

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

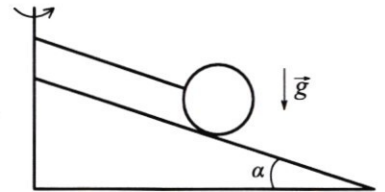
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

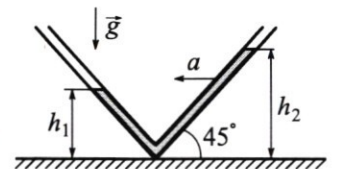


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

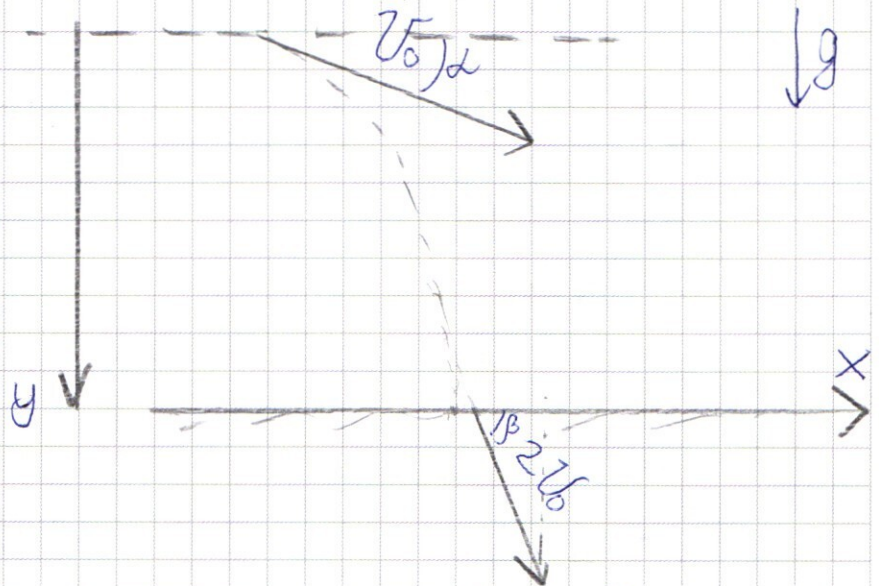
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- Дано:
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $V = 2V_0$
 1) $V_y = ?$
 2) $t = ?$
 3) $h = ?$

№1.

Решение:
 т.к. все время спуска, то
 скорость макс. вниз под углом.



1) т.к. $\vec{g} = \text{const}$, то

$$Oy: V_y = V_0 \sin \alpha + gt$$

$$2V_0 \sin \beta = \frac{V_0}{2} + gt$$

$$Ox: 2V_0 \cos \beta = V_0 \cos \alpha \Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}; \quad \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$2V_0 \sin \beta = \frac{V_0}{2} + gt \Rightarrow t = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \approx 1,3 \text{ (с)}$$

$$1) V_y = \frac{V_0}{2} + gt = \frac{10}{2} + 10 \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}$$

$$3) h = \frac{V_y^2 - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{25 \cdot 13 - 25}{20} = 15 \text{ (м)}$$

Ответ:
 1) $V_y = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$
 2) $t = 1,3 \text{ с}$
 3) $h = 15 \text{ м}$

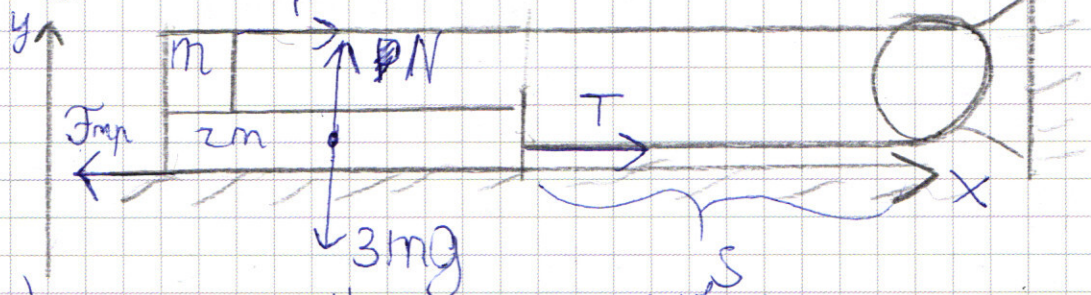
№2

Дано:

m
 $M = 2m$
 S
 μ

Требуется:

для системы человек + ящик:



1) Q - ?

2) F_0 - ?

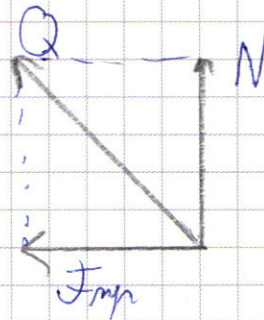
3) t - ?

1) $\Sigma F_{y0} = 0$ $\Sigma F_{x0} = 0$ $N = 3mg$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = 3\mu mg$$

$$Q = \sqrt{F_{\text{тр}}^2 + N^2}$$

$$Q = 3mg\sqrt{\mu^2 + 1}$$

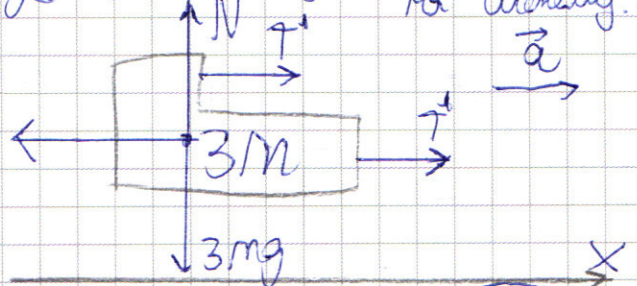


2) $\Sigma F_{y0} = 0$ $\Sigma F_{x0} = 0$ $F_0 = T$ $m.k. F_0$ - мин. сила, $mo Q = 0$.

$\Sigma F_{y0} = 0$ $\Sigma F_{x0} = 0$

$$0x: 2T - F_{\text{тр}} = 0, \quad 2T = 3\mu mg \Rightarrow T = F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$$

3) $\Sigma F_{y0} = 0$ $\Sigma F_{x0} = 0$ $F = T'$, где T' - сила тяжести ~~на~~ человека mo системы.



$$0x: 2T - 3\mu mg = 3ma \Rightarrow F_{\text{тр}}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{2T - 3\mu mg}{3m}$$

$$m.k. \vec{a} = \text{const}, \quad mo \quad S = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2S(2T - 3\mu mg)}{3m}}$$

$$v = at \Rightarrow t = \frac{\sqrt{2aS}}{a} = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6mS}{(2T - 3\mu mg)}}$$

Ответ: 1) $Q = 3mg\sqrt{\mu^2 + 1}$
2) $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$
3) $t = \sqrt{\frac{6mS}{(2T - 3\mu mg)}}$

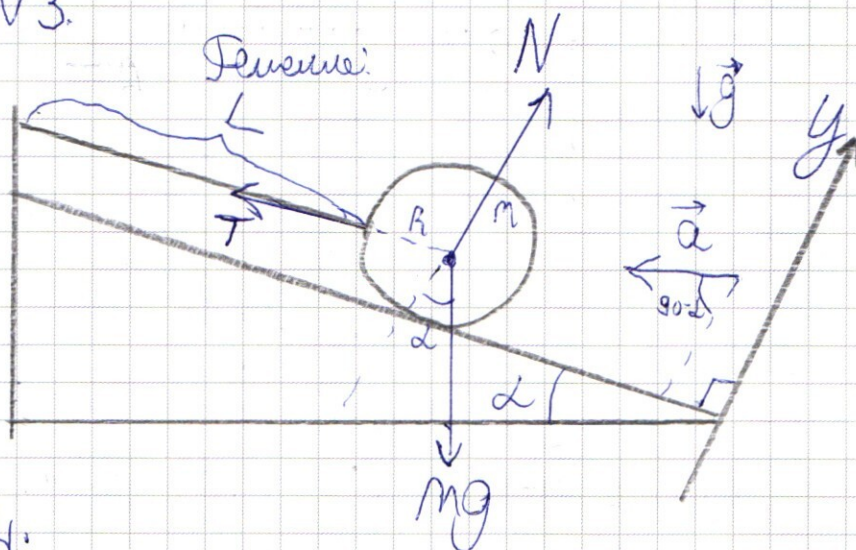
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:

m
 R
 L
 L

$P = ?$
 $P' = ?$



1) По II-му Н:

$$\text{Оу: } N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

По III-му Н: $N = P$; $N' = P'$

$$P = mg \cos \alpha$$

2) ~~$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$~~ $a = \frac{v^2}{L+R} = \omega^2 (L+R)$

По II-му Н:

$$\text{Оу: } N' - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha \Rightarrow$$

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

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

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha$

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

№5.

Дано:

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

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho = 100\%$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$1) \frac{p}{p_0} - ?$$

$$2) \frac{V}{V_0} - ?$$

$$1) pV_1 = \gamma RT, \text{ где } V_1 - \text{кар. объем}$$

$$pV_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

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

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\gamma \mu}{RT p_0} = \frac{5,6 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} \approx$$

$$\approx 0,026$$

$$2) \text{ Пусть } V - \text{кар. объем, тогда } V_1 = \gamma V$$

$$p \gamma V = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$pV = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$m_1 - m_2 = m_0, \text{ м.к. конденсация}$$

$$pV(\gamma - 1) = \mu = m_0 RT \Rightarrow m_0 = \frac{pV(\gamma - 1)\mu}{RT}$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\rho RT}{p(\gamma - 1)\mu}, \quad \frac{V}{V_0} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 300}{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3 \cdot 4,6} \approx 8310$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{p}{p_0} = 0,026; 2) \frac{V}{V_0} = 8310$$

№4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$a = \text{const}$$

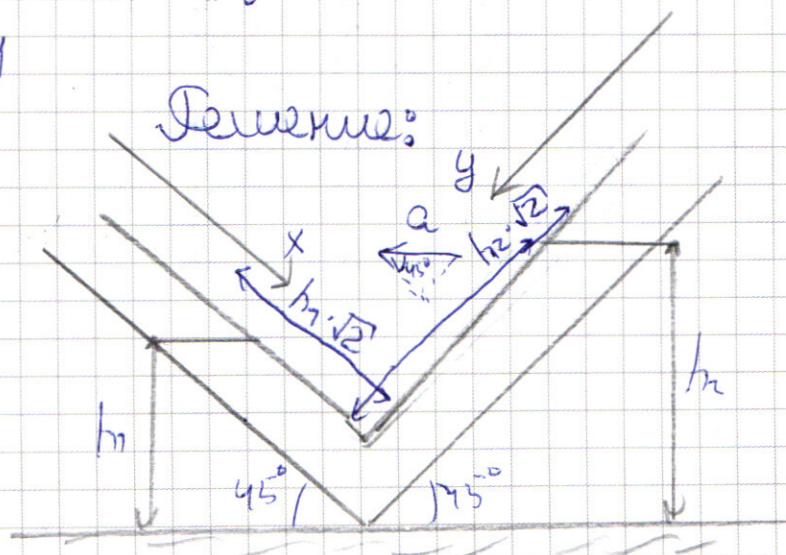
$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$1) h_2 - ?$$

$$2) V - ?$$

$$t - ?$$

Решение:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) В CO прыжки:

$$\vec{a}_{\text{доп}} = -\vec{a} + \vec{g}$$

$$a_{\text{доп}x} = -a_x + g_x = \frac{g}{\sqrt{2}} + \frac{a}{\sqrt{2}} = \frac{g+a}{\sqrt{2}}$$

$$a_{\text{доп}y} = -a_y + g_y = \frac{g}{\sqrt{2}} - \frac{a}{\sqrt{2}} = \frac{g-a}{\sqrt{2}}$$

На уровне середины прыжка:

$$\rho \frac{(g+a)}{\sqrt{2}} \cdot h_1 \cdot \sqrt{2} = \rho \frac{(g-a)}{\sqrt{2}} \cdot h_2 \cdot \sqrt{2}$$

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

$$h_2 = \frac{0,1 \cdot 4}{3} \approx 0,23 \text{ (м)} = 23 \text{ (см)}$$

2) Пусть S — это разность между нач. высотой и высотой h_2
 $S = \frac{h_2 - h_1}{2}$; тогда $A_{\text{полн}} = mgS = \frac{mg(h_2 - h_1)}{2}$, где

m — масса мал. кура масса, который переместился из одного
 колеса прыжки в другое; $S = 6,5 \text{ (см)} = 0,065 \text{ (м)}$

M — масса всей птицы

$$A_{\text{полн}} = -\Delta W_p \Rightarrow \Delta W_p = - \frac{Mg(h_1 - h_2)}{2} - mgS$$

и по ЗСЭ:

$$\Delta W_k + \Delta W_p = 0$$

$$S = 6,5 \text{ (см)} = 0,065 \text{ (м)}$$

Пусть a_1 — ускор. птицы

по ЗСЭ $M \cdot g \cdot S$ левое колесо прыжки:

$$\rho g \frac{\sqrt{2}}{2} h_1 S - \rho g \frac{\sqrt{2}}{2} h_2 S = -\rho g \frac{\sqrt{2}}{2} h_1 S \cdot a$$

$$\sqrt{2} (h_1 - h_2) = h_1 a \Rightarrow a = \frac{\sqrt{2} (h_1 - h_2)}{h_1} = 1,3 \sqrt{2} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$a_{\text{max}} = 0$, поэтому за все время $\langle a \rangle = \frac{a}{2}$
 Пусть S — перемещение маятника;

$$S = \frac{h_2 - h_1}{2} = 0,5(2\pi) = 0,085(\text{м})$$

~~$$S = \frac{a}{2}$$~~

тогда: $S =$

$$a(t) = \frac{\sqrt{2}(h_2(t) - h_1(t))}{h_1(t)} = \frac{\sqrt{2}h_2(t)}{h_1(t)} - \sqrt{2}$$

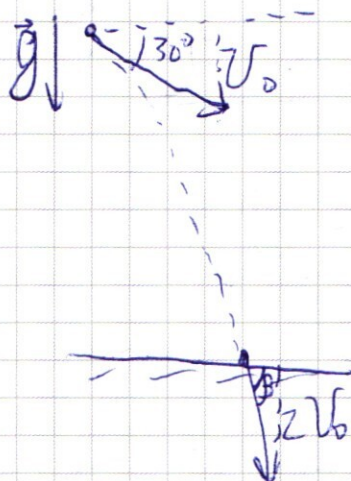
$$a(t_1) - a(0) = \frac{\sqrt{2}h_2(t)}{h_1(t)} - \sqrt{2}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} \approx a(t_1);$$

$$\frac{V}{t_1} = \frac{\sqrt{2}h_2 - \sqrt{2}}{t_1} \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $V = 2V_0$



1) Oy : ~~$2V_0$~~

$$V_y = V_0 \sin 30^\circ + gt$$

$$2V_0 \sin \beta = V_0 \sin \alpha + gt$$

$$Ox: V_0 \cos 30^\circ = 2V_0 \cos \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2V_0 \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = V_0 \sin \alpha + gt$$

$$2V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{V_0}{2} + gt$$

$$\Rightarrow t = \frac{V_0 (\sqrt{3} - 1)}{2g} = \frac{10 (\sqrt{3} - 1)}{20} = \frac{\sqrt{3} - 1}{2}$$

$$V_y = \frac{V_0}{2} + gt = \frac{V_0}{2} + \frac{V_0}{2} (\sqrt{3} - 1) = \frac{V_0 \cdot \sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ (м/с)}$$

2) $t = \frac{\sqrt{3} - 1}{2} \text{ (с)}$

$$3) h = \frac{V_y^2 - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{25 \cdot 3 - 25}{20} = \frac{25 \cdot 2}{20} = 2.5 \text{ (м)}$$

$$\sqrt{3} \approx 1.732$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 35 \\ 175 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\frac{2.5}{2}$$

m_3
 $M = 2m$
 μ
 S
 $2) F_{\text{тр}}?$

1)

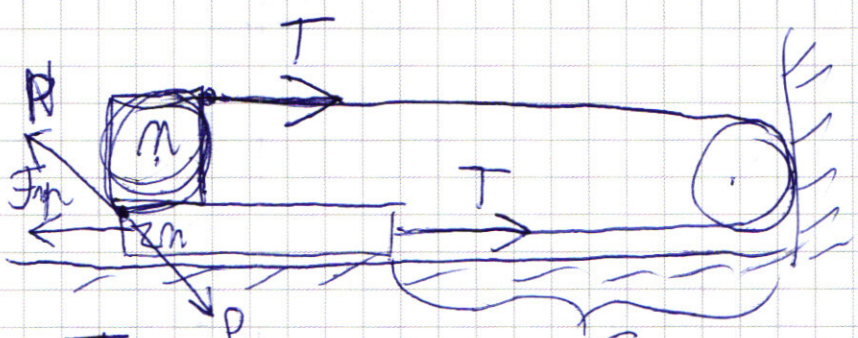
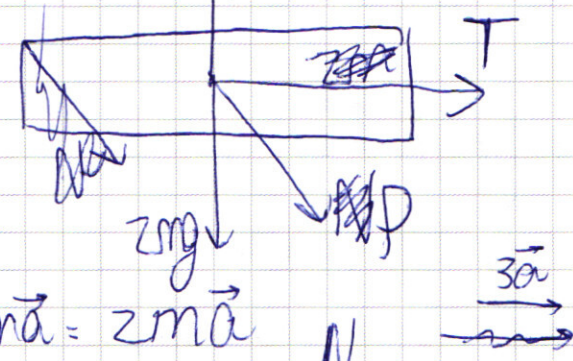
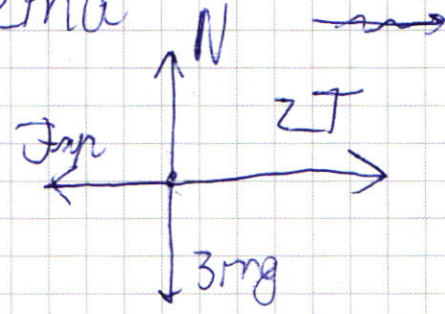
$\vec{P} + \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$
 $-\vec{P} = \vec{T} + m\vec{g} - m\vec{a}$
 $\vec{N} + \vec{T} + 2m\vec{g} = \vec{P} + \vec{T} + m\vec{g} - m\vec{a} = 2m\vec{a}$
 $\vec{N} + 2\vec{T} + 3m\vec{g} = 3m\vec{a}$
 $N = 3mg$
 $F_{\text{тр}} = 3\mu mg$
 $Q = \sqrt{N^2 + F_{\text{тр}}^2} = 3mg\sqrt{\mu^2 + 1}$

2) $F_{\text{от}} = T$

~~$3ma = 2T - 3\mu mg$~~
 ~~$a = \frac{2T - 3\mu mg}{3m}$~~
 ~~$3m$~~
 $\text{т.к. } F_{\text{от}} = \text{min, то } a = 0$
 $2T = F_{\text{тр}}$
 $2T = 3\mu mg \Rightarrow T = \frac{3}{2}\mu mg$

3) $a = \frac{2T - 3\mu mg}{3m}$; $U^2 = 2aS = \frac{2S(2T - 3\mu mg)}{3m}$

$U = gt$
 $t = \frac{\sqrt{\frac{2S}{3m}(2T - 3\mu mg)}}{g}$

$S = \frac{U^2}{2a} \Rightarrow$
 $\Rightarrow U^2 = S \cdot 2a =$
 $= \frac{2S(2T - 3\mu mg)}{3m}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$\rho = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\phi = 100^\circ$$

$$\rho = \text{const}$$

$$\rho_m V_1 = \bar{V}_1 R T$$

$$pV_2 = n_2 k T$$

$$pV_h = \frac{m}{M} RT$$

$$p_M = p_a RT$$

~~$P \propto \frac{h \cdot T}{M}$~~

$$01) 0,026$$

2) $\gamma = 5,6$

~~$$PV = nRT$$~~

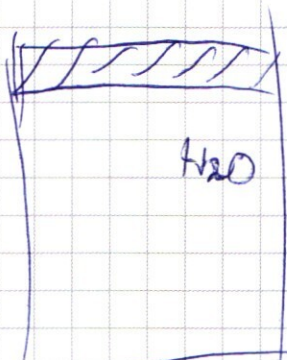
~~DVZ: 2A~~

1/2 - ~~not~~ not 1/2

$$\frac{1}{RT} \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{V}{V_h} = \frac{8,31 \cdot 300}{1,18}$$

$$\begin{array}{r} 648 \overline{) 83} \\ - 591 \\ \hline 239 \\ - 230 \\ \hline 90 \\ - 60 \\ \hline 30 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 3, \quad 36 \\ 36 \times 18 \\ \hline 288 \\ 36 \\ \hline 648 \end{array}$$

~~(m_1 + m_2) = m~~

$$\cancel{V_1} = \cancel{V_2} = \cancel{V_3}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{3.55 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{8.31 \cdot 10^{-3} \cdot 300}$$

$$\frac{\frac{PM}{RT}}{DR} = \frac{\frac{PM}{RT} \cdot 355.1}{7.8} = 3M$$

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{26 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2}{\mu^3} \right)}{\frac{K_1 \cdot \pi A \cdot \mu^3}{\Delta n \cdot K_2}}$$

$$V_B = p_B \cdot m_B$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} R T$$

$$0 \leq m \leq R$$

$$C^M RT$$

№ РБМР

$$\frac{1}{x^3}, \frac{1}{x^2}, x^3$$

$$pV(\gamma - 1) = n_B R T$$

$$z \Rightarrow m \leq \text{MPL}(z) \Rightarrow \text{MPL}(z) \geq m$$

$$\frac{Dm \cdot R_T}{K} = \frac{Dm \cdot u^3}{\dots}$$

$$\frac{K_2}{m^3} \cdot \frac{K_1}{m \cdot \text{mass}} \cdot \bar{\Gamma}_A$$

$$V_{A_max} = \frac{K_M \cdot P_{A-}}{D_{max}}$$

[illegible]

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

m, R
 α, L

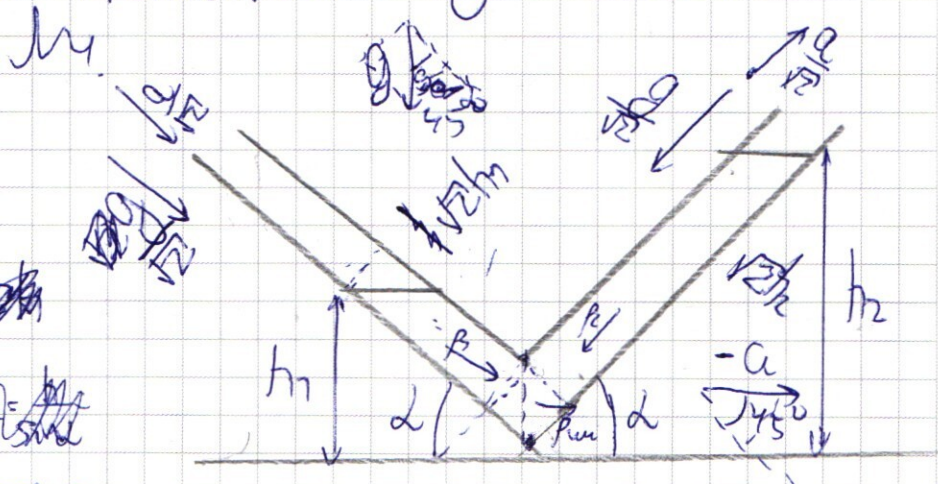
$$1) N = mg \cos \alpha$$

$$2) a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega^2 (L + R)$$

$$\text{оу: } N - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha$$

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

$\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$
 $h_1 = 10 \text{ см}$



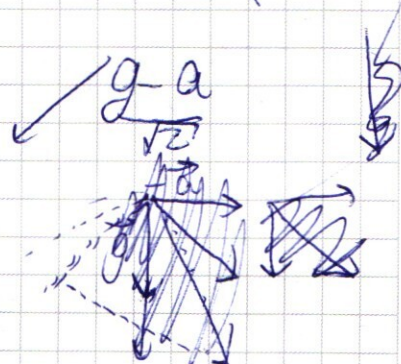
~~$$p \sin \alpha = \dots$$

$$p \sin \alpha + p a$$

$$p_1 = p_2 = p \sin \alpha$$~~

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

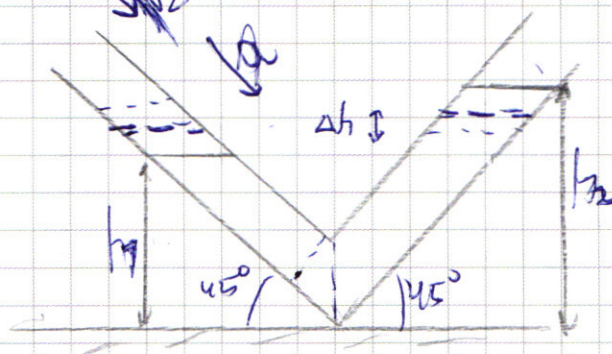
$$p(g+a)h_1 = p(g-a)h_2$$~~



$$1) \quad h_2 = \frac{h_1(g+a)}{g-a} = \frac{0,1(10+4)}{10-4} = \frac{0,1 \cdot 14}{6} = \frac{0,1 \cdot 7}{3} \approx 0,23 \text{ м}$$

$$2) \quad U_{\text{max}} = 0$$

~~мг~~
~~мг~~
 гл 10
~~мг~~



$$\frac{mU^2}{2} + mgh_2 = mgh$$

$$U^2 = 2g(h-h_2) \quad \Delta U_p = -mg(h-h_2) = -mg(h-h_2)$$

$$\frac{mU^2}{2} + mgh_2 =$$

$$\Delta U_{\text{max}} = mg \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right)$$

$$-mU^2 + mg(h-h_2) = 0$$

$$mU^2 = mg(h-h_2)$$

$$\frac{m}{M} = \frac{S \cdot \sqrt{2}}{h_1 \sqrt{2} + h_2 \sqrt{2}} = \frac{S}{h_1 + h_2}$$

$$mg \sqrt{2} h_1 S - mg \sqrt{2} h_2 S = \frac{mg h_1 S a}{\sqrt{2}}$$

$$\sqrt{2} h_1 - \sqrt{2} h_2 = h_1 a$$

$$a = \frac{\sqrt{2}(h_2 - h_1)}{h_1}$$

$$\sqrt{2} h_2 - \sqrt{2} h_1 = h_1 a$$

$$S = \frac{h_2 - h_1}{2} \approx 6,5 \text{ см}$$

$$S = \frac{h_2 - h_1}{2} \approx 6,5 \text{ см}$$

$$mU^2 - mgS = 0 \quad U^2 = gS$$

$$U = \sqrt{gS} = \sqrt{\frac{S^2}{(h_1 + h_2)}} g = \frac{S \sqrt{g}}{\sqrt{h_1 + h_2}} \approx 0,065 \sqrt{\frac{10}{0,33}} = \frac{0,065 \sqrt{10}}{0,6} \approx \frac{\sqrt{10}}{10}$$

$$\approx \frac{\sqrt{10}}{10} \approx \frac{3,1}{10} = 0,31 \text{ (м/с)}$$