

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

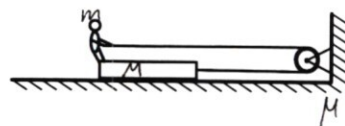
1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

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 $M = 2m$. 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?

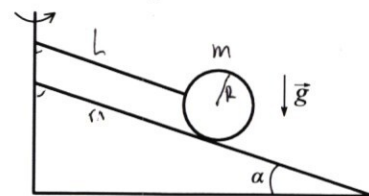
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время 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 давления шара на клин, если система покоится.

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

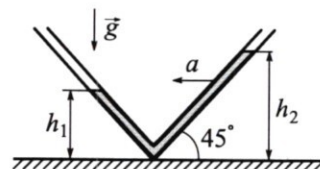


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

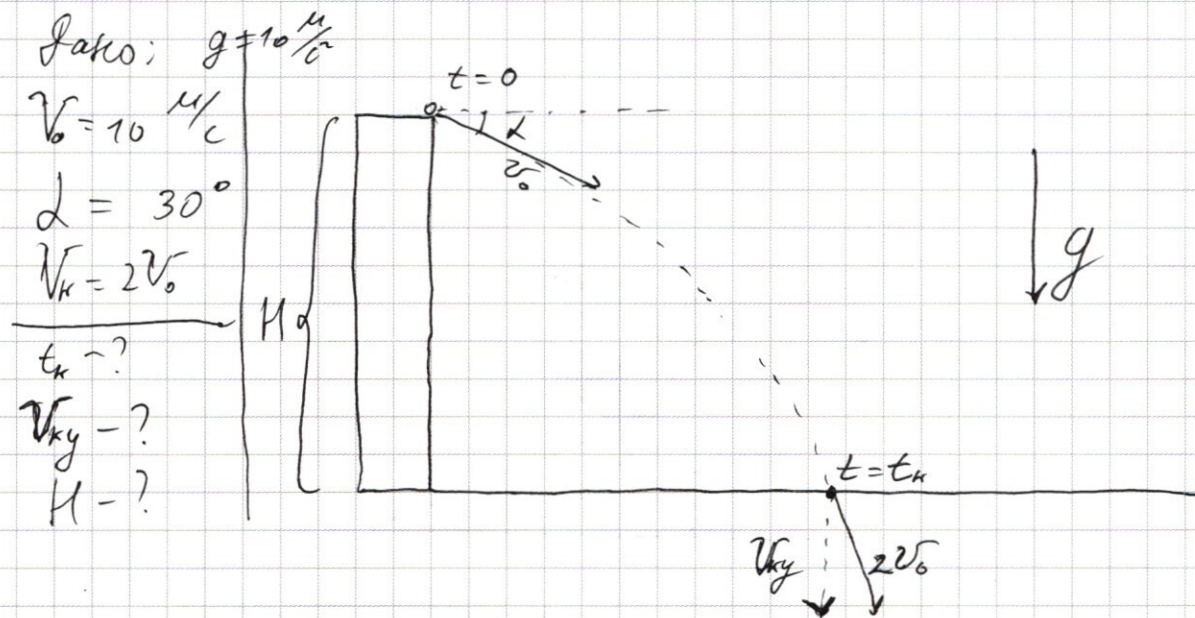
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА №1.



H — высота вышки

t_k — время падения

v_{ky} — верт. компонент скорости гайки при падении.

$$1) (v_0 \cos \alpha)^2 + v_{ky}^2 = 4v_0^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{ky} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = 5\sqrt{3} \approx 8.7 \frac{м}{с}$$

Ответ: $v_{ky} = 5\sqrt{3} \frac{м}{с} \approx 8.7 \frac{м}{с}$

$$2) v_0 \sin \alpha + g t_k = v_{ky}$$

$$t_k = \frac{v_{ky} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{3} - 5}{10} \approx 1.3 \text{ с.}$$

Ответ: $t_k \approx 1.3 \text{ с.}$

$$3) H = v_0 \sin \alpha t_k + \frac{g t_k^2}{2} \quad \text{---}$$

$$\text{---} v_0 \sin \alpha \frac{\sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{g}{2} \frac{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha - 2v_0^2 \sin \alpha \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}}{g^2}$$

$$\approx \text{---} 15 \text{ м}$$

Ответ: $H \approx 15 \text{ м}$.

ЗАДАЧА №3.

Дано:

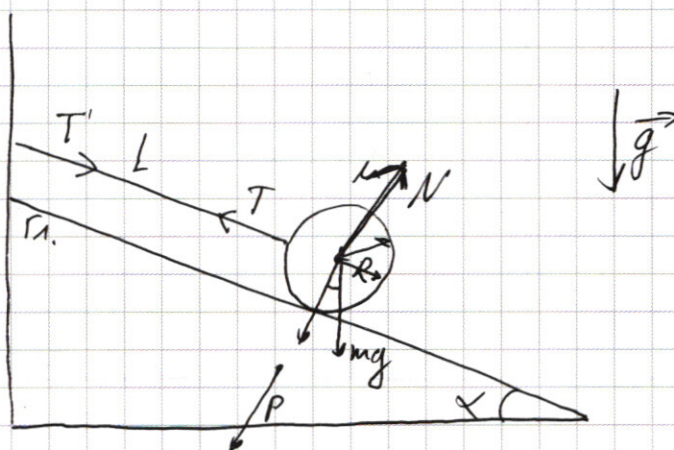
$g, L,$

$R, L,$

m, ω

$P - ?$

$P_{\text{вр}} - ?$



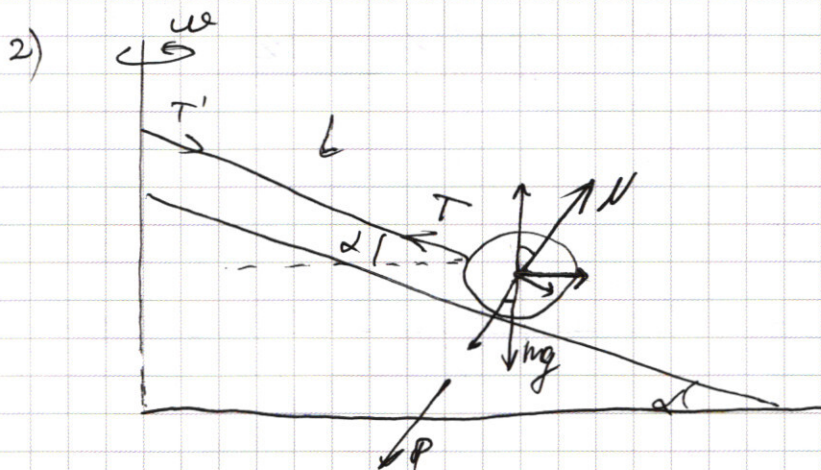
P — давление шара на поверхность клина.

$P_{\text{вр}}$ — давление шара на поверхность клина при его вращении с угл. скоростью ω .

1) ~~N~~ — сила реакции опоры $N = P$.

$$N = mg \cos \alpha = P$$

Ответ: $P \approx mg \cos \alpha$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} N = P_{\text{н}} \\ N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0 \\ -T \cos \alpha + N \sin \alpha = -m \omega^2 (L \cos \alpha + R \cos \alpha) \end{cases}$$

$$\begin{cases} N \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \\ T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 (L \cos \alpha + R \cos \alpha) \\ N = P_{\text{н}} \end{cases}$$

$$N \cos \alpha = mg - T \sin \alpha \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T \sin \alpha = mg - N \cos \alpha \Rightarrow T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$(mg - N \cos \alpha) \cot \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 (L \cos \alpha + R \cos \alpha)$$

$$mg \cot \alpha - m \omega^2 \cos \alpha (L + R) = N \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cot \alpha$$

$$\frac{\sin^2 \alpha}{\sin \alpha} + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\Rightarrow N = P_{\text{н}} = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha \quad \text{Ответ:}$$

$$\text{Ответ: } P_{\text{н}} = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha$$

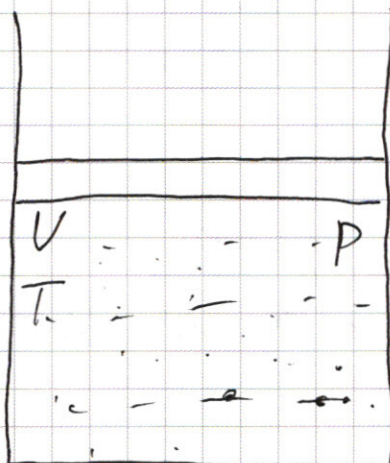
$$P_{\text{н}} = m (g \cos \alpha - \frac{1}{2} \omega^2 (L + R) \sin 2\alpha)$$

$$P_{\text{н}} = m g \cos \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha =$$

$$= m (g \cos \alpha - \frac{1}{2} \omega^2 (L + R) \sin 2\alpha) \quad \text{Ответ.}$$

Задача 15

Дано: $\gamma = 5,6$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 ~~$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$~~
 $T = 27^\circ \text{C}$
 $\rho = 1 \text{ г/см}^3$
 $\mu = 18 \text{ г/моль}$
 $\frac{p_H}{P} = ?$
 $\frac{V_H}{V_B} = ?$



$$PV = \nu RT$$

V_H - объём пара в конце опыта

V_B - объём конденс. воды

ρ_H - плотность пара.

ν_H - моль пара

ν_B - моль воды

ν - нач. моль

V - нач. объём

$$\frac{\nu}{V} = \frac{P}{RT}, \text{ но } P = \text{const в таком процессе и } T = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\nu}{V} = \text{const.} \quad \frac{\nu \cdot \mu}{V} = \frac{P \cdot \mu}{RT} = \rho_H$$

$$1) \frac{\rho_H}{P} = \frac{P \cdot \mu}{RT} : P = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 4,6} \approx 2,555 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: $\frac{\rho_H}{P} \approx 2,555 \cdot 10^{-5}$

$$2) V_H = \frac{V}{\gamma}$$

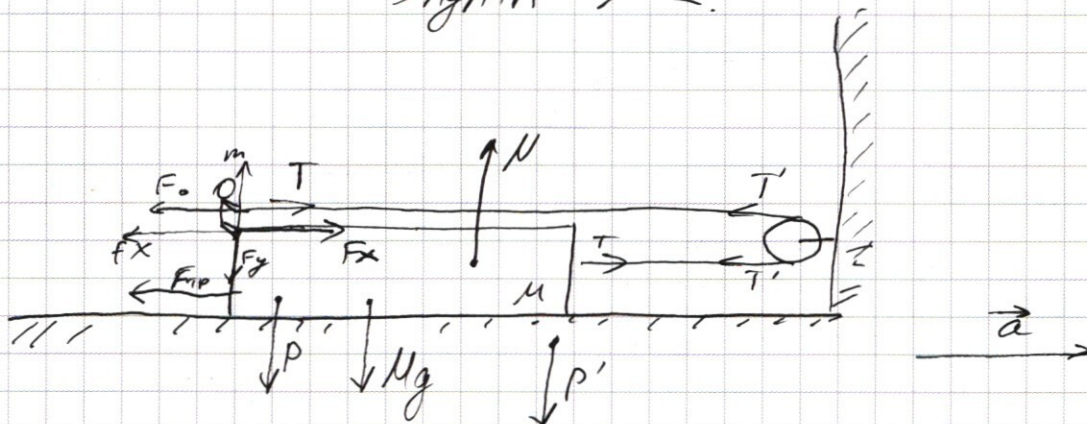
$$\left\{ \begin{aligned} V_B &= \frac{m}{\rho} = \frac{\mu \cdot \nu_B}{P} \\ \nu_B &= \nu - \nu_H = \frac{PV}{RT} - \frac{PV}{RT\gamma} = \frac{PV(\gamma-1)}{RT\gamma} \\ V_H &= \frac{V}{\gamma} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{V_H}{V_B} = \frac{\mu \cdot P \cdot RT\gamma}{\mu \cdot \gamma \cdot P(\gamma-1)} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 3,55 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 8,31 \cdot 5,6}{0,018 \cdot 5,6 \cdot 3,55 \cdot 10^3 \cdot 4,6} \approx$$

$$\approx \frac{2,5 \cdot 10^6}{8,28 \cdot 10^{-2}} \approx 3 \cdot 10^4 // \text{ответ}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2.



Дано:	Решение:	F_y — верт. составляющая силы взаимодействия чел. с блоком F_x — горизонт.
$S, m, M,$	1) $mg - F_y$	
$\mu, g,$	1) $mg - F_y = 0 \Rightarrow F_y = mg = P$ — сила	
F	давления человека на блок.	
$F_0 - ?$	$P + Mg = P' \Rightarrow Mg + mg = (M + m)g = 3mg$	
$t - ?$		
$P' - ?$	Ответ: $P' = 3mg$	

2) ~~Второй закон Ньютона~~

$$\begin{cases} T + F_x - F_{тр} = Ma \\ T - F_0 = 0 \quad (\text{веревка невесомая}) \\ F_x = F_0 \quad (\text{человек толкает, с той же силой толкает}) \end{cases}$$

$$2F_0 - \mu(M + m)g = Ma$$

F_0 минимальна, когда $a = 0 \Rightarrow$

$$2F_0 = \mu(3mg)$$

$$F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$$

Ответ: $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$

$$3) \begin{cases} F = F_0 \\ 2F_0 - \mu(M+m)g = Ma \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

$$Ma = 2F - \mu(M+m)g$$

$$a = \frac{2F - \mu(M+m)g}{m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot m}{2F - \mu(M+m)g}} = \sqrt{\frac{45m}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $t = \sqrt{\frac{45m}{2F - 3\mu mg}}$

ЗАДАЧА 14.

Дано:

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

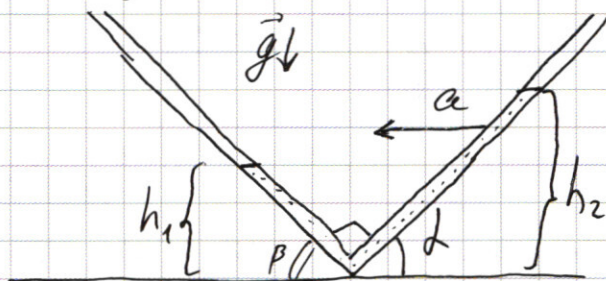
$$a = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$v = ?$

$h_2 = ?$



$$\beta + 90^\circ + \alpha = 180^\circ \Rightarrow \beta = 180 - 90 - \alpha = 45^\circ = \alpha$$

~~В~~ В условиях данной задачи

можно принять эти трубки за единый
прямой. сосуд.

P_0 - внешн. давление

$$L = h_1 + h_2$$

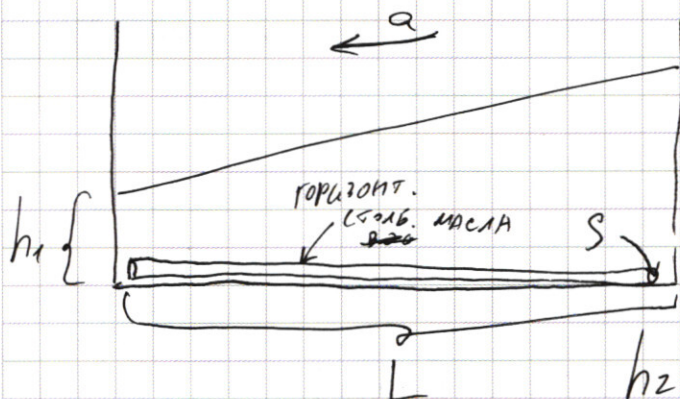
$$P_0 + \rho g h_2 - P_0 - \rho g h_1 = \rho \cdot L \cdot a$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho a (h_1 + h_2)$$

$$h_2 (g - a) = h_1 (g + a)$$

$$h_2 = h_1 \frac{(g+a)}{(g-a)} = 10 \cdot \frac{14}{6} \approx \underline{\underline{23,3 \text{ см}}}$$

отв.

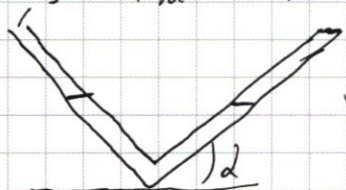


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Ответ: $h_2 \approx 23,3$ см.

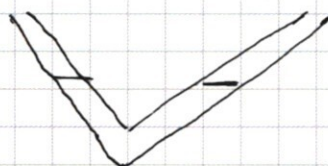
2) Для опр. скорости можно воспользоваться методом вирт. перемещений:

S - сечение трубки



$\{h_2 - h_1\}$

потенс.



E_n - энергия $\checkmark$ перемещаемого куска ~~масла~~ ^{МАСЛА}

E_k - энергия кинет. всего ~~масла~~ ^{МАСЛА}

m_k - масса куска

m - масса масла

$$E_n = \cancel{m_k} = \left(S \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{\cos \alpha} \cdot \rho \right) \cdot \left(h_2 + \frac{3}{4}(h_2 - h_1) \right) g =$$

m_k m_k M_k

$$= E_n' + E_k = S \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{\cos \alpha} \cdot \rho \cdot \left(h_1 + \frac{3}{4}(h_2 - h_1) \right) g + \frac{(h_1 + h_2) \rho \cdot S \cdot v^2}{2 \cos \alpha}$$

$$\frac{(h_1 + h_2) v^2}{\cancel{\cos \alpha} \cdot 2} = \frac{(h_2 - h_1)}{\cancel{\cos \alpha}} (h_2 - h_1) \cdot g$$

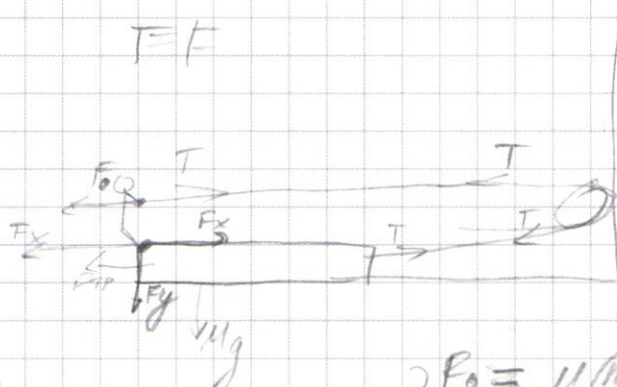
$$v^2 = 2g \frac{(h_2 - h_1)^2}{(h_1 + h_2) \cos \alpha}$$

$$v = \sqrt{2g \frac{(h_2 - h_1)^2}{(h_1 + h_2) \cos \alpha}} = \sqrt{20 \cdot \frac{(40)^2}{\frac{100}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} =$$

$$= \sqrt{20 \cdot \frac{1600 \sqrt{2}}{100 \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} = \sqrt{\frac{3200 \sqrt{2}}{3}} \approx 3,3 \text{ м/с.}$$

2) Ответ: $V = \sqrt{2g \frac{(h_2 - h_1)^2}{(h_2 + h_1)}} \approx 3,3 \text{ м/с.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



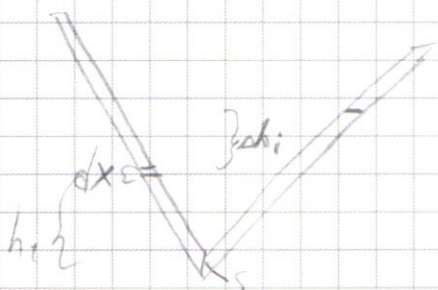
$$F_{0x} = F_x = T \quad F_{0y} = mg$$

$$2F_0 = \mu (m + M)g$$

$$F_0 - \mu (m + M)g + F_0 = Ma$$

$$F_0 = \frac{\mu (m + M)g}{2}$$

$$P = \frac{2RT_1}{V}$$

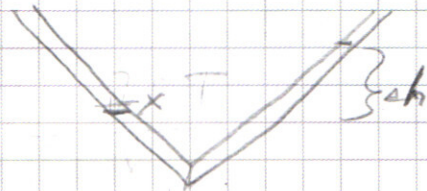
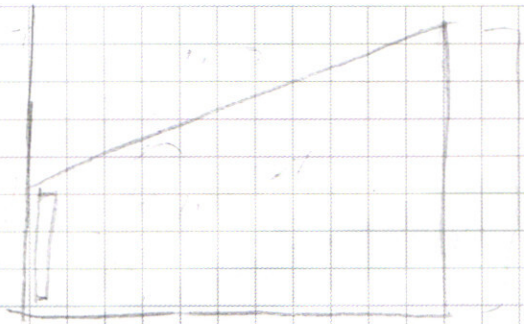


$$\Delta h \rho g \cdot S = S \cdot h_1$$

~~dx~~

$$d = \frac{\Delta h_i}{\Delta t_i} = \Delta h_i$$

$$h_2 - h_1 = \frac{V}{E}$$



$$LSP \quad a = 5.$$

§

$$\Delta X_i = V_i \cdot \Delta t_i + \frac{\Delta V_i \cdot \Delta t_i}{2}$$

$$\frac{\Delta h}{\cos \angle \frac{\Delta h}{2}} = \sum V_i + \sum \Delta V_i$$

UBD.

$$E_n = \dots 0$$