

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?

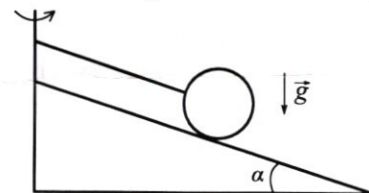
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

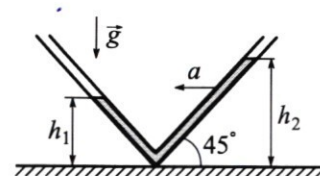


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

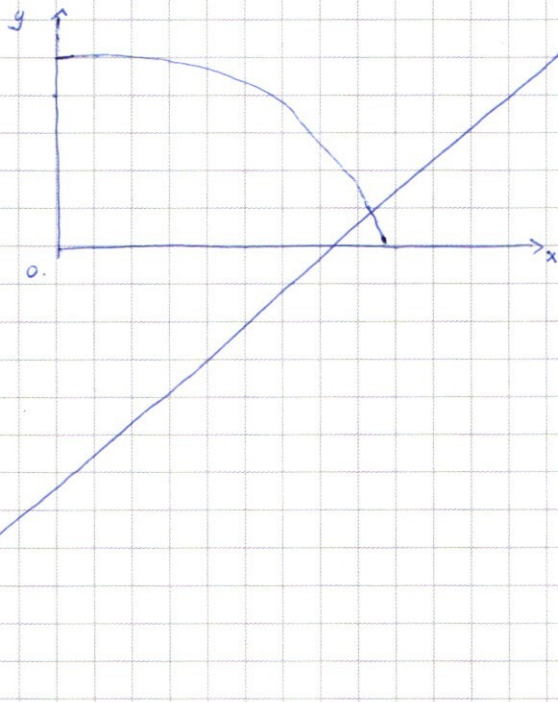
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

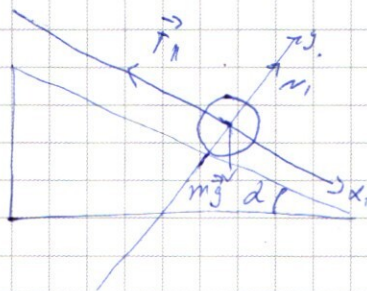
1. Дано:
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 39^\circ$
 $v = 20$

 $y = ?$
 $t = ?$
 $h = ?$



3. Дано: 1)
 $p_1 = ?$
 $p_2 = ?$

 m
 R
 α
 L
 $a_1 = 0$
 ω

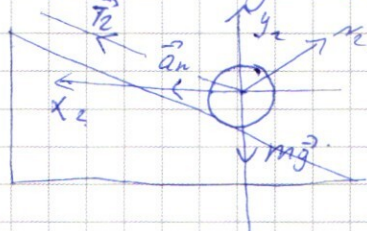


$$m\vec{a}_1 = \vec{N}_1 + m\vec{g} - \vec{T}_1$$

$$\text{OY: } 0 = N_1 - mg \cos \alpha$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

2)



$$R = L \cdot \cos \alpha$$

$$a_z = R\omega^2 = L \cdot \cos \alpha \cdot \omega^2$$

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

$$\text{OX: } m\omega^2 L \cos \alpha = T_2 \cos \alpha - m \sin \alpha$$

$$\text{OY: } 0 = T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha + mg$$

$$\vec{T}_2 = m\vec{a}$$

$$T_2 = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m\omega^2 L \cdot \cos \alpha = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} - \frac{N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha} - N_2 \sin \alpha$$

$$m\omega^2 L \cdot \cos \alpha = mg \operatorname{ctg} \alpha - \frac{N_2}{\sin \alpha}$$

$$N_2 = (mg \operatorname{ctg} \alpha - m\omega^2 L \cdot \cos \alpha) \sin \alpha$$

$$P_1 = N_1 = mg \cos \alpha$$

$$P_2 = N_2 = (mg \operatorname{ctg} \alpha - m\omega^2 L \cdot \cos \alpha) \sin \alpha$$

Ответ: $P_1 = mg \cos \alpha$

$$P_2 = (mg \operatorname{ctg} \alpha - m\omega^2 L \cdot \cos \alpha) \sin \alpha$$

5. Дано:

$$\frac{p_n}{p} = ?$$

$$\frac{p_n V_n}{p V_0} = ?$$

$$\mu = 12 \text{ г/моль}$$

$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t = \operatorname{const}$$

$$\frac{V_0}{V} = \gamma$$

$$\gamma = 5,6$$

$$p = 1 \text{ г/см}^3$$

Требуется:

$$p = \frac{m}{V} \quad T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

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

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

$$\frac{p_n}{p} = \frac{p \mu}{R T p} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,012 \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ K} \cdot 1000 \frac{\text{г}}{\text{кг}}} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$

$$p V_0 = \frac{m R T}{\mu}$$

m_0 - молярная масса газа

$$p V = \frac{m R T}{\mu} \Rightarrow \frac{p V_0}{\gamma} = \frac{m R T}{\mu}$$

m - молярная масса газа

$$\left(p V_0 = \frac{m R T}{\mu} \right)$$

$$\frac{m_0}{m} = \gamma \Rightarrow m_0 = \gamma m$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_b = m_0 - m = m(\gamma - 1) = \text{масса бора.}$$

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{m(\gamma - 1)}{\rho_b}$$

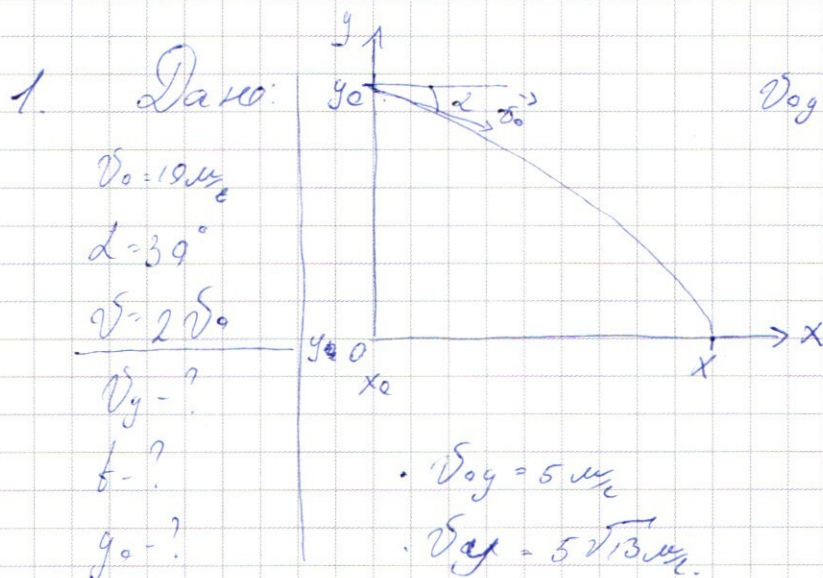
$$V = \frac{m k T}{p \mu}$$

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

$$\frac{V}{V_0} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}}{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot (5,6 - 1)} = 8481$$

$$\text{Откуда: } \frac{V}{V_0} = 8481$$

$$\frac{p \mu}{p} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$



$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{0x} = v_x \cdot v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{(2 + \cos \alpha)(2 - \cos \alpha)} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cdot v_{0y} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cdot v_{0x} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + m g y_0 = \frac{m 4 v_0^2}{2}$$

$$y_0 = \frac{3 v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 15 \text{ м}$$

$$v_y = v_{0y} + g t.$$

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{5\sqrt{3}\text{ м} - 5\sqrt{3}\text{ м}}{10\text{ м/с}^2} = 1,3\text{ с}.$$

Ответ: $v_y = 5\sqrt{3}\text{ м/с};$

$y_0 = 15\text{ м}.$

$t = 1,3\text{ с}.$

2. Дано:

$\rho = ?$

$F_0 = ?$

$t = ?$

$S.$

$m.$

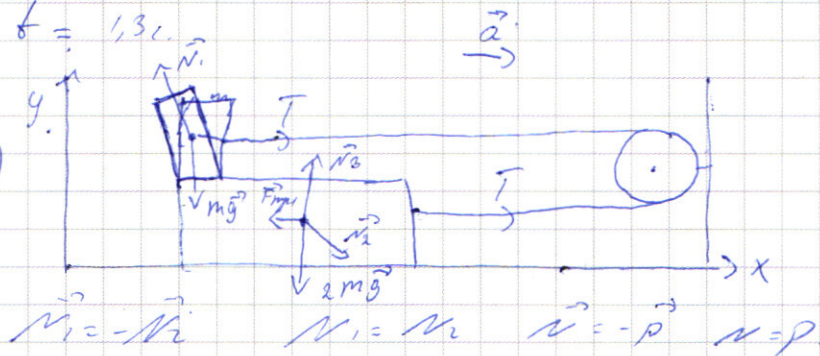
$M = 2m$

μ

$F > F_0$

$Q_0 = 0.$

1)



$\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$

$N_1 = N_2$

$\vec{N} = -\vec{P}$

$N = P$

$T_0 = T_0$

$m\vec{a}_0 = \vec{N}_1 + \vec{T}_0 + m\vec{g}$

$2m\vec{a}_0 = \vec{N} + \vec{F}_{\text{пр}} + \vec{N}_2 + 2m\vec{g} + \vec{T}_0$

$3m\vec{a}_0 = \vec{N} + 2\vec{T}_0 + \vec{F}_{\text{пр}} + 3m\vec{g}$

$F_{\text{пр}} = \mu N$

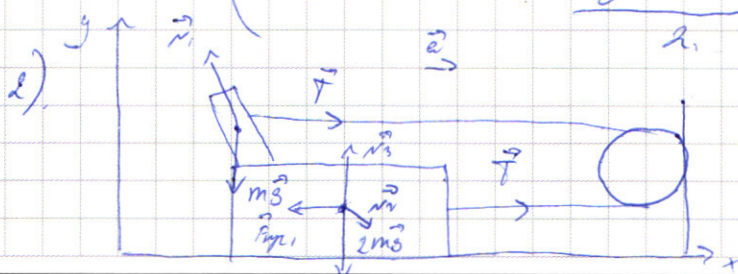
$Q_y: Q = N - 3mg$

$N = P = 3mg$

$0x: 0 = 2F_0 - 3\mu mg$

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

(Ответ $F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = T$$

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

$$2m\vec{a} = \vec{T} + \vec{N}_2 + 2m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр.1}} + \vec{N}_3$$

$$\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$$

$$3m\vec{a} = 2\vec{T} + 3m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр.1}} + \vec{N}_3$$

$$\text{Oy: } 2 = N_3 - mg$$

$$F_{\text{тр.1}} = \mu N_3 = \mu 3mg$$

$$\text{Ox: } 3ma = 2T - 3\mu mg$$

$$a = \frac{2F}{3m} - \mu g$$

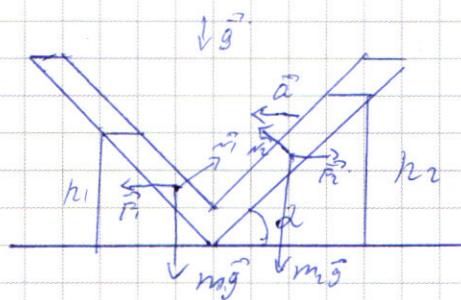
$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

$$\text{Ответ: } t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

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

$$P = 3mg$$

4. Дано:
 $h_2 = ?$
 $v = ?$
 $\alpha = 45^\circ$
 $h_1 = 10 \text{ м}$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$



$$m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{N}_1$$

$$m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{F}_2 + \vec{N}_2$$

$$m_1 g = N_1 \cdot \cos \alpha \Rightarrow N_1 = \frac{m_1 g}{\cos \alpha}$$

$$m_2 g = m_2 \cos \alpha$$

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

$$m_1 a = \rho g h_1 S - N_1 \sin \alpha$$

$$m_2 a = -\rho g h_2 S + N_2 \sin \alpha$$

$$m_1 a = \rho g h_1 S - m_2 g + g h_2$$

$$m_1 a \cdot \frac{h_2}{h_1} = -\rho g h_1 S + m_2 g + g h_2 \cdot \frac{h_2}{h_1}$$

$$\frac{\rho g h_1 S}{\rho g h_1 S} = \frac{a + g + g h_2}{\frac{h_2}{h_1} (-a + g + g h_2)}$$

$$h_2 = h_1 \sqrt{\frac{a + g + g h_2}{-a + g + g h_2}} = 10 \text{ м} \sqrt{\frac{4 \text{ м/с}^2 + 9.8 \text{ м/с}^2}{-4 \text{ м/с}^2 + 9.8 \text{ м/с}^2}} =$$

$$= 15,3 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } h_2 = 15,3 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

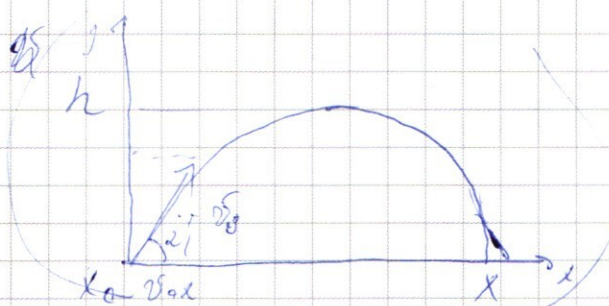
$$\alpha = 30^\circ$$

$$v = 2v_0$$

$$v_y = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$



$$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{g t^2}{2}$$



$$v_y^2 - v_{y0}^2 = 2g(y - y_0)$$

$$2v_0^2 \sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha v_{y0}^2 = 2g(y - y_0)$$

$$s = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$x = v_0 \cos \alpha t + \frac{g_x t^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{g_y t^2}{2}$$

$$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{g_y t^2}{2}$$

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

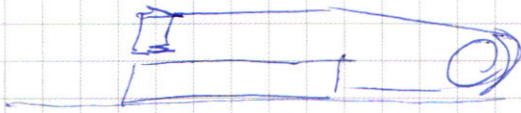
$$T = t + 273^\circ \text{K} = 300 \text{ K}$$

$$\rho = 3,55 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$(y_{\text{max}} - y_0) = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha v_0^2}{2g_y}$$

$$y = \frac{1}{2} v_0^2 \sin^2 \alpha - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - v_0^2}{2g_y}$$

2.



Dado:

1) $F_{\text{fr}} = \mu N$

 m μ S μ

$$N = mg + \mu S = g(m + \mu) = 2mg$$

$$F_{\text{fr}} = 2\mu mg$$

2) $F_{\text{fr, horse}} > F_{\text{fr}}$

3) $\downarrow$? $\frac{F}{\mu N} (F > F_0)$

$$D_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{m(v_1 + v_2)}{2} = \frac{mS_1 + mS_2 + mS_3}{2} = \frac{(k_1 + k_2) + (\mu m_1 + \mu m_2)}{2}$$

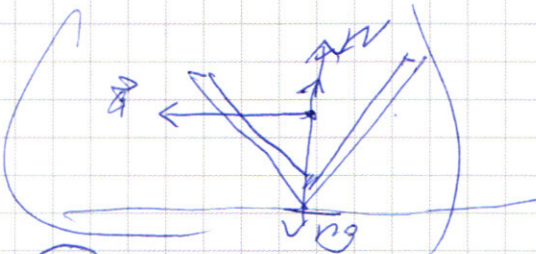
$$F = ma = N + mg + k + N + F_{\text{fr}} = \frac{mg + mg + \mu N}{2} + k + \frac{\mu v^2}{2}$$

$$m = \frac{F}{a}$$

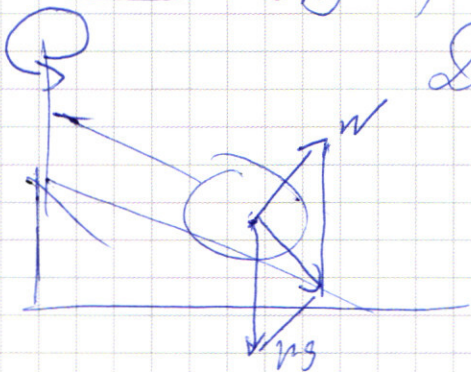
$$E_k = \frac{F a v^2}{2a}$$

$$= 2mg + \mu \left(\frac{v^2}{2} + \dots \right) / \dots$$

4.



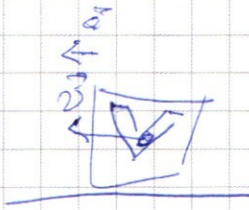
$$v = 2\pi R V$$

Dado: R m L $\downarrow$? W ?

$$\vec{F} = \vec{N} + m\vec{g} \quad (m\vec{g}) =$$

$$= \vec{N} + m\vec{g} = \frac{N + (m \cos g)}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

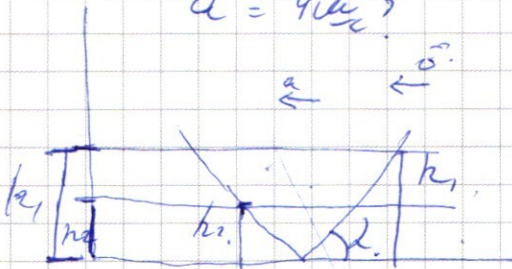


$$F = ma + N + mg + \dots \quad h_1 + h_2 = h$$

$$h_1 = 10 \text{ см} \quad h_2 = ? \quad \sin \alpha = \frac{h}{L}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$



$$F_1 + F_2 = F_3 + F_4$$

$$m_1 + m_2 + m_3 = L$$

$$\frac{\mu m b}{(k+R)^2} = F_1$$

$$m_2 = \frac{\mu m b}{(k+R)^2}$$

$$a = \frac{\mu b}{(k+R)^2} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^3}{2000}$$

Дано: $T = 27^\circ \text{C} + 273 = 300 \text{ K}$

$$D = 3,55 \text{ Мг}$$

1) $\frac{p_n}{p_b} = ?$

2) $\frac{V_n}{V_b} = ?$

По определению температуры
отношению массы на газе
массы, величины температуры,
когда для относительной температуры
произведения массы на объем.

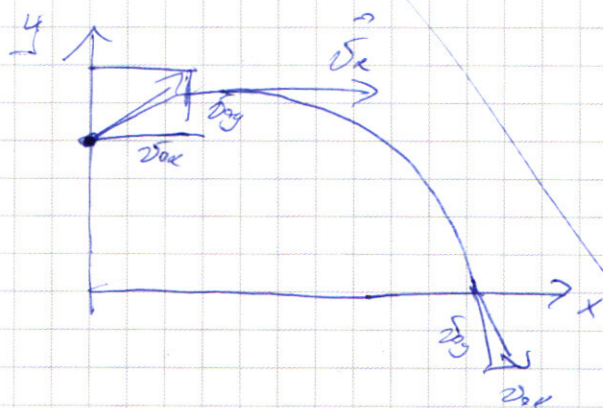
Следовательно, отношение их объемов
по массе/будет равно как отношение их масс.

Потом и для массы по массе будет отношение их
от газа как и первоначальные отношения.

По заданной скорости движения и высоте из точки
равноотстоящего их отбрасываем для заданной
скорости прыжка. Оу: $\cos 2\theta \cdot t = \cos \theta \cdot D_0 \cdot t$.

из этой формулы.

$$t = \frac{\cos \theta \cdot D_0 \cdot t}{\cos 2\theta \cdot t} \quad \frac{t^2}{2\theta t} = \frac{t}{2\theta}$$



$$D_{0y} = D_y = D_0 \sin \theta_0$$

$$D_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$