

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.

2) Найти время полета шарика.

3) С какой высоты был брошен шарик?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Длина тележки L . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна V_0 .

1) Найдите скорость V_1 тележки после броска.

2) Найдите продолжительность T полета мяча.

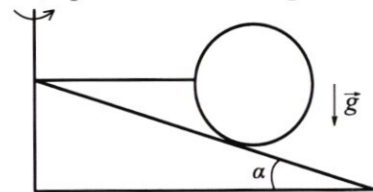
3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Однородный шар массой m находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной L , привязанной к вершине клина.

1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.



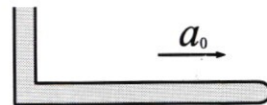
4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 40$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/3$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .

2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,6a_0$.

3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,8a_0$.

Атмосферное давление $P_0 = 740$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».



5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,6$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

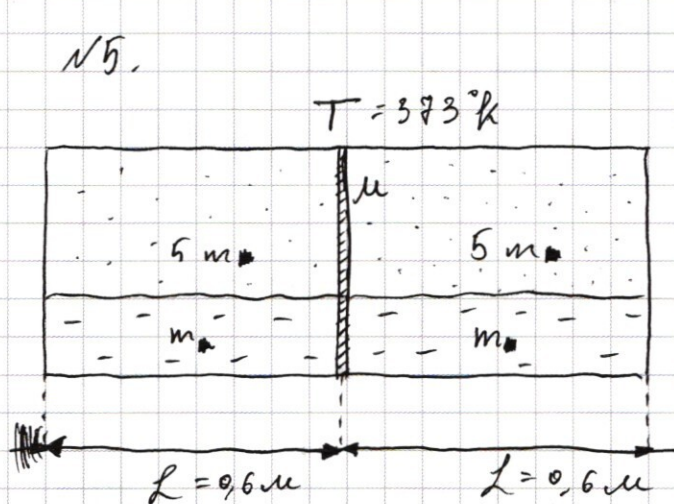
$S = 20$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.

2) Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение h поршня к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}, \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

$$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\frac{\mu g}{S} = 0,01 P_0$$

Рассм. одну из частей цилиндра:
При температуре 373°K и давлении $P_0 \approx 10^5 \text{ Па}$
вода закипает. П.к. система находится в
равновесии, то давление пара равно P_0 .

Считая пар идеальным газом, запишем уравнение
состояния: для 1 из частей:

$$P_0 V = \nu R T, \text{ где } V - \text{объем пара, } \nu - \text{к-во молей пара}$$

$$\nu = \frac{5 \text{ м}}{\mu}$$

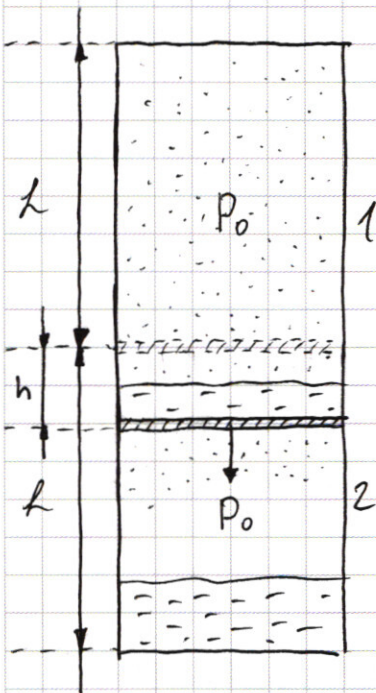
П.к. объем воды намного меньше объема пара, то
 $V = S \cdot L, \quad P_0 = 10^5 \text{ Па}$

$$(6) P_0 \cdot S \cdot L = \frac{5 \text{ м}}{\mu} \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{\mu P_0 S L}{R T} =$$

$$= \frac{0,018 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6}{8,31 \cdot 373} \approx 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

~~III. к. в другой части сосуда~~

III. к. система в другой части сосуда такая же, как и в 1-ой (в ней происходят такие же процессы, она описывается такими же законами, количественные параметры системы ~~такие же~~ ^{одинаковые}), то и масса ~~такой~~ воды в ней также равна ~~такой~~ $1,34 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$.



~~Когда мы перевернем поршень, то~~

в равновесном состоянии поршень окажется. Тогда

1) $P_1 \cdot S + m_1 \cdot g + Mg = P_2 \cdot S$, где P_1 - давление пара в верхней части сосуда, m_1 - масса воды в верхней части сосуда, P_2 - давление пара в нижней части сосуда.

Рассмотрим 3 случая: 1) вода и пар есть и в верхней и в нижней частях

сосуда ^{цилиндр}.

2) В верхней части - вода и пар, а в нижней только вода

3) В верхней части только пар, а в нижней - вода и пар.

1): В этом случае давление пара ^в обеих частях равно P_0 (иначе бы менялась вел-ва пара), подставив в (1), получим

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m_1 g + m_2 g = 0$, чего быть не может.

1) В нижней части сосуда пара нет, тогда $P_2 \geq P_0$. В верхней части и вода и пар $\Rightarrow$

$$P_1 = P_0$$

Проведем оценку: т.е. в нижней части только вода, но ~~то~~ практически весь объем цилиндра занимает 2-ая часть, а именно пар из 2-ой части.

$$V_1 P_1 = \frac{m_1}{\mu} R T \quad \text{масса пара в 1-ой части сосуда.}$$

$$2.5 P_0 = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$\text{Уравнение (0) (1-ая страница): } P_0 5L = \frac{5m_1}{\mu} R T \quad \Rightarrow$$

$$m_1 = 2.5 m_0 = 10 \text{ т.г.}$$

Но суммарная масса воды ~~и~~ и пара $= m_0 + 5m_0 = 6m_0$. $\Rightarrow m_1 \leq 6m_0$ ~~но~~ ~~т.к.~~

Невыполнение закона сохранения ~~массы~~ Противоречие.

см. на об.

$$3) m_{\text{пара}} = 6 \text{ мО}$$

$$\frac{mg}{S} = 0,01 P_0$$

$$S \cdot P_1 + mg = P_2 S \quad | : S$$

$$P_1 + 0,01 P_0 = P_2 \stackrel{= P_0}{=}$$

т.к. в нижней части вода и пар, то $P_2 = P_0$.

$$P_1 = 0,99 P_0$$

ур. сост:

$$P_1 \cdot V_1 = \frac{6 \text{ мО}}{\mu} R T$$

$$V_1 = (L + h) \cdot S$$

$$h = \frac{6 \text{ мО}}{\mu} \cdot \frac{R T}{P_1 S} - L = \frac{6 \cdot 1,34 \cdot 10^{-5}}{18 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{0,99 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} -$$

$$- 0,6 \text{ м} =$$

$$h = \frac{6 \text{ м}}{\mu} \cdot \frac{R T}{P_1 S} - L = \frac{\mu P_0 S L}{5 R T} \cdot \frac{6}{\mu} \cdot \frac{R T}{0,99 P_0 S} - L =$$

$$= L \cdot \frac{6}{5} \cdot \frac{100}{99} - L \stackrel{\text{по условию}}{\text{массы } m_g(0)} = L \left(\frac{6}{5} \cdot \frac{100}{99} - 1 \right) =$$

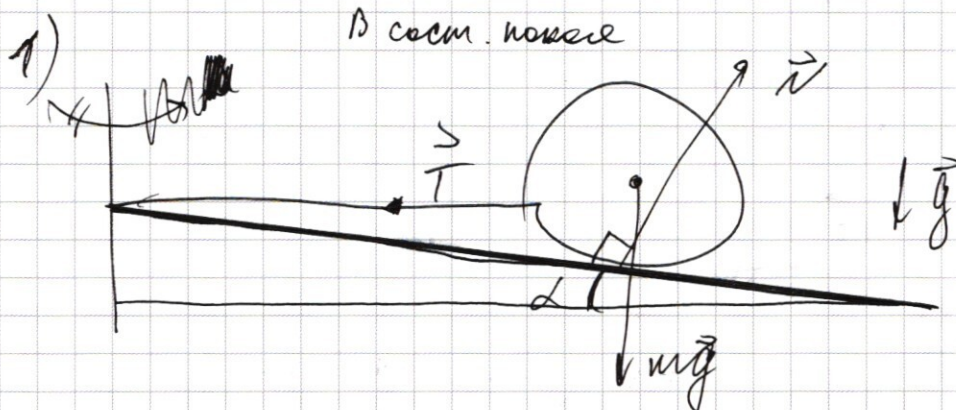
$$= 0,6 \left(\frac{6}{5} \cdot \frac{100}{99} - 1 \right) \approx 0,13 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $1,34 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 13,4 \text{ мг.}$

2) $0,13 \text{ м.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.

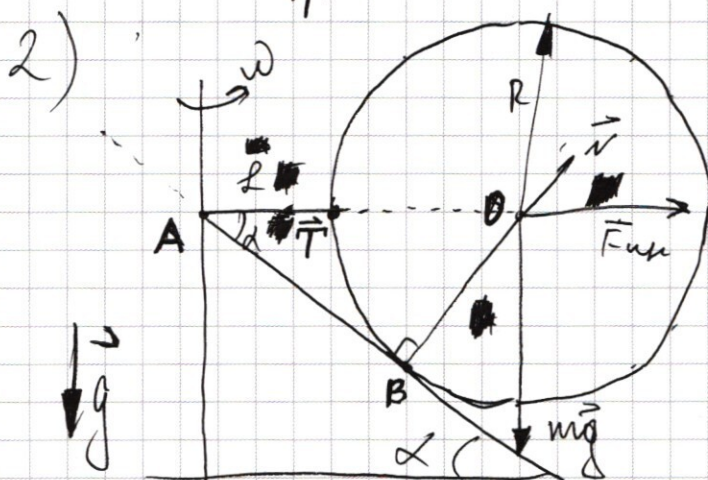


П.к.
шар покоится,
то
 $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = 0$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{T}{mg}$$

$$T = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$$



Перендем в центр -
уравнению с 0, учитывая
угловую скорость
 ω и кинетическую
энергию.

$$\text{тогда } F_{\text{ин}} = ma =$$

$$= m\omega^2(L + R)$$

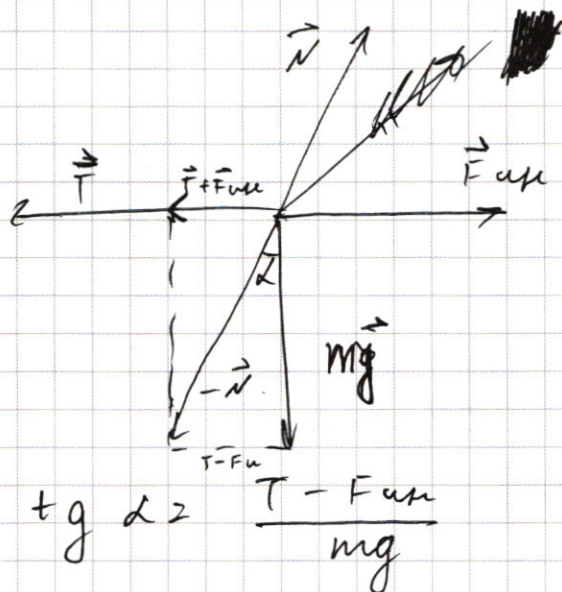
2-ой з-н Ньютона:

$$\vec{F}_{\text{ин}} + \vec{N} + \vec{T} + m\vec{g} = 0$$

треугол. AOB: $(L + R) \cdot \sin \alpha = R$, $L = R \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\sin \alpha} \right)$

$$R = L \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \Rightarrow L + R = \frac{1}{1 - \sin \alpha} R$$

$$F_{\text{цн}} = m \omega^2 \cdot l \left(\frac{1}{1 - \sin \alpha} \right)$$



$$T = mg \cdot \text{tg } \alpha + m \omega^2 l \left(\frac{1}{1 - \sin \alpha} \right)$$

ответ: 1) $T = mg \cdot \text{tg } \alpha$

2) $T = mg \cdot \text{tg } \alpha + m \omega^2 l \left(\frac{1}{1 - \sin \alpha} \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

высота, с которой бросили шарик

$v_0 = 10 \text{ м/с}$

$\alpha = \frac{\pi}{6}$

конечная скорость шарика

$2v_0 = v_1$

т.к. отсутствует сопротивление воздуха
и $g \perp O_x$

скорость в время полета.

$$v_{0x} = v_{1x} = v_0 \cdot \cos \frac{\pi}{6} = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$v_{1y} = \sqrt{v_0^2 - v_{0x}^2} = \sqrt{400 - 450} = 5\sqrt{3} \approx 17,5 \text{ м/с}$$

конечная верт. скорость.

т.к. ускорение равнодействующее, то

$$\frac{v_{1y} - v_{0y}}{g} = T = \frac{v_{1y} + v_{0y}}{g} \cdot \sin \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{17,5 + 5}{10} = 2,25 \text{ с}$$

где T — время полета шарика.

т.к. отсутствует сопротивление.

ЗСЭ:

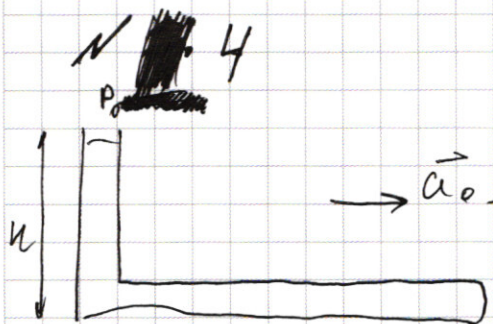
$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}, \quad h = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = \frac{3v_0^2}{2g}$$

$$z = \frac{3 \cdot 10^2}{10 \cdot 2} z = 15 \text{ м.}$$

ответ: 1) 14,5 м/с

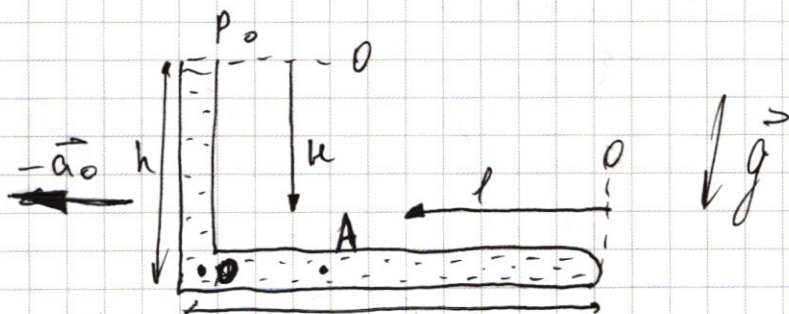
2) 2,25 с

3) 15 м.



П.к. ~~и~~ трубка тонкая, то в дальнейшем решении будет пренебрегать ее толщиной.

Перейдем в с.о., движущуюся с ускорением a_0 :



$p_{\text{гид}} = \rho g h$ — дополнительное давление столба жидкости в вертикальном колене. (гидростатика).

$p' = p_0 + \rho a_0 l$ — дополнительное давление столба жидкости в горизонтальном колене.

В мм. рт.ст.: $\frac{a_0}{g} l$; h и l — расстояния от точки до 0-ого уровня.

Надкость в точке А не меняется $\Rightarrow$

$$p_0 + \rho g h = p_0 + \rho a_0 l$$

$p_0 + h = 780 \text{ мм. рт.ст.}$
 В мм. рт.ст.: $p_0 + h = \frac{a_0}{g} l$

$$p_A = p_0 + h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{a_0}{g} l \right) = \frac{2}{3} (p_0 + h) = 780 \cdot \frac{2}{3} = 520 \text{ мм. рт.ст.}$$

$(p_A - p_0)$, где p_0 — давление в точке 0 и равно $\rho a_0 h$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$P_2 = P_0 + h \left(\frac{1}{2} \cdot 0,6 \frac{a_0}{g} L \right) = 0,8(P_0 + h) \quad \text{и}$$

$$= 780 \cdot 0,8 = 626 \text{ мм.рт.см}$$

$$P_3 = P_0 + h \left(0,8 \frac{a_0}{g} L \right) = 0,2(P_0 + h) = 780 \cdot 0,2 =$$

$$= 156 \text{ мм.рт.см.}$$

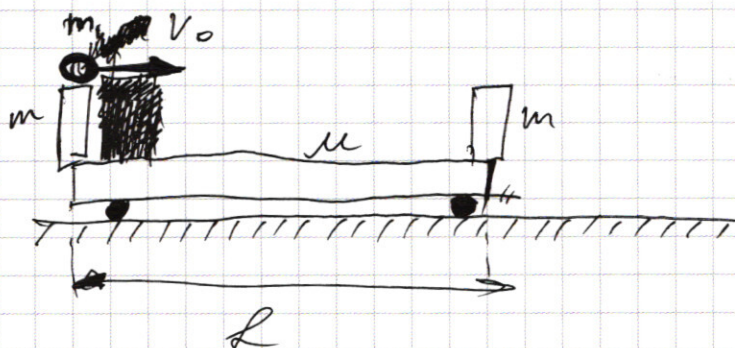
Ответ: $P_1 = 720 \text{ мм.рт.см.}$

$P_2 = 626 \text{ мм.рт.см.}$

$P_3 = 156 \text{ мм.рт.см.}$

№2.

ученик $\equiv$ мальчик.



ЗС И:

$$0 = m_1 v_0 - (2m + m) v_1$$

$$\left[v_1 \equiv v_1 \right] \frac{m \cdot v_0}{2m + m}$$

$$T = \frac{L}{v_1 + v_0}$$

$$T = \frac{(2m + m)}{2m + m + m} \cdot \frac{L}{v_0}$$

~~м.к.~~ после ~~по~~ столкновения мяча
скрестки мяча, мальчик и тележка
равны, то

ЗС И:

$$0 = v_2 (m_1 + 2m + m) \Rightarrow v_2 = 0$$

кач.
мешки
время
до 1-ой
броска

ответ: 1) $V_1 \equiv v_1 = \frac{m_1 v_0}{2m + m}$

2) $T = \frac{2m + m}{2m + m + m} \cdot \frac{L}{v_0}$

3) $V_2 = 0$.

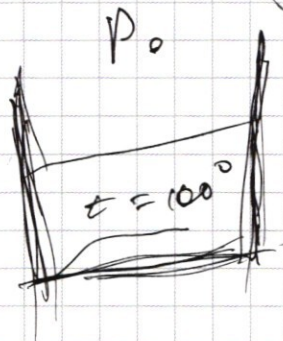
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p(p)$$

$$p_{\text{атм}} = p$$



$$\frac{18 \cdot 2 \cdot 10^6}{5 \cdot 8,31 \cdot 373}$$

$$\frac{18 \cdot 2}{5 \cdot 287 \cdot 373}$$

$$\frac{72}{287} \approx \frac{1}{4}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \\ - 7460 \\ \hline 25400 \\ - 22380 \\ \hline 30200 \\ - 19840 \\ \hline 10360 \end{array}$$

$$\frac{72}{x - \Delta x}$$

$$\frac{72}{x} + \frac{72}{x} = \frac{72(x + \Delta x)}{x \Delta x}$$

$$1,8 \cdot 2 \cdot 10^6$$

$$\frac{1,8 \cdot 2 \cdot 10^6}{5 \cdot 8,31 \cdot 373}$$

$$\frac{18 \cdot 2 \cdot 6}{5 \cdot 8,31 \cdot 373}$$

$$= \frac{6}{5} \times$$

$$\frac{1,8 \cdot 2 \cdot 10^6}{5 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{13}{3} = 4,4$$

$$\frac{6}{5} \cdot 0,6 = 0,72$$

$$= \frac{72}{5 \cdot 287 \cdot 373} = \frac{1}{2 \cdot 3730}$$

$$\frac{1}{7460} \approx 134 \cdot 10^{-5} \text{ m} =$$

$$\begin{array}{r} 720 \\ 603 \\ \hline 117 \\ 0,42424242 \end{array}$$

$$21000 + 12000 + 180 = 22380$$

$$28000 + 1600 + 240 = 29840$$

$$\frac{72}{x} + \frac{72}{x} = \frac{72(x + \Delta x)}{x \Delta x} = 0,73$$

$$\begin{array}{r} 6,7 \\ 8,34 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 287 \\ 8,34 \end{array} \cdot 373 \cdot 10^3$$

$$3 \cdot 0,11 \cdot 3^2 \cdot 2 \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} 6,7 \\ 8,34 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 287 \\ 8,34 \end{array} \cdot 373$$

$$\frac{1}{x} = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{2x^2}{2!} -$$

$$\frac{4 \cdot 10^3 \cdot 2}{5 \cdot 10^3} \cdot \frac{6 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3} \cdot \frac{2 \cdot 6 \cdot 100}{5 \cdot 10^3}$$

$$- 720 \mid 99$$

$$\begin{array}{r} 126 \\ 363 \\ 3287 \\ \times 124 \\ \hline 1148 \\ 574 \\ 237 \\ 35588 \end{array}$$

$$\left(\frac{1}{x}\right)^{(1)} = -\frac{1}{x^2}$$

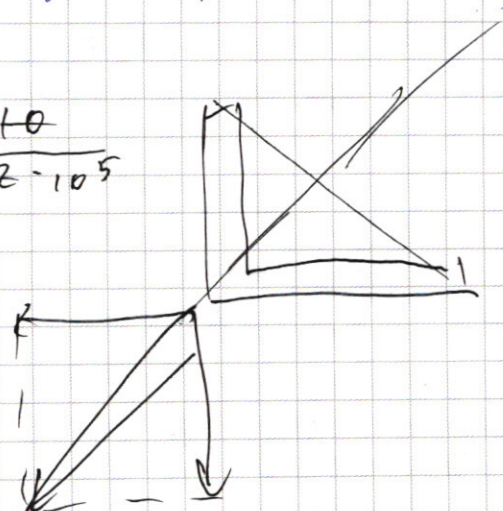
$$\left(\frac{1}{x}\right)^{(2)} = \frac{2}{x^3}$$

$$P_0 + P_1 x + P_2 x^2 + P_3 x^3 + P_4 x^4 =$$

$$0,12 = 1 - 10 + 100 - 1000$$

$$\frac{1}{x} = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 -$$

$$\begin{array}{r} 6,7 \\ 8,34 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 8,31 \cdot 373 \cdot 10 \\ 8,31 \cdot 373 \cdot 10^5 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0,22 \\ 0,67 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 2,87 \\ 8,31 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 4,1 \\ 4,24 \end{array}$$

$$\frac{35}{2} \approx 17,5$$

$$0,2 \cdot 3 \cdot 4 = 12 \cdot 0,2 = 2,4$$

$$0,2 \cdot 3 \cdot 4 = 12 \cdot 0,2 = 2,4$$

$$1300$$

$$35^2 < 100 + 25 + 2002 = 2225$$