; при высоте $= h_{max} = 8$ см колебания будут гармоническими, $F_{упр} = mg$

$k\Delta x = mg$

$\Delta x = \frac{mg}{k}$

v – скорость, с которой шарик ударится о верхний брусок

t – время полета

Запишем законы кинематики для шарика:

$$\left.\begin{aligned} h &= \frac{1}{2}gt^2 \\ v &= gt \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} t = \sqrt{2h/g} \\ v = gt \end{cases} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

Запишем закон сохранения энергии для момента, когда шарик подлетел к верхнему бруску, и момента, когда пружина растянулась до максимального расстояния

Δx_1 – изначальное растяжение пружины

$$\frac{k\Delta x_1^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2} + 2mg(\Delta x_1 + \Delta x)$$

$$mg = k\Delta x_1 \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{mg}{k}$$

$$\frac{m^2g^2}{2k} + \frac{mv^2}{2} = \frac{m^2g^2}{2k} + 2mg(2\cdot\frac{mg}{k})$$

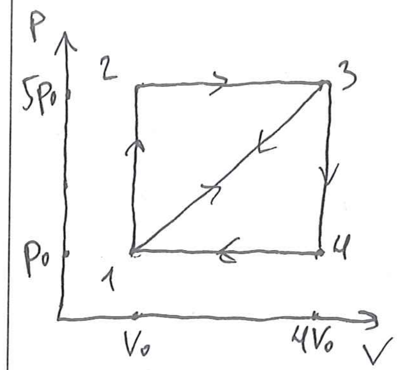
$$v^2 = 8\frac{mg^2}{k} \Rightarrow k = \frac{8mg^2}{v^2} = \frac{8mg^2}{2gh} = 4\frac{mg}{h} = 4\cdot\frac{0.1\cdot 10}{0.08}\ Н/м = 50\ Н/м$$

Ответ: $k = 50$ Н/м

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик.

Задача 2.



$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\Delta(pV)$

$Q = A + \Delta U$

$Q_{12} = 0 + \frac{3}{2}(5p_0V_0 - p_0V_0) = 6p_0V_0$ +

$Q_{23} = 5p_0(4V_0 - V_0) + \frac{3}{2}(20p_0V_0 - 5p_0V_0) = \frac{75}{2}p_0V_0$ +

$Q_{31} = \frac{5p_0 + p_0}{2}(V_0 - 4V_0) + \frac{3}{2}(p_0V_0 - 20p_0V_0) = -9p_0V_0 - \frac{57}{2}p_0V_0 = -\frac{75}{2}p_0V_0$

$Q_{13} = -Q_{31} = \frac{75}{2}p_0V_0$

$Q_{34} = 0 + \frac{3}{2}(4p_0V_0 - 20p_0V_0) = -24p_0V_0$

$Q_{41} = p_0(V_0 - 4V_0) + \frac{3}{2}(p_0V_0 - 4p_0V_0) = -3p_0V_0 - \frac{9}{2}p_0V_0 = -\frac{15}{2}p_0V_0$

$A_{1231} = 6p_0V_0$

$A_{1341} = 6p_0V_0$

$Q_{н1231} = \frac{87}{2}p_0V_0$ +

$Q_{н1341} = \frac{75}{2}p_0V_0$ +

$\eta_{1231} = \frac{A_{1231}}{Q_{н1231}} = \frac{12}{87} = \frac{4}{29}$ +

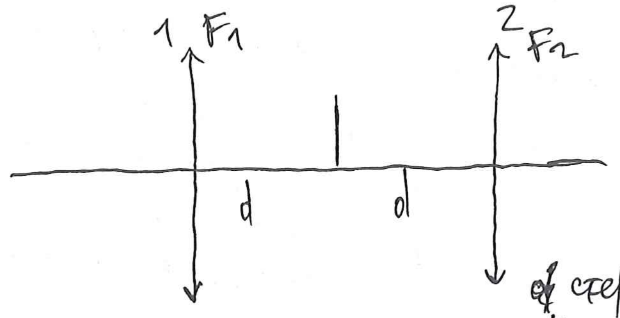
$\eta_{1341} = \frac{A_{1341}}{Q_{н1341}} = \frac{12}{75} = \frac{4}{25}$ +

$\frac{\eta_{1341}}{\eta_{1231}} = \cancel{\frac{87}{75}}\ \frac{29}{25} = 1{,}16$ +

Ответ: 1,16

20

Задача 4.



~~Т.к. линза даёт~~

F_1, F_2 — фокусные расстояния 1-й и 2-й линзы.

Т.К. 1-я линза даёт изображение без увеличения, стержень расположен на двойном фокусном расстоянии от неё $\Rightarrow 2F_1 = d$

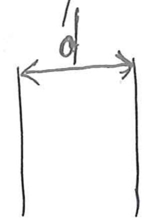
Пусть 2-я линза даёт изображение на расстоянии L

Увеличение линзы — соотношение размеров изображения и источника, или соотношению расстояния до изображения и расстоянию до источника $\Rightarrow \Gamma = \frac{L}{d}$

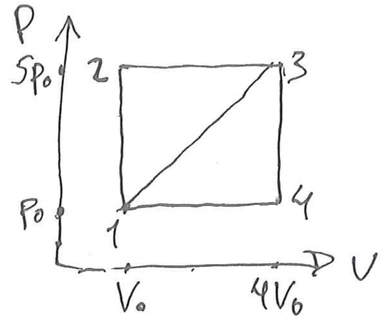
Черновик

$\frac{mv^2}{2} \leq \frac{k\Delta x^2}{2}$

$v \leq \sqrt{\frac{k}{m}}\Delta x$



$\frac{\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{16}}{\frac{4}{16} - \frac{3}{16}}$



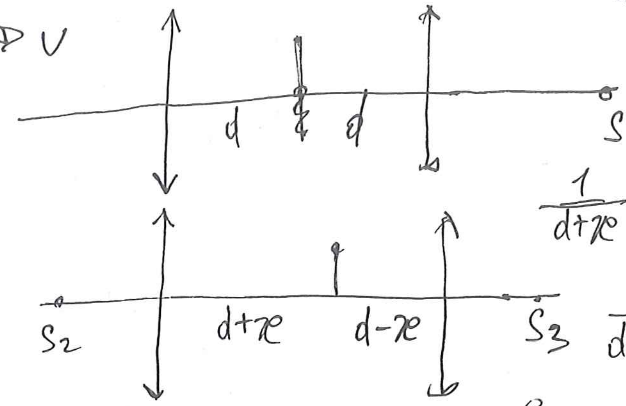
$P = I^2R$

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

$F_1 = d$

$\frac{S}{d} = \Gamma$

$\frac{1}{S} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2}$



$mg = k\Delta x$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{F_2}$

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{S_3} = \frac{1}{F_2}$

$h = \frac{1}{2}gt^2$

$v = gt$

$t = \sqrt{2h/g}$

$v = \sqrt{2gh} = \frac{2}{5}\sqrt{10}$ м/с

$\frac{10}{3} + \frac{1}{S_2} = 4$

$S_2 = \frac{3}{2}$

$\frac{S_3}{d-x} = \frac{S_2}{d+x}$

$S_3 = 1$

1 + 5

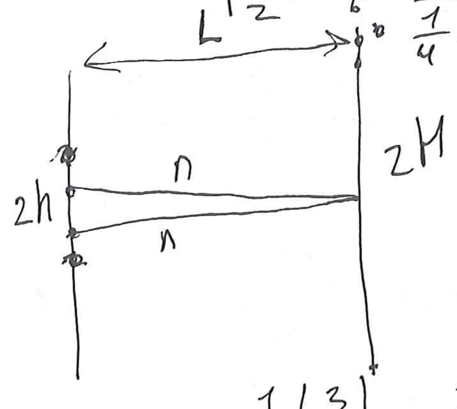
$\Delta x = \sqrt{\frac{m}{k}}\cdot\sqrt{2gh}$

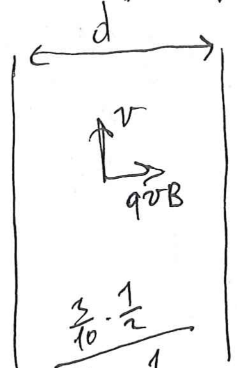
$F_2 = \frac{1}{6}$

$\frac{\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{20}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{20}}$

$F = \sqrt{2mkgh} \leq mg$

$k \leq \sqrt{\frac{mg}{2h}}$





$\frac{\frac{3}{10}\cdot\frac{1}{2}}{\frac{3}{10} + \frac{1}{2}}$ $\frac{4}{5}$

$\frac{\frac{1}{8}\left(\frac{3}{10}\right)}{\frac{1}{8} + \frac{1}{4}} = \frac{3}{80}\cdot\frac{8}{3}$

$\frac{3}{20}\cdot\frac{5}{4}$ $\frac{1}{40}$

$\frac{\frac{1}{5}\cdot\frac{1}{8}}{\frac{1}{5} - \frac{1}{8}}$

$\frac{\frac{1}{15}\cdot\frac{1}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{15}} = \frac{15}{4}\cdot\frac{1}{15}\cdot\frac{1}{5}$

Черновик

$$\frac{4H^2}{199^2\lambda^2}h^2+2Hh-H^2-L^2=0$$

$$D=4H^2+\frac{16H^4}{199^2\lambda^2}+\frac{16L^2H^2}{199^2\lambda^2}=\left(4\frac{H}{199\lambda}\right)^2(H^2+L^2)$$

$$h=\frac{-2H\pm\frac{H}{199\lambda}\sqrt{H^2+L^2}}{\frac{4H^2}{199\lambda^2}}=$$

$$h^2=(H^2+L^2)\frac{199^2\lambda^2}{4H^2}$$

$$\frac{4H^2}{199\lambda^2}+\frac{2H}{h}-$$

0.0025 $\sqrt{401}$ 20

$$\sqrt{1+}\qquad 10\frac{\sqrt{401}}{20}\cdot\frac{199\cdot\frac{1}{2}\cdot10^{-6}}{10}$$

$199 : 2 = 99{,}5$

$0.995\cdot10^{-3}$ $\qquad \frac{\sqrt{401}}{4}\cdot199\cdot10^{-6}$

$$H^2-2Hh+h^2+L^2-\frac{4H^2h^2}{199^2\lambda^2}=0\qquad\left(1+\frac{1}{400}\right)^{\frac{1}{2}}=1+\frac{1}{800}$$

$h\approx0.001$
$H=0{,}05$

$$\frac{4H^2}{199^2\lambda^2}h^2+2Hh-L^2=0\qquad L=1$$

$$D=4H^2+\frac{16H^2}{199\lambda^2}L^2=(2H)^2\left(1+\frac{4L^2}{199\lambda^2}\right)=$$

$$h=\frac{\left(2H\pm\frac{8HL}{199\lambda}\right)\cdot199^2\lambda^2}{8H^2}=\frac{\left(\frac{8HL}{199\lambda}\right)^2}{}=\frac{(199\lambda)^2L}{H}$$

$$F=eVBn$$

$$E=VBn\qquad\sqrt{\frac{10^{-3}\cdot5}{2}}$$

$$\sqrt{2^{-3}\cdot5^{-3}\cdot5\cdot2^{-1}}$$

$$VBnd=U\qquad 2^{-2}\cdot5^{-1}\qquad\sqrt{2^{-4}\cdot5^{-2}}$$

$$\frac{1}{20}$$

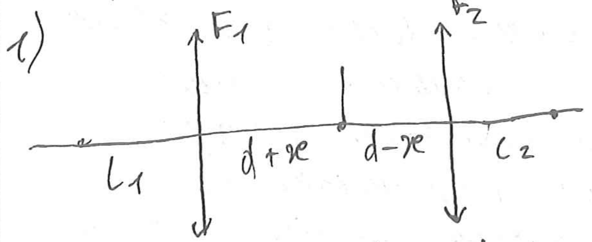
82-59-67-82
(3.13)

Формула тонкой линзы для 2-й линзы:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{L}=\frac{1}{F_2}$$

Рассмотрим 2 случая: 1) стержень сдвигают вправо;
2) стержень сдвигают влево. L_1, L_2 – расстояния до изображений

1)



$$\begin{cases}\frac{L_1}{d+x}=\frac{L_2}{d-x}\\ \frac{1}{d+x}+\frac{1}{L_1}=\frac{1}{F_1}\\ \frac{1}{d-x}+\frac{1}{L_2}=\frac{1}{F_2}\end{cases}$$

$$L_1=\frac{F_1(d+x)}{d+x-F_1}=\frac{\frac{d}{2}(d+x)}{\frac{d}{2}+x}=\frac{1}{10}\text{ м}$$

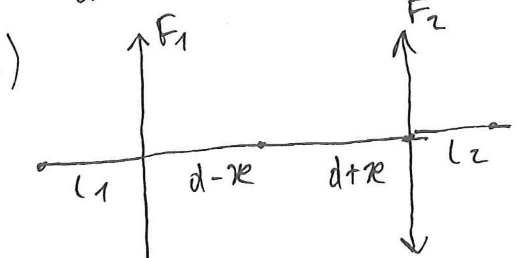
$$L_2=\frac{d-x}{d+x}L_1=\frac{1}{15}\text{ м}$$

$$F_2=\frac{L_2(d-x)}{d-x+L_2}=\frac{1}{20}\text{ м}$$

$$L=\frac{dF_2}{d-F_2}=\frac{1}{16}\text{ м}$$

$$\Gamma=\frac{L}{d}=\frac{1}{4}=0.25$$

2)



$$\begin{cases}\frac{L_1}{d-x}=\frac{L_2}{d+x}\\ \frac{1}{d-x}+\frac{1}{L_1}=\frac{1}{F_1}\\ \frac{1}{d+x}+\frac{1}{L_2}=\frac{1}{F_2}\end{cases}$$

$$L_1=\frac{(d-x)F_1}{d-x-F_1}=\frac{1}{3}\text{ м}$$

$$L_2=\frac{d+x}{d-x}L_1=\frac{1}{2}\text{ м}$$

$$F_2=\frac{(d+x)L_2}{d+x+L_2}=\frac{3}{16}\text{ м}$$

$$L=\frac{dF_2}{d-F_2}=\frac{3}{4}\text{ м}$$

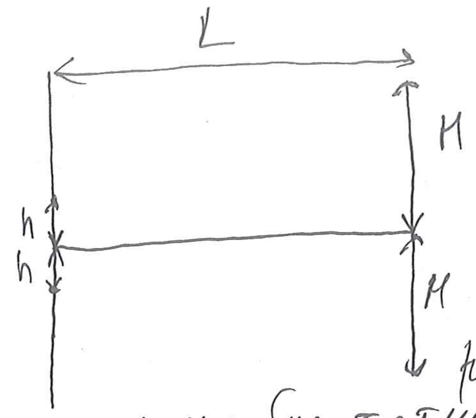
$$\Gamma=\frac{L}{2}=3$$

Ответ: 0,25; 3

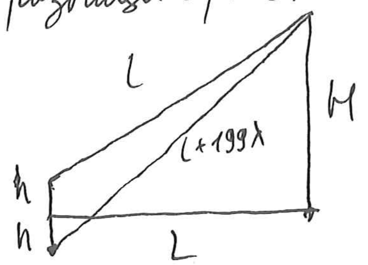
Нет ответа в общем виде

не является правильным ответом

№5. Чистовик



Представим, что зеркала нет, а по другую сторону от плоскости зеркала симметрично находится такой же источник света.
В тех точках экрана, до которых расстояния от реального и мнимого источника будут отличаться на целое число λ, будут светлые полосы. Первая полоса будет находиться возле зеркала, в этом месте разница расстояний $= 0$, в следующем месте λ, в следующем 2λ и т.д. Т.к. всего полос 200, на расстоянии от зеркала H будет 200-я полоса, от этого места разница в расстояниях будет составлять 199λ



Запишем 2 теоремы Пифагора:

$$\begin{cases}(H-h)^2+L^2=l^2 \\ (H+h)^2+L^2=(l+199\lambda)^2\end{cases}$$

$$4Hh = 398l\lambda + 199^2\lambda^2 \qquad 199^2\lambda^2 \to 0 \quad ?$$

$$l = \frac{2Hh}{199\lambda}$$

$$H^2-2Hh+h^2+L^2-\frac{4H^2h^2}{199^2\lambda^2}=0 \qquad h^2 \to 0$$

$$\frac{4H^2}{199^2\lambda^2}h^2+2Hh-H^2-L^2=0$$

$$2Hh \to 0$$

$$h^2=(H^2+L^2)\frac{199^2\lambda^2}{4H^2}$$

$$h=\sqrt{H^2+L^2}\cdot\frac{199\lambda}{2H}=\sqrt{1+\frac{1}{400}}\cdot\frac{199\cdot\frac{1}{2}\cdot 10^{-6}\text{м}}{2\cdot\frac{1}{20}}=$$

$$=\frac{199}{2}\cdot 10^{-5}\frac{\sqrt{401}}{20}\text{м} \approx \frac{199}{2}\cdot 10^{-5}\text{м}=0.995\cdot 10^{-3}\text{м}=0.995\text{мм}$$

+

Ответ: 0.995 мм.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

$$\frac{v^2}{\cancel{2}} = 8g\frac{mg}{k} = 8\frac{mg^2}{k} \qquad H^2 \qquad \frac{H}{м}$$

$$\frac{кг^2\cdot м^2/с^4}{кг\cdot м/с^2} \qquad кг^2$$

$$v^2 = 8\frac{mg^2}{k}$$

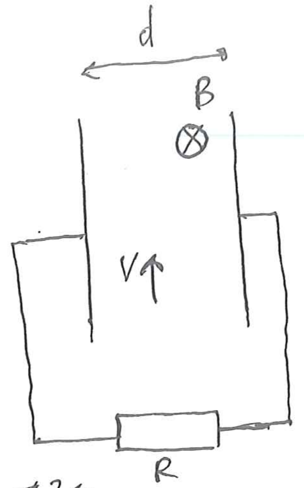
$$k=\frac{8mg^2}{2gh}=4\frac{mg}{h} \qquad \frac{1}{\frac{8}{100}} \qquad \frac{100}{8}=12{,}5$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

82-59-67-82
(3.13)

Чистовик

Задача 3



Магнитное поле будет действовать на электроны проводящей жидкости, заставляя их двигаться вправо. Затем электроны будут двигаться по проводам, создавая в них ток и заряжая пластины.

$\cancel{P_M = I^2 R}$

$\cancel{I = \sqrt{\frac{P_M}{R}}}$

Со временем пластины будут заряжаться, создавая электрическое поле, которое будет действовать на электроны в другую сторону, тем самым уменьшая ток и мощность, ~~выр~~ выделяемую на резисторе. Т.к. сказано, что выделяется максимальная возможная мощность при данных условиях, пластины незаряжены.

На каждый из электронов действует сила $F = eVB$

Тогда между пластинами действует напряжённость электрического поля $E = \frac{F}{e} = VB$, направленная вправо

~~Раз~~ Напряжение между пластинами $U = E \cdot d = VBd$

Нет внутр сопрот.

$P_M = \frac{U^2}{R}$

$U^2 = P_M R$

$V^2 B^2 d^2 = P_M R$

$V = \frac{\sqrt{P_M R}}{Bd} = \frac{\sqrt{10^{-3} \cdot \frac{2}{5}}}{1 \cdot 0.4}$ м/с^2 $= \frac{1}{20}$ м/с^2 $= 0.05$ м/с^2

Ответ: 0,05 м/с^2

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!