



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Нигматулин Даниил Константинович**

Класс: 11

Технический балл: **82**

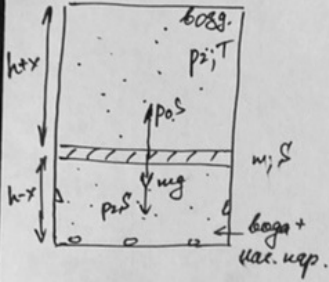
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9287985

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>12</i>	<i>15</i>	<i>5</i>	<i>15</i>	82
Вопрос	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	

4) Распи сосу в верт. колонетии.

Умовини 3)



Ул. равновесия: $p_0 S = m_2 g + p_2 S$.

Т.к. $T = const$, закон Бойля-Мариотта для

возд: $p_0 V = p_2 \cdot (h+x) S \Rightarrow p_2 = \frac{p_0 V}{(h+x) S}$

$p_0 S = m_2 g + \frac{p_0 V}{h+x} \Rightarrow h+x = \frac{p_0 V}{p_0 S - m_2 g}; h = \frac{V}{S}$

$x = \frac{p_0 V}{p_0 S - m_2 g} - \frac{V}{S}; x = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 10^{-2} - 50} - \frac{10^{-3}}{10^{-2}} =$

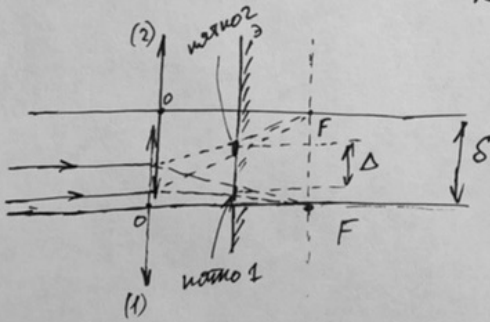
$= \frac{100}{1000 - 50} - 0,1 = \frac{100}{950} - 0,1 \approx 0,105 - 0,1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Ответ: $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

н4

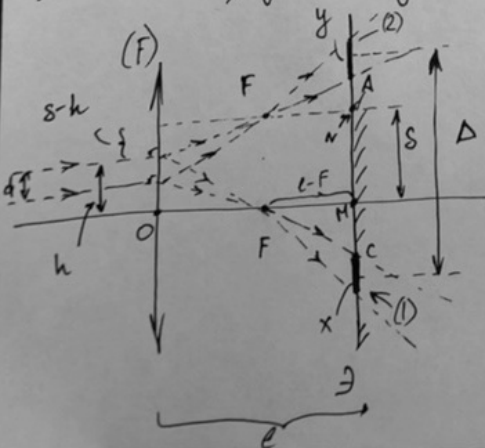
$l = 20 \text{ см}$
 $S = 0,5 \text{ см}^2$
 $\Delta = 1 \text{ см}$
 $F = ?$

1) После прощонен. через линзу лучи содержатся в фокусе (в отсутствии экрана).
2) Если экран на расстоянии от линзы, меньшем, чем фокусное, то $\Delta < S$, что противоречит условию. Т.к. экран за фокусом.



Если экран на расстоянии от линзы, меньшем, чем фокусное, то $\Delta < S$, что противоречит условию. Т.к. экран за фокусом.

3) Для удобства не будем рисовать передвигающуюся линзу, а отменим мениско (·), где находится фокус после передвижения



Д диаметр первого пятка - x, а диаметр второго - y. ; ширина луча - d

Уз подобия $\Delta: \frac{d}{y} = \frac{F}{l-F}$ и $\frac{d}{x} = \frac{F}{l-F} \Rightarrow$

$\Rightarrow x = y; \Delta = \frac{x}{2} + \frac{x}{2} + AC$. l - расст. от

крайнего верхнего луча луча до ПОО.

Уз подобия: $\frac{MC}{h-d} = \frac{l-F}{F}; \frac{AN}{S-h} = \frac{l-F}{F}$

$AC = AN + S + MC$

Цитовик.

(1)

Вопрос 1. Импульс системы мат. точек - это векторная сумма импульсов каждой из точек, входящих в систему.

$$\vec{P}_S = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \sum_i \vec{p}_i$$

2) ЗСН. Закон изменения импульса системы $\Delta \vec{P}_S = \vec{R}_{\text{внеш}} \Delta t$.

Закон сохранения импульса:

1) Импульс замкнутой системы не сохраняется. Замкнутая - система, на которую не действуют другие тела, или их действия скомпенсированы. ($\vec{R}_{\text{внеш}} = \vec{0}$), т.е. $\Delta \vec{P}_S = \vec{0}$.

2) Импульс может сохраняться по какой-то оси, если по этой оси система замкнута ($R_{\text{внеш}x} = 0$), т.е. $\Delta P_{Sx} = 0$

3) Промежуток времени $\Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow$ Импульс системы также сохраняется $\Delta \vec{P}_S = \vec{0}$, но только при условии, что $|\vec{R}_{\text{внеш}}|$ - конечный, т.е. $\neq \infty$

Вопрос 2. Абсолютная влажность - показывает, сколько вод. пара содержится при данной температуре в данном объеме. Численно равна отношению массы ~~ва~~ пара к занимаемому объему.

$$\rho = \frac{m}{V}; [\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Относительная влажность - ф.у. величина, равная отношению парциального давления вод. пара при данной температуре к давлению насыщенного пара при этой же температуре, выраженная в процентах. $\varphi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{п.н}}} \cdot 100\%$. Показывает, насколько пар близок к насыщению.

Вопрос 3. Электроёмкость - ф.у. величина, показывающая способность проводника накапливать электрический заряд. Определяется геометрией проводника и свойствами среды.

Ёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{q}{U}$, где q - модуль заряда одной обкладки, U - разность потенциалов между обкладками

5) Кинематика для машинки в 10 землиц: ~~Черновик~~ (4)

$$x(t) = v_{0x}t + at^2$$

$$v = 0 +$$

Черновик

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F \Delta r}{\Delta t} = F \cdot v$$

$$X = L_1 - L_2.$$

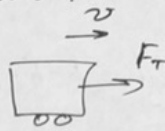
~~$$0,6667$$~~

$$\frac{8}{6} = \frac{20}{18} = \frac{13}{2}$$

$$\begin{array}{r} 80 \ 9 \\ -72 \ 10,808 \\ \hline 80 \\ -72 \\ \hline 8 \end{array}$$

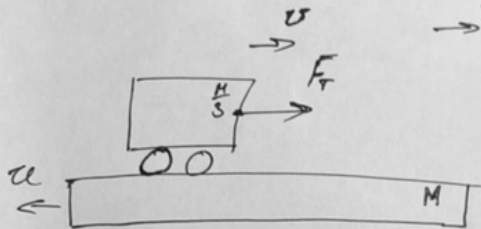
Черновик. Что значит пост мощность?

Всех прокатываем:



$N = F_T \cdot v$
 суммарная сила тр. покаст.

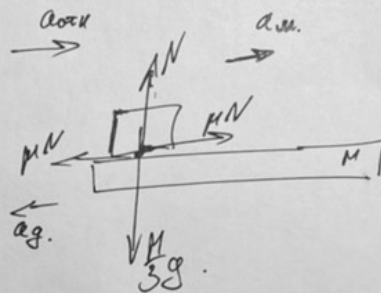
В том же направлении прокатываем



$0 = \frac{M}{3} v - M u$

$u = \frac{2}{3} v$

$N = \mu N$



$S_{отн} = x - ?$

По прокатываем:

$\mu N = M \cdot a_g$

$N = \frac{M}{3} g$

$\vec{a}_{отн} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_g$

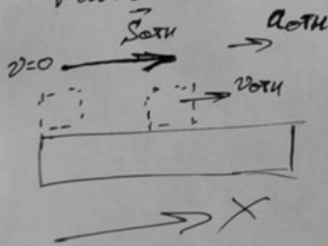
$\frac{\mu M g}{3} = M \cdot a_g \Rightarrow a_g = \frac{1}{3} \mu g$

$\frac{M}{3} \cdot a_{отн} = \frac{M}{3} g \cdot \mu \Rightarrow a_{отн} = \mu g$

$\vec{a}_{отн} = \vec{a}_{отн} + (-\vec{a}_g)$

$a_{отн} = \frac{4}{3} \mu g$

Кинематика в СО земли:



$v_{отн} = v + u = \frac{4}{3} v$

$v_{отн}^2 - v_0^2 = 2 a_{отн} x$

$(\frac{4}{3} v)^2 = 2 \cdot \frac{4}{3} \mu g \cdot x$

$x = \frac{(\frac{4}{3} v)^2}{2 \cdot \frac{4}{3} \mu g} = \frac{\frac{16}{9} v^2}{\frac{8}{3} \mu g} = \frac{2}{3} \frac{v^2}{\mu g}$

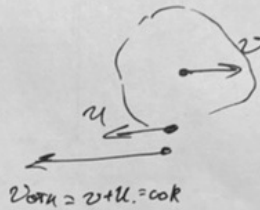
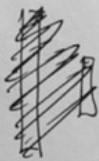
Фазовое расстояние - расстояние от источника импульса до радиальной плоскости.

Оптическая среда - величина, обратная фазовому расст. Если положит., свет лучи ~~собирают~~ и отходят, если - рассеив.

сл. [D] = $\text{длина} = \text{м}^{-1}$

Уровень

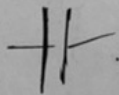
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{v}_{отн}$$

Электричность удлин. проводника - велич., равная отношению заряда проводника к его конформации.

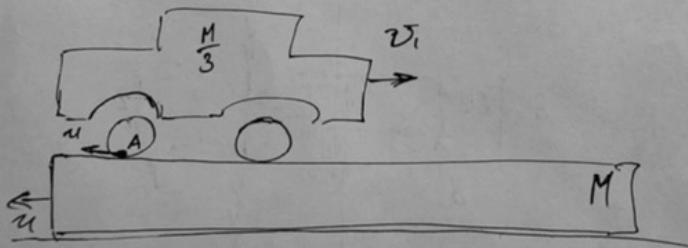
$q = \text{сл.}$



В момент прекращения промывывания

$v_{отн \Delta} = 0.$

$m = \frac{M}{3}$



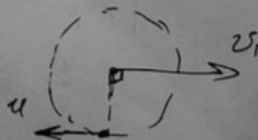
ЗСМ по оси X:

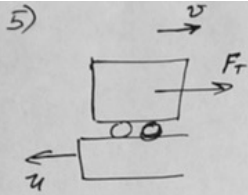
0:

ураина нет.

Если $N = \text{const}$; $F_T \cdot v = \text{const}$.

$N = F_T \cdot v = \text{const}$.





F_T - горизонтальная сила трения по плоскости

Условие (5)

$$N = F_T \cdot v \cdot \cos(0^\circ) = F_T \cdot v$$

$$v = \frac{N}{F_T}$$

Предположим, что $F_T = \mu N_1 = F_{TP} = \frac{1}{3} \mu g$

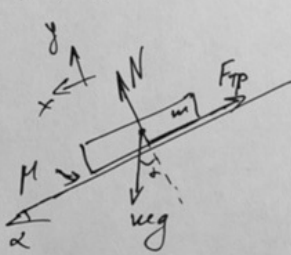
Тогда: $\left(x = \frac{2 \cdot 1}{3 \mu g} \cdot \frac{N^2}{(\mu M g)^2} = \frac{2 \cdot 8 \cdot N^2}{3 \mu g \mu M g} = 6 \frac{N^2}{(\mu g)^2 \cdot M^2} \right); x = \frac{6 \cdot 4}{3^2 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 3} = \frac{8}{9}$

Ответ: $x = \frac{6 N^2}{(\mu g)^2 \cdot M^2}; x = 0,8 \text{ м.}$

(3)

$m = 0,1 \text{ кг}$
 $\alpha_{\text{уп}} = 30^\circ$
 $\sigma = +3 \frac{\text{мксек}}{\text{м}^2}$
 $q = +3 \text{ мксек}$
 $\frac{22}{21}$

1) 4 условия того, что шарик и кончик.



Уд. равновесия: $OY: N = mg \cos \alpha$

$Ox: mg \sin \alpha = F_{TP}$, по 3. Кинеска-Анн.:

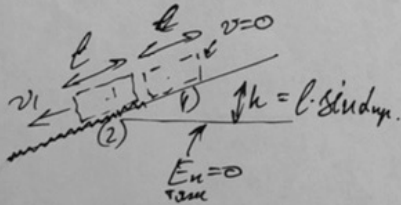
$$F_{TP} \leq \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha \Rightarrow \mu \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

В нашем сл: (предельном) $F_{TP} = \mu N \Rightarrow$

$$\left(\mu = \frac{\sin 30}{\cos 30} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$$

2) Выразим v_1 .

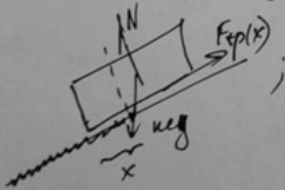


ЗНМЭ от 1 и 2: $A_{TP} + A_N = mgh + 0 - \left(\frac{mv_1^2}{2} + 0 \right)$

$$A_{TP} = - \int F_{TP} \cdot \Delta s_i; A_N = 0 (\vec{N} \perp \vec{v})$$

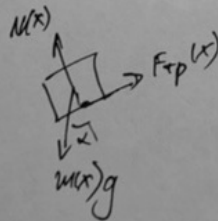
Найдем зависимость F_{TP} от текущего пути x .

Рассм. мая, когда сдвинулся на x .



Рассм. кусок на широк. ков. мш массой $m(x)$

$$\frac{m(x)}{x} = \frac{m}{l} \rightarrow m(x) = \frac{m}{l} x$$

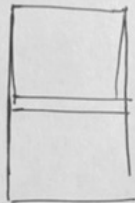
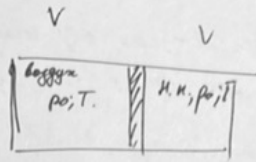
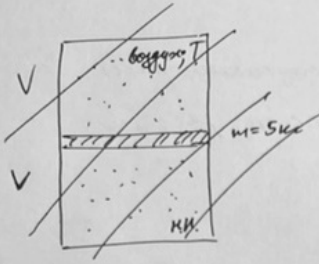


$$F_{TP}(x) = \mu \cdot N(x) = \mu \frac{m}{l} g \cdot \cos \alpha \cdot x$$

Упробан.

$T = 373 \text{ K}$
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$

	З	В
1		
2	⊙	⊙
3		⊙
4	⊙	⊙



$p_0 \cdot V = \nu R T_0$

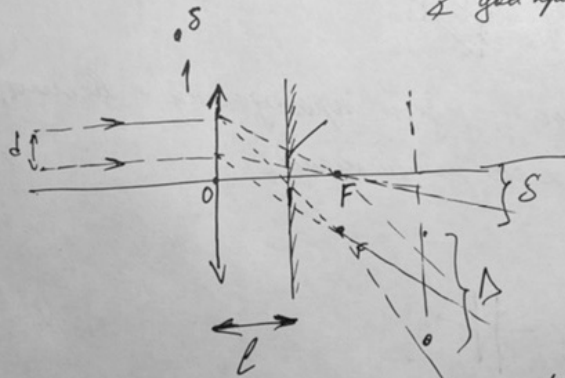
$\nu = \frac{p_0 V}{R T_0}$

н.ч.

4 главных луча.

$S = \alpha S_{\text{ан}}$

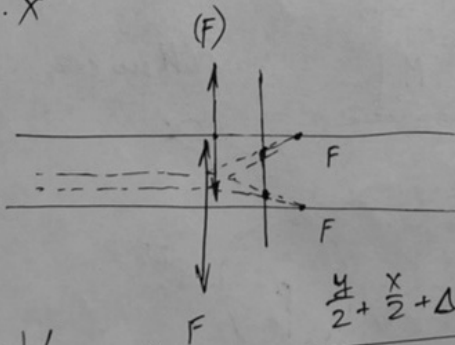
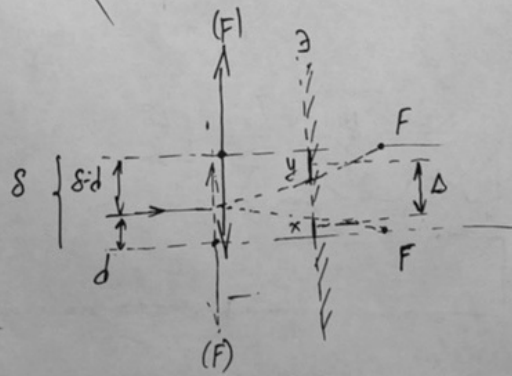
$\Delta = \text{тан}$
 $F = ?$



$\frac{\delta}{d} \cdot \frac{x}{2} = \delta - \Delta$

$\frac{d}{x} = \frac{\delta - d}{y}$

$y = \left(\frac{\delta}{d} - 1\right) \cdot x$



$\frac{y}{2} + \frac{x}{2} + \Delta = \delta$

$\frac{d}{x} = \frac{F}{F-l}$

$\frac{\delta - d}{y} = \frac{F}{F-l}$

$\left(\left(\frac{\delta}{d} - 1\right)x + x\right) \frac{l}{2} + \Delta = \delta$

Четовик.

(2)

$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, где ϵ_0 - эл. постоянная, ϵ - диэлектрическая проницаемость
 диэлектрика (если диэлектрик закрывает все пространство между пластинами). S - площадь пластинок кон-ра, d -
 расстояние между обкладками.

Вопрос 4.

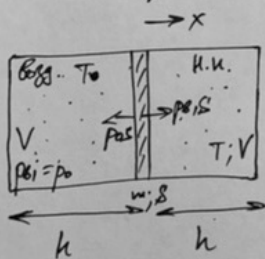
Фокусное расстояние - расстояние от главного оптич. центра линзы до фокуса вдоль главной оптич. оси. Фокус - точка, в кот. содержатся лучи, параллельные главной оптич. оси, после прохождения через линзу, выходящие параллельно главной оптич. оси, если линза соедр., и точка, в кот. содержатся продолжения выходящих лучей (или продолжения линзы), кот. были параллельны главной оптич. оси, если линза рассеивающая. СИ: $[F] = м$

Оптич. сила линзы - величина обратная фокусному расстоянию. Она положит., если линза собирающая, и отрицательна, если линза рассеивающая. СИ: $[D] = дптр = м^{-1} \in СИ$; $D = \pm \frac{1}{F}$

(12)

$m = 5 кг$
 $V = 10^{-3} м^3$
 $T = 373 K$
 $T = const$
 $S = 0,01 м^2$
 $p_0 = 10^5 Па$
 $x = ?$

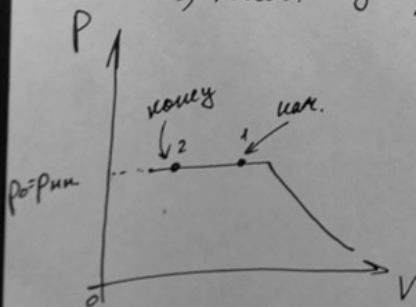
- 1) Т.к. пар вначале насыщенный и $T = 373 K$, его давление $p_{н1} = p_0$
- 2) Рассм. поршень в горл. положении:



Усл. равновесия на ОХ: $p_0 S = p_1 \cdot S \Rightarrow p_1 = p_0$

$$V = h \cdot S \Rightarrow h = \frac{V}{S}$$

- 3) Рассм. изотерму реального пара (с учетом).



Т.к. пар вначале насыщенный, мы переходим на гор. участок. $V \downarrow$ пар \Rightarrow часть пара конденсируется и в конце ок. останется насыщенный пар $p_{н2} = p_0$

температуре и фактическую нас. доля при этой же температуре,
выраженное в процентах.

$$\frac{2}{\frac{10}{95} - 0,01} = 19$$

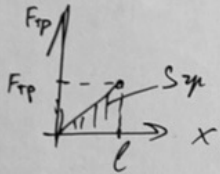
$$\begin{array}{r} 20 \\ - 19 \\ \hline 100 \end{array} \bigg| \frac{19}{0,1005}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 19 \\ \hline 100 \end{array} \bigg| \frac{19}{0,1005} \quad \begin{array}{r} \times 9105 \\ 19 \\ \hline + 945 \\ 105 \\ \hline 1,395 \end{array}$$

Уровни

График зав-ти $F_{\text{тр}}$ от x :

Условие 6).



$$A_{\text{тр}} = -S_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} l \cdot F_{\text{тр}}(l) = -\frac{1}{2} l \cdot \mu mg \cos \alpha$$

$$-\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha \cdot l = mgl \cdot \sin \alpha - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_1^2 = 2gl \sin \alpha + \mu gl \cos \alpha ; \mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow v_1^2 = 3gl \sin \alpha$$

$$v_1 = \sqrt{3gl \cdot \sin \alpha}$$

$$AC = \frac{l-F}{F}(h-d+s-h) + s = \frac{l-F}{F}(s-d) + s;$$

$$\Delta = x + \left(\frac{l-F}{F}\right)(s-d) + s = x + \frac{l-F}{F} \cdot s + s - \frac{l-F}{F} \cdot d = \left(\frac{l-F}{F} + 1\right) s$$

$$\Delta = \frac{l}{F} \cdot s \Rightarrow \boxed{F = l \cdot \frac{s}{\Delta}}; F = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ см.}$$

Ответ: $F = l \frac{s}{\Delta}; F = 10 \text{ см.}$

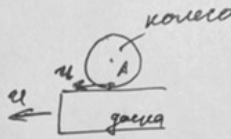
(21)

$M = 1 \text{ кг}$
 $N = 2 \text{ Вт}$
 $m = \frac{M}{3}$
 $\mu = 0,3$
 $x = ?$

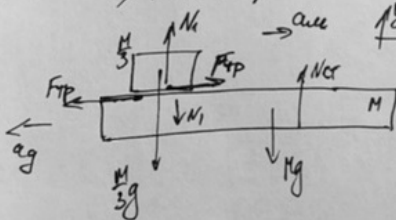
1) Мом. прескруз. прескруз:

↑ скорость гаски u .

↑ прескруз: $u_{\Delta} = u (v_{\text{отн}} = 0)$



2) Рассмотрим скольжение:



23 кг гаска $\frac{M}{3}$: $\text{OY: } N_1 = \frac{M}{3}g$

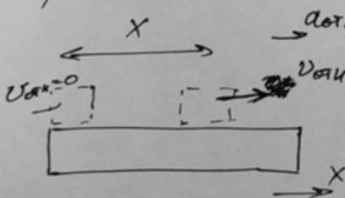
$\text{OX: } \mu \cdot N_1 = \frac{M}{3} \cdot a_{\text{отн}} \Rightarrow \boxed{a_{\text{отн}} = \mu g}$

23 кг гаска M : $\text{OX: } \mu a_{\text{отн}} = M \frac{1}{3}g \Rightarrow \boxed{a_{\text{отн}} = \frac{1}{3}\mu g}$

$\text{OY: } \vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_{\text{отн}} + \vec{a}_g \Rightarrow \vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_{\text{отн}} - \vec{a}_g$

$\boxed{a_{\text{отн}} = \frac{4}{3}\mu g}$

3) Кинематика в СО гаски:

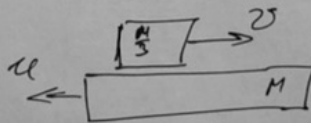


$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2a_x S_x$

$v_{\text{отн}}^2 = 2 \cdot a_{\text{отн}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{v_{\text{отн}}^2}{2a_{\text{отн}}}$

Мом преск прескрузывания ($\Delta t = t$).

$v_{\text{отн}} = v + u$



$R_{\text{вн}} = 0$

4) ЗОИ от $t=0$ до $t=\tau$: OX:

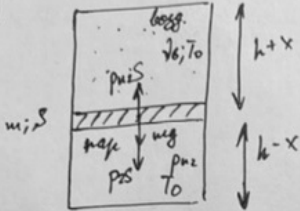
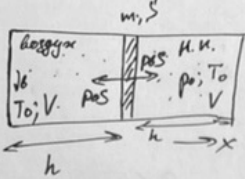
$0 = \frac{M}{3}v - Mu \Rightarrow u = \frac{v}{3} \Rightarrow v_{\text{отн}} = \frac{4v}{3}$

$x = \frac{\left(\frac{4}{3}\right)^2 \cdot v^2}{2 \cdot \frac{4}{3}\mu g} = \frac{2}{9} \frac{v^2}{\mu g} = \frac{2v^2}{3\mu g}$

Задача 4. Углублен.

①

$m = 5 \text{ кг}$
 $V = 10^{-3} \text{ м}^3$
 $T_0 = 373 \text{ К}$
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $\rho = 0,01 \text{ кг/м}^3$
 $x = ?$



1) $p_{n1} = p_0$, т.к. от насосов и $T_0 = 100^\circ\text{C}$

2) В равновесии: $0x: p_0 S = p_2 S \Rightarrow p_2 = p_0$

3) $V = h \cdot S \Rightarrow h = \frac{V}{S}$

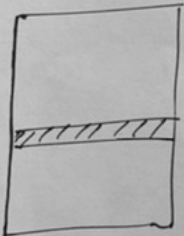
4) Рассм. кужу в ^{векст.} цилиндрическом цилиндре
 $p_{n2} S = mg + p_2 S$

Для воздуха закон Б-М: $p_0 \cdot V = p_2 \cdot (h+x) S$

$$p_2 = \frac{p_0 \cdot h}{h+x} = \frac{p_0 V}{(h+x) S}$$

$$p_{n2} = \frac{mg}{S} + p_2$$

Именно и конденсат: тогда закон Б-М: $p_0 \cdot V = p_{n2} \cdot S$



$$p_0 \cdot V = p_2 \cdot (h+x) S$$

$$p_{n2} \cdot S = mg + \frac{p_0 \cdot h \cdot S}{h+x}$$

$$p_{n2} = mg + \frac{p_0 S}{1 + \frac{h}{x}}$$

Изомерия реального пара. По условию в сосуде вначале только жидкая вода \Rightarrow начало соев. точки t на графике. $V \downarrow \Rightarrow$ происходит конденсация. Пар остается насыщенным и $p_{n2} = 10^5 \text{ Па}$.

~~$$p_0 = mg + \frac{p_0 S h}{h+x}$$~~

$$p_0 S = mg + p_2 S ; p_0 S = mg + \frac{p_0 h}{h+x} S$$

$$\left(p_0 - \frac{mg}{S} \right) = \frac{p_0 h}{h+x} \Rightarrow h+x = \frac{p_0 h}{p_0 - \frac{mg}{S}} \Rightarrow x = \frac{p_0 h}{p_0 - \frac{mg}{S}} - h$$

$$p_0 S = mg + \frac{p_0 V}{h+x} \Rightarrow h+x = \frac{p_0 V}{p_0 S - mg} \Rightarrow \boxed{x = \frac{p_0 V}{p_0 S - mg} - \frac{V}{S}}$$

Все влажность $\rho = \frac{m_{\text{ж}}}{V_{\text{ж}}}$ - отношение массы в.и. к его объёму.

Обносит. $\rho_{\text{ж}}$ - это отношение парциального давления в.и. при данной