

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

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

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

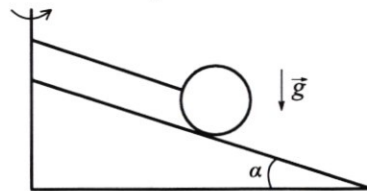
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

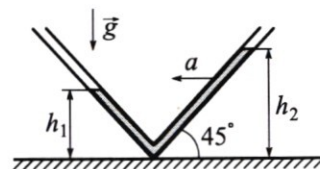
2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

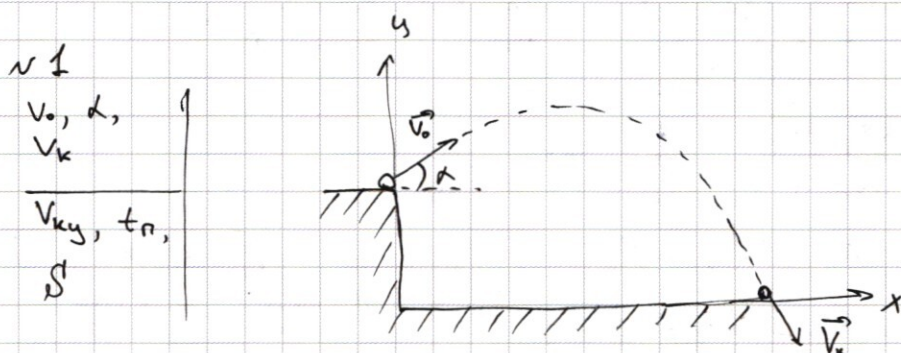
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$
 x : $v_x(t) = v_0 \cos \alpha$
 y : $v_y(t) = v_0 \sin \alpha - gt$

v_x постоянна $\Rightarrow$
 $\Rightarrow v_{ky}^2 = v_k^2 - v_{kx}^2 = v_k^2 - v_x^2 =$
 $= (2,5)^2 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha =$
 $= v_0^2 (2,5^2 - \cos^2 \alpha)$

$v_{ky} = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha}$

$[v_{ky}] = \frac{m}{c} \cdot 1 = \frac{m}{c}$

$v_{ky} = 8 \cdot \sqrt{6,25 - \cos^2 60} = 8 \cdot \sqrt{6}$

2) $-v_{ky} = v_0 \sin \alpha - gt_n$

$t_n = \frac{v_0 \sin \alpha + v_{ky}}{g}$

$[t_n] = \frac{\frac{m}{c} + \frac{m}{c}}{\frac{m}{c^2}} = c$

$t_n = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 8\sqrt{6}}{10} = \frac{8\sqrt{3}(\frac{1}{2} + \sqrt{2})}{10} = 0,8 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right)$

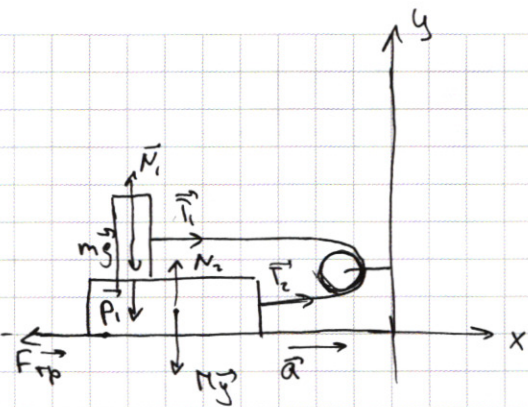
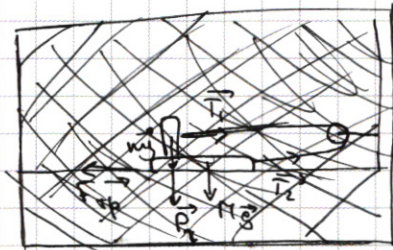
3) $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$

x : $x(t) = v_0 \cos \alpha t$

$S = v_0 \cos \alpha t_n = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,8 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) =$
 $= 3,2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right)$

~2

$\lambda, m,$
 $M = 5m,$
 μ
3) F
 $P_0, F_{\text{тр}}$



1) IIЗН:

для блока $M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{P}_1 + \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}}$

на y : $0 = N_2 - Mg - P_1$

(по IIЗН $\vec{P}_1 = -\vec{N}_1$)
по IЗН на y : $N_1 = mg$

$N_2 = Mg + mg = 6mg$

$P_0 = N_2 = 6mg$

2) IIЗН:

для цепи, x : $Ma = T_2 - F_{\text{тр}}$

$Ma = T_2 - \mu v mg$

$Ma = F - \mu v mg$

(по IIЗН: $\vec{T}_1 = -\vec{F}$)
на x : $T_1 = F$

$|T_1| = |T_2|$

канат натянут
и не растягивается
в процессе движения.

$F_{\text{мин}} > \mu v mg$ чтобы цепь
начал двигаться

3)

укажем скорость тел равной нулю

$A_{F_{\text{тр}}} = \mu v mg \cdot S$

$A_F = FS$ (если бы не сопротивление веревки = S произвел работу)

$\frac{5m v^2}{2} = A_F - A_{F_{\text{тр}}}$

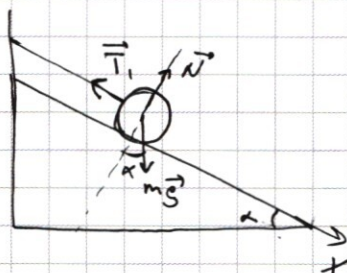
$v^2 = \frac{6mg - F}{5m} 2S$

$v = \sqrt{\frac{2}{5} S \frac{6mg - F}{5m}}$

$[v] = \sqrt{\mu^2 \frac{m \frac{m}{c^2}}{m} - H} = \frac{m}{c}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3
m, R, α
L
ω
T



1)

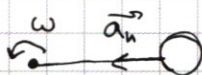
$$\text{IЗН: } m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{N}$$

$$\vec{a} = \vec{0}$$

$$\text{r'': } 0 = mg \sin \alpha - T_1$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

2) рассмотрим сверху



$$\text{IЗН: } m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{N}$$

$$\text{r'': } -m a_n \cos \alpha = mg \sin \alpha - T_2$$

$$T_2 = m(a_n \cos \alpha - g \sin \alpha)$$

$$a_n = \frac{v^2}{l} = l\omega^2$$

$$T_2 = m(l\omega^2 \cos \alpha - g \sin \alpha)$$

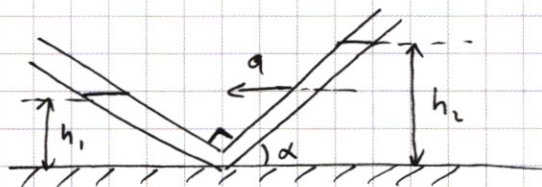
$$T_2 = m((R+L)\omega^2 \cos \alpha - g \sin \alpha)$$

$$l = R+L$$

так как шар не отрывался от плоскости, то
угол между нормалью ускорения и плоскостью
был α

~4

α, h_1, h_2
 a, v



1) ~~XXXXXX~~

так как трубка движется с ускорением, то существует сила инерции, кот. компенсируется разностью давлений в концах

$$m_0 = \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho S + \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho S, \text{ где } S - \text{площадь поперечного сечения трубки}$$

$$= \frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) \quad \rho - \text{плотность масла}$$

(предполагаю, что трубка тонкая)

$$\Delta P = (h_2 - h_1) \frac{\rho g}{\sin \alpha}$$

$$m_0 a = \Delta P S \quad \frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) a = (h_2 - h_1) \frac{\rho g}{\sin \alpha} S$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} g \quad [a] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = \frac{12-6}{12+8} 10 = \frac{4}{20} 10 = 2$$

2)

после "перенормировки" ускорения в конечном итоге инерция в концах будет из-за разности высот

инерция будет зависеть от ускорения и высоты в концах трубки

(будем рассматривать перемещение от h_1 до h_2 т.е. до h_1 инерция по факту не будет уменьшаться)

$$3 \text{ сл.} \quad \frac{h_2 - h_1}{2} \left(\frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \rho S \right) g = \frac{m_0 v_0^2}{2} + \frac{h_2 - h_1}{4} \left(\frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \rho S \right) g$$

$$\left(\frac{h_2 - h_1}{4} \right) \left(\frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \rho S \right) g = \frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) \frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{(h_2 - h_1)^2}{2 \sin \alpha} g = \frac{(h_1 + h_2)}{\sin \alpha} v_0^2$$

$$v_0^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2}{(h_1 + h_2)} \frac{g}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} \frac{g}{2}}$$

$$[v_0] = \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

~~$$v_0 = \sqrt{\frac{12-6}{12+8} \frac{10}{2}} = 2$$~~

$$v_0 = 4 \sqrt{\frac{10}{20 \cdot 2}} = 2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

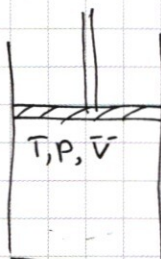
$$T = 95 + 273$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$j = 4,2$$

$$\frac{p_n}{p_b}, \frac{V_n}{V_b} = ?$$



так как пар начал сразу
конденсироваться, температура
поу поршнем неохотна менять
пар

1)

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

$$\Rightarrow p = \frac{p_n}{\mu} RT \Rightarrow p_n = \frac{p\mu}{RT}$$

$$p_n = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,3 \cdot 368} = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{Па}}{\text{м}^3}$$

$$p_n = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,3 \cdot 368} = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{Па}}{\text{м}^3} = 0,5 \frac{\text{Па}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{0,5}{10000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2)

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

$$p_2 V = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT \quad (2)$$

(Δm - масса конденсированной воды)

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p_1 = \frac{m}{\mu V} RT$$

$$p_2 V = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT \Rightarrow p_2 = \frac{m - \Delta m}{\mu V} RT$$

$p_n = \text{const}$ так как температура
пар был изотермическим и
большая плотность невозможна

$$(2) \Rightarrow p_2 = \frac{m - \Delta m}{V} \frac{RT}{\mu} = p_n \frac{RT}{\mu}$$

$$(1) - (2) \Rightarrow \frac{\Delta m}{\mu} RT = V(p_1 - p_2) \Rightarrow \Delta m = \frac{V(p_1 - p_2) \mu}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{V(p_1 - p_n) \mu}{RT} = V \left(\frac{p_1 \mu}{RT} - \frac{p_n}{j} \right)$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\Delta m}{p_b}$$

$$V_n = \frac{V}{j}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\frac{V}{j} p_b}{V \left(\frac{p_1 \mu}{RT} - \frac{p_n}{j} \right)} = \frac{p_b}{j \left(\frac{p_1 \mu}{RT} - \frac{p_n}{j} \right)}$$

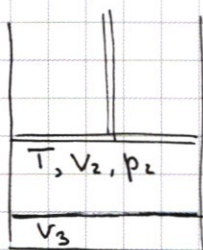
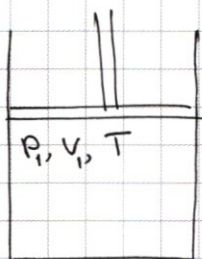
$$\left[\frac{V_n}{V_b} \right] = \frac{\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}}{\frac{\frac{\text{Па}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Па}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - \frac{\text{Па}}{\text{м}^3}}} = 1$$

$$(3) \frac{p_{\text{H}_2}}{RT} = \frac{m}{V} = \rho$$

$$(3) \quad \frac{\bar{V}_n}{\bar{V}_b} = \frac{p_b}{p_n - p_b} = \frac{p_b}{p_n(f-1)}$$

$$\frac{V_u}{V_b} = \frac{1000}{0,5(4,7-1)} = \frac{2000}{3,7} = 540$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_2 = \frac{V_1}{\delta}$$

$$p_1 V_1 = \frac{m_0}{\mu} R T$$

$$p_2 V_2 = \frac{m_0 - \Delta m}{\mu} R T$$

$$V_0 = V_3 + V_2 = \frac{V_1}{\delta}$$

$$\Delta m = \frac{V_0 - V_2}{\delta}$$

$$p_2 V_2 = \frac{m_0 - \frac{V_0 - V_2}{\delta}}{\mu} R T$$

$$\frac{V_1}{\delta}$$

$$\Delta m = \frac{\Delta p V (1 - \frac{1}{\delta})}{R T} \mu$$

$$V_0 = \frac{\Delta m}{\rho_0} = \frac{\Delta p V (1 - \frac{1}{\delta}) \mu}{R T}$$

$$\Delta p = ?$$

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

$$p_n = \text{const}$$

$$\Delta m = \frac{(1 - \frac{1}{\delta}) \mu V}{R T} \Delta p$$

~~2x~~

$$m = V \rho_n$$

$$\frac{\Delta m}{\mu} R T = V (p_1 - p_2)$$

$$V \quad m = \frac{p V \mu}{R T} = \frac{p \mu}{R T} V$$

$$p_2 = \frac{m - m_0}{\mu} R T$$

$$p_2 = p_n \frac{\mu}{R T}$$

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T$$

$$p_2 \frac{V_1}{\delta} = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T$$

$$= \frac{V_n p_n - V_0 p_0}{\mu} R T$$

$$P_n = 8 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$4,5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

100%

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{P_1 \frac{m}{RT} - \frac{P_2}{P}}{P_1 \frac{m}{RT} - \frac{P_2}{P}} = \frac{P_2}{P_1 \frac{m}{RT} - \frac{P_2}{P}}$$

$$\frac{V}{P} \cdot \frac{P_1 \frac{m}{RT} - \frac{P_2}{P}}{P_1 \frac{m}{RT} - \frac{P_2}{P}}$$

$$P \bar{V} = \bar{m} R T$$

$$\frac{P \bar{m}}{R T} = \frac{\bar{m}}{\bar{V}}$$

$$P \bar{V} = \bar{m} R T$$

$$\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\frac{2}{3} = 10^{-3}$$

$$\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{20000}{3,2}$$

$$\frac{20000}{3,2} = 6250$$

$$\frac{581}{2,5}$$

$$\frac{540}{3,2}$$

$$\frac{581}{2,5} = 232,4$$

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

$$\frac{5}{1000}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ \times 2,5 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

6,25

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{9} = 0,25$$

$$\sqrt{\frac{10}{40}} \sqrt{\frac{1}{4}}$$

人

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times 2,3 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 5,29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ 22 \\ \hline 444 \\ \hline 984 \end{array}$$

42

$$\begin{array}{r} 23 \\ 23 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 480 \\ \hline 566 \end{array}$$

$$(h_1 + h_2) \cdot g = g(h_2 - h_1)$$

$$ma = P_2 - P_1 \quad a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} z$$

$$\frac{\rho a}{(h_1 + h_2) a} g(h_2 - h_1) = \frac{4}{20} 10 = 2$$

22

$m^{\circ}V_2$ Rot



$$v_2 + 2,50$$

$$\Delta t = \frac{25}{25}$$

$$5_m v = (F - F_{rp}) \Delta t$$

$$\sin \nu_2 (F - F_{cp}) \frac{S}{V}$$

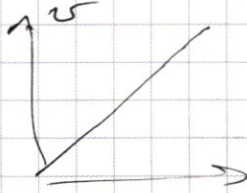
$$5m v^2_z (F - F_{rp}) S$$

$$m(5-0) \cdot 2(F-F_{tp}) \Delta t$$

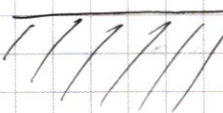
$$\frac{M v^2}{2} = A \cdot (F_{\text{battery}}) \cdot S$$

$$v_2^2 = \frac{2(F - 6Mg)}{5m}$$

$$w\sqrt{2}(F - F_{op})n\tau$$



$$t = \frac{2\sqrt{s}}{\sqrt{g}}$$



$$\frac{2.5 \cdot 10^{-16}}{2.3 \cdot 368 \cdot 10^2}$$

$$\frac{1}{1000000} = \frac{1}{10^6}$$

$10^6 \text{ cm}^{-2} / \text{m}^2$

1000m - 1800m - 1m

$$\frac{1}{m^2} \quad \frac{1}{m^3}$$

$$1/b \approx 0.1/b \approx 0.1$$

$$\frac{\frac{H}{w} \cdot \frac{2}{w}}{\frac{2}{w} \cdot \frac{2}{w}} = 1$$

$$\frac{\frac{x}{u^2} u}{x \cdot u} = \frac{u}{u^3}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 28 \overline{) 700} \\ \underline{56} \\ 140 \\ \underline{140} \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{18,0000}{18} \mid \frac{362}{4}$$

4
3

$$m_1 = \frac{1}{2} h_1 \rho g$$

$$m_2 = \frac{1}{2} h_2 \rho g$$

$$m = \frac{1}{2} \rho g (h_1 + h_2)$$

$$(F - F_{sp}) \rho$$

$$\left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) - \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

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

$$\frac{362}{18} = 20,4$$

$$\frac{18}{362} = \frac{1}{20,4}$$

$$\frac{11}{204} = \frac{5}{102}$$

$$1 \cdot 10,45$$



dh

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P_2 V_2 = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT$$

Δm

$$\frac{m V^2}{2} = mgh$$

$$m = \rho V$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{2}{\mu \rho} = \mu \rho$$

$$\frac{m_0 V^2}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2} g (h_2 - h_1) \sqrt{2} \rho$$

$$m \Delta P = \Delta P S$$

$$V \left(1 - \frac{1}{\rho} \right)$$

$$V_0 = \frac{1}{\rho} V$$

$$mgh$$

$$V_0 = V_0 + V_h$$

$$V_h P_2 = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\rho}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\rho}$$

$$PV = \rho RT$$

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

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

$$m \Delta P = \Delta P$$

$$m \Delta P = k (h_1 - h_2)$$

$$k = \rho$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$m = \rho (h_1 + h_2)$$

