

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

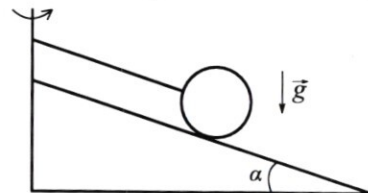
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

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.



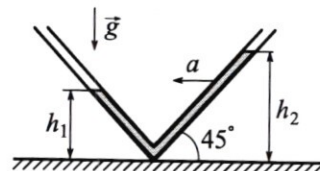
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

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.



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.

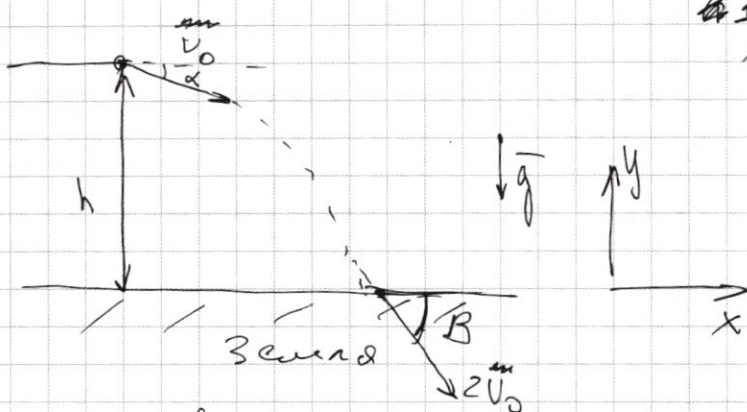
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

N 1

Т.к. в полете гайка все время приближалась к земле, то она не проходила через вершину параболы $\rightarrow$ картинка полета выглядит так:



а) на Ox :

$$v_0 \cdot \cos \alpha = 2v_0 \cdot \cos \beta$$

$$\cos \alpha = 2 \cos \beta$$

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

на Oy :

~~$v_0 \sin \alpha$~~ искомая скор.

$$2v_0 \cdot \sin \beta = v_y$$

$$2v_0 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = v_y$$

$$v_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = v_y$$

$$v_0 \frac{\sqrt{13}}{2} = v_y \quad \boxed{v_y \approx 18 \text{ м/с}}$$

т. время полета

2) ~~$v_0 \sin \alpha$~~ на Oy :

$$v_0 \cdot \sin \alpha + gt = v_y$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{18 - 5}{10} = \boxed{1,3 \text{ с}}$$

3) ЗСЭ:

$$mgh = \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m (2v_0)^2}{2}$$

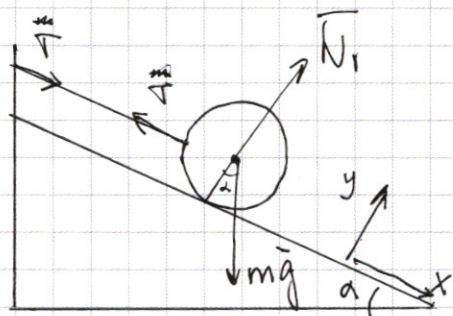
$$2gh = 3v_0^2$$

$$h = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g}$$

$$h = \frac{3 \cdot 100}{20} = \boxed{15 \text{ м}}$$

Ответ: $v_y = 18 \text{ м/с}$; $t = 1,3 \text{ с}$; $h = 15 \text{ м}$.

N3

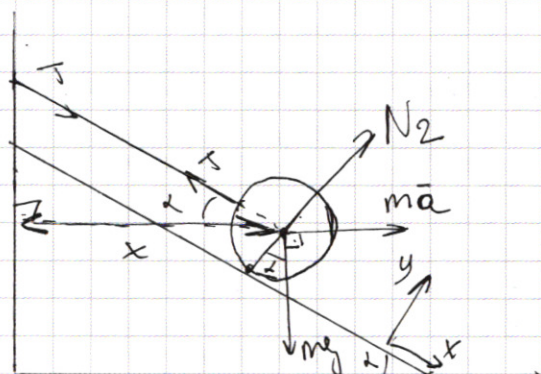


1)

на Oy:

$$mg \cdot \sin \alpha \cos \alpha = N_1$$

ответ



2) найдем ~~уск~~ центростр.
ускорение a , которое
появится из-за вращения
Пусть центр шара удален
от оси вращения на x .

$$\text{Тогда } a = \omega^2 \cdot x \quad x = (L + R) \cdot \cos \alpha$$

на Oy:

$$-ma \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha = N_2$$

$$-m \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha = N_2$$

$$N_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \cdot \sin \alpha)$$

ответ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

WS

1)

Ур-ние Менделеева - Клапейрона: $\frac{m_n}{V_n} = \rho_n$ ^{искомая плотность}

$$(1) P \cdot V_n = \frac{m_n}{\mu} RT$$

V_n - объем пара в нач. момент

m_n - масса - " -

$$\frac{P \cdot \mu}{RT} = \rho_n$$

$$\frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 300} = \rho_n$$

$$\frac{3,55 \cdot 6}{8,3 \cdot 100} = \frac{21,3}{83} \cdot 10^{-2} = 2,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \rho_n$$

$$k_1 = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{10^3} = \boxed{2,6 \cdot 10^{-5}} - \text{искомое отнош.}$$

2)

m_{n1} - масса пара после уменьш. его объема γ раз.

$$(2) P \cdot \frac{V_n}{\gamma} = \frac{m_{n1}}{\mu} RT$$

из (1) и (2):

$$\gamma = \frac{m_n}{m_{n1}}$$

Δm - уменьш. массы пара
- масса воды.

$$\frac{V_n}{\gamma} = V_{n1} - \text{стал объем пара}$$

$$\Delta m = m_n - m_{n1} = m_{n1} (\gamma - 1)$$

$$\Delta m = V_{\text{в}} \cdot \rho = m_{n1} (\gamma - 1); V_{\text{в}} - \text{объем сконденс. воды}$$

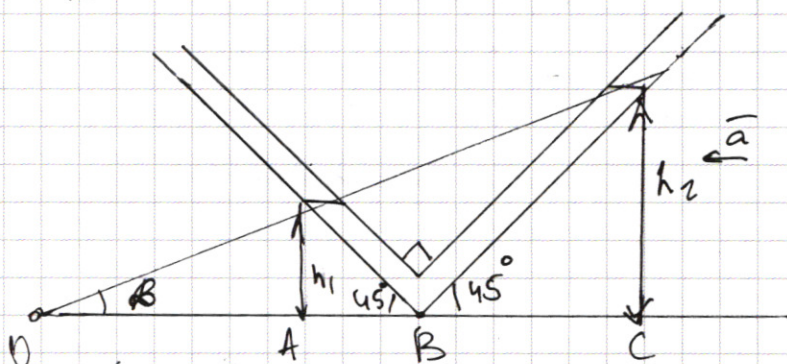
$$\frac{P V_{n1}}{V_{\text{в}} \cdot \rho} = \frac{RT}{\mu (\gamma - 1)}$$

$$k_2 = \frac{V_{n1}}{V_{\text{в}}} = \frac{\rho RT}{P \mu (\gamma - 1)} - \text{искомое отн.}$$

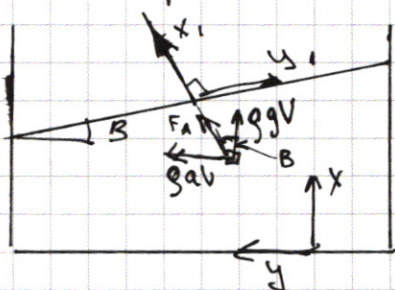
$$k_2 = \frac{1000 \cdot 8,3 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^8 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6} = \frac{2500}{63,9 \cdot 4,6} \cdot 10^3 = \frac{2500}{300} \cdot 10^3 = \boxed{8,3 \cdot 10^3}$$

Ответ: $k_1 = 2,6 \cdot 10^{-5}$
 $k_2 = 8,3 \cdot 10^3$

[N4]



(Т.к. трубка - сообщающийся сосуд.)



Найдем угол наклона жидкости к. Он будет такой же как если ~~бы~~ двигалась аквариум, а не трубка.

Рассмотрим силу Архимеда действующую на маленький объем ΔV . Суммарная F_A напр.

перпендикулярно поверхности. В тоже время мы знаем ее проекции на ось x и y . Тогда $\tan \beta = \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \frac{a}{g}$

Вернемся к нашей трубке

т.к. трубка согнута под прямым углом, а

$\alpha = 45^\circ$, то $BC = h_2$, $AB = h_1$

$$\tan \beta = \frac{h_1}{OA} \quad OA = \frac{h_1}{\tan \beta}$$

$$\tan \beta = \frac{h_2}{OA + AB + BC} \Rightarrow$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

лч (продолж.)

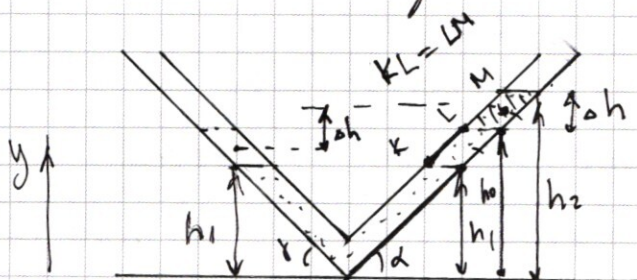
$$h_2 = h_1 \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta + 1}{-\operatorname{tg} \beta + 1}$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{a + g}{g - a}$$

$$h_2 = 10 \cdot \frac{14}{6} \text{ см}$$

$$h_2 = 23,3 \text{ см}$$

2) Найдем изменение потенциальной энергии с момента исчерп. ускор. до момента одинаковых уровней в коленах



Уровни выравниваются в коленах когда кусок диаметра. Жидкости переместится в соседнее колено

т.к. $\alpha = \gamma$, то отном. высот уровней равно отношению длин участков воды отсчит от основания

$$\rightarrow \text{аналогично} \rightarrow h_0 = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad \Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$\rightarrow$ длина участка пропорц. его массе

$$\rightarrow \Delta m = \frac{m \Delta h}{h_1 + h_2} = m \frac{h_2 - h_1}{2(h_1 + h_2)} - \text{масса диаметра жидкости!}$$

ЗЦЗ:

$$\frac{mV^2}{2} = mgh$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{m(h_2 - h_1)}{2(h_2 + h_1)} g \frac{h_2 - h_1}{2}$$

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

$$V = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_2 + h_1)}}$$

$$V = 0,133 \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 33,3 \cdot 10^{-2}}}$$

$$V = 0,133 \cdot \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$V = 0,133 \cdot 1,2$$

$$V = 0,16 \text{ м/с}$$

По оси y действует ^{только} ускорение g на
 верхний толстый слой правого колеса
 В нач. момент его скорость 0, а в кончик.
 момент на Oy $V \cdot \sin \alpha \rightarrow gt = V \sin \alpha$
 $t = \frac{V \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{0,133 \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = \frac{0,133 \cdot 1,7}{20} = \frac{0,2261}{20}$

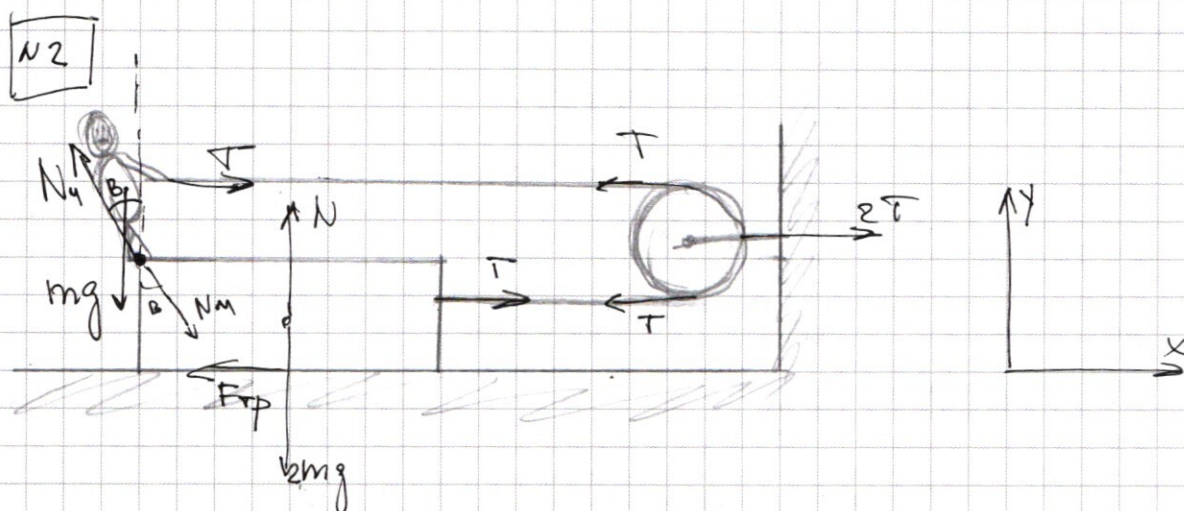
$$= 0,0113 \text{ с}$$

Ответ: $h_2 = 23,3 \text{ см}$

$$V = 0,16 \text{ м/с}$$

$$t = 0,011 \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) N - сила с которой человек и ящик давят на пол.
На Oy для человека:

$$N_4 \cdot \cos \beta = mg$$

$$\rightarrow N_4 = \frac{mg}{\cos \beta}$$

для ящика:

$$N_4 \cdot \cos \beta + 2mg = N$$

$$\boxed{N = 3mg}$$

- 2) На Ox для человека:

$$N_4 \cdot \sin \beta + F_0 = T$$

для ящика: (чтобы начать равн. движ.)

$$N_4 \cdot \sin \beta + T = F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu N = 3\mu mg$$

$$2N_4 \cdot \sin \beta + F_0 = 3\mu mg$$

$$F_0 = (3\mu - 2 \operatorname{tg} \beta) mg$$

при $\operatorname{tg} \beta = \frac{3\mu}{2}$

$$\boxed{F_0 = 0} - \text{минимальное}$$

знач.
человек тянет не может быть.

3) Найдем ускорения, с которыми будут двигаться ящик и человек, если прилож. силу F .

На Ox для человека

$$ma = T - F_0 - N_4 \cdot \sin \beta$$

На Ox для ящика

$$2ma = T - F_{тр} + N_4 \cdot \sin \beta$$

На Oy для человека:

$$N_4 \cdot \cos \beta = mg$$

$$ma = T - F - mg \cdot \tan \beta$$

$$2ma = T - 3\mu mg + mg \tan \beta$$

$$3ma = 2T - F - 2mg \tan \beta$$

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

$$a = \frac{F - mg(3\mu - 2\tan \beta)}{m} = \frac{F - 3\mu mg + 2mg \tan \beta}{m}$$

t - искомое время

$$S = \frac{at^2}{2}$$

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

При $\tan \beta = 0$ т.е. $\beta = 0$

$$t = \sqrt{\frac{2Sm}{F - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) $N = 3mg$

2) $F_0 = 0$

$$3) t = \sqrt{\frac{2Sm}{F - 3\mu mg}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N_4 \cdot \sin \beta + F_0 = T$$

$$N_4 \sin \beta + T = 3 \mu mg$$

$$N_4 \cdot \cos \beta = mg$$

$$2 N_4 \cdot \sin \beta + F_0 = 3 \mu mg$$

$$2 mg \cdot \tan \beta + F_0 = 3 \mu mg$$

$$F_0 = (3 \mu mg - 2 \tan \beta) mg$$

$$\tan \beta = \frac{3}{2} \mu$$

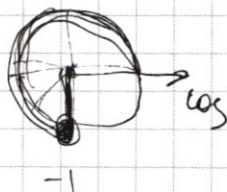
$$\begin{array}{l} \sin 0 \\ \cos 90 = 0 \\ 90 \end{array}$$

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$



$$N_4 \cdot \cos \beta = mg$$

$$\cos \beta > 0$$

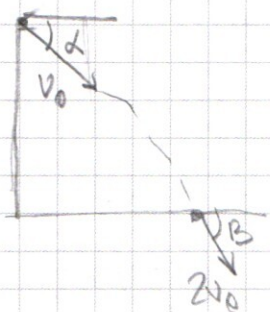




☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 \cdot \cos \alpha = 2 v_0 \cdot \cos \beta$$

$$2 v_0 \cdot \sin \beta = v_{\text{верт}}$$

$$2 v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} = v_{\text{верт}}$$

$$v_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = v_{\text{верт}}$$

$$v_0 \frac{\sqrt{13}}{2} = v_{\text{верт}}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,5 \\ 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,7 \\ 259 \\ 111 \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$\frac{17}{2}$$

$$\frac{3,6}{2} \cdot 10 = 18 \text{ м/с}$$

$$\frac{10\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 19 \\ 19 \\ 171 \\ 19 \\ \hline 361 \end{array}$$

$$\frac{10 \cdot 17}{2}$$

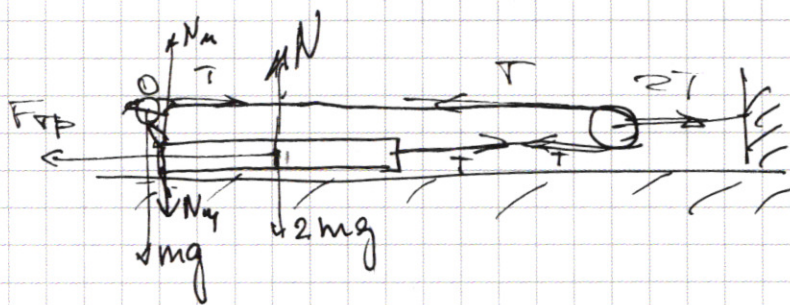
$$v_0 \cdot \sin \alpha + g t = v_{\text{верт}}$$

$$v_{\text{верт}} - \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{2} = \frac{g t^2}{2}$$

$$t = \frac{18 - 5}{10} = 1,3 \text{ с}$$

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_0^2}{2}$$

$$\begin{aligned} 2gh &= 3v_0^2 \\ h &= \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м} \end{aligned}$$



$$N + N_4 = 2mg$$

$$N_4 = mg$$

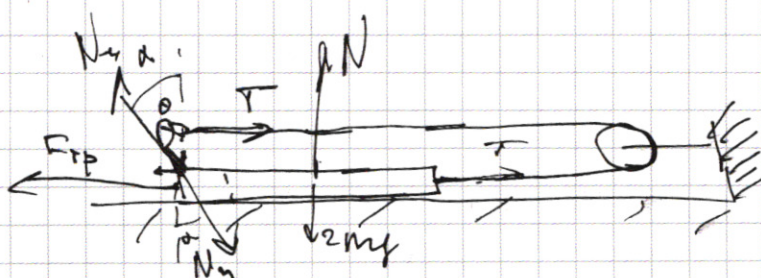
$$N = 3mg$$

$$F_0 = T$$

$$T = \mu N$$

$$T = 3\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$



$$N_4 \cos \alpha = mg$$

$$N_4 \sin \alpha = T$$

$$2mg + N_4 \cos \alpha = N$$

$$N = 3mg$$

$$T = F_0$$

$$F_{sp} = 3\mu mg$$

$$T + N_4 \sin \alpha = 3\mu mg$$

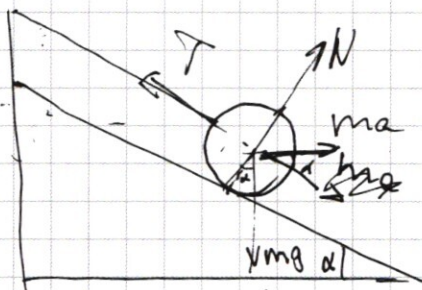
$$2N_4 \sin \alpha = 3\mu mg$$

$$2 \cdot mg \operatorname{tg} \alpha = 3\mu mg$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{2}\mu$$

$$2T = 3\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg \cdot \cos \alpha = N_1$$

$$a = \omega^2 (L + R)$$

$$mg - ma \cdot \sin \alpha = N_2$$

$$mg - m \omega^2 (L + R) \cdot \sin \alpha = N_2$$

$$\frac{S_n}{S_0} = ?$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ \times 3,55 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$P_n V_{n0} = J_0 RT$$

$$P_n V_n = J_1 RT$$

$$\frac{V_{n0}}{V_n} = \frac{J_0}{J_1}$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 3,55 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$P_n \cdot V_{n0} = \frac{m_{n0}}{M} RT$$

$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 3,55 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 213 \\ 166 \\ 470 \\ 415 \\ 550 \\ 498 \\ 520 \end{array}$$

$$\frac{P_n \cdot h \cdot}{R \cdot T} = S_n$$

$$\begin{array}{r} 83 \\ \times 2,56 \\ \hline 21,568 \end{array}$$

$$S_n = \frac{3,55 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 200}$$

$$= 2,57 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_n \gamma V_n = \gamma_1 RT$$

$$P_n V_n = \gamma_2 RT$$

$$P_n \gamma V_n = \frac{m_1}{M} RT$$

$$P_n V_n = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\gamma = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\gamma m_2 = m_1$$

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

$$\Delta m = m_2 (\gamma - 1)$$

$$\Delta m = \rho \cdot V_g$$

$$P_n V_n = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\rho V_g = m_2 (\gamma - 1)$$

$$\frac{P_n V_n}{\rho V_g} = \frac{RT}{M(\gamma - 1)}$$

$$\frac{V_n}{V_g} = \frac{\rho RT}{P_n M(\gamma - 1)}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 63,9 \\ \times 4,6 \\ \hline 3834 \\ 2556 \\ \hline 29334 \\ 831 \\ \times 4,6 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83 \\ \times 294 \\ 3 \\ \hline 2646 \end{array}$$

294

$$\begin{array}{r} 2500 \\ 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 63,9 \\ \times 4,6 \\ \hline 3734 \\ 2556 \\ \hline 29334 \end{array}$$

$$\frac{2493}{29334} \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 24 \\ \hline 10 \\ 10 \end{array}$$

$$\frac{2493}{29334} \cdot 10^3$$

$$\boxed{8,3 \cdot 10^3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram of a block on an inclined plane with angle α . The block is at height h_1 and moves to height h_2 . The horizontal distance is x . The vertical distance is $h_2 - h_1$. The angle of the incline is α .

Equations:

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

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

$$\frac{h_1}{\tan \alpha} + h_1 + h_2 = \frac{h_2}{\tan \alpha}$$

$$h_1(1 + \tan \alpha) + h_2 = \frac{h_2}{\tan \alpha}$$

$$h_1(1 + \tan \alpha) = h_2 \left(\frac{1}{\tan \alpha} - 1 \right)$$

$$h_2 = h_1 \frac{1 + \tan \alpha}{1 - \tan \alpha}$$

Free-body diagram of the block on the incline. Forces shown: gravity mg , normal force N , and friction force f . The angle of the incline is α .

Equation for the angle of the incline:

$$\tan \alpha = \frac{a}{g} = \frac{4}{10}$$

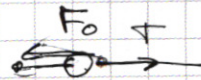
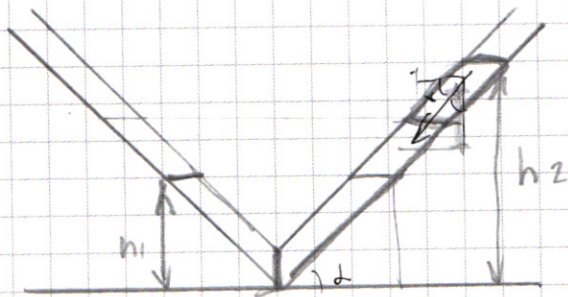
Calculation of h_2 :

$$\frac{14}{6} \cdot 10 = \frac{7}{3} \cdot 10$$

$$\frac{14}{0.6} \cdot 10$$

Final answer:

$$h_2 = 23.3 \text{ см}$$



$$\frac{m \cdot \Delta h}{h_1 + h_2}$$

$$\sqrt{2}h_1 + \sqrt{2}h_2 = 2\sqrt{2}h_0$$

$$\Delta h = \frac{1}{2}(h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2}) = \frac{h_2 - h_1}{4}$$

$$\frac{m \Delta h^2}{h_1 + h_2} g = m V^2$$

$$\Delta h \sqrt{\frac{g}{h_1 + h_2}}$$

$$\frac{10}{3,3,3} = \frac{1}{30}$$

$$V \cdot \cos \alpha = g t$$

$$\frac{V \cdot \sqrt{2}}{2} = g t$$

$$\begin{array}{r} 133 \overline{) 22} \\ 132 \\ \hline 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\sqrt{\frac{1}{30}}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ 144 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 55 \\ \hline 110 \\ 275 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 55 \\ \hline 110 \\ 275 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 16 \\ \hline 32 \\ 16 \\ \hline 32 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 0,133 \\ \hline 266 \\ 133 \\ \hline 0,1596 \end{array}$$

$$\frac{13,3}{220} = 0,16$$

$$\frac{0,16 \cdot 1,4}{20}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 12 \\ \hline 24 \\ 12 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$144$$