

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

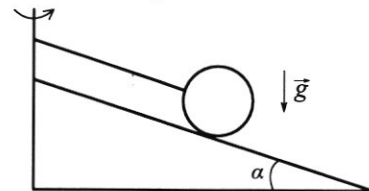
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

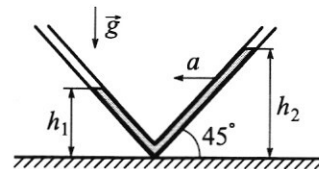
2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

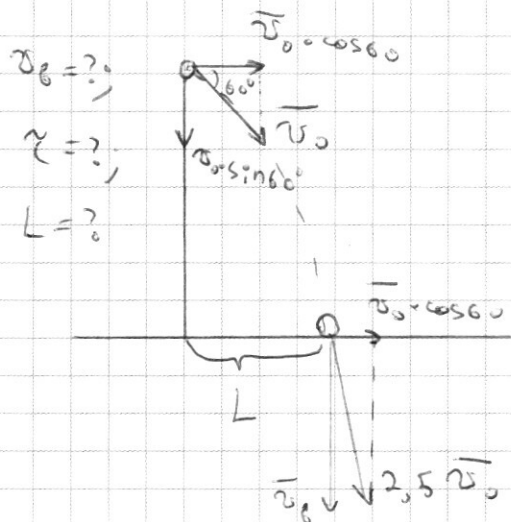
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

N1.



• Горизонтальная составляющая скорости шарика не меняется в процессе движения.

$$6,25 v_0^2 = v_v^2 + v_0^2 \cos^2 60 \rightarrow$$

Th. Теорема для падения

$$\rightarrow v_v^2 = 6,25 v_0^2 - 0,25 v_0^2 = 6 v_0^2 \Rightarrow$$

$$v_v = 2,4 v_0, \text{ где } v_v - \text{вертикальная компонента скорости при падении.} = 19,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

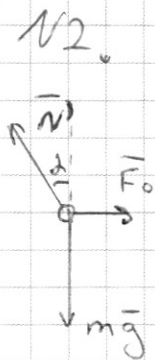
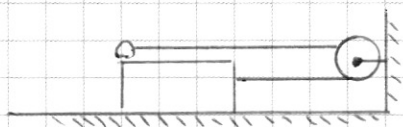
• По вертикали это равноускоренное движение $\Rightarrow$

$$v_0 \sin 60 + g \chi = v_v \Rightarrow \chi = \frac{2,4 v_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} v_0}{10} = 1,24 \text{ с.}$$

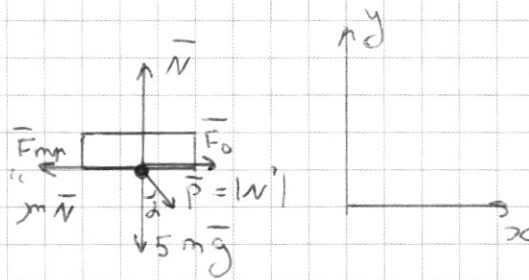
$$\bullet L = v_0 \cos 60 \cdot \chi = 4,96 \text{ м.}$$

• Ответ: $v_v = 19,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\chi = 1,24 \text{ с}$; $L = 4,96 \text{ м}$.

$$a = ?; F_0 = ?; v = ?$$



человек



пружок

• II 3-и Координата для человека:

$Oy: N' \cdot \cos \alpha = mg$, где N' - сила, с которой пружок действует на человека
 $Ox: F_0 = N' \cdot \sin \alpha$

• II 3-и Координата для пружки:

$Oy: N = 5mg + p \cdot \cos \alpha$, где N - ^{вертикальная} сила, действующая со стороны пола на пружок;
 $Ox: F_0 + p \cdot \sin \alpha = F_{тр}$

• Ищем:

$$\begin{cases} N' \cdot \cos \alpha = mg \\ N' \cdot \sin \alpha = F_0 \\ 5mg + N' \cdot \cos \alpha = N \\ F_0 + N' \cdot \sin \alpha = \mu N \end{cases}$$

$\alpha = \sqrt{N^2 + \mu^2 N^2}$,
 где α - сила, с которой человек и пружок давят на пол.

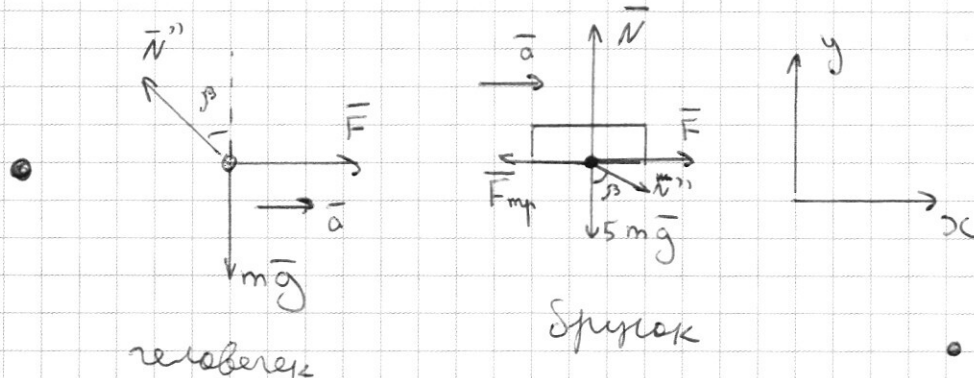
p - сила, с которой человек действует на пружок (по модулю равна N');
 $F_{тр}$ - сила трения ($F_{тр} = \mu N$).

$$N = 6mg \Rightarrow \alpha = \sqrt{36m^2g^2 + \mu^2 \cdot 36N^2g^2} = 6mg\sqrt{1 + \mu^2}$$

$$2F_0 = 6\mu mg \Rightarrow F_0 = 3\mu mg$$

~~• $F_{тр} = \mu N = \mu \cdot 6mg = 6\mu mg$~~
 ~~$F_{тр} =$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- П.р. α не меняется
 $\Rightarrow N$ не меняется.

- II закон для человека:

$$Ox: m \cdot a = F - N'' \cdot \sin \beta$$

$$Oy: N'' \cdot \cos \beta = mg$$

- II закон для пружины:

$$Ox: 5m \cdot a = F + N'' \cdot \sin \beta - \mu N \Rightarrow N'' \cdot \sin \beta = 5ma + \mu N$$

$$Oy: N = 5mg + N'' \cdot \cos \beta \Rightarrow N = 6mg$$

$$ma = 2F - 5ma - \mu N \Rightarrow 6ma = 2F - \mu N \Rightarrow a = \frac{2F - 6\mu mg}{6m}$$

$$= \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

$$\bullet S = \frac{v^2 - 0}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \left(\frac{F - 3\mu mg}{3m} \right)}, \text{ где } v - \text{ скорость пружины у стены.}$$

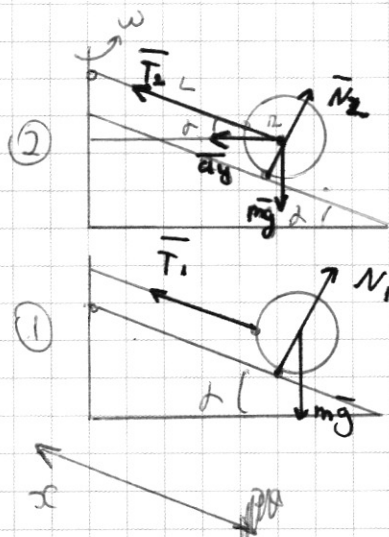
$$\bullet \text{ Ответ: } a = 6mg \sqrt{1 + \mu^2};$$

$$F_0 = 3\mu mg;$$

$$v = \sqrt{2S \left(\frac{F - 3\mu mg}{3m} \right)}.$$

$$T_1 = ?; T_2 = ?$$

N3.



① • II закон Ньютона для шарика:

$$Ox: +T_1 - mg \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$T_1 = mg \cdot \sin \alpha.$$

② • II закон Ньютона для шарика:

$$Ox: m \cdot a_y \cdot \cos \alpha = T_2 - mg \cdot \sin \alpha,$$

где a_y — центростремительное ускорение шарика.

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

$$m \cdot \omega^2 (R + L) \cdot \cos^2 \alpha = T_2 - mg \cdot \sin \alpha \Rightarrow T_2 = m (\omega^2 (R + L) \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot \sin \alpha)$$

$$\bullet \text{ Ответ: } T_1 = mg \cdot \sin \alpha;$$

$$T_2 = m (\omega^2 (R + L) \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot \sin \alpha).$$

N5.

$$k = \frac{p_n}{p_0} = ?; \ell = \frac{V_n}{V_0} = ?$$

• П.к. процесс изотермический $\Rightarrow$ на все время опыта остается постоянной.

• К-м для пара:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad | : V \Rightarrow p = \frac{p_n RT}{\mu} \Rightarrow p_n = \frac{p \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368}$$

$$= 4,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow k = \frac{4,5}{1000} = 4,5 \cdot 10^{-3}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- К-м для пара:

$$pV_0 = \nu_1 RT \rightarrow \text{в начале}$$

, ν - кол-во вещества пара.

$$\frac{pV_0}{\gamma} = \nu_2 RT \rightarrow \text{в конце}$$

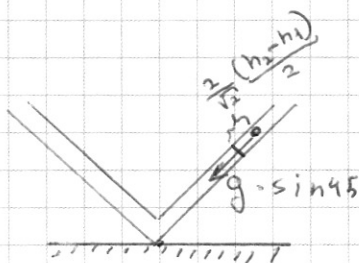
$$\Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \gamma \Rightarrow \nu_1 = \nu_2 \gamma$$

- $V_n = \frac{\nu_2}{m \cdot g_n}$

$$\Rightarrow l = \frac{m \cdot g_b}{g_n (\gamma - 1)} =$$

$$V_b = \frac{\nu_1 - \nu_2}{m \cdot g_b} = \frac{\nu_2 (\gamma - 1)}{m \cdot g_b} = \frac{1000}{4,5 \cdot 3,7} = 60,6$$

- Ответ: $k = 4,5 \cdot 10^3$; $l = 60,6$.



- Перейдем в неинерциальную ($\mathcal{O}$), связанную с пружиной.
- Тогда на ~~массу~~ массу в левом колене действует добавочная сила, равная произведению её массы на ускорение; аналогично для масса в правом колене.

[illegible]

- Поскольку малый кусок жидкости поперек
в равновесии, то горизонтальные силы, дей-
ствующие на него скомпенсированы:

$$\sin 45(m_1 g \cdot \sin 45 + m_1 a \cdot \sin 45) = \sin 45(m_2 g \cdot \sin 45 - m_2 a \cdot \sin 45)$$

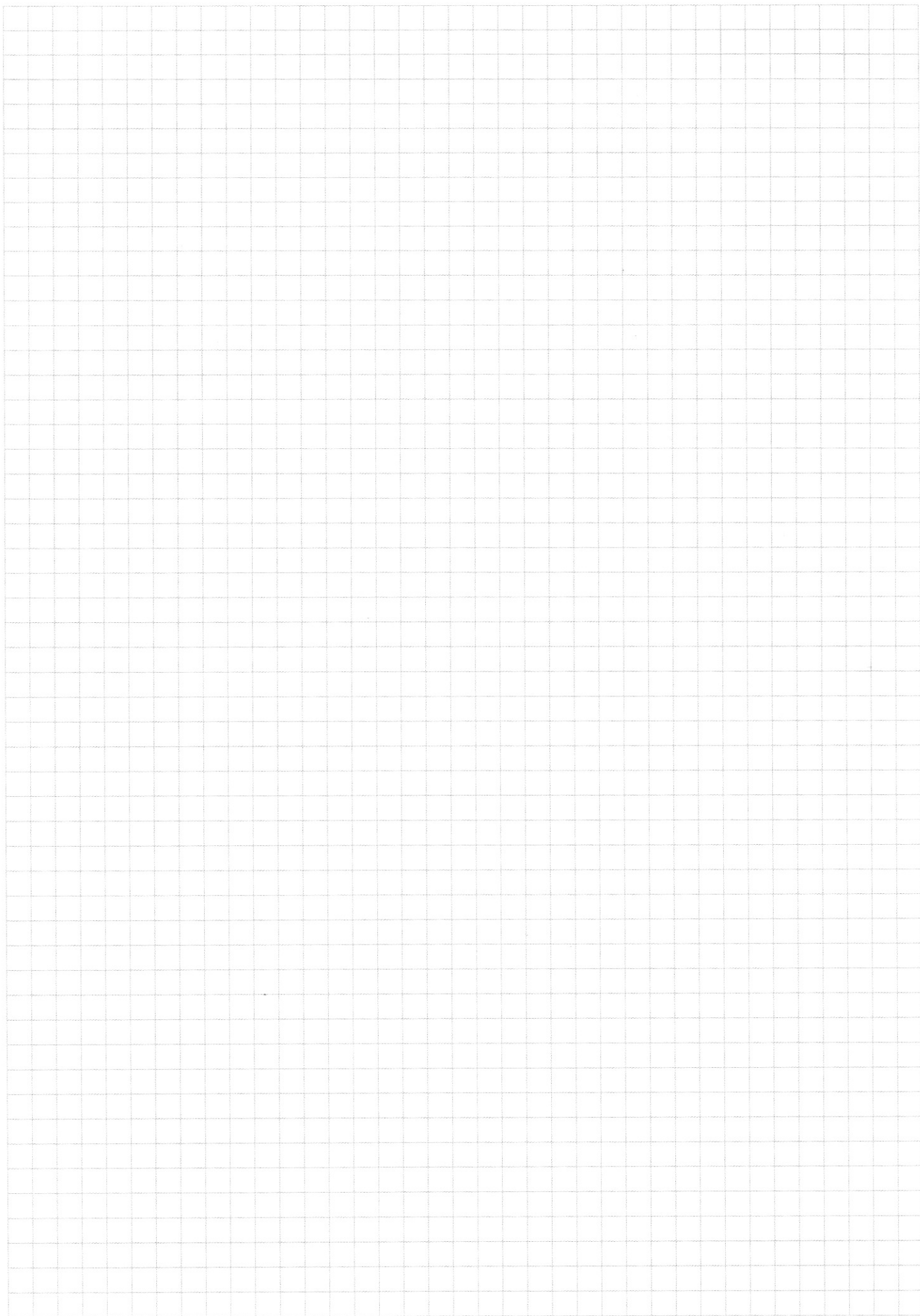
↓
левое колено

↓
правое колено

$$m_1(g+a) = m_2(g-a) \Rightarrow \frac{g+a}{g-a} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow$$

$$2g + 2a = 3g - 3a \Rightarrow a = \frac{g}{5} = 2 \frac{\mu}{\text{cm}^2}$$

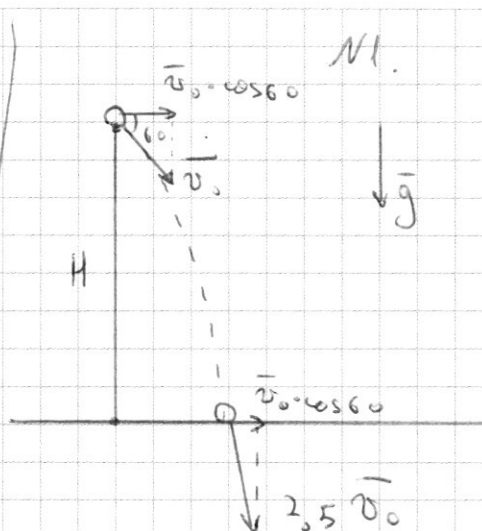
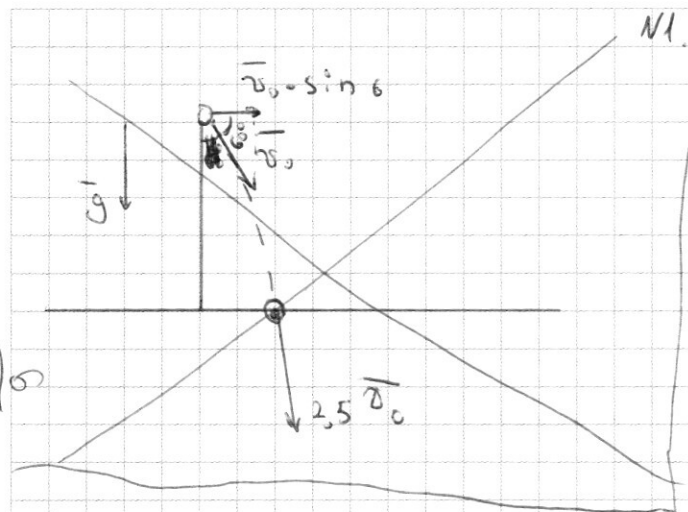
- Когда ускорение ~~исчезнет~~ ^{наша}, можно рассматривать движение куска ~~наша~~ в правой колоне высотой (по



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 3 \\ 24 \\ 4 \overline{) 8} \\ 19, 1 \\ 0, 8 \\ \hline 1, 2, 4 \\ 2, 4 \end{array}$$

$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \right)$

$$\frac{r_u}{r_w} = 1$$

$$V = (a)$$

6-9-

$$= m_2$$

P_0

$n_1(a)$

2

1, 1

11

187

— r_2

15 = 15

54

$m_2 a$

15-1

miss.

675

112

- Горизонтальная составляющая скорости шарика не меняется в течение всего полета.
- ЗСЗ:

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m \cdot 6,25 v_0^2}{2}$$

$$H = \frac{m v_0^2}{g} \left(\frac{1}{2} + \frac{6,25}{2} \right)$$

т - масса шарика.

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

$$\begin{array}{r} 0,85 \\ \times 8 \\ \hline 6,80 \end{array}$$

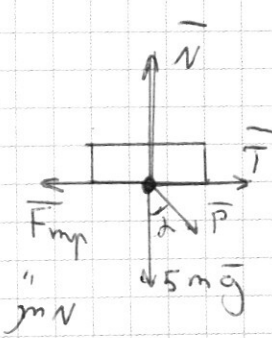
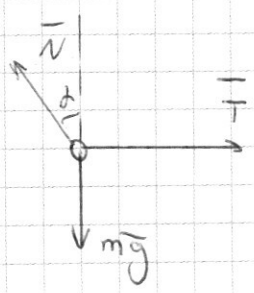
$$\begin{array}{r} 1,24 \\ 4 \overline{) 4,96} \\ \underline{4,96} \\ 0 \end{array}$$

~~$6m \cdot F_R$~~

$$F_p = m \cdot \underline{a}$$

$$m_1 \sin \alpha + m_2 \sin \alpha = m_1 \sin \alpha + m_2 \sin \alpha = 54.15 \cdot 0.7071 - 54.15 \cdot 0.7071 = 0$$

$$F_g = m_2 \cdot h_2 \cdot \sqrt{200,04 \cdot 10} = \sqrt{200,04 \cdot 10} \cdot \sqrt{200,04 \cdot 10} = 200,04 \cdot 10$$



S. a.

$$S = \frac{a^2 x^2}{2}$$

$$v = ar$$

$$\begin{array}{r} 100000 \overline{) 1665} \\ 9990 \quad 665 \end{array}$$

$$\begin{cases} mg = N' \cos \alpha \\ F_0 = N' \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5mg + N' \cos \alpha = N \\ F_0 + N' \sin \alpha = \mu N \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = N' \cos \alpha \\ F_0 = N' \sin \alpha \\ 5mg + mg = N \\ 2F_0 = \mu N \end{cases}$$

$$2F_0 = \mu \cdot 6mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

$$F_p = F - F_0 = F - 3\mu mg = 6ma \rightarrow a = \frac{F - 3\mu mg}{6m} \Rightarrow$$

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

kg - embem.

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

$$a = \frac{F - N'' \sin \beta}{m} = \frac{2F - 5ma - \mu N}{m}$$

$$N'' \sin \beta = 5ma + \mu N - F$$

$$6ma = 2F - \mu N$$

$$\frac{J_2}{m \cdot g_n} \cdot \frac{m \cdot g_0}{2(1-\mu)}$$

$$PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{g RT}{M} \Rightarrow g = \frac{p M}{RT} = \frac{2.5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 368} = \frac{1.010}{2.2} =$$

$4.5 \cdot 10^{-3} \rightarrow$ отклонение

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{PV}{g} = \nu RT$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = g; \quad v_n = \frac{J_2}{m \cdot g_n}$$

$$V_6 = \frac{J_4 - J_2}{m \cdot g_6}$$

$$= 4.5 \frac{KJ}{m^3}$$