

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

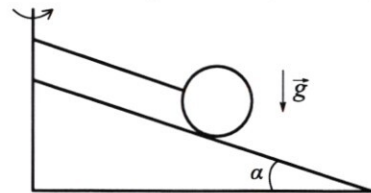
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 5m$. 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) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

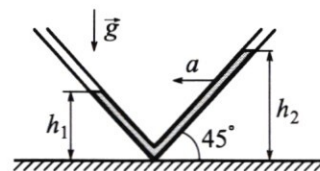
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, 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 уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



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

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④

1) $a = ?$
2) $v = ?$

1) введи $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$,
тогда известно, что
поверхность ~~и~~ масса
будет перпендикулярна $\vec{g}^*$ 1) введи $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$
тогда поверхность твёрдости будет перпенди-
кулярна

1) Рассчитайте си-
лы на всей пу-
ти АВ массой $\Delta m =$
 $= \rho h_1 \sqrt{2} S$ (ρ — плотность
масса)

$P = P_0 + \rho g h_2$ (давление
на A от правого колеса)

По 2-й и 3-й теореме Ньютона на O для АВ:

$$PS \sin 45^\circ - P_0 S \cos 45^\circ = \Delta m a$$

$$(P - P_0) S \frac{1}{\sqrt{2}} = \rho h_1 \sqrt{2} S a \Rightarrow P - P_0 = 2 \rho h_1 a = \rho g h_2 \Rightarrow$$

$$a = \frac{g h_2}{2 h_1} = \frac{10}{8} \cdot \frac{10}{2} = 7.5 \frac{m}{s^2}$$

2) $V = ?$ (макс-мб) Чтобы найти V перейдем в CO соединяя после того как у нас $a = 0$. Тогда в этой CO могу записать ЗСЭ, т.к. она инерциальная ($a = 0$).

Запишу ЗСЭ в этой CO для системы: трубка + масло! Сначала в CO трубка ~~и~~ система покоится, но потом приобретает ск-мб. Я могу писать ЗСЭ, т.к. работа др. сил на систему равна 0 (трение пренебр. пока). Тогда получу рав-во: $W_1 = W_{2п} + W_{2к}$ и $W_{2к}$ максимальна при мин. $W_{2п}$ (как. и потен. энергии). Потенциальная энергия мин. при достиж. равновесия (когда в обоих коленах поровну ртути), т.к. равновесие соотв. соответствует мин. потере W . То ЗСЭ!

$$m_1 g h_1 + m_2 g h_2 = (m_1 + m_2) g h + \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$$

m_1, m_2 — массы лев. и прав. колена стекла

$$V^2 = \frac{g(m_1 h_1 + m_2 h_2)}{m_1 + m_2} - g h$$

следовательно $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$; $m_1 = h_1 \sqrt{2} \rho$; $m_2 = h_2 \sqrt{2} \rho$

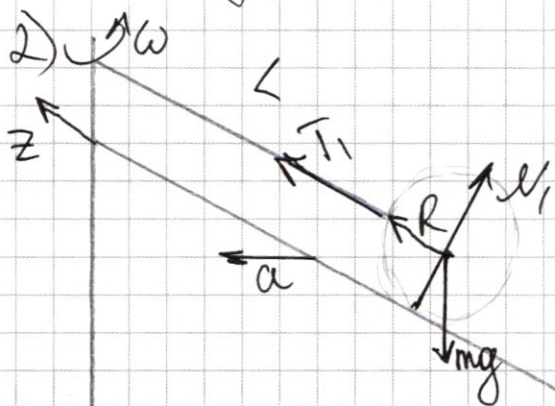
$$V = \sqrt{\frac{g(h_1 + \frac{m_2}{m_1} h_2)}{1 + \frac{m_2}{m_1}} - g h} = \sqrt{\frac{g(h_1 + \frac{h_2^2}{h_1})}{1 + \frac{h_2}{h_1}} - \frac{g(h_1 + h_2)}{2}} =$$

$$= \sqrt{0,4 \frac{m^2}{c^2}} = \sqrt{10 \cdot 10^{-2} \left(\frac{8+18}{1+\frac{1}{2}} - 10 \right)} = 0,2 \left(\frac{m}{c} \right)$$

Ответ: $V = 0,2 \frac{m}{c}$; $a = \frac{g}{\sqrt{2}}$; $V = 0,2 \frac{m}{c}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = mg \sin \alpha$$



В этом случае шар движется по окр.-ти с угл. ск-ю ω и радиусом $(L+R) \cos \alpha$

По 2-му По теореме о движ. центра масс

для шара на ОЗ: $T - mg \sin \alpha = ma \cos \alpha$

$a = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$ (движ. по окр.-ти, a - норм. укл.)

$T = m(g \sin \alpha + a \cos \alpha) = m(g \sin \alpha + \omega^2 \cos^2 \alpha (L+R))$

ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$; 2) $T = m(g \sin \alpha + \omega^2 \cos^2 \alpha (L+R))$

5) 1) $\frac{p_n}{p}$ -! (p_n - плотность пара)

2) $\frac{V_n}{V_b}$ -! (V_n, V_b - объемы пара воды к тому моменту, когда объем пара увеличился в 2 раза)

1) По уравнению осм. идеального газа для пара в начале: $pV = \frac{m_n}{\mu} R T$ V, m_n - объемы и масса пара в начале; $T = 368 \text{ K}$ - температура в начале

Заметим, что т.к. пар в изотермическом процессе

постоянно конденсируется, то он остается
насыщенным $\Rightarrow$ всегда $p_n = p_{n.p.}$ (нас. пар) $\Rightarrow$
она постоянна, т.к. тем-ра не изменяется
(известно, что $\frac{p_n}{p_{n.p.}} = \varphi = 1$, $p_{n.p.}$ - зав-т от тем-ры)

$$\text{из (1): } \frac{p_n}{p} = \frac{p_{n.p.}}{p_{n.p.}} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 368} \approx 50 \cdot 10^{-5}$$

2) $p V_n = \frac{V}{f}$, по ур-ю состояния идеального газа
для пара к молекулу, когда $V_n = \frac{V}{f}$:

$$p \frac{V}{f} = \frac{m_n - m_b}{\mu} R T \quad (m_b - \text{масса сконденсиро-}$$

ванной воды; p - т.к. пар все
еще насыщенный, т.к. идет кон-
денсация), процесс изотерм. $\Rightarrow$
тем-ра T

$$pV - \frac{pV}{f} = \frac{m_b}{\mu} R T \Leftrightarrow \frac{pV}{f} (f-1) = \frac{m_b}{\mu} R T$$

$$p V_n (f-1) = \frac{m_b}{\mu} R T \quad | : p$$

$$\frac{p V_n}{p} (f-1) = \frac{m_b}{\mu} R T \Rightarrow \frac{V_n}{V_b} = \frac{p R T}{p_{n.p.} (f-1)}$$

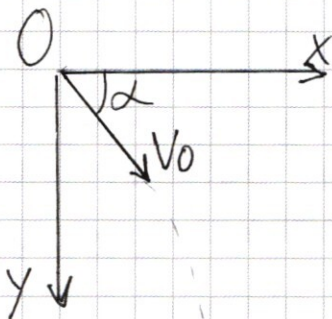
$$\text{из (1): } \frac{V_n}{V_b} = \frac{1}{f_n (f-1)} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-5} \cdot 3,4} \approx 10^4 \approx 500$$

$$\text{ответ: 1) } \frac{p_n}{p} = 2,8 \cdot 10^{-5}; 2) \frac{V_n}{V_b} = 500$$

4

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



T - время полёта
 V - конечная ск-ть камня

V_y - со з-т. соет.

V_x - со г-т. соет.

1) проекция g на Ox равна
 $0 \Rightarrow$ по оси Ox движение
камень равноускоренное $\Rightarrow$

$$V_{0x} = V_x = V_0 \cos \alpha = \frac{V_0}{2}$$

$$V^2 = V_y^2 + V_x^2 \quad (\text{т.к. } V_x, V_y - \text{пр-ии})$$

$$V_y = \sqrt{V^2 - V_x^2} = \sqrt{25 - 1} = \sqrt{24} = 2\sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{\frac{25}{4} V_0^2 - \frac{V_0^2}{4}} = \sqrt{6} V_0 \approx 8.2, 45 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $V_y = V_{0y} + g_y T$ (ускор. равноуск.)

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha; \quad g_y = g$$

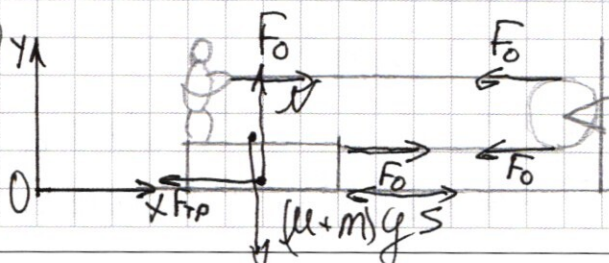
$$T = \frac{V_y - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 1,3 \text{ с}$$

3) $L = V_{0x} T$ (т.к. на Ox ускор. р/м); L - гор. расстояние

$$L = V_0 \cos \alpha T = \frac{V_0 T}{2} = 4 \cdot 1,3 = 5,2 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_y = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $T = 1,3 \text{ с}$ 3) $L = 5,2 \text{ м}$

2)



1) По 2-му з-ну Ньютона
для системы человек-эска

на Oy (N - норм. реакция опоры, действ. на лезв.)

$$N - (m + M)g = 0 \Rightarrow N = 6 \text{ мд} \Rightarrow \text{(этой же силой тел. и лезв. действ. на лезв.) по 3-му з. Н.}$$

2) лезв. втронется в тот момент когда $F_{\text{тр}}$ скольжения уравновесит шев действующее на шатуну человек-лезв. и лезв. ползет ($F_0 - \text{мин}$ шев)

По 2-му з. Н. ютотона на Ox : $2F_0 - F_{\text{тр}} = 0$
 $F_{\text{тр}} = \mu N = 6 \text{ мд}$ (для шатуна человек-лезв.)
 по 3-му з. Н. ютотона-Кудотона

$$2F_0 = 6 \text{ мд} \Rightarrow F_0 = 3 \text{ мд}$$

3) Если $F > F_0$, то лезв. ползет (ув. с

По 2-му з. Н. на Ox : $2F - F_{\text{тр}} = 6 \text{ мд}$
 (для шатуна тел. - лезв.)

$$a = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{6m} = \frac{F}{3m} - \mu g$$

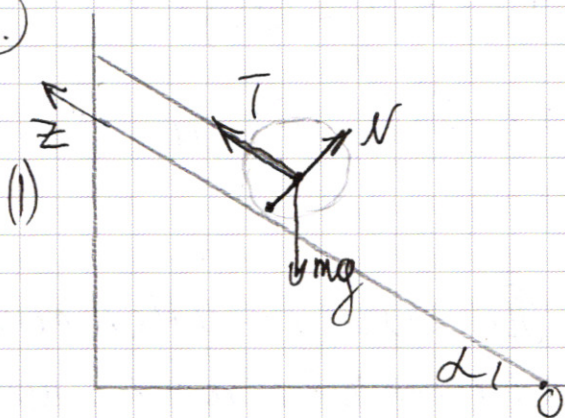
из кинематики! $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$

$v_x = v$, $v_{0x} = 0$, $a_x = a$, $s_x = s$
 (v_x, v_{0x} - к-ти лезв. в начале и конце шата) и начале шата.)

$$s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{2s \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

Ответ: 1) $N = 6 \text{ мд}$; 2) $F_0 = 3 \text{ мд}$; 4) $v = \sqrt{2s \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$

3.



1) T - ? T, T_1 - шев на -

2) T_1 - ? шев на -
 шев на 1-й и 2-й шата
 шев шата.

1) По 2-му з. Н. ютотона на Oz :
 $T - mg \sin \alpha = 0$ (тел. покоится)

для него:

$$\Delta m v^2 + \Delta m g h_1 =$$

для всей воды:

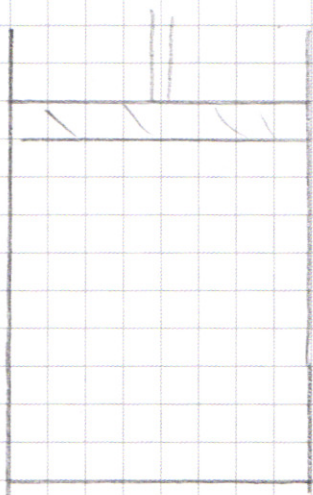
$$\frac{m_1 g h_1}{2} + \frac{m_2 g h_2}{2} + \frac{m v^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) g h}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$v^2 = g h - \frac{g(m_1 h_1 + m_2 h_2)}{m_1 + m_2} = g \left(\frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{g \left(h_1 + \frac{m_2}{m_1} h_2 \right)}{1 + \frac{m_2}{m_1}} \right) =$$

$$= 10^{-1} \left(10 - \frac{8 + \frac{3 \cdot 12}{2}}{1 + \frac{3}{2}} \right) = 0,04 \rightarrow v = 0,2 \frac{m}{c}$$

$$\frac{16 + 36}{5}$$

$$\frac{10^5}{200} = \frac{10^3}{2} = 500$$



цел. ~~10^4~~ - ~~10^4~~

кап. п

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па},$$

$$t = 95^\circ \text{C}$$

T = const - процесс

пер. состояния $\rightarrow$ вода.

$$1) \frac{P_H}{P_B} \rightarrow$$

$$2) \frac{V_H}{V_B} = ? \quad \rho = 1,7 \text{ (г/см}^3 \text{ - свинец)}$$

1) $P_H = P_{H.M.}$
по ур. тор. иф. газа:

$$PV = \frac{m_H}{\mu_H} RT \Rightarrow P = \frac{P_H}{\mu_H} RT \Rightarrow P_H = \frac{P_{H.M.}}{RT} \Rightarrow \frac{P_H}{P_B} = \frac{P_{H.M.}}{RT \cdot P_B}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④

$\alpha = 45^\circ$
маленько
верт.

1) $a = ?$
2) $v_{\max} = ?$ (теор-ма)
когда стан. увел. р-ли
 $W_{\text{тр}} = 0$ (и $r_{\text{тр}} = 0$) или $r_{\text{тр}} = 0$

$\tan \varphi = \frac{a}{g}$

$\frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{h_1 + h_2 + x}$

$\frac{8}{x} = \frac{12}{20+x} \Rightarrow 160 + 8x = 12x \Rightarrow x = \frac{160}{4} = 40 \text{ см}$

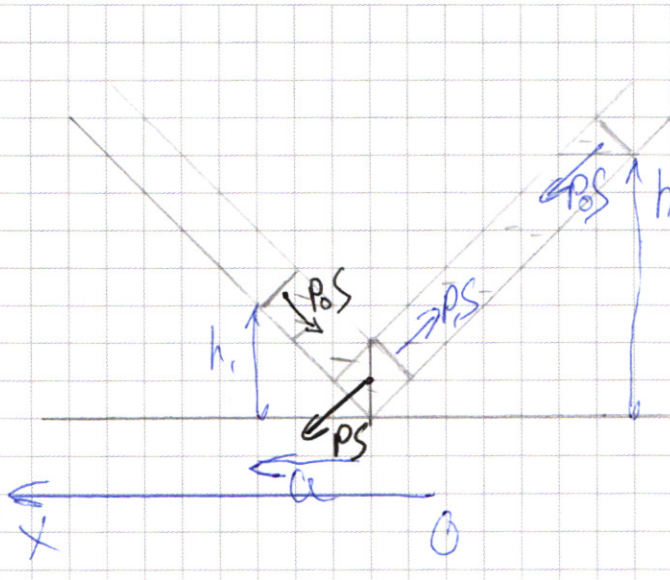
$\tan \varphi = \frac{h_1}{x} = \frac{8 \text{ см}}{40 \text{ см}} = \frac{1}{5} = 0,2 \Rightarrow \frac{a}{g} \Rightarrow a = 0,2g = 2 \frac{m}{s^2}$

$(P_2 - P_0)S_1 = \Delta m a$
 $(P - P_0)S_1 = h_1 \sqrt{2} S p a$
 $p g h_2 S = h_1 \sqrt{2} S p a \Rightarrow a = g \frac{h_2}{h_1 \sqrt{2}} = \frac{15}{\sqrt{2}} = 7,5$

2) По ЗСЭ все правильно.

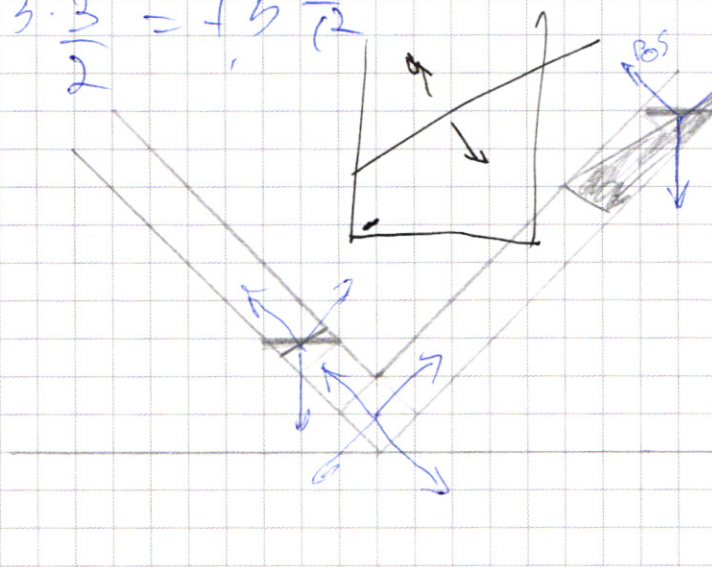
$\Delta m g h_2 = \Delta m g h + \Delta m \frac{v^2}{2}$ (теорема)
 $\frac{v^2}{2} = g(h_2 - h) = g \frac{h_2 - h_1}{2}$

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



$p = p_0 + \rho g h_2$
 на O_x
 $(p_1 - p_0) \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} h_1 \rho g a$
 $\frac{(p_1 - p_0) \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} h_1 \rho g a$
 $p_1 - p_0 = 2 h_1 \rho g a$
 $\rho g h_2 = 2 h_1 \rho g a$
 $a = \frac{g h_2}{g h_1} \cdot \frac{1}{2} =$

$$= \frac{5 \cdot 3}{2} = 7,5 \frac{\mu}{12}$$



$(p_0 - p_1) \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} h_2 \rho g a$
 $p_1 = p_0 + \rho g h_1$
 $\rho g h_1 \sqrt{2} = 2 h_2 \rho g a$
 $a = \frac{g h_1}{g h_2} \cdot \frac{1}{2} =$
 $7,5$

$$\frac{3 \cdot 12}{2} = 18$$

$$10 \left(\frac{8+18}{1 + \frac{3}{2}} - 10 \right)^2 = 10 \left(\frac{26}{\frac{5}{2}} - 10 \right)^2 = 10 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-2}}{5} =$$

$$= 0,4 \cdot 10^{-1} = 0,04$$

2) По 2-му з.н. на Ox :
 $2F_0 - F_{TP} = 0$ (учет проф.)
 $2F_0 = 6\mu mg \Rightarrow F_0 = 3\mu mg$ (для всех тел. - равен)

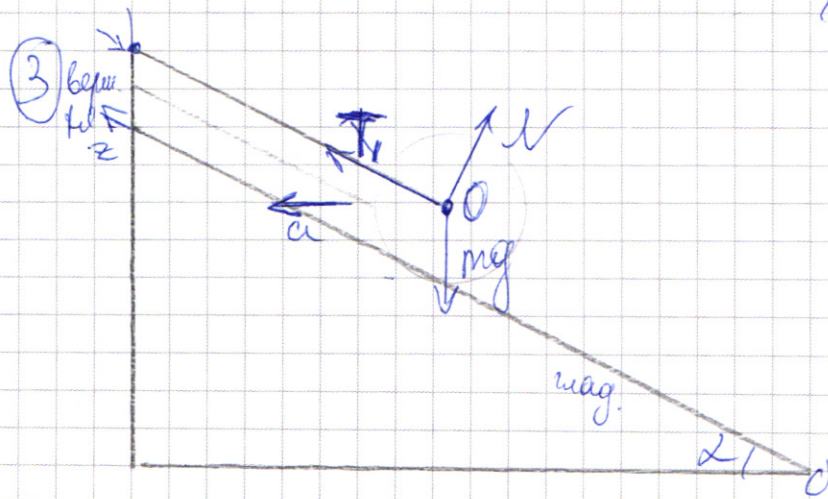
3) $F > F_0$; по 2-му з.н. на Ox :
 $2F - F_{TP} = 6\mu mg$

$$a = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

$$s = \frac{v^2 - 0}{2a} = \frac{v^2}{\frac{2F}{3m} - 2\mu g}$$

$$v = \sqrt{s \left(\frac{2F}{3m} - 2\mu g \right)}$$



вертикаль.
 шар m, R
 L - нить (пов.кл.)
 1) T - ? (по оси)
 2) T_1 - ? (вращ. ω),
 шар не отр. от кр.

1) По 2-му з.н. на Oz : $T - mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow T = mg \sin \alpha$

2) у шар O , т.к. вращается шар
 по T_1 в вращ. у. в. на Oz : (шар вращ. по ω ради $(R+L)$)
 $T_1 - mg \sin \alpha = m a \cos \alpha \Rightarrow T_1 = m(g \sin \alpha + \omega^2 \cos \alpha (R+L))$
 $a = \omega^2 (R+L) \cos \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① V_0
Т.к. все время
приводится

$V = 2,5 V_0$
 $V_0 = 8 \frac{м}{с}$
 $\alpha = 60^\circ$

1) $V_y = ?$
2) $T_{полет} = ?$
3) $L = ?$

$V_x = V_0 \cos \alpha = \frac{V_0}{2}$
 $V_y^2 + V_x^2 = V^2 \Rightarrow V_y = \sqrt{V^2 - V_x^2} = \sqrt{2,5^2 V_0^2 - \frac{V_0^2}{4}} = \sqrt{6} V_0 = 8\sqrt{6} \frac{м}{с} = 2,45 \cdot 8 = 19,6 \frac{м}{с}$

2) $V_y = V_{0y} + gT$
 $V_y = V_0 \sin \alpha + gT \Rightarrow T = \frac{V_y - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{19,6 - 8 \cdot 0,5}{10} = 1,3 \text{ с}$

3) $L = V_0 \cos \alpha T = 1,3 \cdot 4 = 5,2 \text{ м}$

②

1) $N = ?$
2) $F_0 = ?$ (вектор)
3) $F > F_0$ (условие)
 $v = ?$ (вектор)

1) $N = 6 mg$ (по II закону Н. на ось Oy)