

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-02

Класс 10

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?

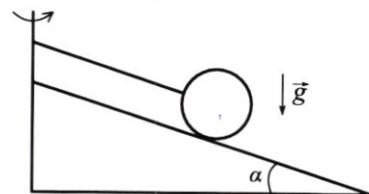
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

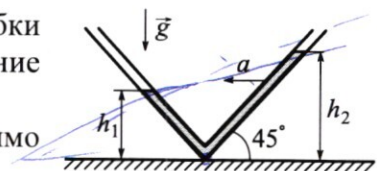


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

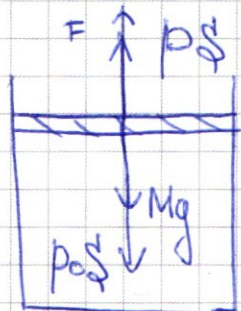
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

- 1) т.к. масса поршня постоянна и атмосферное давление тоже $\Rightarrow$ т.к. процесс медленный p нава const.



Из ур-н Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT =$
 $= \frac{m}{\rho} RT \Rightarrow$ т.к. $\rho = \frac{m}{V}$

$$p = \frac{\rho}{\rho} RT \Rightarrow \rho = \frac{p \rho}{RT}$$

$$\rho = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} =$$

$$= \frac{63,9}{2493} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{639}{24930} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 26 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

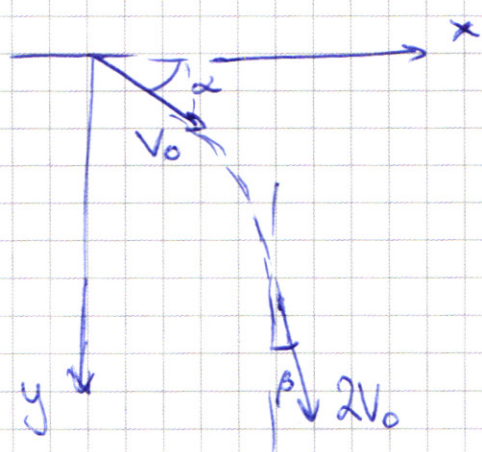
$$\Rightarrow \frac{\rho}{\rho_0} = 26 \cdot 10^{-6}$$

- 2) Наугдеин ~~ка~~ ~~во~~ массу смеси нава. Из ур-н М-К:
В начале: $p_1 V = \frac{m_{n1}}{\rho} RT$
В конце: $p V = \frac{m_{n2}}{\rho} RT$

~ 1

1) Т.к движение равноускор.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$



О_x: $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$

$$v_x^2 + v_y^2 = v^2$$

В точке:

$$v_y^2 = (2v_0)^2 - v_x^2 =$$

$$= 4v_0^2 - (v_0 \cos 30^\circ)^2 =$$

$$= 4v_0^2 - v_0^2 \cdot \frac{3}{4} = \frac{16-3}{4} v_0^2 = \frac{13}{4} v_0^2 \Rightarrow$$

$$v_y = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = 5\sqrt{13} \quad \frac{m}{c} \approx 18 \frac{m}{c}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

2) О_y: $\frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = v_0 \sin \alpha + gt \Rightarrow$

$$gt = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} v_0 = (\sqrt{13} - 1) \cdot 5 \Rightarrow$$

$$t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c. = 1,3 c.$$

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

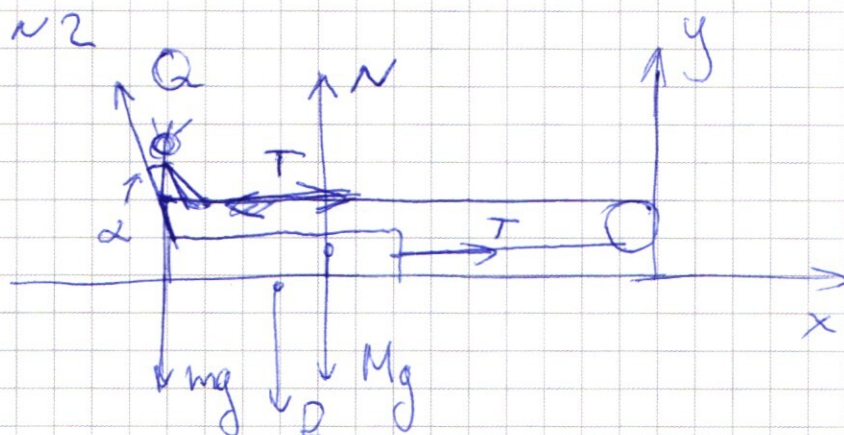
О_y: $H = \frac{v_0 t}{2} + \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 1,3}{2} + \frac{10 \cdot 1,69}{2} =$

$$= 5 (1,3 + 1,69) = 5 \cdot 2,99 \approx 15 m.$$

Ответ: 1) $v_y = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0 = 18 \frac{m}{c}$

2) $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = 1,3 c.$; 3) $H = 15 m.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть человек упирается в ящик под углом α . рассмотрим силы действующие на систему чел. + ящик. Ясно, что сила инерции $a = 0 \Rightarrow \sum \vec{F} = 0$

$$1) O_y: Q \cos \alpha + N = P = mg + Mg = 3mg.$$

2) $F_{тр} = \mu N_{норм.}$, если бы скольжение началось по условию, $N_{норм} = 3mg$.

$O_x: \sum \vec{F} = 0$ для системы ящик + человек. $2T = F_{тр} = 3\mu mg$.

т.к. $T = F_0$ (по 3-му и 4-му Н.) $\Rightarrow$
 $F_{0 мин} = \frac{3}{2} \mu mg$.

~ 2 (прогнозирование)

3) по II закону Ньютона Н. движ. сист.

$$3ma = 2F - 3gmg \Rightarrow$$

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

т.к. движение равноускор.

$$\vec{S} = \frac{\vec{a}t^2}{2} + \vec{v}_0 t \quad \text{но } v_0 = 0 \Rightarrow$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - g}}$$

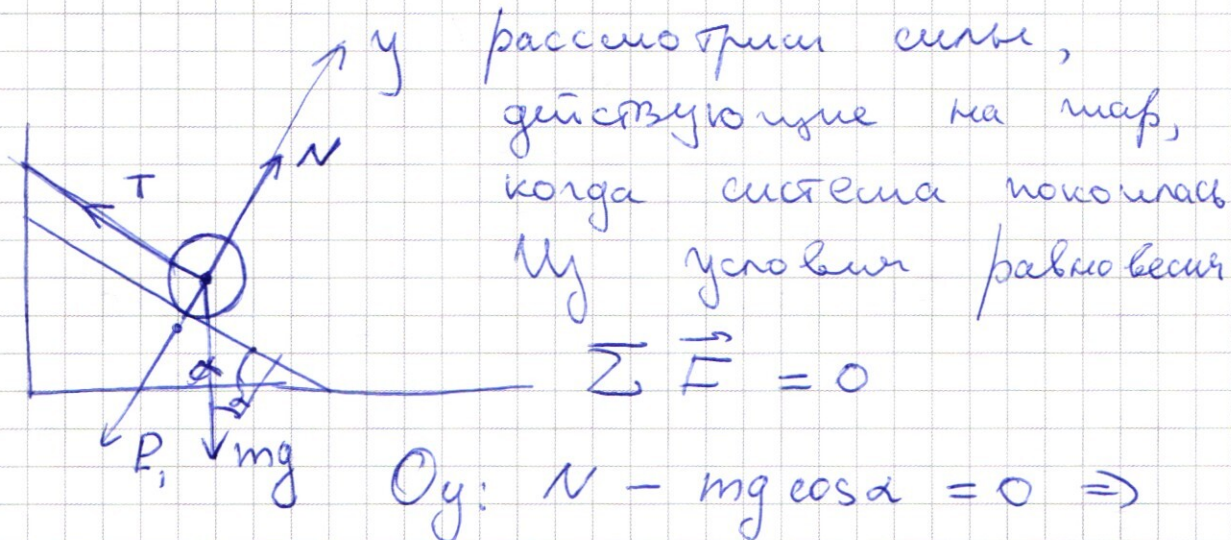
Ответ: 1) ~~$F_0 = \frac{3}{2} gmg$~~ $P = 3mg$

2) $F_0 = \frac{3}{2} gmg$ 3) $t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - g}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3

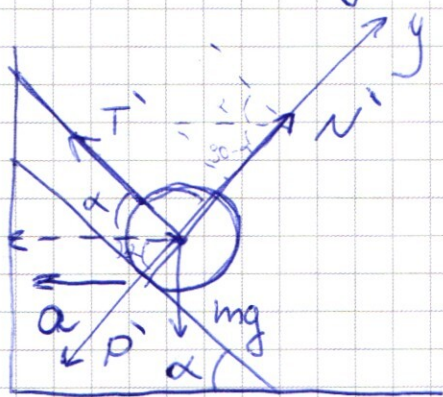
1)



$$N = mg \cos \alpha ; \text{ По III } y\text{-му } M. |\vec{N}| = |\vec{P}_1|$$

$$\Rightarrow P_1 = N = mg \cos \alpha$$

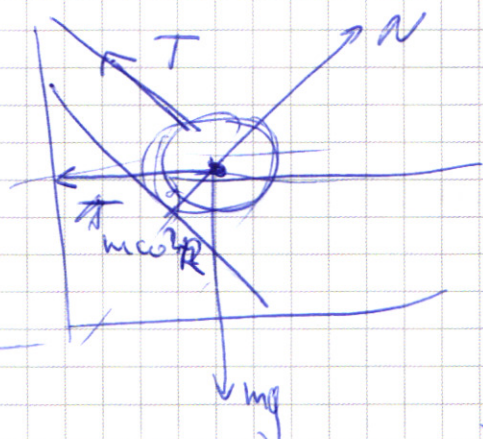
2)



На центр масс шара действуют силы, как показано на рис. По III о движении центра масс.

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}_{cm} \Rightarrow \text{О}_{y}: -m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha = N' - mg \cos \alpha \Rightarrow N' = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \times \sin \alpha \cos \alpha ; \text{ По III } y\text{-му } M. N' = P'$$

Ответ: 1) $P_1 = mg \cos \alpha$ 2) $P' = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha$



$$p = \frac{g}{g} RT$$

$$g = \frac{p g}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^3}{8,31 \cdot (273 + 27)} = \frac{63,90}{2493} = 0,0256$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 3,6 \\ 5 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^3}{8,31 \cdot (273 + 27)} =$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 3,55 \\ 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 63,90 \end{array}$$

$$\frac{2,6}{2} = 1,38,31$$

$$\frac{300}{249300} = 0,0012$$

$$\frac{63,90}{2493} = 0,0256$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$p \cdot V = \frac{m_{n1}}{g} RT$$

$$pV = \frac{m_{n2}}{g} RT$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 294 \\ 12 \\ \hline 588 \end{array}$$

$$0,26$$

$$\begin{array}{r} 241 \\ \times 2493 \\ 26 \\ \hline 14958 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 292 \\ \times 294 \\ 5 \\ \hline 1470 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 294 \\ 12 \\ \hline 588 \\ 294 \\ \hline 3528 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 241 \\ \times 2493 \\ 26 \\ \hline 14958 \\ 4986 \\ \hline 64818 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 294 \\ 8 \\ \hline 2352 \end{array}$$

$$3,6 = \sqrt{13}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,3 \\ 3,3 \\ \hline 199 \end{array}$$

$$89$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

$$\frac{3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3}{8 \cdot 300} = \frac{60}{2400} = \frac{1}{40} = 0,25 \cdot 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2}{h_2 + h_1 + h_1 \operatorname{ctg} \alpha} \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha h_2 + \operatorname{tg} \alpha h_1 + h_1 = h_2$$

$$h_2 (1 - \operatorname{tg} \alpha) = h_1 (\operatorname{tg} \alpha + 1) \Rightarrow$$

$$h_2 = h_1 \frac{\frac{a}{g} + 1}{1 - \frac{a}{g}} = h_1 \frac{a + g}{g - a} =$$

$$= 10 \frac{14}{6} = 10 \cdot \frac{7}{3} = 23 \text{ см}$$

~~$(m_2 + m_1)h$~~

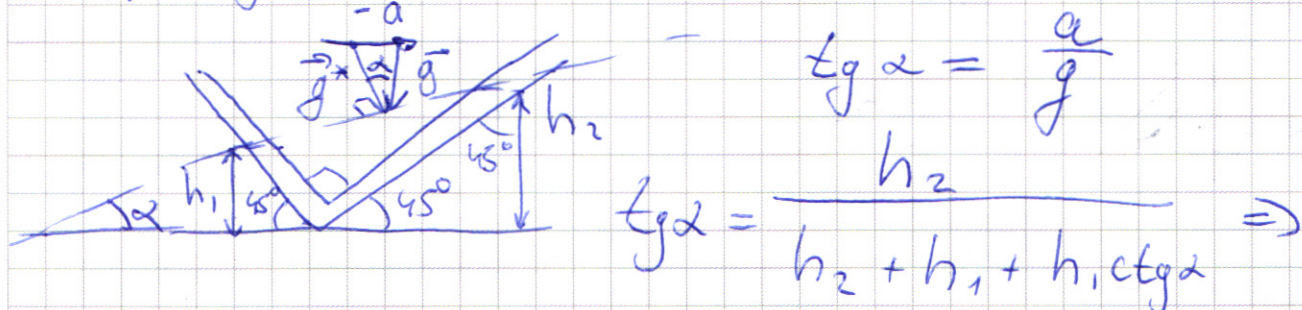
$$V_1 = \frac{m_1}{\rho} = \frac{h_1}{\cos \alpha} V = \frac{m_1 + m_2}{\rho} =$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho} = \frac{h_2}{\cos \alpha} = 2 \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

№4

- 1) т.к. уровень жидкости ~~на~~ всегда перпендику. эквивалентной гравитации ($\vec{g}^* = -\vec{a} + \vec{g}$), изобразим это на рисунке.



$$\text{tg } \alpha h_2 + \text{tg } \alpha h_1 + h_1 = h_2 \Rightarrow$$

$$h_2 (1 - \text{tg } \alpha) = h_1 (\text{tg } \alpha + 1) \Rightarrow$$

$$h_2 = h_1 \frac{\text{tg } \alpha + 1}{1 - \text{tg } \alpha}, \text{ т.к. } \text{tg } \alpha = \frac{a}{g} \Rightarrow$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + a}{g - a} = 10 \text{ см.} \cdot \frac{14 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10 \text{ см.} \cdot \frac{7}{3} = 23 \text{ см.}$$

- 2) Когда трубка равномерно поедет равномерно силы реакции со стороны трубки будут компенсироваться. (т.к. движение равномерное) $\Rightarrow$ единств. не компенсирующая сила действующая на жидкость — сила тяжести и сила верт. реакц. опоры.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

и т.д. (продолжение).

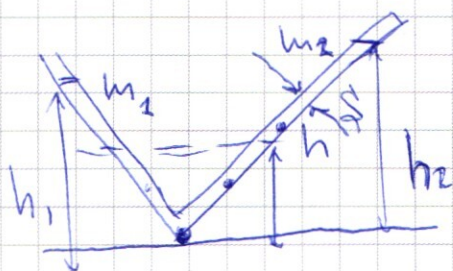
Тогда найдём скорость нисхождения
в мом. когда урван на одинаковой
высоте.

Пусть σ — линейная плотность

$$[\sigma] = \frac{kg}{m}; \text{ в } \text{св.} \text{ соудар.$$

~~т.к. сила реакции работы не совершает~~

По ЗСЭ:



$$\begin{aligned} m_2 g \frac{h_2}{2} + m_1 g \frac{h_1}{2} &= \\ &= (m_1 + m_2) \frac{V^2}{2} + W_{\text{н.}} \end{aligned}$$

Найдём h : $V_1 = \frac{m_1}{g} = \frac{1}{2} h_1 \frac{1}{\cos 45^\circ}$

$$V_2 = \frac{m_2}{g} = \frac{1}{2} h_2 \frac{1}{\cos 45^\circ}; \quad V = \frac{m_1 + m_2}{g} =$$

$$= 2 \frac{h}{\cos \alpha} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} h = \frac{h_1 + h_2}{2} \Rightarrow W_{\text{н.}} &= 2 \cdot \frac{m_1 + m_2}{2} g \frac{h_1 + h_2}{4} = \\ &= \frac{m_1 + m_2}{4} g (h_1 + h_2) \end{aligned}$$

№4 (продолжение)

$$m_1 = \frac{h_1}{\cos 45^\circ} = \beta h_1$$

$$m_2 = \frac{h_2}{\cos 45^\circ} = \beta h_2 \Rightarrow$$

$$\frac{g\beta}{2} h_2^2 + \frac{g\beta}{2} h_1^2 = \frac{\beta (h_1 + h_2) v^2}{2} +$$
$$+ \frac{\beta (h_1 + h_2)}{2} g (h_1 + h_2) \Rightarrow$$

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

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

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

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

$$v = \sqrt{\frac{g (h_2 - h_1)^2}{2(h_2 + h_1)}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 169}{2 \cdot 33}} =$$

$$\approx 5 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = h_1 \frac{a+g}{g-a} \approx 23 \text{ см}$

2) $v = \sqrt{\frac{g (h_2 - h_1)^2}{2(h_2 + h_1)}} \approx 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

VS (уточнение)

$$m_B = m_{n1} - m_{n2} = \frac{p \gamma V \gamma}{RT} - \frac{p V \gamma}{RT} =$$

$$= \frac{p V \gamma}{RT} (\gamma - 1); \text{ т.к. } \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow$$

$$V_B = \frac{m}{\rho} = \frac{p V \gamma}{\rho_0 R T} (\gamma - 1); \text{ объем}$$

пара в этот момент $V \Rightarrow$

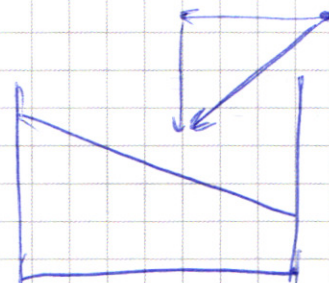
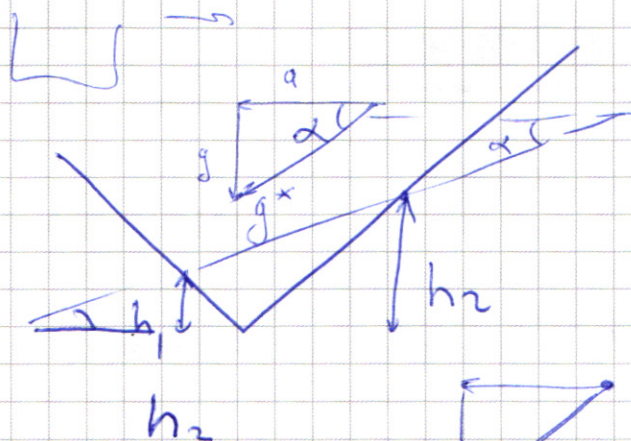
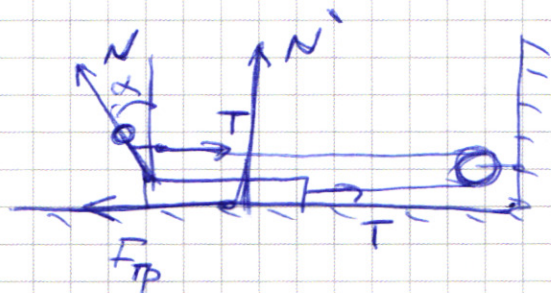
$$x = \frac{V}{V_B} = \frac{\rho_0 R T}{p \gamma (\gamma - 1)} = \frac{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6} =$$

$$= \frac{2493 \cdot 10^3}{3,55 \cdot 18 \cdot 4,6} = \frac{2493}{294} \cdot 10^3 \approx 8 \cdot 10^3$$

Ответ: 1) $\frac{p_0}{p_B} = \frac{p \gamma}{\rho_0 R T} = 26 \cdot 10^{-6}$

2) $\frac{V}{V_B} = \frac{\rho_0 R T}{p \gamma (\gamma - 1)} = \cancel{26 \cdot 10^3} 8 \cdot 10^3$

№2.



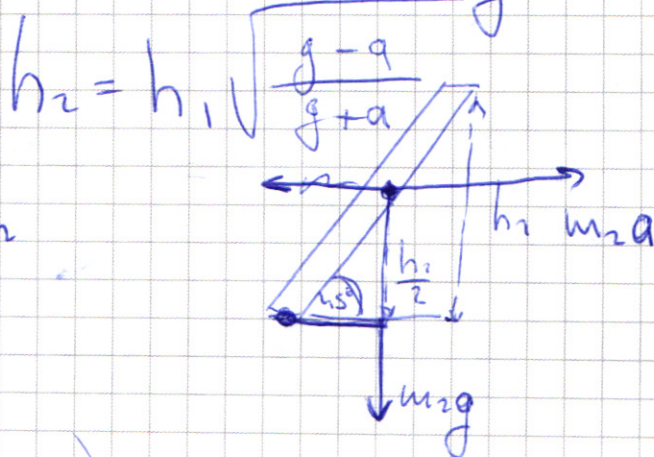
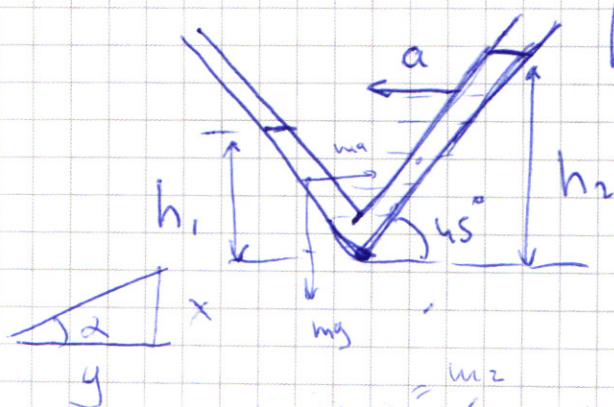
$$F_{np} + N \sin \alpha = 2T$$

$$\uparrow F_{np} = g(N \cos \alpha + N')$$

$$gN \cos \alpha + gN' + N \sin \alpha = 2T$$

№4

$$10 \text{ cm} \sqrt{\frac{6}{14}} = 10 \sqrt{\frac{3}{7}} \quad h_1 = h_2 \sqrt{\frac{g+a}{g-a}}$$



$$\text{tg } \alpha = \frac{x}{y} \Rightarrow \frac{h_2}{2 \sin \alpha} (g \cdot h_2 \cos \alpha + a h_2 \sin \alpha) =$$

$$y = x \text{tg } \alpha$$

$$= \frac{h_1}{2 \sin \alpha} (-a h_1 \sin \alpha + g h_1 \cos \alpha)$$

$$g h_2^2 + a h_2^2 = g h_1^2 - a h_1^2$$