

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 .

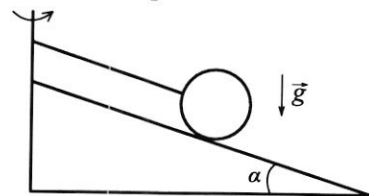


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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.



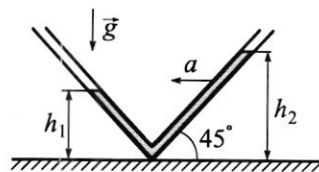
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

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

№ 1.

Дано:

$$v_0 = 8 \frac{м}{с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

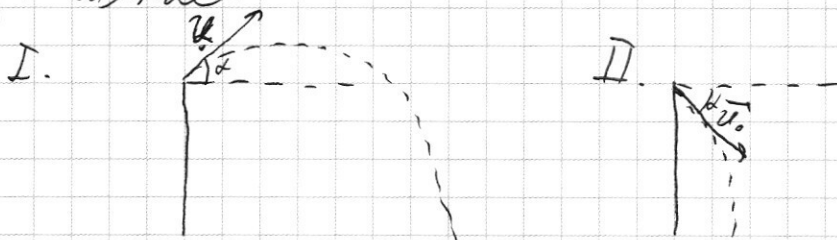
$$v_1 = 2,5 v_0$$

$$v_{1y} - ?$$

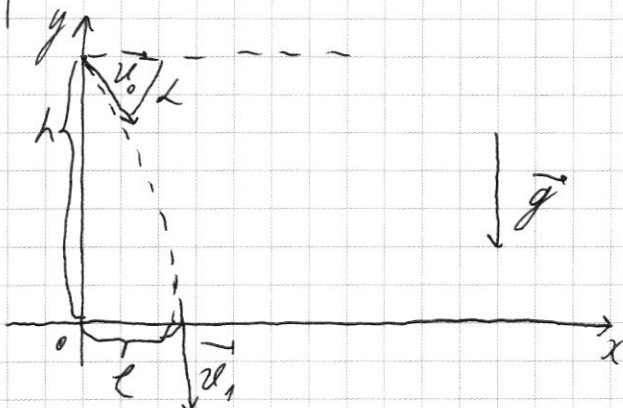
$$t - ?$$

$$l - ?$$

Решение:



в I ситуации камень скатился удвоится $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ она не соответствует условию.



h - высота вышки

l - горизонтальное смещение

v_y и v_x - проекции скорости на оси Oy и Ox соответственно.

$$v_y = v_{0y} + gt = v_0 \sin \alpha + gt \quad (\text{движение равноускоренное})$$

$$v_x = v_{0x} \quad (\text{т.к. движение вдоль } OX \text{ равноускоренное})$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_{0y} + gt = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$v_{1y} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_x = \sqrt{v_x^2 + v_{yx}^2} = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{yx}^2}$$

$$2,5 v_0^2 = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{yx}^2} \quad |^2$$

$$6,25 v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_{yx}^2$$

$$v_{yx}^2 = 6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$v_{yx} = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_{yx} = \sqrt{6,25 \cdot 64 - 64 \cdot 0,25} = \sqrt{64 \cdot 6} = 8\sqrt{6} \frac{м}{с}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ + 125 \\ \hline 500 \\ 625 \end{array}$$

$$2,5 v_0^2 = \sqrt{\quad}$$

$$v_{yx} = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$gt = v_{yx} - v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_{yx} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8\sqrt{6} - 8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{2}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} = \frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} с$$

Движение вдоль Ox равноускоренное $\Rightarrow l = v_{0x} \cdot t$

$$l = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$l = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} = \frac{8\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} м$$

$$8\sqrt{6} \frac{м}{с} \approx 8 \cdot 2,4 - 1,7 = 19,04 \frac{м}{с}$$

$$\frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} \approx \frac{2 \cdot 1,7(1,41-1)}{5} = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 0,41}{5} = \frac{1,394}{5} = 0,2788 \approx 0,28 с$$

$$\frac{8\sqrt{3}(\sqrt{2}-1)}{5} м \approx 4 \cdot 0,2788 = 1,1152 \approx 1,12 м$$

Ответ: $v_{yx} = 19,04 \frac{м}{с}$; $t = 0,28 с$; $l = 1,12 м$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

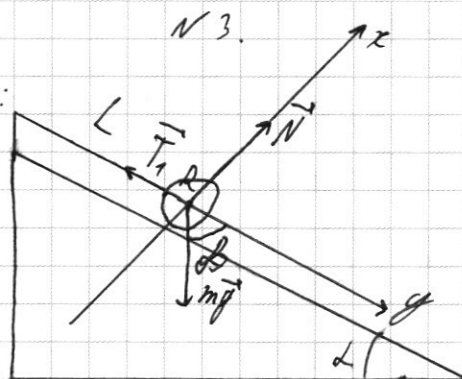
Дано:
 $m; R; \alpha$
 $L; \omega$

$T_1 - ?$

$T_2 - ?$

Решение:

1)



$\vec{N}$ — сила реакции опоры. $N \perp$ поверхности клина.

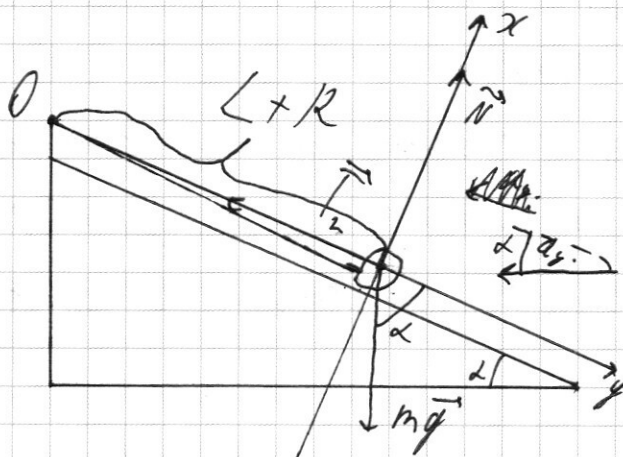
$$\vec{T}_1 + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

$$Oy: mg \cos \beta = T_1$$

$\beta = \alpha$, т.к. углы с взаимноперп. сторонами

$$T_1 = mg \cos \alpha$$

2)



Шар вращается $\Rightarrow$ есть ускорение, направленное к центру укрутвости, т.е. горизонтально

$$\vec{T}_2 + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}_y$$

$$Oy: mg \cos \alpha - T_2 = -ma_y \cos \alpha$$

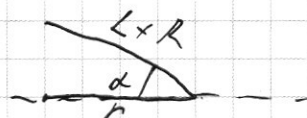
$$T_2 = mg \cos \alpha + ma_y \cos \alpha$$

$$T_2 = mg(1 + \cos \alpha)(g + a_y)$$

$$a_y = \frac{v^2}{(R+L)\cos \alpha} = \frac{\omega^2(R+L)^2 \cos^2 \alpha}{(R+L)\cos \alpha} = \omega^2(R+L)\cos \alpha$$

Радиус кривизны, в направлении движения
матри равен $(L+R) \cdot \cos \alpha$

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



Ответ: $T_1 = mg \cos \alpha$; $T_2 = m \cos \alpha (g + \omega^2(R+L)\cos \alpha)$
N 2.

Дано:

$g; m; \mu; F$
 $M = 5m$

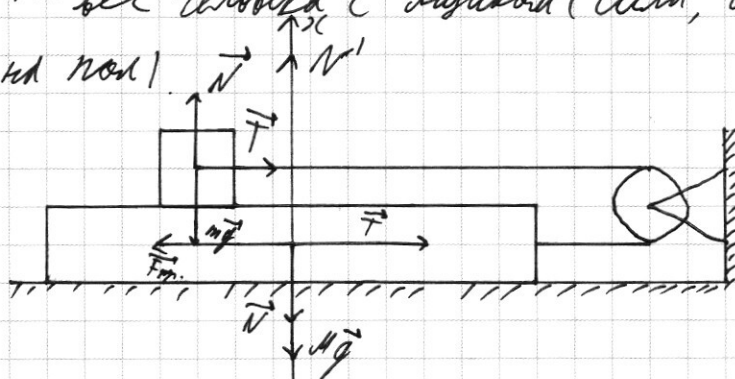
$F_0 - ?$

$P - ?$

$F - ?$ $v - ?$

Решение:

P - вес человека с ящиком (сила, с которой давят на пол)



$\vec{T}$ - сила натяжения нити

N - сила реакции опоры на человека со стороны ящика. N действует на ящик (по III з. Н.)

N' - сила реакции опоры на ящик со стороны пола.

$$P = N' \text{ (по 3 III з. Н.)}$$

$$Ox: N' = N + Mg$$

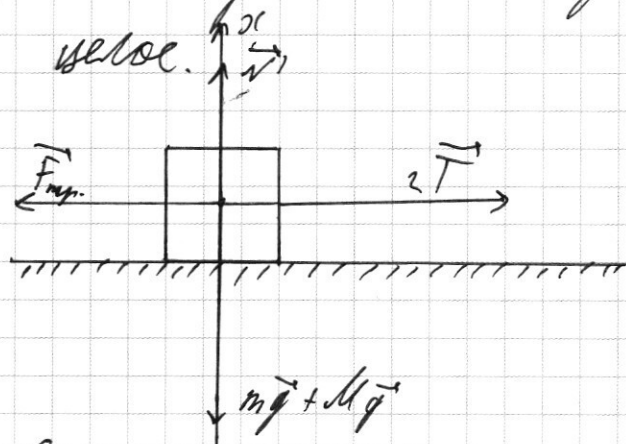
$$N = mg$$

$$N' = mg + 5mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N' = 6mg \Rightarrow P = 6mg$$

2) Рассмотрим систему человек + ящик, как единое



Система будет двигаться при $2T \geq F_{тр.}$.

Для минимального T

$$2T = F_{тр.}$$

$$Ox: N' = mg + Mg$$

$$N' = 6mg$$

$$F_{тр.} = \mu N'$$

$$F_{тр.} = 6\mu mg$$

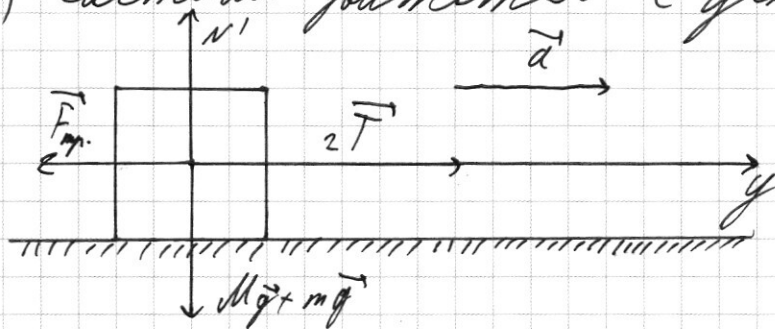
$$2T = 6\mu mg$$

$$T = 3\mu mg$$

$$F_0 = T$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

3) Система движется с ускорением $\vec{a}$.



$$\text{Og: } 2T - F_{\text{тр.}} = ma$$

$$F_{\text{тр.}} = \mu N'$$

$$F_{\text{тр.}} = 6\mu mg$$

$$2T = ma +$$

$$T = F$$

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

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

v - ~~на~~ скорость в конце пути

v_0 - скорость в начале

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v_0 = 0$$

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

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{25(2F - 6\mu mg)}{m}}$$

$$\text{Ответ: } P = 6mg; F_0 = 3\mu mg; v = \sqrt{\frac{25(2F - 6\mu mg)}{m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

VS.

~~$PV = \nu RT$~~ $PV = \nu RT$

~~$n = \frac{m}{\mu}$~~ $V = \frac{m}{\rho}$

$\rho \frac{m}{\rho} = \nu RT$

$\nu = \frac{m}{\mu}$

$\rho \frac{m}{\rho} = \frac{m}{\mu} RT \quad | : m$

$\frac{\rho}{\rho} = \frac{RT}{\mu}$

$V_1 = \frac{V}{\gamma} - V_0$

$\rho = \frac{\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{8,5 \cdot 10^5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{8,5 \cdot 10^5 \cdot 9}{8,31 \cdot 184} =$

$= \frac{8,5 \cdot 10^5 \cdot 3}{247 \cdot 184} \approx \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3}{16 \cdot 184} \approx \frac{10^5 \cdot 3}{76 \cdot 37} \frac{2}{\text{м}^3} = \frac{10^5 \cdot 3}{16 \cdot 37 \cdot 10^6} \frac{2}{\text{м}^3} =$

$= \frac{3}{16 \cdot 37 \cdot 10} \frac{2}{\text{м}^3}$

$V_0 = \frac{m_0}{\rho}$ $\frac{V_0}{V_1} = \frac{V_0}{\frac{V}{\gamma} - V_0}$

$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{3}{16 \cdot 37 \cdot 10} \cdot 1 = \frac{3}{16 \cdot 37 \cdot 10} \approx \frac{1}{16 \cdot 12 \cdot 10} = 1 : 1920$

$V_1' = \frac{V}{\gamma}$ $V_0 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{m_1'}{\rho_1} = \frac{V \rho_1 (1 - \frac{1}{\gamma})}{\rho_0}$

$m_1' = \frac{V}{\gamma} \rho_1 (V - \frac{V}{\gamma}) \cdot \rho_1 = V \rho_1 (1 - \frac{1}{\gamma})$ $\frac{V_1'}{V_0} = \frac{V \rho_1 (1 - \frac{1}{\gamma}) \cdot \gamma}{\rho_0 \cdot V} = \frac{\rho_1}{\rho_0} \cdot (1 - \frac{1}{\gamma})$

$m_0 = m_1'$

Дано:

$$T = 95^\circ\text{C} = 368\text{K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{Па}$$

$$\gamma = 4,7$$

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

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

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

$$\frac{V_n}{V} = ?$$

Решение:

$$1) PV = \nu RT$$

V - объем сосуда

 ν - кол-во вещества пара

R - газовая постоянная

$$PV = \nu RT$$

$$\rho = \rho \frac{m}{\rho_n} = \frac{m}{\mu} RT$$

 ρ_n - плотность пара

m - масса пара

$$\frac{\rho}{\rho_n} = \frac{RT}{\mu} \quad (\text{формула I})$$

$$\rho_n = \frac{P\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 10^5 \cdot 18}{831 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 10^5 \cdot 9}{831 \cdot 184} = \frac{85 \cdot 10^5 \cdot 3}{277 \cdot 184} \approx$$

$$\approx \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3}{16 \cdot 184} \approx \frac{10^5 \cdot 3}{16 \cdot 37} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = \frac{3}{16 \cdot 37 \cdot 10} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{3}{16 \cdot 37 \cdot 10} : 1 \approx \frac{1}{16 \cdot 12 \cdot 10} = 1 : 1920$$

$$2) T = \text{const} \quad PV = \nu RT$$

$$P_1 V_n = \nu_1 RT$$

 P_1 - давление после статия V_n - новый объем; m_n - масса пара после статия ν_1 - кол-во вещества пара после статия

$$P_1 V_n = \frac{m_n}{\mu} RT$$

Пар насыщенный $\Rightarrow P_1 = P$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV_n = \frac{m_n}{\mu} RT$$

Из формулы следует, что плотность пара не изменилась $\Rightarrow$

$$\Rightarrow m_n = \rho_n V_n$$

m'_n - масса конденсированного пара

$$m'_n = \rho_n V'_n$$

$$m_s = m'_n$$

m_s - масса воды

V_s - объем воды

$$V_s = \frac{m_s}{\rho_s} = \frac{m'_n}{\rho_s} = \frac{\rho_n V'_n}{\rho_s}$$

$$V'_n = V - V_n = V - \frac{V}{\gamma} = V(1 - \frac{1}{\gamma}) = V \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

$$V_s = \frac{\rho_n V(\gamma - 1)}{\rho_s \gamma}$$

В сосуде вода и пар $\Rightarrow V_n = \frac{V}{\gamma} - V_s$

$$\frac{V_n}{V_s} = \frac{\frac{V}{\gamma} - V_s}{V_s} = \frac{V}{\gamma V_s} - 1 = \frac{1}{\gamma \cdot \frac{\rho_n V(\gamma - 1)}{\rho_s \gamma}} - 1 = \frac{\rho_s}{\rho_n (\gamma - 1)} - 1 = \frac{16 \cdot 37 \cdot 10}{3 \cdot (9,7 - 1)} - 1 =$$

$$= \frac{16 \cdot 37 \cdot 10}{3 \cdot 8,7} - 1 = \frac{16 \cdot 10 \cdot 10}{3} - 1 \approx \frac{5 \cdot 100}{1} - 1 = 500 - 1 = 499$$

Ответ: $\rho_n : \rho = 1 : 1920$; $V_n : V_o = 499 : 1$

НЧ.

Дано:

$\angle = 45^\circ$

$h_1 = 8 \text{ м}$

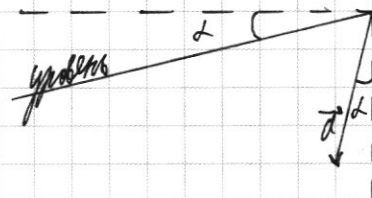
$h_2 = 12 \text{ м}$

$a = ?$

$v = ?$

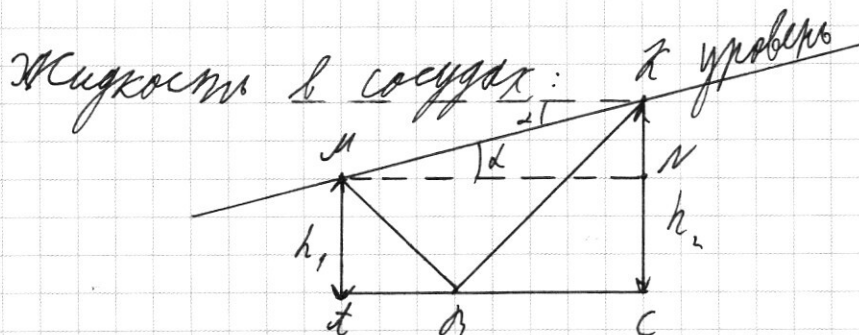
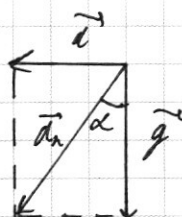
Решение:

Жидкости в сообщающихся сосудах находятся на одном уровне. Уровень по тем же условиям гор., что и ~~уравнение~~ ~~уравнение~~ ~~уравнение~~



$\vec{a}'$ - смещенное ускорение:

$\vec{a}' = \vec{a} + \vec{g}$



Прямоугольный $\triangle ABC \Rightarrow AB = h_1$; $BC = h_2 \Rightarrow AC = h_1 + h_2$

$MN = AC$

$KN = h_2 - h_1$

$\tan \alpha = \frac{KN}{MN} = \frac{h_2 - h_1}{AC} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{12 - 8}{12 + 8} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$

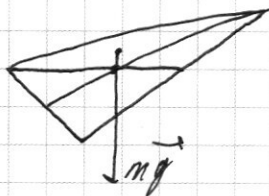
~~$\tan \alpha = \frac{1}{5}$~~

$a = a_n \sin \alpha$

$g = a_n \cos \alpha$

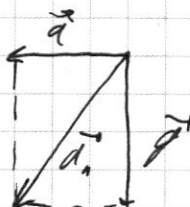
$\cos \alpha = \frac{5}{\sqrt{26}} \quad \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{26}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Тяжестя на одном уровне.
Уровни параллельны ускорениям.

$\vec{a}_n$ - центростремительное ускорение
 $\vec{a}_c = \vec{a} + \vec{g}$



$$\begin{array}{r} \times 3,2 \\ 13,2 \\ + 96 \\ \hline 1024 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,1 \\ 3,1 \\ + 931 \\ \hline 961 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,2 \\ 4 \\ \hline 128 \end{array}$$



$$\frac{26}{25} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{25}{26}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{26}$$

$$\cos \alpha = \frac{5}{\sqrt{26}}$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 \quad | : \cos^2 \alpha$$

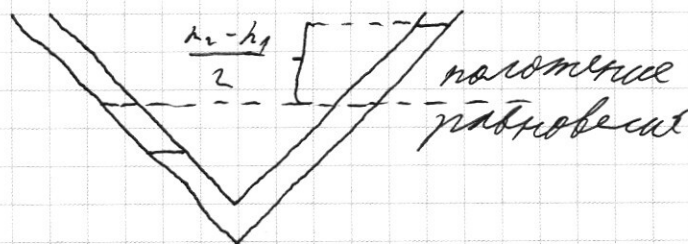
$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 + \frac{1}{25} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$d_n = \frac{f}{\cos \alpha} = \frac{9\sqrt{26}}{5} = \frac{10\sqrt{26}}{5} = 2\sqrt{26}$$

$$d = 2\sqrt{26} \cdot \frac{1}{\sqrt{26}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Трубка и вода движутся по горизонтали с одной скоростью $\Rightarrow$ у воды относительно трубки будет только вертикальная составляющая



Рассмотрим поверхность воды. Она придёт равновесие при $\frac{h_1 - h_2}{2}$ с ускорением g .

$$\frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$\frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1^2 = (h_1 - h_2)g$$

$$v_1 = \sqrt{(h_1 - h_2)g}$$

$$v_1 = \sqrt{(12 - 0,8) \cdot 10} = \sqrt{9,2 \cdot 10} = 3,2 \sqrt{10} \approx 10,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_1 = \sqrt{(0,12 - 0,08) \cdot 10} = \sqrt{0,04 \cdot 10} = 0,2 \sqrt{10} = 0,2 \cdot 3,2 = 0,64 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } d = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_1 = 0,64 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓✓

24/11/20

Решение:

S, m, μ , F

~~p-gabellend~~

$$M = 5m$$

Р- все человека

$$F_2 - 2$$

(Языков (Сам, Установил
фрагмент пол).

P-7

F-7

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 016 \\ \hline 17 \\ + 712 \\ \hline 0272 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 14 \\ \hline 14 \\ + 56 \\ \hline 14 \\ \times 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 17 \\ \hline 17 \\ \times 119 \\ \hline 17 \\ 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 179 \\ 17 \\ \hline 196 \\ 74 \\ \hline 238 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,38 \\ \times 8 \\ \hline 19,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ x 272 \\ \hline 1088 \end{array}$$

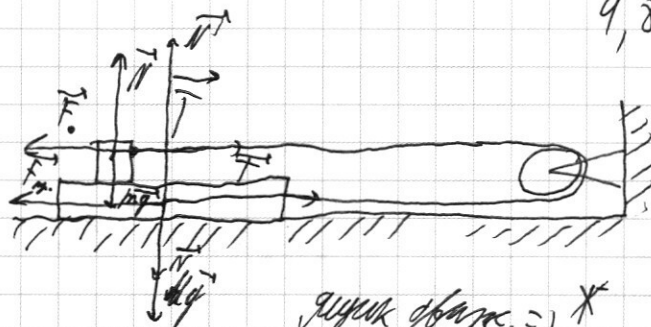
$$\begin{array}{r} 7,7 \\ 4 \\ \hline 6,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ y 1,2 \end{array} \begin{array}{r} 29 \\ 4 \\ \hline 4,896 \end{array}$$

$$\frac{19,09 - 14,7}{10} =$$

$$= \frac{12,24}{10} = 1,224$$

$$\begin{array}{r} 12,245 \\ - 1022 \\ \hline 20 \\ - 20 \\ \hline 0 \end{array}$$

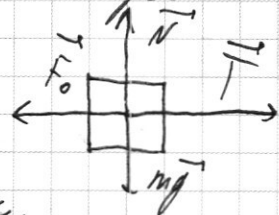
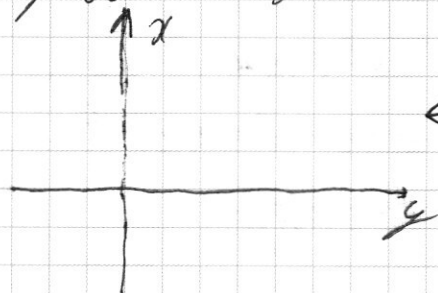
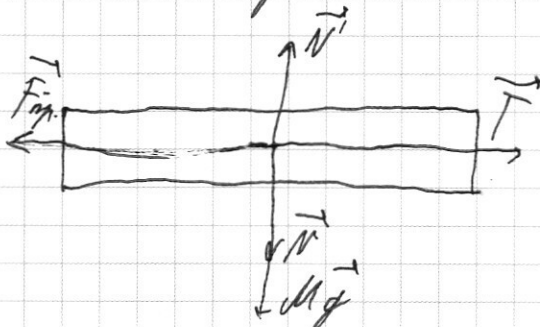


Зууны даям. :-)

F - сила, l - длина катетической плечи

N-связь проявляется только на расстоянии со стороны
аукана. N действует на атом N⁺ (по III з. Н.).

N' -ная плоскость опора. При давлении со стороны пола.



$P = N' \text{ 120 III 2. H. 1}$

