08-33-63-94
(51.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Макарчука Бориса Анатольевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Работа сдана 15:10 Сузденкин Ф.Р.

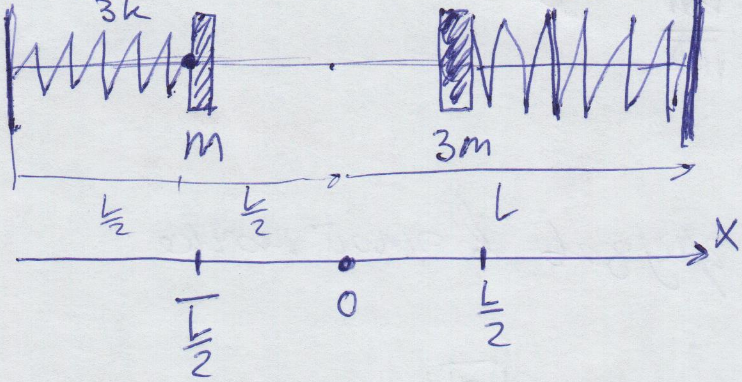
Дата

«05» марта 2023 года

Подпись участника

08-33-63-94 (51.1)

W1.2.1 ЧИСТОВИК



после того, как пружины отпускают начинается процесс гармонических колебаний для каждого из грузов по отдельности

т.к $T=2\pi\sqrt{\frac{m_0}{k_0}}$, а $\omega=\frac{2\pi}{T}$ $\Rightarrow$ $\omega=\sqrt{\frac{k_0}{m_0}}$

введём ось X и запишем зависимость координаты от времени для каждого груза по отдельности.

$x_1(t) = -A\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}\,t$ ±

$x_2(t) = A\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}\,t$, где $A=\frac{L}{2}$

найдём момент столкновения приравняв координаты (причём необходимо выбрать равенство при наименьшем времени (первый удар)

$\cos\sqrt{\frac{9k}{3m}}\,t+\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}\,t=0$ +

~~$\cos\frac{1}{2}t\sqrt{\frac{10k}{3m}}\cdot\cos\sqrt{\frac{8k}{3m}}\,\frac{1}{2}t=0$~~ −

тогда

$\frac{1}{2}t_1\sqrt{\frac{10k}{3m}}=\frac{\pi}{2} \Rightarrow t_1=\pi\sqrt{\frac{3m}{10k}}$

$\frac{1}{2}t_2\sqrt{\frac{8k}{3m}}=\frac{\pi}{2} \Rightarrow t_2=\pi\sqrt{\frac{3m}{8k}}$ $\quad t_1<t_2$

$t_0=\pi\sqrt{\frac{3m}{10k}}$

1	2	3	4	5	Σ
7	18	19	2	20	66 (шестьдесят шесть)

ЧИСТОВИК

$$\cancel{X}(t_0) = \frac{L}{2}\cos\frac{\cancel{\sqrt{k}}}{\cancel{\sqrt{3m}}}\pi\frac{\cancel{\sqrt{m}}}{\sqrt{10k}}$$

$$X_{встречи} = \frac{L}{2}\cos\frac{\pi}{\sqrt{10}}$$

найдем скорости грузов в этой точке

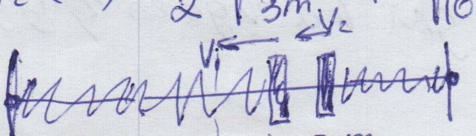
$$x'_t = V(t)$$

$$V_1(t) = A\omega\sin\omega_1 t \qquad \omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$V_2(t) = -A\omega_2\sin\omega_2 t \qquad \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

$$V_1(t_0) = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{3k}{m}}\sin\sqrt{\frac{3}{5}}\pi$$

$$V_2(t_0) = -\frac{L}{2}\sqrt{\frac{k}{3m}}\sin\frac{1}{\sqrt{10}}\pi$$



по ЗСИ для моментов сразу до и сразу после слипания в проекции на ось

$$x: \cancel{m}V_1 + 3\cancel{m}V_2 = 4\cancel{m}V_k$$

$$V_k = \frac{V_1+3V_2}{4} = \sqrt{\frac{k}{m}}\cdot\frac{L}{16}\left(\sqrt{3}\sin\frac{\sqrt{3}}{5}\pi + \frac{3}{\sqrt{3}}\sin\frac{1}{\sqrt{10}}\pi\right)$$

запишем закон сохранения энергии для грузов сразу после слипания и в момент, когда их скорость равна 0

$(V=0 \Rightarrow x - max)$ в силу симметрии на сколько одна пружина растянута на столько другая сжата.

$$\frac{4mV_k^2}{2} + \frac{kx_{вст}^2}{2} + \frac{3k(x_{вст})^2}{2} = \frac{kx_{иск}^2}{2} + \frac{3kx_{иск}^2}{2}$$

$$\cancel{2}mV_k^2 + \cancel{2}k(x_{встр})^2 = k(x_{иск})^2$$

$x_{иск}$ – искомая Амплитуда

$$x_{иск} = \sqrt{(x_{встр})^2 + \frac{m}{k}(V_k)^2}$$

08-33-63-94
(51.1)

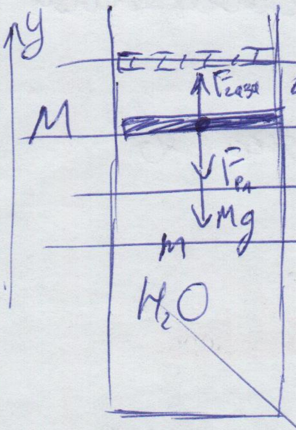
чистовик

$$X_{чск} = \sqrt{\frac{L^2}{4}\cos^2\frac{\pi}{\sqrt{10}} + \frac{L^2}{16^2}\left(3\sin\frac{\sqrt{3}}{5}\pi + \frac{1}{\sqrt{3}}\sin\frac{1}{\sqrt{10}}\pi\right)^2}$$

Ответ: $$\frac{L}{2}\sqrt{\cos^2\frac{\pi}{\sqrt{10}} + \frac{1}{64}\left(3\sin\frac{\sqrt{3}}{5}\pi + \frac{1}{\sqrt{3}}\sin\frac{1}{\sqrt{10}}\pi\right)^2}$$

где $L = 20$

~~№2.9.1.~~



S

$T_н = 273\,K$

$T_к = 127 + 273 = 400\,K$

$\Delta h - ?$

$P_{нк} = 2{,}5 \cdot 10^5$ Па

$P_A = 10^5$ Па

$\mu = 10 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$

условие равновесия поршня в начальном состоянии в проекции на ось y имеет вид:

$Mg + F_{P_A} = F_{P_г}$

по закону Менделеева-Клапейрона:

$P_г h_1 S = \nu_1 R T_1$

$Mg + P_A S = \frac{\nu_1 R T_1}{h_1}$

$P_г = \frac{\nu_1 R T_1}{h_1 S}$

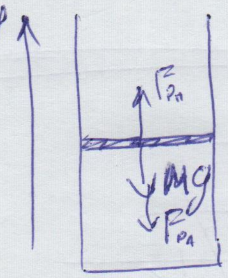
в конечном состоянии это уравнение принимает вид:

$Mg + P_A S = \frac{\nu_2 R T_2}{h_2}$

№29.1 ЧИСТОВИК

$127\,^\circ C = (273 + 127)K = 400\,K$

по мере нагревания часть воды начинает испаряться, при этом вода испаряется до тех пор, пока она не закончится. Пока вся вода не испарилась пар остаётся насыщеным



для поршня по II Закону Ньютона в проекции на y получаем

$F_{PA} + Mg = F_{Pn}$ $\quad F = P \cdot S$

тогда $P_{пара} = P_A + \frac{Mg}{S}$, где P_A – атмосферное давление

при этом известно, что давление насыщеного пара зависит только от температуры

$P_{пара} = 10^5 + 10^2 \cdot 10 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^5$

$2 \cdot 10^5 < 2{,}5 \cdot 10^5$

Из этого можно сделать вывод, что при T=400K пар не является насыщеным, (ко т.к. состояние ~~ра~~ установившееся, это значит что вся вода испарилась

в начале обьем занимаемый водой пренебрежительно мал.

по Закону Менделеева-Клапейрона

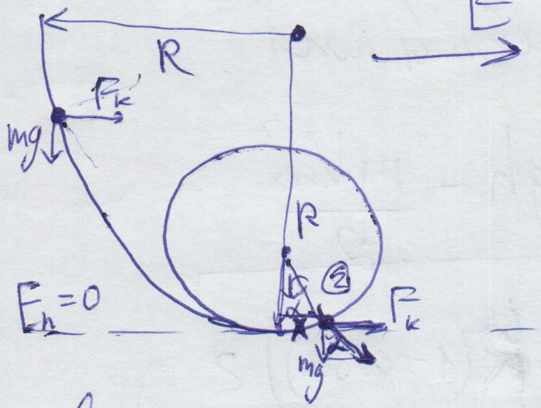
$P_{пара} S \cdot h = \frac{m}{M} RT \Rightarrow h = \frac{mRT}{MS\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right)}$.

$= \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 8{,}3 \cdot 4 \cdot 10^2}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^5} \approx 0{,}21\,м$ Неверное число

Ответ: $h = \frac{mRT}{MS\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right)} \approx 21\,см$.

18 Костин

W3.9.1 ЧИСТОВИК



$F_k = qE$

в любой момент времени на бусинку действуют (тормозят или разгоняют) две силы – сила тяжести и сила со стороны эл. поля. (Не считая силы инерции, которая не участвует в разгоне) и сила реакции опоры!

Бусинка перестанет разгоняться, когда её полное ускорение в точке будет направлено перпендикулярно касательной к траектории в данной точке (положение 2)

А ускорение направлено по результирующей силе.

Обозначим угол между результирующей силой и силой тяжести за α

тогда $tg\alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{10^{-6}\cdot 10^{3}}{10^{-3}\cdot 10} = \frac{1}{10}$

Найдём высоту на которой находится точка 2 относительно нулевого уровня потенциальной энергии

$h = r(1-\cos\alpha)$

$x = r\sin\alpha$

Работа сил эл. поля не зависит от формы пути перемещения и равна $A = qEd$

ЧИСТОВИК

тогда запишем закон сохранения энергии с учетом работы поля

$$mgR + Eq(x+R) = mgh + \frac{mV_{max}^2}{2}$$

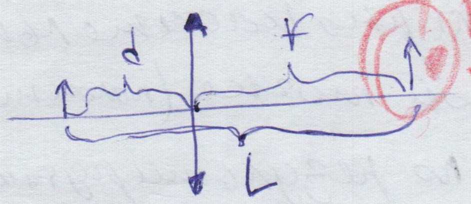
$$\sqrt{\frac{(mgR + Eq(r\sin\alpha + R) - mgR(1-\cos\alpha))\cdot 2}{m}} = V_{max}$$

Ответ: $V_{max} = \sqrt{\frac{2(mgR + Eq(r\sin\alpha + R) - mgr(1-\cos\alpha))}{m}}$

где $\alpha = arctg\frac{1}{10}$; $R = 1м$ $m = 10^{-3} кг$ $r = 0{,}25 м$

Очень приближенно $V_{max} \approx 5 \frac{м}{с}$

W4.5.1



грубая ошибка

$$\Gamma = \frac{F}{d} \Rightarrow F = 3d$$

$$(\Gamma d + d) = L$$

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

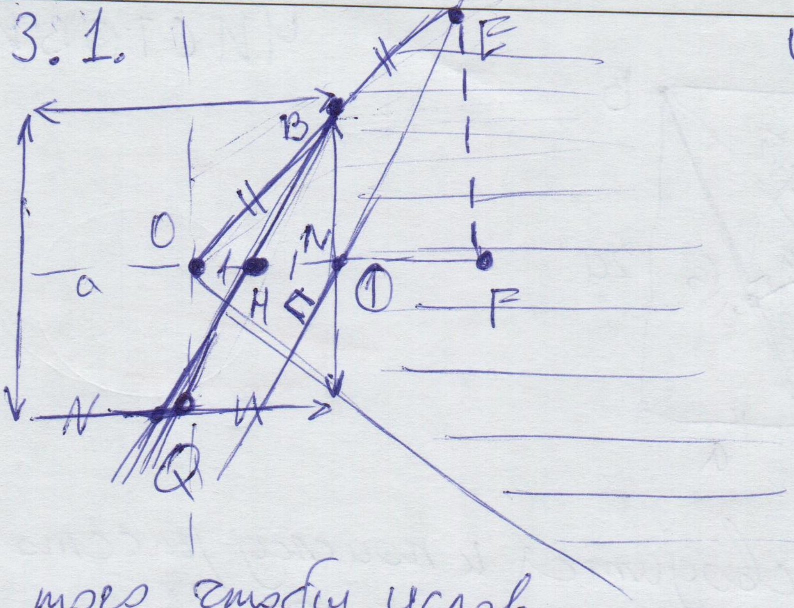
$$F = \frac{\Gamma L}{\Gamma + 1}$$

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

$$D = \frac{\Gamma+1}{\Gamma L} + \frac{\Gamma+1}{L} \qquad D = \frac{\Gamma^2 + 2\Gamma + 1}{\Gamma L} = \frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma L} = \frac{16\cdot 5}{4\ 4}$$

Ответ: $D = \frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma L} = \cancel{25}\ 5$ дптр. (5)

W 5.3.1. ЧИСТОВИК



Для того, чтобы условие задачи было выполнено необходимо, чтобы лучи, преломленные через каждое из зеркал ~~образо~~ занимали угол с началом в O и стороны которого проходят через края зеркала. (один из таких углов показан штриховкой на рисунке.

Для того, чтобы данное усл. выполнялось необходимо, чтобы луч направленный из точки источника преломившись пошёл вдоль прямой OB. (Если точка, из которой исходит луч будет крайней, то радиус источника будет минимальным.

построим такой луч

EN - побочная плоскость, тогда проведём луч через B паралельно EN

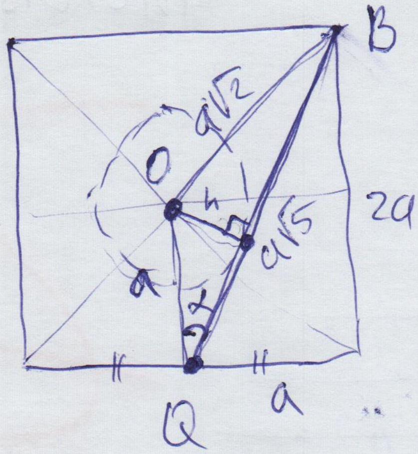
т.к $EF \parallel BH$ и $ON = NF \Rightarrow OB = BE$

и т.к $BH \parallel EH$ и $OB = BE \Rightarrow OH = HN$

тогда Q - середина одного из зеркал.

Задача будет выполнена, если хотябы одна точка источника лежит на прямой QB

ЧИСТОВИК



Задача сводится к поиску расстояния от точки O до прямой QB (высоты △QOB)

по т. Пифагора $QB = \sqrt{4a^2 + a^2} = a\sqrt{5}$

по т. косинусов $\cos\alpha = \frac{a^2 + 5a^2 - 2a^2}{2a^2\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha} = \sqrt{\frac{5}{5} - \frac{4}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$

$h = a\sin\alpha$

$h = \frac{a}{\sqrt{5}}$ $\quad 2a = \frac{9}{2}$ $\quad a = \frac{9}{4}$

в силу симметрии системы так будет с каждым краем.

$h = \frac{9}{4\sqrt{5}} \approx 1$ см

Ответ: $R_{min} = \frac{a}{\sqrt{5}} \approx 1$ см

ЧЕРНОВИК

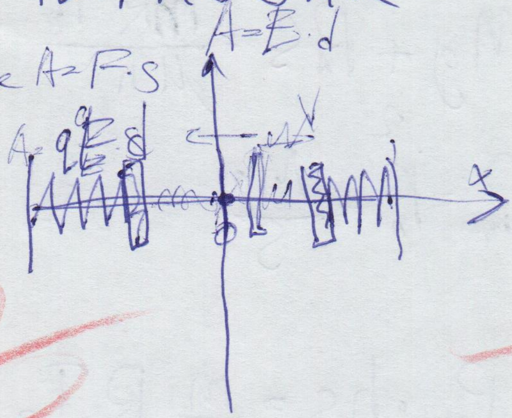
$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k3}}$ $ma = kx$

$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{3m}{k}}$

$A = F \cdot d$

$\frac{кг \cdot м}{с^2} = k \quad A = F \cdot S$

$\frac{кг}{м} \cdot c^2$



$\omega_1 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{3k}{m}}$

$\omega_2 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{3m}}$

$x_1(t) = A\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t$

$x_2(t) = A\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t$

$-\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t = \cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t$

$\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t + \cos\sqrt{\frac{9k}{3m}}t = 0$

$x(t_0) = A\cos\sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot 2\sqrt{\frac{3m}{10k}}$

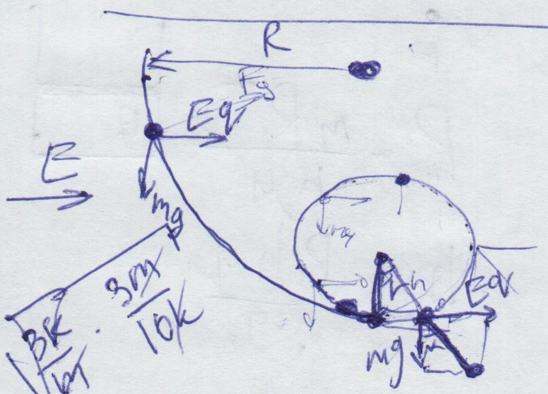
$2\cos\sqrt{\frac{10k}{3m}} \cdot \frac{1}{2}t \cdot \cos\sqrt{\frac{8k}{3m}}\frac{1}{2}t = 0$

$x(t_0) = A\cos\frac{2}{\sqrt{10}}$

$t_1 = 2\sqrt{\frac{3m}{10k}}$

$t_2 = 2\sqrt{\frac{3m}{8k}}$

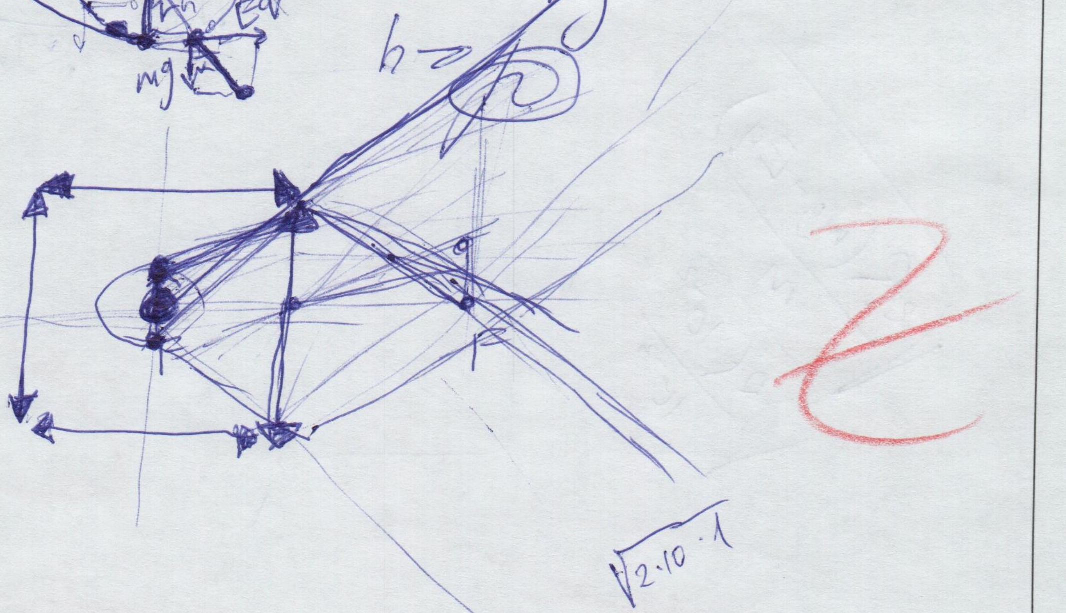
$t_1 < t_2$



$\sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{3m}{10k}$

$tg\alpha = \frac{Eq}{mg}$

$h \Rightarrow$



$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1}$

ЧЕРНОВИК

$$Mg + P_A S = \frac{mRT_2}{\mu h}$$

$S = 10^{-2}$ м^2

$$P_{пара} = P_A + \frac{Mg}{S} = 10^5 + 10^2 \cdot 10 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^5$$

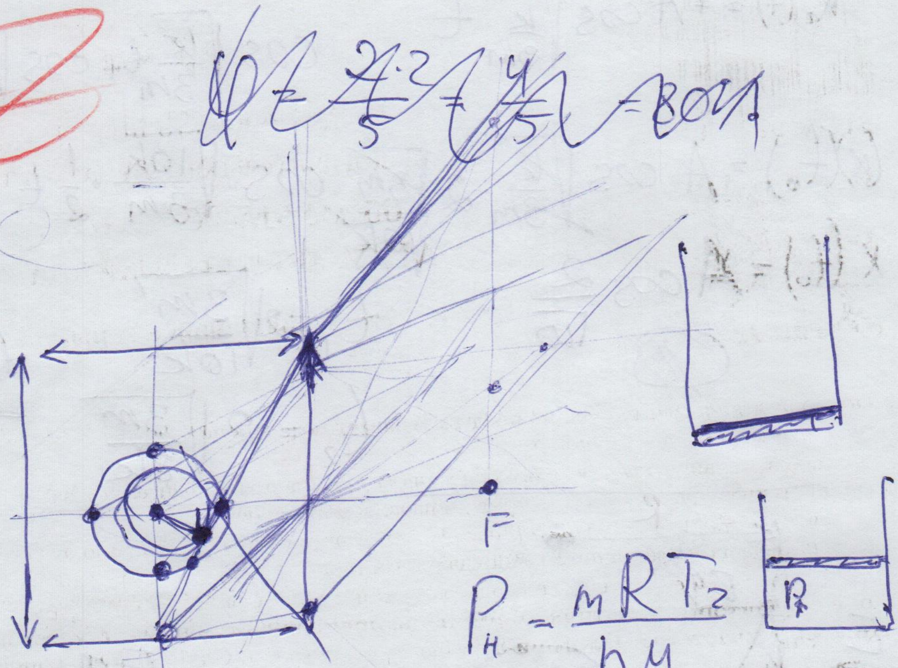
$$P_{пара} \cdot hS = \frac{m}{\mu} RT_2$$

$$P_{пара} = \frac{mRT_2}{\mu h S}$$

$m =$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$\varphi P_н$



$$P_н = \frac{mRT_2}{h\mu}$$

$$m = \frac{P_н h \mu}{RT_2}$$

$hSP_н =$

$$\sqrt{\frac{eR(mg+Eq)}{m}}$$

$$\frac{2(\cdot 10^{-2}}{10^{-3}}$$