

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-02

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

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?

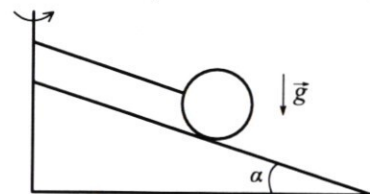
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

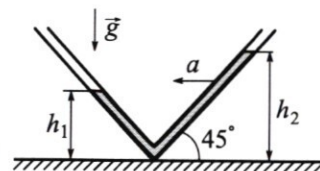


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

№1

Дано:

$$\sigma_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sigma = 2\sigma_0$$

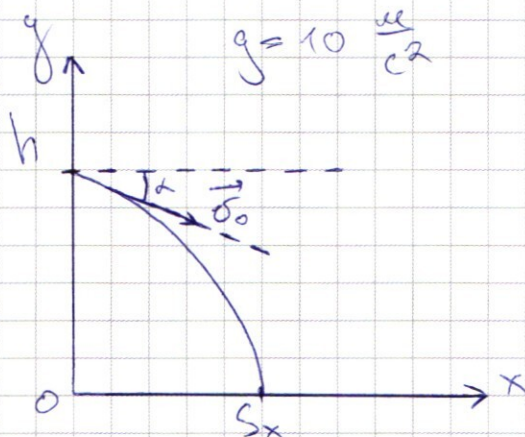
σ — скорость
пути

Найти:

1) v_y

2) τ

3) h



Решение:

$$S = S_0 + \sigma \tau + \frac{a \tau^2}{2}$$

$$\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

$$\sigma = \sigma_0 + a \tau$$

$$S_x = 0 + \sigma_0 \tau \cos \alpha$$

$$S_y = h - \sigma_0 \tau \sin \alpha - \frac{g \tau^2}{2} = 0$$

$$\sigma^2 = 4\sigma_0^2 = \sigma_0^2 \cos^2 \alpha + \sigma_0^2 \sin^2 \alpha + 2\sigma_0 \sin \alpha g \tau + g^2 \tau^2$$

$$S_y = h - 10 \cdot \tau \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \tau^2}{2} = h - 5\tau - 5\tau^2 = 0$$

$$\sigma^2 = 4 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \cdot 10 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \tau + 100 \cdot \tau^2 = 75 + 25 + 100\tau + 100\tau^2 = 400$$

$$\begin{cases} h - 5\tau - 5\tau^2 = 0 \\ \tau^2 + \tau - 3 = 0 \end{cases}$$

$$\tau^2 + \tau - 3 = 0$$

$$\Delta = 13$$

$$\tau = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \quad (с)$$

$$h = 5\tau + 5\tau^2 = 5 \cdot \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2}\right) + 5 \cdot \left(\frac{13 - 2\sqrt{13} + 1}{4}\right) = \frac{5\sqrt{13} - 5}{2} + \frac{65}{4} - \frac{5\sqrt{13}}{2} + \frac{5}{4} = 15 \text{ (м)}$$

$$-\sigma_y = \sigma_0 \sin \alpha + g \tau = 10 \cdot \frac{1}{2} + 10 \cdot \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2}\right) = 5 + 5\sqrt{13} - 5 = 5\sqrt{13}$$

$$\sigma_y = -5\sqrt{13} \quad \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Ответ: $\sigma_y = -5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\tau = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$; $h = 15 \text{ м}$.

3

Дано:

$m, L,$

$R, L,$

ω

Найти:

1) P , если $\alpha = 0$;

2) P , если $\alpha \neq 0$

P — сила давления шара на клин

α — центростремительное ускорение шарика

$$\frac{N}{\cos \alpha} = mg$$

$$N = P = mg \cos \alpha$$

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

y : $T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

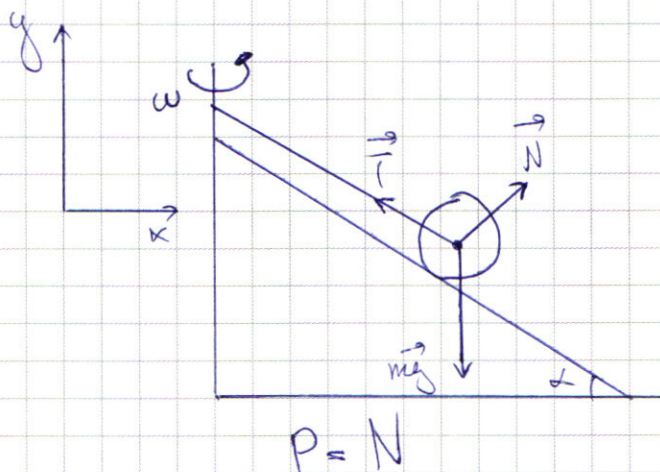
$$\frac{N \cos^2 \alpha - mg \cos \alpha}{\sin \alpha} + N \sin \alpha = -m \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

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

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

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha$;

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



Решение

Шар однородный $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ все силы можно считать приложенными к

центру тяжести

и к 1-ой точке

(центру шара)

1) x : $-T \cos \alpha + N \sin \alpha = 0$

y : $T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$

$$T = \frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{N \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} + N \cos \alpha - mg = 0$$

$$= \frac{N (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{\cos \alpha} - mg = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\mu = 5,6 = \frac{V}{V_0}$$

V - начальное
объем пара

V_0 - в ситуации 2)

m - начальная
масса пара

m_0 - в ситуации 2)

Найти:

1) $\frac{\rho_{\text{п.}}}{\rho}$

$\rho_{\text{п.}}$ - плотность пара
 ρ - воды

2) $\frac{V_{\text{п.}}}{V_0}$

$V_{\text{п.}}$ - объем пара

V_0 - воды

Решение:

Пар всегда насыщенным $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \rho = \text{const}$, для него справедливы
урав-е Клапейрона-Менделеева

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad | : m$$

$$\frac{p}{\rho_{\text{п.}}} = \frac{RT}{M}$$

$$\rho_{\text{п.}} = \frac{p \cdot M}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300}$$

$$3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018 = \frac{355 \cdot 1000 \cdot 18}{100 \cdot 1000} =$$

$$= \frac{355 \cdot 18}{100} = \frac{71 \cdot 3}{10} = 63,9$$

$$8,31 \cdot 300 = \frac{831 \cdot 300}{100} = 831 \cdot 3 = 2493$$

$$\rho_{\text{п.}} = \frac{63,9}{2493} = 0,026 \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$$

$$\frac{\rho_{\text{п.}}}{\rho} = \frac{0,026}{1000} = 0,000026$$

$$pV_0 = \frac{m_0}{M} RT \quad \frac{V}{V_0} = \frac{m}{m_0} \Rightarrow m_0 = \frac{m}{5,6}$$

$$V_{\text{п.}} = \frac{m_0}{\rho_{\text{п.}}} = \frac{m_0}{0,026}$$

$$V_0 = \frac{m - m_0}{\rho} = \frac{4,6 m_0}{1000}$$

$$\frac{V_{\text{п.}}}{V_0} = \frac{1000}{0,026 \cdot 4,6} =$$

$$= 9361,1$$

Ответ: $\frac{\rho_{\text{п.}}}{\rho} = 0,000026$; $\frac{V_{\text{п.}}}{V_0} = 9361,1$.

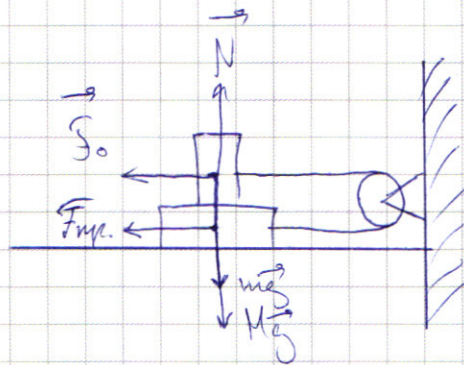
№2

Дано:

$$M, M = 2m$$

$$S, \mu$$

Найти:



ось X
направлена
вправо

- 1) Р- сила
давления шара
с ящиком на пол
при движении

- 2) F_0 - минимальная
сила для приведения
шара в движение

- 3) τ , при F

Решение

$$P = N$$

$$1) y: -mg - Mg + N = 0$$

$$P = N = 3mg$$

$$2) x: -\mu N + F_0 = 0$$

$$F_0 = \mu N = 3\mu mg$$

$$3) x: -\mu N + F_0 = (m + M)a$$

$$a = \frac{F_0 - 3\mu mg}{3m}$$

$$S = S_0 + v_0 \tau + \frac{a\tau^2}{2}$$

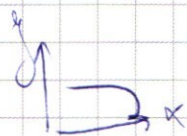
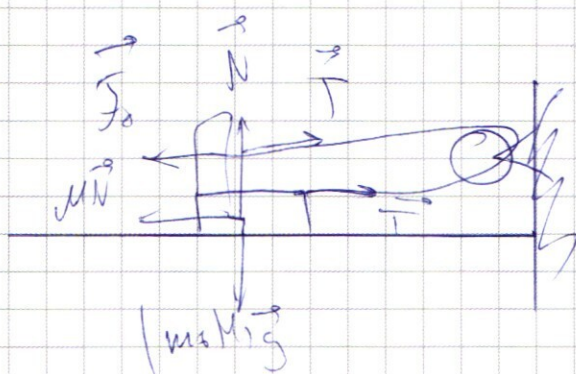
$$S = \left(\frac{F_0 - 3\mu mg}{3m} \right) \frac{\tau^2}{2}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{F_0 - 3\mu mg}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6mS}{F_0 - 3\mu mg}}$$

Ответ: $\tau = \sqrt{\frac{6mS}{F_0 - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$S = S_0 + v_0 \tau + \frac{a \tau^2}{2}$$

$$S = S_0 + v_0 \tau + \frac{a \tau^2}{2}$$

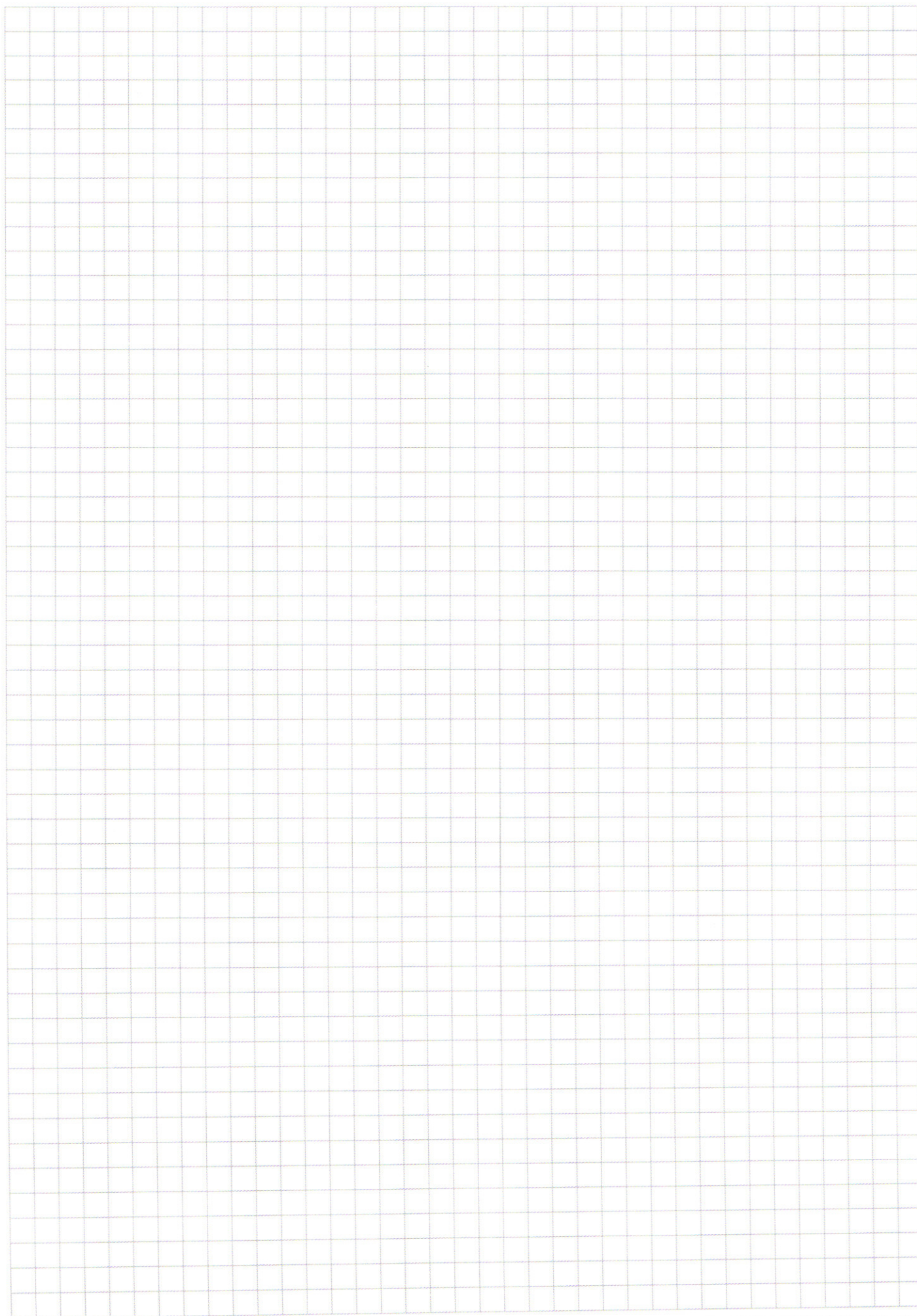
$$v_0 =$$

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

$$\tau = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$y: -Mg - mg + N = 0$$

$$x: -\mu N + F = (m+M)a$$

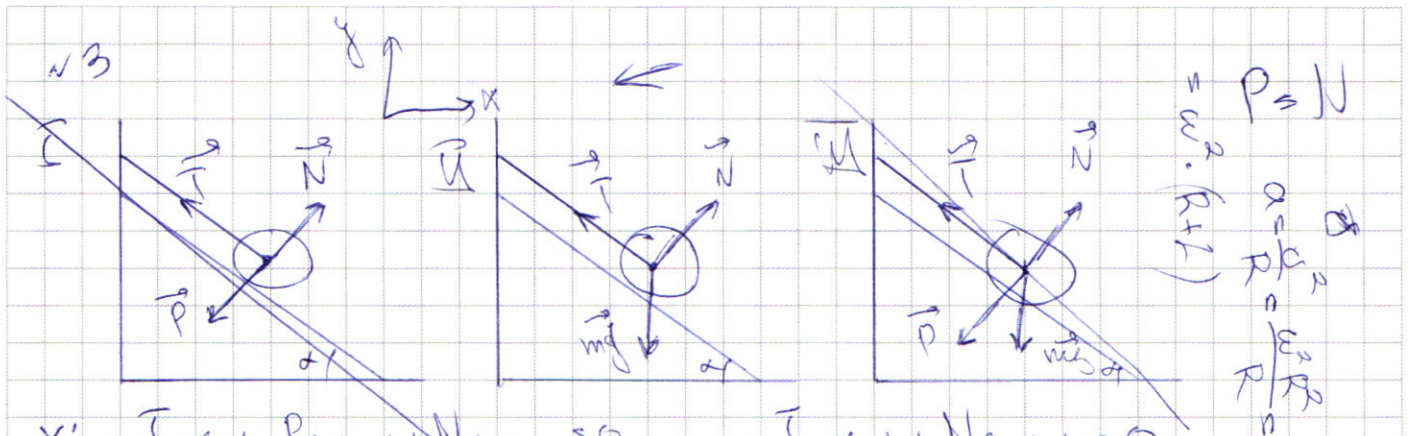


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



$$x': -T \cos \alpha - P \sin \alpha + N \sin \alpha = 0$$

$$y: -P \cos \alpha + T \sin \alpha + N \cos \alpha = 0$$

$$T = \frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$-T \cos \alpha + N \sin \alpha = 0$$

$$T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$$

$$\frac{N}{\cos \alpha} = mg \quad N = P = mg \cos \alpha$$

$$\frac{N \sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow \frac{N \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + N \cos \alpha = mg$$

a)

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

$$y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0 \quad N - mg \cos \alpha = m \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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

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

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

5

a =

a

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

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

$$y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$$

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

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

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\lambda 1$
 $\sigma_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\angle = 30^\circ$
 $\sigma = 2\sigma_0$

$\sigma = \sigma_0 + at$
 $\sigma_x = \sigma_0 \cos \alpha$
 $\sigma_y = \sigma_0 \sin \alpha + gt$
 $\sigma_x^2 + \sigma_y^2 = \sigma^2$

$S = \sigma_0 t + \frac{at^2}{2} + S_0$
 $S_x = \sigma_0 \cos \alpha \cdot t$
 $S_y = -\sigma_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = h - 10 \cdot \frac{t}{2} - \frac{10 \cdot t^2}{2}$

$h = \frac{5\sqrt{13}-5}{2} - 5 \cdot \frac{(13-2\sqrt{13}+1)}{4} = \frac{13-1}{4} = 3$
 $h = \frac{5\sqrt{13}}{2} + \frac{5}{2} - \frac{65}{4} + \frac{5\sqrt{13}}{2} - \frac{5}{4} = 13 - 15 = -2$

$S_x = \sigma_0 \cos \alpha \cdot t = 5\sqrt{3} \cdot t$
 $S_y = h - \sigma_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = h - 5t - 5t^2 = 0$
 $\sigma_x = \sigma_0 \cos \alpha = 5\sqrt{3}$
 $\sigma_y = \sigma_0 \sin \alpha + gt = 5 + 10t = 5 + 5\sqrt{13} - 5 = 5\sqrt{13} = 0$

$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 = 75 + 25 + 100t + 100t^2 = 100t^2 + 100t + 100 = (2\sigma_0)^2 = 4\sigma_0^2$
 $100t^2 + 100t + 100 = 400$
 $t^2 + t - 3 = 0$
 $D = 1 + 12 = 13$

$t_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{13}}{2}$
 $t = \frac{\sqrt{13}-1}{2}$

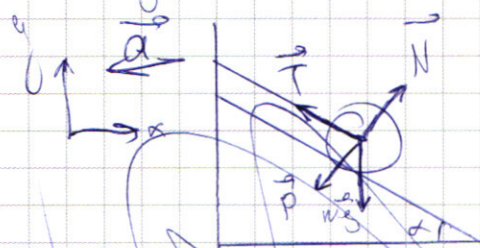
$\lambda 3$

$\sigma = \omega R$
 $P = mg \cos \alpha$
 $1) P \neq 0$
 $2) P = 0$

$x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha = 0$
 $y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$
 $T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$
 $N \cos \alpha - mg + N \sin \alpha = 0$
 $N (\cos \alpha + \sin \alpha) - mg = 0$
 $N = \frac{mg}{\cos \alpha + \sin \alpha}$
 $T = \frac{mg - \frac{mg \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{mg (\cos \alpha + \sin \alpha - \cos \alpha)}{\sin \alpha (\cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{mg \sin \alpha}{\sin \alpha (\cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{mg}{\cos \alpha + \sin \alpha}$

$$2) \quad x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha = \frac{(w(R+L))^2}{R+L} = w \cdot (R+L)$$

$$y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$$



$$x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha - P \cos \alpha = 0$$

$$y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - P \sin \alpha - mg = 0$$

$$-T \cos \alpha + N \sin \alpha = T \sin \alpha \cdot (-1) \cdot \tan \alpha + N \cos \alpha \cdot \tan \alpha$$

$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = P \cos \alpha + mg$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$x: \frac{N \cos \alpha - mg + N \sin^2 \alpha}{\sin \alpha} = w \cdot (R+L)$$

$$N = \frac{w \cdot (R+L) \sin \alpha + mg}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$T = \frac{mg - (w \cdot (R+L) \sin \alpha + mg) \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$\frac{1000 \cdot 10000 \cdot 0,01}{1136} = 8,8$$

$$1000 \cdot 10 \cdot 0,1136$$

$$mg - \frac{w(R+L) \sin \alpha \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \frac{w(R+L) \sin^2 \alpha \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha} - \frac{mg \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha} + \frac{w(R+L) \sin \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$mg - \frac{(w(R+L) \sin \alpha + mg) \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha} + \frac{(w(R+L) \sin \alpha + mg) \sin \alpha}{\cos \alpha + \sin^2 \alpha} - P \cos \alpha = 0$$

$$N \sin \alpha - mg \cos \alpha - a \cos \alpha \sin \alpha + N \cos^2 \alpha = -a \cos \alpha$$

$$x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha = \frac{1}{2} a \cos \alpha$$

$$N = \frac{-a \cos \alpha \sin \alpha + mg \cos \alpha + \frac{1}{2} a \cos \alpha \sin \alpha}{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = mg \cos \alpha$$

$$y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = a \sin \alpha$$

$$T = \frac{mg + a \sin \alpha - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg + a \sin \alpha - mg \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{mg(1 - \cos^2 \alpha) + a \sin \alpha}{\sin \alpha} \quad \text{mg} \sin \alpha + a < T$$

$$(mg \sin \alpha + a) \sin \alpha + mg \cos^2 \alpha - P \cos \alpha = a \sin \alpha$$

$$P = \frac{mg \sin^2 \alpha + a \sin \alpha + mg \cos^2 \alpha - a \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha}$$