

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

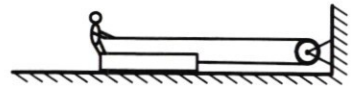
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

- ✓ 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?

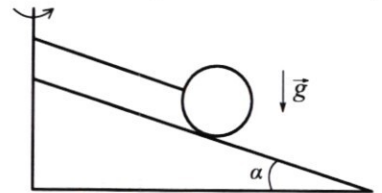
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

- ✓ 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.

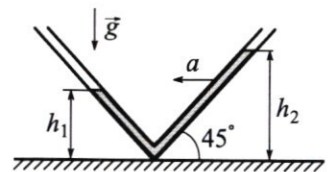


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

- ✓ 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:

$$v_0 = 10 \frac{м}{с}$$

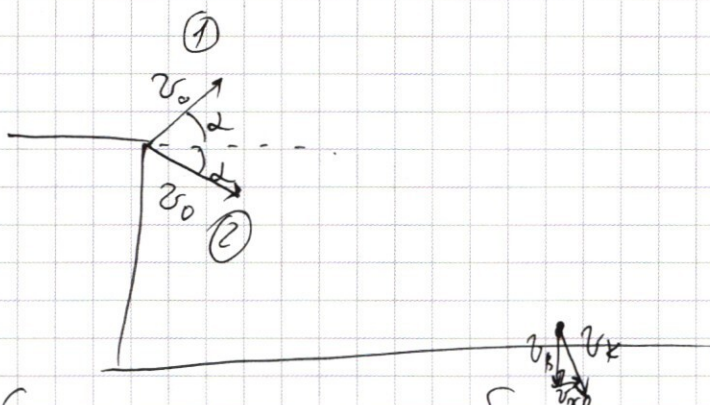
$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0$$

$$v_{\theta} = ?$$

$$t_n = ?$$

$$h = ?$$



Если гаёкку бросим
как ①, то она бы уда-
лилась от горизонта.
Значит, её бросим ②

$$v_{x0} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{y0} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$v_{\theta} = \sqrt{v_k^2 - v_{x0}^2} = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} =$$

$$= v_0 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = v_0 \sqrt{\frac{13}{4}} = \underline{5\sqrt{13} \frac{м}{с}}$$

ЗСЭ:

$$\frac{m(v_0 \sin \alpha)^2}{2} + \frac{m(v_0 \cos \alpha)^2}{2} + mgh = \frac{m(v_0 \cos \alpha)^2}{2} + \frac{mv_{\theta}^2}{2}$$

$$(v_0 \sin \alpha)^2 + 2gh = v_0^2 \frac{13}{4}$$

$$h = \frac{v_0^2}{g} \left(\frac{13}{4} - \sin^2 \alpha \right) = \frac{v_0^2}{g} \cdot 3 = \underline{30 м}$$

$$v_0 \sin \alpha + g t = v_b$$

$$g t = v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \sin \alpha \right)$$

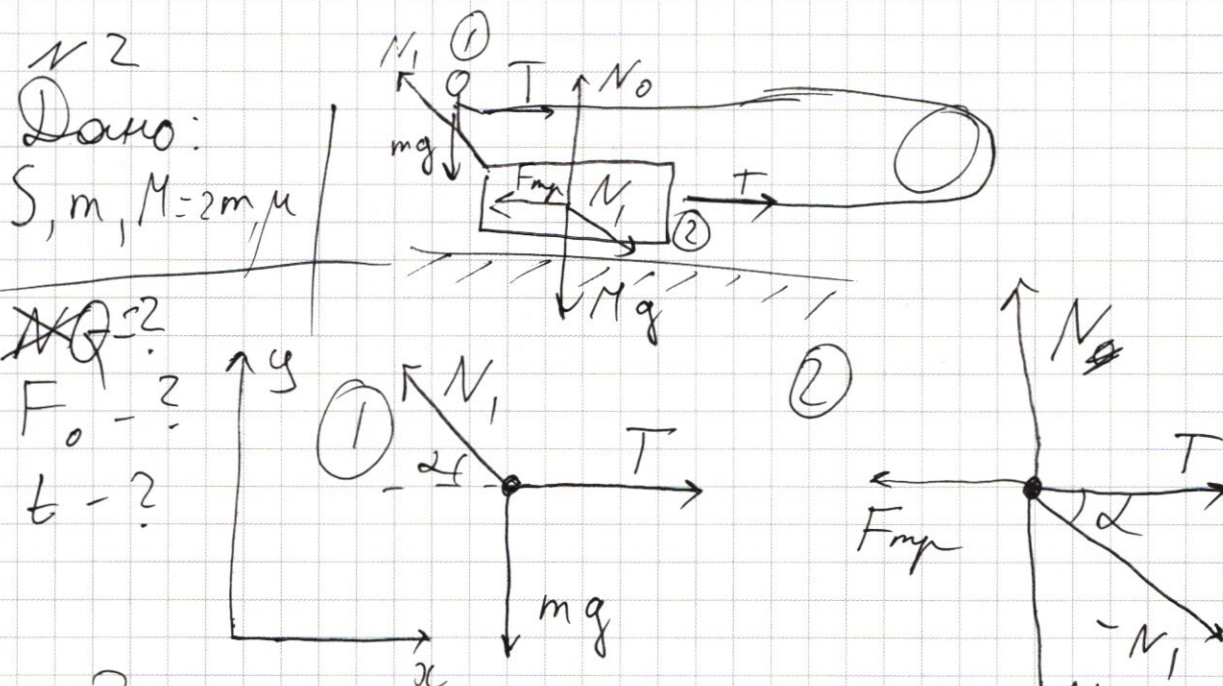
$$t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3} - 1}{2} \right) = \frac{\sqrt{3} - 1}{2} \text{ c} = 1,4 \text{ c}$$

Ответ: $v_B = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$h = 30 \text{ м}$$

$$t = \frac{\sqrt{3} - 1}{2} \text{ c} = 1,4 \text{ c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Рассмотрим верт. компоненту

$$N_{\text{верт}} = mg$$

$$N_{\text{верт}} + Mg = N$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

$$N = Mg + mg = (M + m)g = 3mg$$

$$Q = \sqrt{N^2 + F_{\text{тр}}^2} \leq N \sqrt{\mu^2 + 1} = 3mg \sqrt{\mu^2 + 1}$$

При максимальной силе трения и камнем движется равномерно. $a_1 = a_2 = 0$

3-й закон:

$$\vec{N}_1 + \vec{T} + m\vec{g} = 0$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{Mg} + \vec{N} + \vec{T} - \vec{N}_1 = 0$$

$$Ox: N_1 \cos \alpha = T$$

$$Oy: N_1 \sin \alpha = mg$$

$$F_{\text{тр}} = N_1 \cos \alpha + T$$

$$N_1 \sin \alpha + Mg = N$$

$$F_{\text{тр}} = 2T$$

$$N = (M+m)g$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(M+m)g$$

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

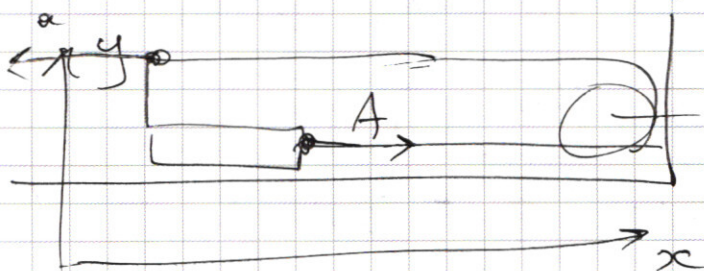
T - сила которая действует на человека со стороны веревки

F - сила действ., человеком на веревку.

$$F = T$$

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

$$F_0 = \frac{\mu(M+m)g}{2} = \frac{3}{2}\mu mg$$



Кинематическая связь двух концов нити:

$$a = -A$$

$$\textcircled{2} T + N, \cos \alpha - F_{\text{тр}} = MA$$

$$\textcircled{1} -T + N, \cos \alpha = ma$$

$$2T - F_{\text{тр}} = MA - ma = (M+m)A$$

$$A = \frac{2T - \mu(M+m)g}{M+m} = \frac{2F_0 - 3\mu mg}{3m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

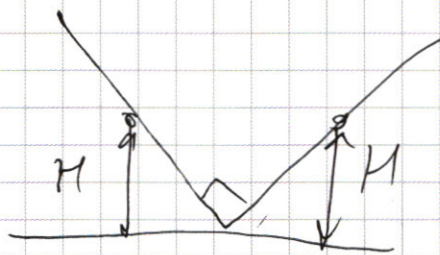
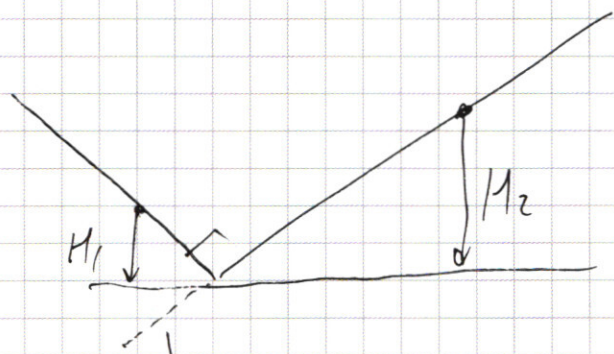
$$S = \frac{At^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{A}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: ~~$N = 3mg$~~ Φ ~~$3mg$~~ $3mg\sqrt{\mu^2 + 1}$

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

$$t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$



L - длина трубки, заполненная жидкостью

$$L = \frac{H_1 + H_2}{\cos 45} = (H_1 + H_2) \sqrt{2}$$

$\frac{L}{2}$ - равновесный уровень

H - равновесная высота

$$H = \frac{L}{2} \cdot \cos 45 = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

ЗСЭ:

~~$$m_1 g \frac{H_1}{2} + m_2 g \frac{H_2}{2} = m g \frac{H}{2} + m \frac{v^2}{2}$$~~

~~$$m_2 g \frac{H_2}{2} = m_1 g \frac{H_1}{2} + (m_2 - m_1) g \frac{H_2 - H_1}{2}$$~~

~~$$m_1 = \rho V_1 = \rho S \cdot L_1 = \rho S \frac{H_1}{\sqrt{2}} \sqrt{2}$$~~

~~$$m_2 = \rho V_2 = \rho S L_2 = \rho S \frac{H_2}{\sqrt{2}} \sqrt{2}$$~~

~~$$m = \rho V = \rho S L = \rho S \sqrt{2} \frac{H_1 + H_2}{2} \sqrt{2} = \rho S (H_1 + H_2)$$~~

~~$$\rho S H_1 \sqrt{2} g \frac{H_1}{2} + \rho S H_2 \sqrt{2} g \frac{H_2}{2} = \rho S (H_1 + H_2) g \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} + \rho S (H_1 + H_2) \frac{v^2}{2}$$~~

$$\boxed{H_1^2 g + H_2^2 g = \frac{(H_1 + H_2)^2}{2} g + (H_1 + H_2) v^2}$$

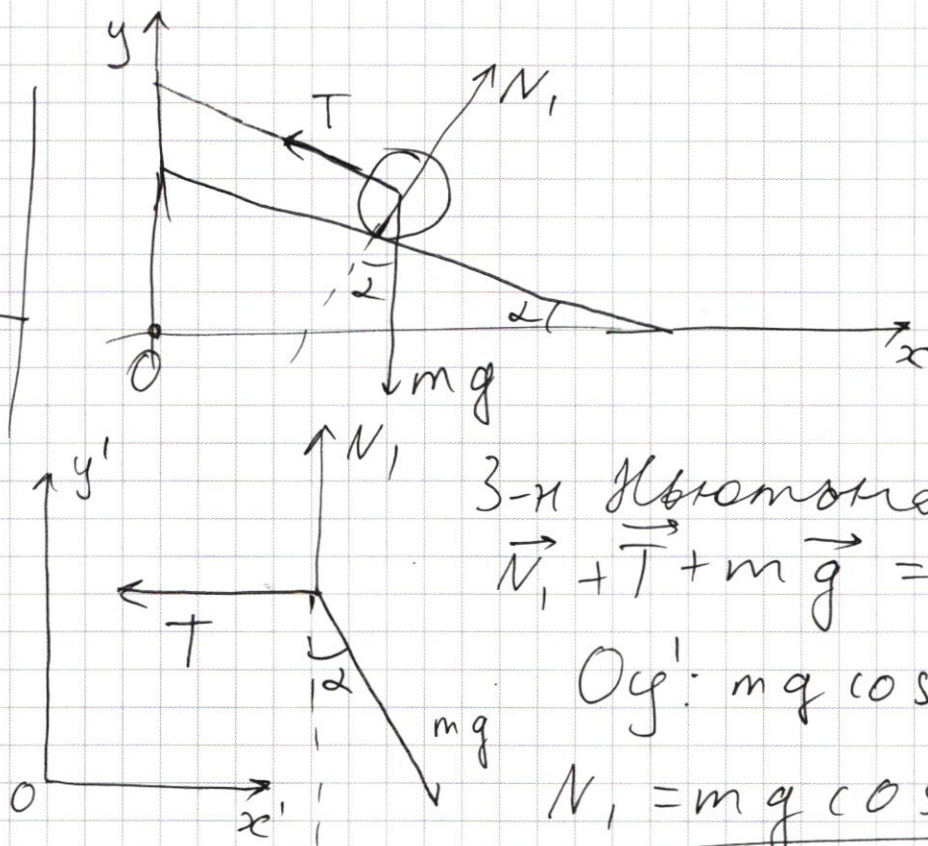
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3
Дано:

m, R, α
 L, ω

$N_1 - ?$

$N_2 - ?$

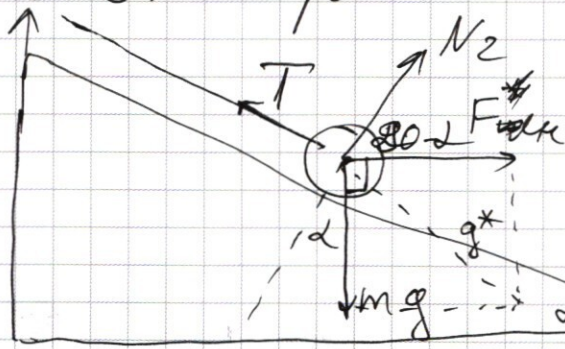


3-й закон Ньютона:
 $\vec{N}_1 + \vec{T} + m\vec{g} = 0$

Оу': $mg \cos \alpha = N_1$

$N_1 = mg \cos \alpha$

С.О. шара:



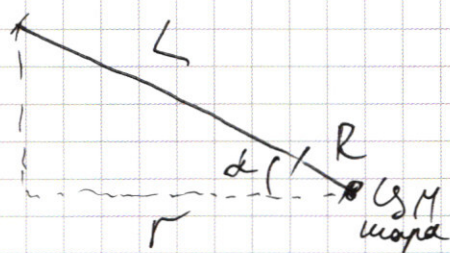
$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}_2 = 0 \quad \vec{F}_{\text{тр}} = -m\vec{a}$

Оу': $mg \cos \alpha = N_2 + F_{\text{тр}} \cdot \cos(90 - \alpha)$

$N_2 = mg \cos \alpha - ma \sin \alpha$

$$a = \omega^2 \cancel{r} \cdot r$$

$$\cos \alpha = \cancel{\frac{r}{R+L}} \frac{r}{R+L}$$



$$r = (R+L) \cos \alpha$$

$$a = \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (R+L) \cos \alpha \overset{\sin \alpha}{\cancel{\sin \alpha}})$$

Заметим, ~~это~~ предположительно, что шар касается клина. При некоторых ω $N_2 < 0$. Значит, при таких ω шар отрывается, т.к. $N_2 \geq 0$.

$$\omega^2 (R+L) \cos \alpha \overset{1}{\cancel{\sin \alpha}} = g \cos \alpha$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{(R+L) \sin \alpha}}$$

Ответ: $N_1 = mg \cos \alpha$

$$N_2 = \begin{cases} m(g \cos \alpha - \omega^2 (R+L) \cos \alpha \sin \alpha), & \omega < \sqrt{\frac{g}{(R+L) \sin \alpha}} \\ 0, & \text{при } \omega \geq \sqrt{\frac{g}{(R+L) \sin \alpha}} \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

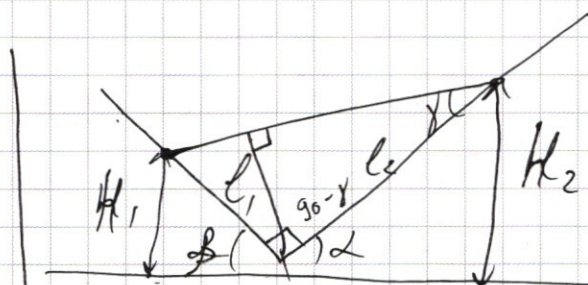
$$\alpha = 45^\circ$$

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

$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

$$h_2 = ?$$

$$v = ?$$



$\downarrow g$

$\rightarrow a$

То что в
~~этом~~
схемас
не относится
к ответам.

В условии обобщенно сказано, что a - гор. и h_1 в
одном из камней. Следова-
тельно в задаче требуется
рассмотреть случаи, когда
 $h_1 > h_2$ и $h_1 < h_2$.

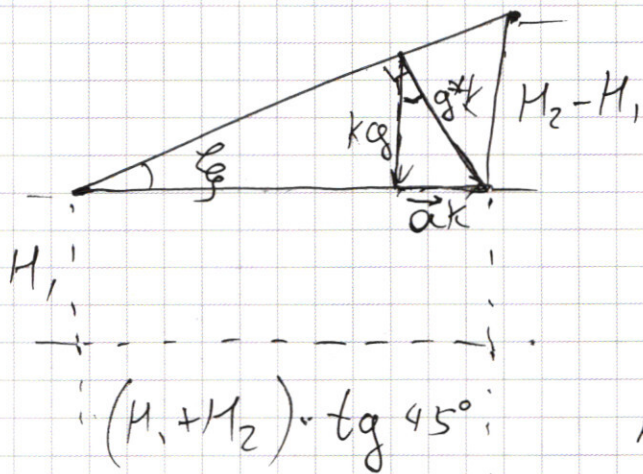
Эти случаи не решают задачу два
раза. H_1 - высота в левом камне,
 H_2 - в правом, $\vec{a}$ - ускорение вправо.

~~Введем~~ Введем $\vec{g}^* = \vec{a} + \vec{g}$

Плоскость стремится к положению
с минимальной потенциальной
энергией. Для воды это состояние,
когда её уровень $\perp \vec{g}^*$

$$l_1 = \frac{H_1}{\sin \alpha}$$

$$l_2 = \frac{H_2}{\sin \alpha}$$



$$\tan \xi = \frac{M_2 - M_1}{M_1 + M_2}$$

$$\tan \xi = \frac{a \cdot k}{k \cdot g}$$

k - размерный коэф.
(т.к. в треугольнике сторон
нельзя строить угловый)

$$\frac{M_2 - M_1}{M_1 + M_2} = \frac{a}{g}$$

$$M_2 g - M_1 g = M_1 a + M_2 a$$

$$M_1 (g + a) = M_2 (g - a)$$

$$1) h_1 > h_2$$

$$h_1 = M_2 \quad h_2 = M_1$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g - a}{g + a} = 0,1 \cdot \frac{10 - 4}{10 + 4} = 0,1 \cdot \frac{3}{7} =$$

$$= \frac{3}{70} \text{ м} = \frac{30}{7} \text{ см} \approx 4,28 \text{ см}$$

$$2) h_1 < h_2$$

$$h_1 = M_1 \quad h_2 = M_2$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a}{g - a} = 0,1 \cdot \frac{10 + 4}{10 - 4} = 0,1 \cdot \frac{7}{3} \text{ м} \approx 233,3 \text{ см}$$

[Handwritten signature]

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_1 = \sqrt{\frac{g}{H_1 + H_2} \cdot (H_1^2 + H_2^2 - \frac{(H_1 + H_2)^2}{2})} =$$

$$= \sqrt{\frac{g}{H_1 + H_2} \cdot \frac{(H_2 - H_1)^2}{2}} = \sqrt{\frac{g}{H_1 + H_2} \cdot \frac{H_1^2 \cdot (\frac{2a}{g-a})^2}{2}} =$$

$$= \sqrt{H_1 \cdot \frac{4a^2}{g-a}} = \sqrt{4 \frac{a^2 H_1}{g-a}} =$$

$$= \sqrt{4 \cdot \frac{4^2 \cdot 0,1}{10-4}} = 4 \cdot \sqrt{\frac{0,2}{3}} = 4 \sqrt{\frac{2}{30}} \frac{м}{с}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{g}{H_2 g + a} \cdot \frac{H_2^2 \cdot (\frac{2a}{g+a})^2}{2}} = \sqrt{4 \frac{a^2 H_1}{g+a}} =$$

$$= 4 \cdot \sqrt{\frac{0,4}{14}} = 4 \sqrt{\frac{2}{70}} = 4 \sqrt{\frac{1}{70}} \frac{м}{с}$$

Ответ: $h_2 = 4,28 \text{ см}$ $h'_2 = 23,3 \text{ см}$

$$v_1 = 4 \sqrt{\frac{2}{30}} \frac{м}{с} = \frac{4}{\sqrt{70}} \frac{м}{с}$$

$$= \frac{1}{с}$$

$$v_2 = \frac{4}{\sqrt{70}} \frac{м}{с}$$

$$= \frac{1}{с}$$

NS

Дано:

$$T = 300 \text{ K}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho_b = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\mu_n = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

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

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

$$\frac{V_n}{V_b}$$

Задача Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{m_n}{\mu_n}$$

$$pV = \frac{m_n}{\mu_n} RT$$

$$p = \frac{p_n}{\mu_n} RT$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{p \mu_n}{RT p_b} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3} = 0,24$$

$$pV_1 = \frac{m_{n1}}{\mu_n} RT$$

$$pV_2 = \frac{m_{n2}}{\mu_n} RT$$

$$V_1 = \gamma V_2$$

$$\gamma = \frac{m_{n1}}{m_{n2}}$$

$$m_b = m_{n1} - m_{n2}$$

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{m_{n1} - m_{n2}}{\rho_b} = \frac{m_{n2}(\gamma - 1)}{\rho_b}$$

$$V_n = \frac{m_{n2}}{\rho_n} = \frac{m_{n2} \cdot RT}{p \mu_n}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\frac{m_{n2} \cdot R T}{p_{n2}}}{\frac{m_{n2}(\gamma-1)}{p_b}} = \frac{p_b R T}{p_{n2}(\gamma-1)} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 1,8(5,6-1)} =$$
$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{100}{6 \cdot 4,6} \approx \frac{5}{4,6} \approx 1,09 \approx 1,1$$

Ответ: 0,24 ; 1,1

Приложение к 1 задаче

$$\textcircled{1} \text{ ВЗСЭ } v_o^2 = v_o^2 \cos^2 \alpha + v_o^2 \sin^2 \alpha$$

$$v_k^2 = v_{\text{ср}}^2 + v_B^2 = (v_o \cos \alpha)^2 + v_B^2$$

h отсчитывается от земли

$$\textcircled{2} \sqrt{13} > 3 \quad \sqrt{13} < 4$$

$$\sqrt{13} \approx 3,8$$

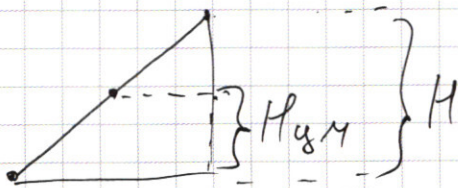
$$v_B = 5 \cdot 3,8 = 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = \frac{3,8 - 1}{2} = 1,4 \text{ с}$$

Приложение к задаче 2.

Канат нерастяжимый, поэтому в точке с приложением силы есть только F и T $\vec{F} = -\vec{T}$, т.к. если $\vec{F} \neq -\vec{T}$ $\sum \vec{F} \neq ma$
 $a = \frac{\sum \vec{F}}{0}$

Приложение к задаче 4



$$\text{ВЗСЭ } W_p = m g H_{\text{гм}}$$

$$H_{\text{гм}} = \frac{H}{2}$$

$$\sqrt{\frac{2}{30}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \approx \frac{1}{3,9} \quad \frac{4}{3,9} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{4}{\sqrt{70}} \approx \frac{4}{8,3} \approx \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$