



**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**

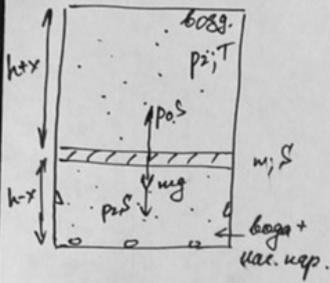
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9287985

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>12</i>	<i>15</i>	<i>5</i>	<i>15</i>	<b>82</b>
Вопрос	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	

4) Распи сосу в верт. колонетии.

Условие 3)



Ул. равновесия:  $p_0 S = mg + p_2 S$ .

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

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

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

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

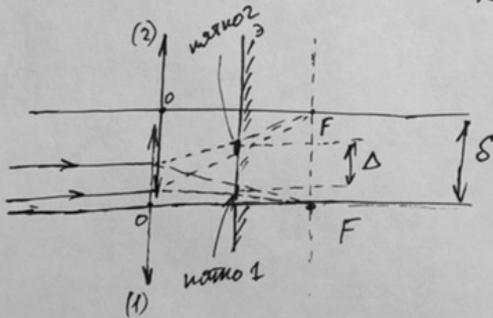
$= \frac{100}{1000 - 50} - 0,1 = \frac{100}{950} - 0,1 \approx 0,105 - 0,1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Ответ:  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

н4

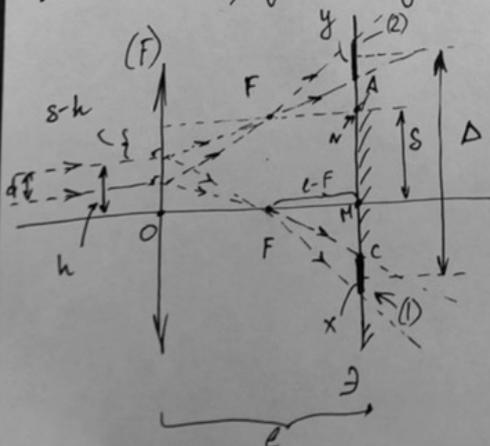
$l = 20 \text{ см}$   
 $S = 0,5 \text{ см}^2$   
 $\Delta = 1 \text{ см}$   
 $F = ?$

1) После прощонел. 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 менisco (·), 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  $\frac{d}{x} = \frac{F}{l-F} \Rightarrow$

$\Rightarrow x = y; \Delta = \frac{x}{2} + \frac{x}{2} + AC$ .  $h$  - 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  $\Delta \vec{P}_S = \vec{R}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t$ .

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 - физ. 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 - физ. 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

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

$$X = L_1 - L_2.$$

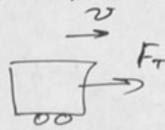
~~$$0,6667$$~~

$$\frac{8}{6} = \frac{20}{18} = \frac{10}{9}$$

$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 9} \\ -72 \phantom{0} \\ \hline 80 \phantom{0} \\ -72 \phantom{0} \\ \hline 8 \phantom{0} \end{array}$$

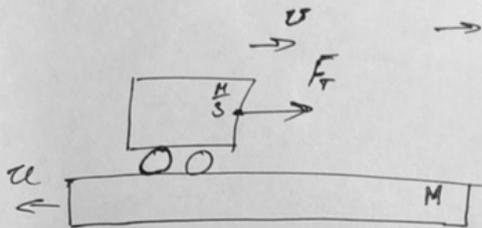
Черновик. Что значит пост мощность?

Всех прокатываем:



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

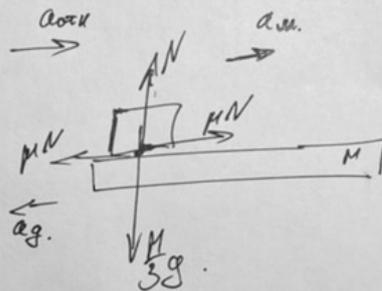
В том же направлении прокатываем



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

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

$N = \mu N$



$S_{отн} = x - ?$

по прокатываем:

$\mu N = M \cdot a_g$

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

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

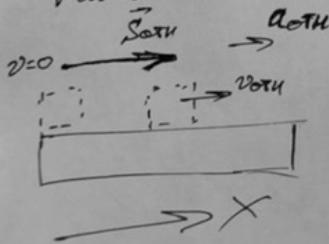
$\frac{\mu M g}{3} = M \cdot a_g \Rightarrow a_g = \frac{1}{3} \mu g$

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

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

$a_{отн} = \frac{4}{3} \mu g$

Кинематика в СО земли:



$v_{отн} = v + u = \frac{4}{3} v$

$\frac{1}{4} v^2 - 0 = 2 a_{отн} S_x$

$(\frac{4}{3} v)^2 = 2 \cdot a_{отн} \cdot x$

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

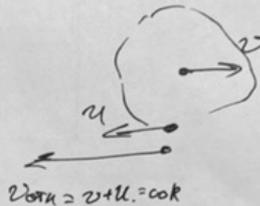
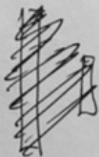
Фазовое расстояние - расстояние от источника импульса до радиальной плоскости.

Оптическая связь - величина, обратная фазовому расст. Она положительна, если лучи ~~собираются~~ и отрицательна, если - рассеиваются.

сл. [D] = диаметр =  $m^{-1}$

Уровнев

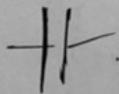
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{v}_{отн}$$

Электрическая емкость проводника - величина, равная отношению заряда проводника к его потенциалу.

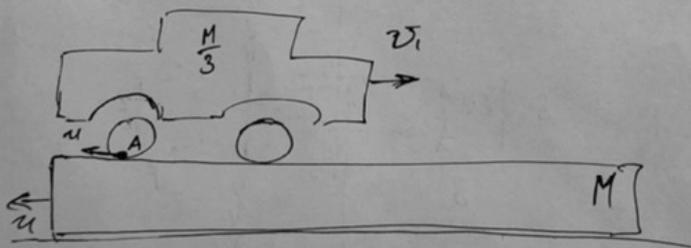
$q = C \cdot U$



В момент прекращения вращения

$v_{отн \Delta} = 0$

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



ЗСМ по оси X:

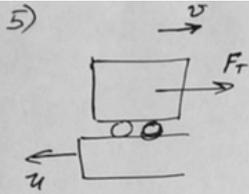
0:

уравнения нет.

Если  $N = const$ ;  $F_T \cdot v = const$

$N = F_T \cdot v = const$





$F_T$  - горизонтальная сила трения по каской

Условие (5)

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

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

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

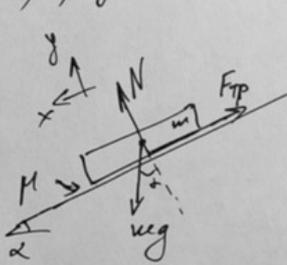
Тогда:  $\left( x = \frac{2 \cdot 1}{3 \mu g} \cdot \frac{N^2}{(\mu M g)^2} = \frac{2 \cdot 8 \cdot N^2}{3 \mu g \mu M g} = 6 \frac{N^2}{(\mu g)^2 \cdot M^2} \right); x = \frac{6 \cdot 4}{3^2 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 3} = \frac{8}{9}$

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.:

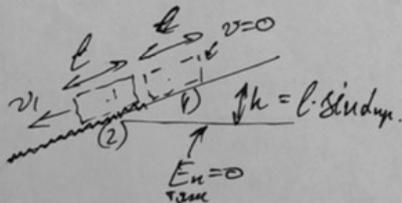
$$F_{TP} \leq \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

Внаем ми: (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  $v_1$ .



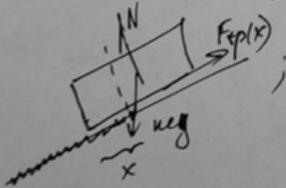
ЗНМЭ от 1 и 2:  $A_{TP} + A_N = mgh + 0 - \left( \frac{mv_2^2}{2} + 0 \right)$

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

Найдем зависимость  $F_{TP}$  от текущего  $x$ .

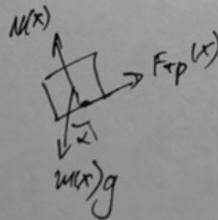
x.

Расси мем, когда шестиква ках.



Расси кусок на шестиква ков. ми массой  $m(x)$

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

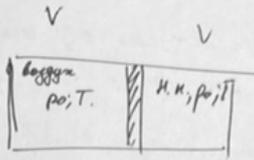
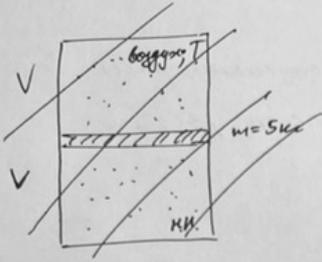


$$F_{TP}(x) = \mu \cdot N(x) = \mu \frac{m}{l} g \cdot \cos \alpha \cdot x$$

Упробан.

$T = 373 \text{ K.}$

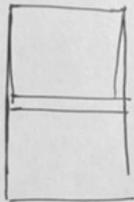
$p_0 = 10^5 \text{ Па}$



	З	В
1		
2	⊙	⊙
3		⊙
4	⊙	⊙

$p_0 \cdot V = \nu R T_0.$

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

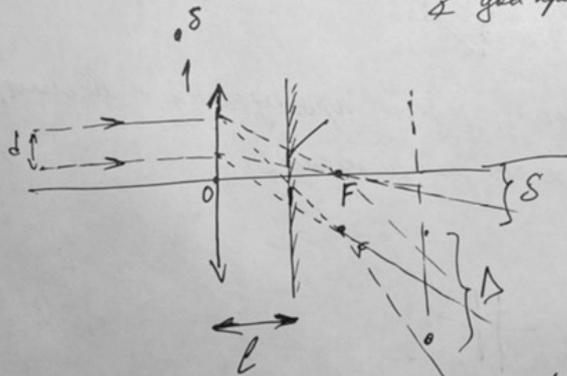


нч.

4 главных луча.

$S = \alpha S_{\text{ан}}$

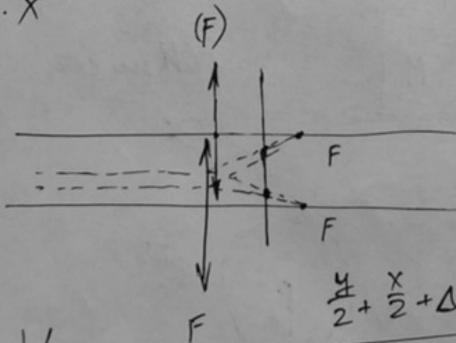
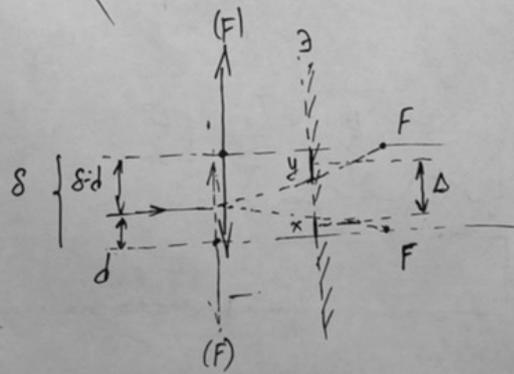
$\Delta = \text{тан}$   
 $F = ?$



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

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

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



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

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

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

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

Четовик.

(2)

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

Вопрос 4.

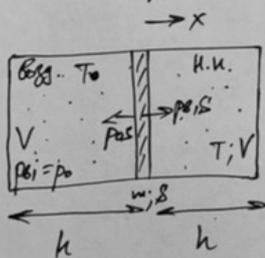
Фокусное расстояние - расстояние от главного оптич. центра линзы  
 до фокуса вдоль главной оптической оси. Фокус - точка, в кот. содержатся  
 лучи, параллельные главной оптической оси, после прохождения через линзу,  
 если линза соедр., и точка, в кот. содержатся продолжения вышед-  
 ших лучей (или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

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

(12)

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

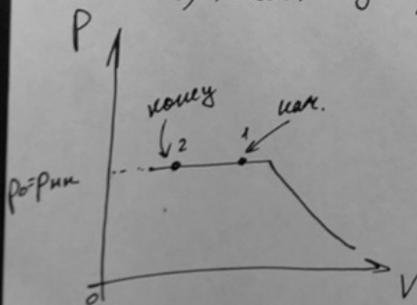
- 1) Т.к. пар вначале насыщенный и  $T = 373 K$ , его давление  $p_{н1} = p_0$
- 2) Рассм. поршень в гор. положении:



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 насыщенного пара (с учетом).



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

температуре и фактически нас. когда при этой же температуре,  
выраженное в процентах.

$$\frac{2}{19} = 10,5\%$$

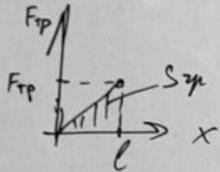
$$\begin{array}{r} 20 \\ - 19 \\ \hline 100 \\ - 95 \\ \hline 50 \end{array} \quad \begin{array}{l} 19 \\ \hline 0,1050 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 19 \\ \hline 100 \\ \hline 1005 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 9105 \\ 19 \\ \hline 945 \\ + 105 \\ \hline 1,835 \end{array}$$

Уровни

График зависимости  $F_{\text{тр}}$  от  $x$ :

Условие 6).



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

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

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

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

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

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

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

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

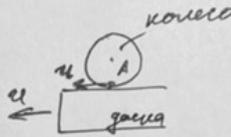
(21)

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

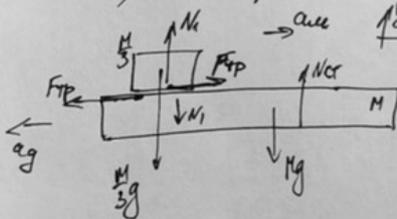
1) Мом. прескрану. прескрану:

↑ скорость гаски  $u$ .

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



2) Рассмотрим скольжение:



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

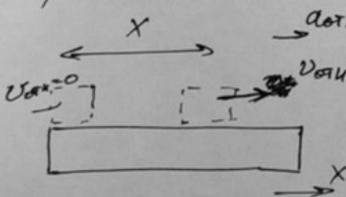
$\text{OX: } \mu \cdot N_1 = \frac{M}{3} \cdot a_{\text{отн}} \Rightarrow \boxed{a_{\text{отн}} = \mu g}$

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

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

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

3) Кинематика в СО гаски:

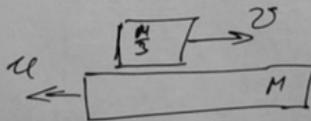


$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2 a_x S_x$

$v_{0x}^2 = 2 \cdot a_{\text{отн}} \cdot x \Rightarrow x = \frac{v_{0x}^2}{2 a_{\text{отн}}}$

Мом преск прескрану (3t = t).

$v_{\text{отн}} = v + u$



$R_{\text{вн}} = 0$

4) ЗОИ от  $t=0$  до  $t=\tau$ :  $\text{OX:}$

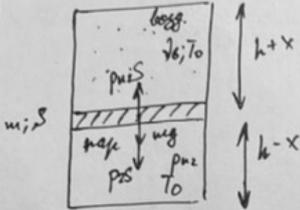
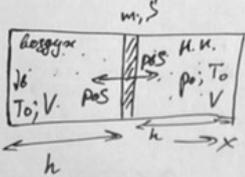
$0 = \frac{M}{3} v - M u \Rightarrow u = \frac{2}{3} v \Rightarrow v_{\text{отн}} = \frac{4}{3} v$

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

Задача 4. Углублен.

①

$m = 5 \text{ кг}$   
 $V = 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $T_0 = 373 \text{ К}$   
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$   
 $\rho = 901 \text{ кг/м}^3$   
 $x = ?$



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

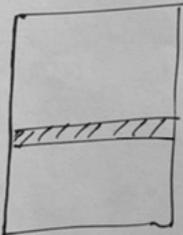
4) Рассм. кужу в <sup>вспл.</sup> цилиндрическом цилиндре:  
 $p_{n2} S = mg + p_2 S$

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 конденсация: Тогда закон Б-М:  $p_0 \cdot V = p_{n2} \cdot S$



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

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

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

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

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

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

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

Все влажность  $\rho = \frac{m_{\text{ж}}}{V_{\text{ж}}}$  - отношение массы ж.п. к его объёму.  
 Обознач.  $\rho_{\text{ж}}$  - это отношение парциального давления ж.п. при данной