

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

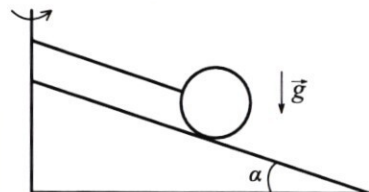
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

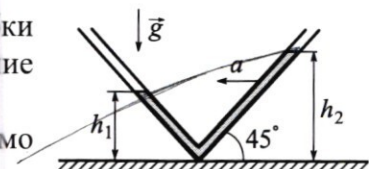


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

$$\begin{array}{r} 116 \\ 116 \\ \hline 232 \\ 116 \\ \hline 348 \\ 116 \\ \hline 464 \\ 116 \\ \hline 580 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17689 \overline{) 333} \\ 1665 \\ \hline 1039 \\ 999 \\ \hline 400 \\ 333 \\ \hline 670 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,60 \\ 1,75 \\ \hline 5,35 \end{array}$$

$$P \cdot \mu = gRT$$

$$(1,7)^2 =$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 3,5 \\ 3,5 \\ \hline 17,5 \\ 10,5 \\ \hline 12,25 \\ 13,6 \\ 3,6 \\ \hline 21,6 \\ 10,8 \\ \hline 12,96 \end{array}$$

$$3,55 \cdot 1,8$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 1,8 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{3,5}{3} = \frac{0,5 \cdot 7}{0,5 \cdot 6} \quad \frac{7}{6}$$

$$3,55 \cdot 1,8$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 4 \\ 3,55 \\ \times 1,8 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3 \\ \hline 12,13 \end{array}$$

$$\frac{2,13}{8,31} \approx 0,25 \quad \frac{2,5}{4,6} = \frac{25}{46}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 250 \overline{) 46} \\ 230 \\ \hline 200 \\ 184 \\ \hline 160 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.

Решение:

H - высота волны

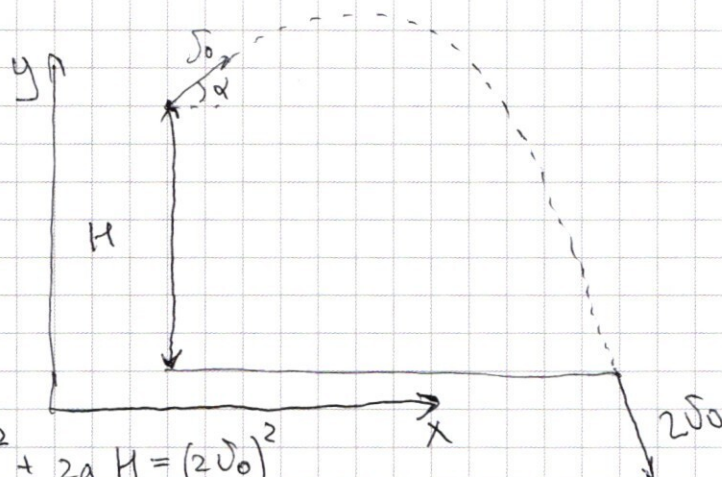
Дано:

$$v_1 = v_0, \alpha$$

$$v_k = 2v_0$$

$$v_y = ? \quad t = ?$$

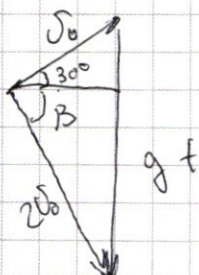
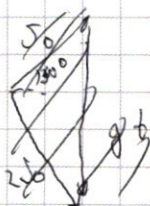
$$H = ?$$



$$3) \text{ЗСЭ: } v_0^2 + 2gH = (2v_0)^2$$

$$2gH = 3v_0^2$$

$$H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м}/\text{с}^2} = \frac{3}{2} \cdot 10 \text{ м} = 15 \text{ м}.$$



$$g \cdot t = v_0 \cdot \sin 30^\circ + 2v_0 \cdot \sin \beta$$

$$\cos \beta \cdot 2v_0 = \cos 30^\circ \cdot v_0$$

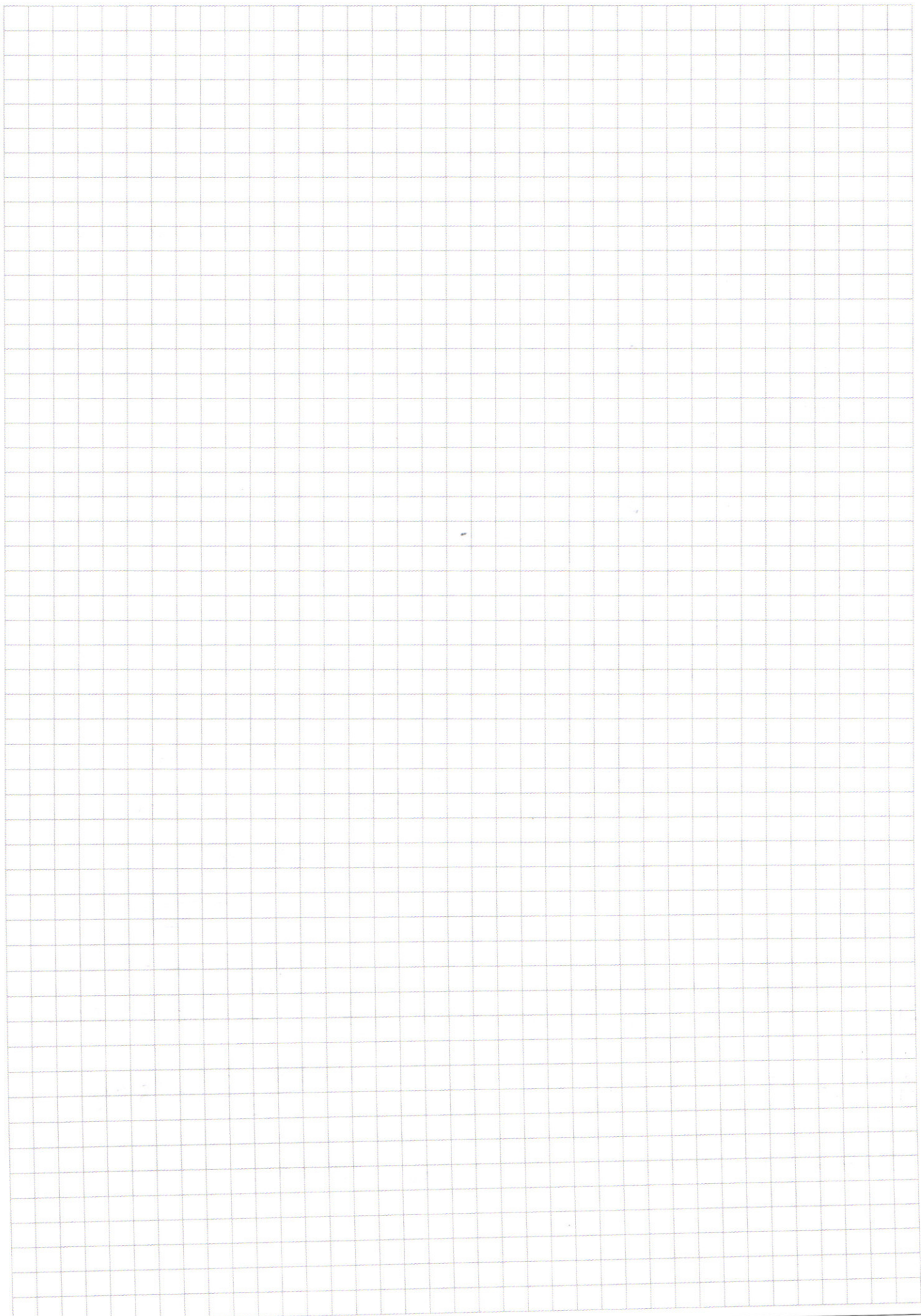
$$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right)^2} = \sqrt{\frac{16-3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$2) \quad t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{13}}{2} \right) = \frac{v_0}{2g} (\sqrt{3} + \sqrt{13}) = \frac{10 \text{ м}/\text{с}}{20 \text{ м}/\text{с}^2} (1,75 + 3,6) \approx 2,675 \text{ с}$$

$$1) \quad v_y = 2v_0 \cdot \sin \beta = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{v_0 \sqrt{13}}{2} = \frac{10 \text{ м}/\text{с} \cdot 3,6}{2} \approx 18 \text{ м}/\text{с}$$

$$\text{Ответ: } v_y \approx 18 \text{ м}/\text{с}, \quad t \approx 2,675 \text{ с}, \quad H = 15 \text{ м}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2
Дано:

$S, m, M = 2m$

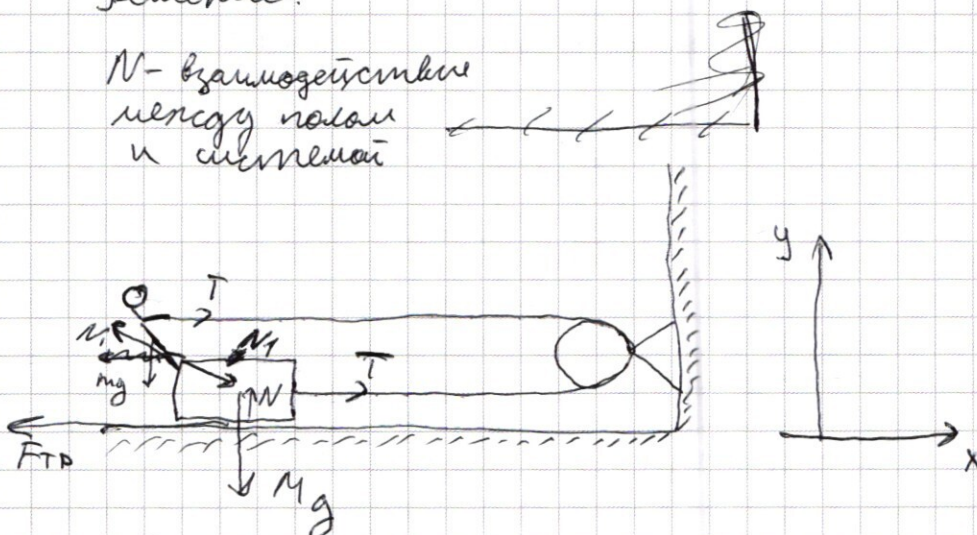
μ .

$N = ?$ $F_0 = ?$

$t = ?$

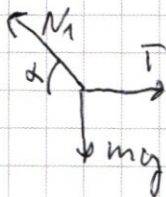
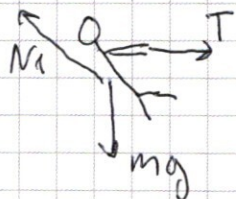
Решение:

N - взаимодействие
между человеком
и системой

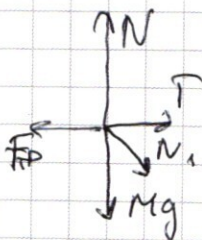
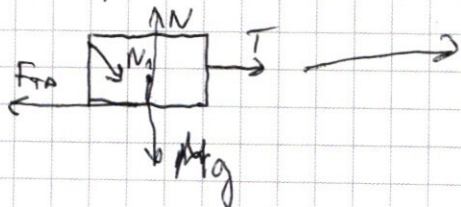


N_1 - сила взаимодействия между человеком
и блоком, T - натяжение веревки, $F_{тр}$ - сила трения

Рассмотрим человека отдельно и действующие на
него силы.



теперь блок.



Т.к. вдоль
оси y нет ускорения
и нить горизонтальна
сумма сил = 0

$$1) N = Mg + N_{1x} \quad N_{1x} = mg \Rightarrow \boxed{N = 3mg}$$

2) Запишем 2 закона Ньютона для двух тел.

$$Ox: N_1 \cos \alpha = F_0 \quad F_0 + N_1 \cos \alpha = F_{тр} = \mu N \quad (\text{постоянная скорость})$$

$$\Rightarrow 2F_0 = \mu N = \mu \cdot 3mg \Rightarrow \boxed{F_0 = \frac{3}{2} \mu mg}$$

$$3) \frac{at^2}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

2 закон Ньютона. Ох: $F - N_1 \cos \alpha = m \cdot a$

$$F + N_1 \cos \alpha - \mu \cdot 3mg = 2ma$$

т.к. нить горизонтальна $N \sin \alpha = mg \Rightarrow N = 3mg \Rightarrow \mu N = F_{тр}$

$$F + F - ma - \mu 3mg = 2ma$$

$$2F - 3\mu mg = 3ma$$

$$a = \frac{2F}{3m} - \mu g \quad a > 0 \text{ т.к. } F > F_0$$

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

Ответ: $N = 3mg$ $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$ $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

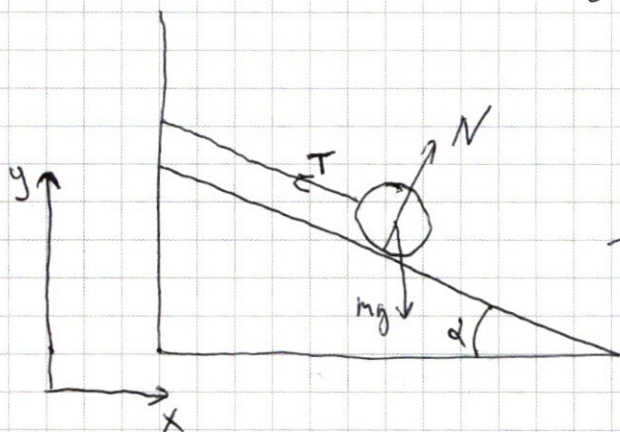
Решение:

Дано:

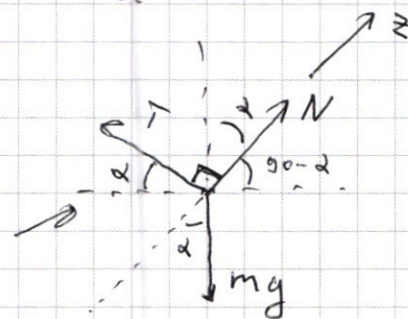
m, R, d, L

$N = ?$

$N_{\text{ис}} = ?$



Система покоится



по оси $\approx 23H$: $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

система вращается. Перейдем в С.О

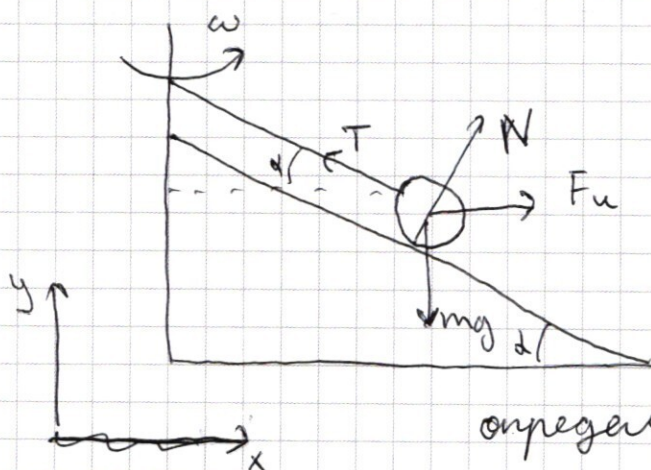
вращающуюся ω

учтем во $23H$

центрипетальную силу $F_u =$

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

$$R \cos \alpha$$



определим радиус равно r .



тк $F_u \sim X$ от ~~центра~~ оси вращения

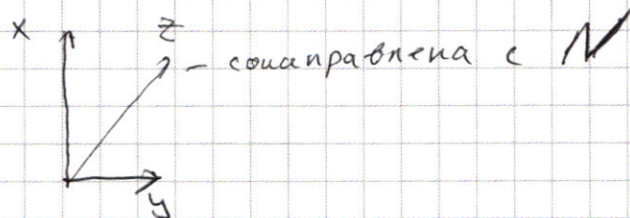
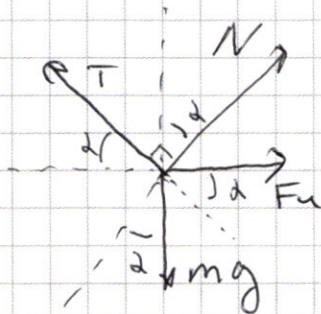
то если взять 2 диаметрально

противоположных кусочки Δm то можно сказать, что

на них в центре шара действует $F_u = \omega^2 \cdot (R+L) 2\Delta m$

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

Задание 2 ЗН.



$$\sum F_z = N + \omega^2(R+L)\cos\alpha \cdot m \cdot \sin\alpha - mg \cos\alpha = 0$$

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

$$N \text{ no ymovuro } > 0 \Rightarrow mg \cos\alpha > \omega^2(L+R)m \sin\alpha \cos\alpha$$
~~$$\omega < \sqrt{\frac{2g \cos\alpha}{\sin 2\alpha (L+R)}}$$~~

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

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

Ответ: $N_1 = mg \cos\alpha$, $N = m \cos\alpha (g - \omega^2(L+R)\sin\alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

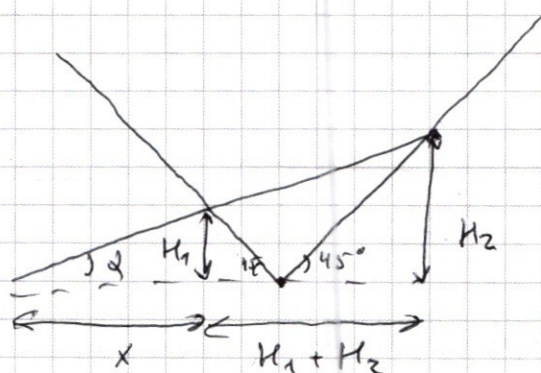
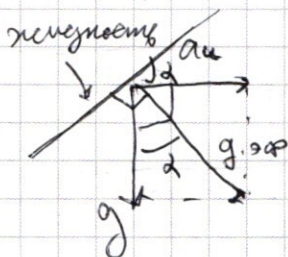
$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$h_2 = ?$$

$$v = ?$$

Решение:

Макс. крив. поверхность масла будет
выгда $\perp g_{\text{эфф}} = \sqrt{g^2 + a^2}$



$$1) \quad \tan \alpha = \frac{a}{g}$$

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

$$\frac{h_1}{x} = \tan \alpha \Rightarrow x = \frac{h_1}{\tan \alpha}$$

$$\tan \alpha \left(h_1 + h_2 + \frac{h_1}{\tan \alpha} \right) = h_2$$

$$\tan \alpha h_1 + \tan \alpha h_2 + h_1 = h_2$$

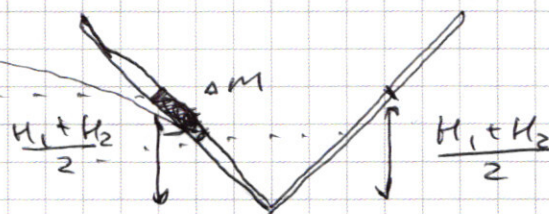
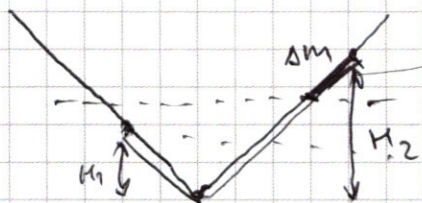
$$(\tan \alpha + 1) h_1 = h_2 (1 - \tan \alpha)$$

$$h_2 = h_1 \frac{\tan \alpha + 1}{1 - \tan \alpha} = h_1 \frac{\frac{a}{g} + 1}{1 - \frac{a}{g}} = h_1 \frac{a + g}{g - a} = 10 \text{ см} \cdot \frac{14}{6} = 10 \cdot \frac{7}{3} = 23,3 \text{ см}$$

2) Вотн-? Перейдем в инерциальную с.о.
трубки и запишем ЗСЭ

Бино.

Стало



$$\Delta m = m \cdot \frac{H_2 - H_1}{H_2 + H_1}$$

$$\Delta H = \frac{H_2 - H_1}{2}$$

↓

изменение $\Delta E_n = \Delta m \cdot \Delta H \cdot g = \frac{m \cdot \Delta H^2}{2} = \Delta E_k$

$$v_{\text{отн}}^2 = \frac{2 \Delta m \Delta H g}{m} \Rightarrow v_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{2 \Delta m \Delta H g}{m}} =$$

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

$$= \sqrt{\frac{(13,3 - 10)^2}{(13,3 + 10) 2} \cdot 10} = \sqrt{5,312 \cdot 5}$$

$$= \sqrt{5 \cdot 10^2 \cdot \frac{(0,133)^2}{0,333}}$$

$$= \sqrt{0,5312 \cdot 5 \text{ м/с}} \approx \sqrt{2,55} \approx 1,6 \text{ м/с}$$

Ответ: $H_2 = 23,3 \text{ см}$ $v_{\text{отн}} = 1,6 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K} \quad \delta = 5,6$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho_B = 1^2/\text{км}^3 \quad \mu = 182/\text{моль}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = ?$$

Решение:



Уд-е составили

$$P_{\text{нп}} = P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$P \cdot \mu_n = \rho_n R T$$

$$\rho_n = \frac{P \cdot \mu_n}{R T}$$

$$1) \frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{P \cdot \mu_n}{\rho_B R T} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ К}} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 1,8 \cdot 10}{3 \cdot 8,31 \cdot 10^2 \cdot 10^3} \approx 0,25 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

2) ρ_n в процессе сжатия = const

$P = \text{const}$
т.к. $P = P_{\text{нп}}$



V_0, P



$\frac{V_0}{\delta}, P$

V_1

$$P \cdot V_0 = \frac{m_{n1}}{\mu_n} R T$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{m_{n1}}{m_{n2}}$$

$$P \cdot \frac{V_0}{\delta} = \frac{m_{n2}}{\mu_n} R T \Rightarrow$$

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

$$m_B = \delta m_{n2} - m_{n2}$$

$$m_B = (\delta - 1) m_{n2}$$

→ масса
водор.

$$V_1 = m_B \cdot \rho_B$$

↑
объем
водор.

$$\frac{V_0}{\delta} = m_{n2} \cdot \rho_n$$

↑
объем
пара

$$\Rightarrow \frac{V_0}{\delta V_1} = \frac{m_{n2}}{m_B} \frac{\rho_n}{\rho_B} =$$

↑
отношение.

$$= \frac{1}{\delta - 1} \frac{\rho_n}{\rho_B} =$$

$$= 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{4,6} =$$

$$\approx 0,54 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: $\frac{p_n}{p_B} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}$ $\frac{V_n}{V_B} \approx 5,4 \cdot 10^{-6}$