

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

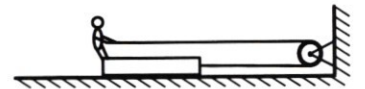
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

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?

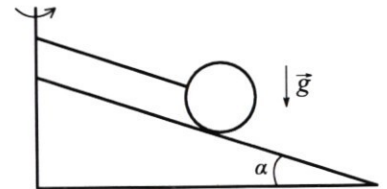
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



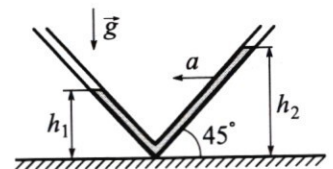
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$2v_0 = 20 \text{ м/с} = v$$

v_y - ?

t - ?

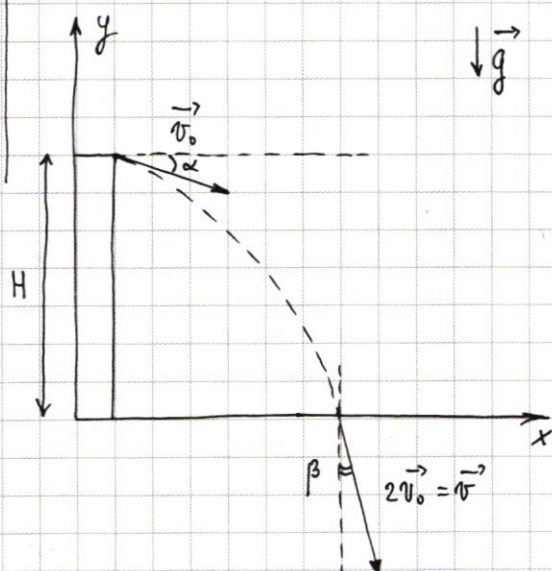
H - ?

Решение:

Обозначим скорость гайки при падении на Землю v

($v = 2v_0$ по усл.). Тогда её горизонтальной составляющей и

вертикальную составляющую за v_x и v_y соот.



1) Поскольку ускорение $\vec{g}$ действует только по оси Oy то по оси Ox проекция скорости остаётся неизменной

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_x = v \sin \beta = 2v_0 \sin \beta$$

$$v_{0x} = v_x \quad (g_x = 0)$$

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

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{\cos \alpha}{2} \quad (1).$$

Из основного тригонометрического тождества выразим $\cos \beta$:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{\cos \alpha}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{4 - \cos^2 \alpha}{4}} \quad (2): \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}$$

Запишем уравнение скорости:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

v_y - ?

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

a_y

Тогда вертикальная составляющая скорости

$$v_y = v \cos \beta = 2v_0 \cos \beta \quad (3); (2) \rightarrow (3):$$

$$v_y = 2v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} = 2v_0 \cos \beta$$

$$v_y = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\cos^2(30^\circ)}{4}} = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \frac{3/4}{4}} =$$

$$= 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{20}{4} \sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Обозначим время полета через t .

Уравнение скорости: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

ОУ: $v_y = v_{0y} + a_y t$

$v_y = 5\sqrt{13} \frac{m}{c}$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$a_y = g$

$\Rightarrow v_y = v_0 \sin \alpha + g t \Rightarrow t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2v_0 \cos \beta - v_0 \sin \alpha}{g}$

$5\sqrt{13}$

$t = \frac{5\sqrt{13} \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{5\sqrt{13} \frac{m}{c} - 5 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} =$

$= \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} c = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c$

3) Высота, с которой падала гайка обозначим H .

Тогда запишем ЗСЭ (сопротивление воздуха нет.):

$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2} \quad (m - \text{масса гайки})$

$H = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \quad (4) \Rightarrow H = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{2g} = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g}$

$v = 2v_0$ (по усн.)

$H = \frac{3}{2} \cdot \frac{10^2 \left(\frac{m}{c}\right)^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{3}{2} \cdot 10 \text{ м} = 15 \text{ м}.$

Ответ: 1) $v_y = 2v_0 \cos \beta = 2v_0 \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}}; v_y = 5\sqrt{13} \frac{m}{c}$

2) $t = \frac{2v_0 \cos \beta - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g}; t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c$

3) $H = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g}; H = 15 \text{ м}.$

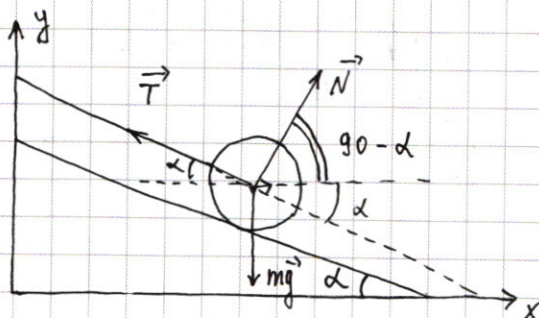
№ 3. Дано:

Решение:

m, R, L, w

$\rho - ?$

$\rho' - ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- 1) Когда система покоится пусть сила давящая шара на клин равна P
По 3-ему закону Ньютона $|\vec{P}| = |\vec{N}|$ где N - сила реакции опоры со стороны
клина на шар. Запишем условие равновесия по оси Ox и Oy

$$\begin{aligned} Oy: T \sin \alpha + N \sin(90 - \alpha) &= mg \\ Ox: T \cos \alpha &= N \cos(90 - \alpha) \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg, & (1) \\ T \cos \alpha = N \sin \alpha; & (2) \end{cases}$$

где T - сила натяжения нити

Выразим из (1) T : $T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$ (3); (3) $\rightarrow$ (2):

$$T \cos \alpha = N \sin \alpha \Rightarrow T = N \tan \alpha$$

$$\frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = N \tan \alpha \Leftrightarrow mg - N \cos \alpha = N \tan \alpha \sin \alpha \Leftrightarrow N = \frac{mg}{\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha}$$

- 2) Рассмотрим случай, когда система вращается с угловой
скоростью ω , тогда шар получает движение с нормальным
ускорением $a_n = \omega^2 R_0$ где R_0 - радиус по которому вращается
центр шара.

$$R_0 = (R + L) \cos \alpha \quad (4)$$

Запишем 2-ой закон Ньютона
по Ox и Oy :

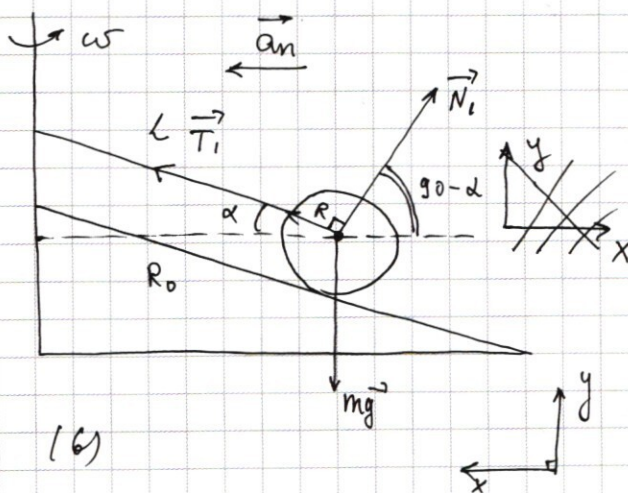
$$\sum \vec{F} = m \vec{a}_n = \vec{N}_1 + \vec{T}_1 + m \vec{g}$$

$$Ox: m \omega^2 R_0 = T \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \quad (5)$$

$$Oy: mg = T \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \quad (a_{n(y)} = 0) \quad (6)$$

T_1 - сила натяжения нити

N_1 - сила реакции опоры со стороны клина на шар (по 3-ему
Закону Ньютона $|\vec{N}_1| = |\vec{P}_1|$)



P^1 - исходная сила давления шара на клин во 2-ом случае

$$\begin{cases} m\omega^2 R_0 = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha, & (4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha, & (5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_0 = (R+L) \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; & (6) \end{cases}$$

$$\begin{cases} m\omega^2 (R+L) \sin \alpha = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} m\omega^2 (R+L) \sin \alpha = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha & (4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_1 = \frac{mg - N_1 \cos \alpha}{\sin \alpha} & (7) \end{cases}$$

Подставим (7) в (4):

$$m\omega^2 (R+L) \sin \alpha = \frac{\cos \alpha (mg - N_1 \cos \alpha)}{\sin \alpha} - N_1 \sin \alpha$$

$$m\omega^2 (R+L) \sin \alpha = \operatorname{ctg} \alpha (mg - N_1 \cos \alpha) - N_1 \sin \alpha$$

$$m\omega^2 (R+L) \sin \alpha = \operatorname{ctg} \alpha mg - N_1 \cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha - N_1 \sin \alpha$$

$$m\omega^2 (R+L) \sin \alpha - mg \operatorname{ctg} \alpha = -N_1 (\cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha + \sin \alpha)$$

$$N_1 = \frac{mg \operatorname{ctg} \alpha - m\omega^2 (R+L) \sin \alpha}{\cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha + \sin \alpha}$$

P^1 - исходная сила давления шара на клин во 2-ом случае

$m\omega^2$

$$\begin{cases} m\omega^2 R_0 = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha, & (4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha, & (5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_0 = (R+L) \cos \alpha; & (6) \end{cases}$$

$$\begin{cases} m\omega^2 (R+L) \cos \alpha = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \end{cases}$$

(6) $\rightarrow$ (4).

$$\begin{cases} m\omega^2 (R+L) \cos \alpha = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \end{cases}$$

Выразим из второго уравнения T_1 :

$$T_1 = \frac{mg - N_1 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Подставим значение T_1 в 1-ое уравнение системы:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m\omega^2(R+L)\cos\alpha = \frac{(mg - N_1\cos\alpha)\cos\alpha}{\sin\alpha} - N_1\sin\alpha$$

$$m\omega^2(R+L)\cos\alpha = \operatorname{ctg}\alpha \cdot mg - N_1\cos\alpha \cdot \operatorname{ctg}\alpha - N_1\sin\alpha$$

$$N_1 = \frac{mg \operatorname{ctg}\alpha - m\omega^2(R+L)\cos\alpha}{\cos\alpha \operatorname{ctg}\alpha + \sin\alpha} = P'; \text{ по 3 ЗН } |\vec{N}_1| = |\vec{P}'|$$

Ответ: 1) $P = N = \frac{mg}{\cos\alpha + \operatorname{tg}\alpha \sin\alpha}$

2) $P' = N_1 = \frac{mg \operatorname{ctg}\alpha - m\omega^2(R+L)\cos\alpha}{\cos\alpha \operatorname{ctg}\alpha + \sin\alpha}$

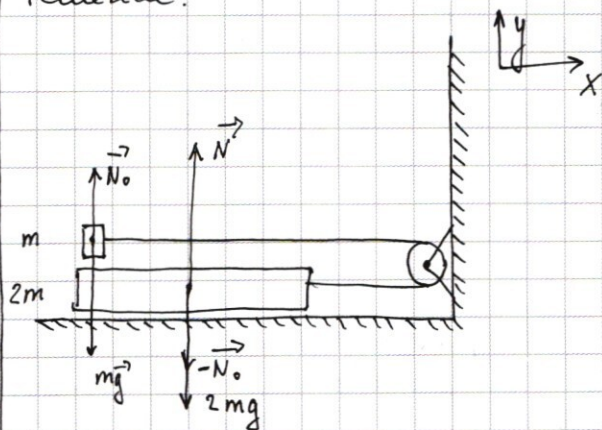
№2. Дано: Решение:

m
 $M = 2m$
 S
 μ

1) N - ?

2) F_0 - ?

3) F - ?



1) Изобразим силы, вертикальные, действующие на систему тел (сила N_0 - внутренняя сила.). Поскольку человек и ящик движутся как одно целое, то запишем 2 ЗН для всей системы на ось:

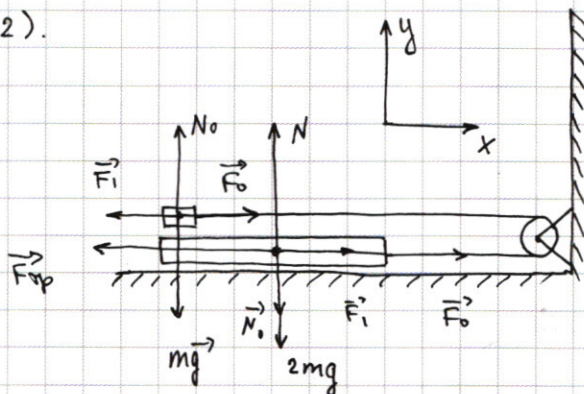
$$a_y = 0$$

$$Oy: N_0 + N - mg - N_0 - 2mg = 0$$

$$N = 3mg$$

N - сила с которой человек и ящик давят на пол.

2).



Запишем 2 3 Н для человека и
ящика на ОХ $(\vec{a}) = 0$ поскольку
прикладываемая сила минимальна,
 $\Rightarrow v = \text{const}$.

$$2 \text{ 3 Н: } 2m\vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{F}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{N}_0 + (-\vec{N}_0) + 2m\vec{g} \quad (1)$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{F}_1 + \vec{N}_0 + m\vec{g} \quad (2)$$

F_1 - сила трения действующая со стороны ящика на человека
(в усл. не сказано, что ящик (его поверхность) гладкая).

$$\text{ОХ: } (1): 0 = F_0 + F_1 - F_{\text{тр}}$$

$$(2): 0 = F_0 - F_1$$

сложим уравнения

$$0 + 0 = F_0 + F_1 - F_{\text{тр}} + F_0 - F_1$$

$$F_{\text{тр}} = 2F_0. \text{ По закону Кулона - Ампера } F_{\text{тр}} = \mu N$$

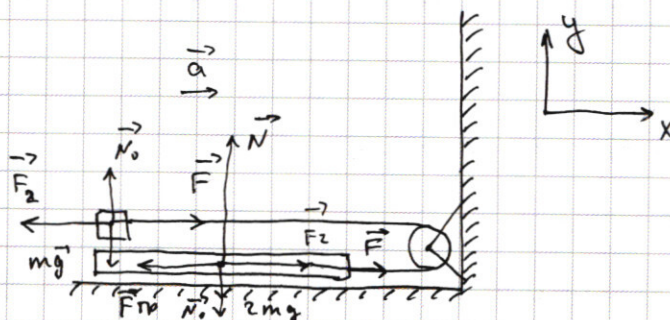
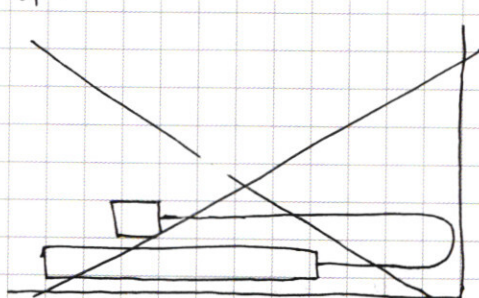
где $N = 3mg$ (см. п. 1); $N = 3mg$ поскольку по оси ОУ ничего
не изменилось.

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = 2F_0$$

$$\mu N = 2F_0$$

$$\mu 3mg = 2F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{3}{2} \mu mg \quad \left(\text{тот же самый результат} \right. \\ \left. \text{можно было бы получить запи-} \right. \\ \left. \text{сав 2 3 Н для всей системы сразу} \right)$$

3) Рассмотрим случай, когда человек прикладывает к ящику
силу $F > F_0$, тогда система движется с неким ускорением
 $\vec{a}$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем 2 ЗН для этого случая. (a - ускорение человека и лифта)

$$\text{ОХ: } \begin{cases} ma = F - F_2 \\ 2ma = F + F_2 - F_{\text{тр}} \end{cases} \quad (+) \Rightarrow \begin{aligned} 3ma &= F - F_2 + F + F_2 - F_{\text{тр}} \\ 3ma &= 2F - F_{\text{тр}} \end{aligned}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

F_2 - возмущающая сила трения со стороны лифта на человека (внутренняя сила).

$N = 3mg$ (по оси ОУ ускорение нет, $a_y = 0$ и ситуация аналогична пункту 1)

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

$$a = \frac{2F}{3m} - \mu g \quad - \text{ускорение:} \quad (1)$$

Запишем уравнение перемещения

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \quad |\vec{v}_0| = 0$$

$$\vec{s} = \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\text{ОХ: } s = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \quad (2)$$

$$\text{Подставим (1) в (2): } t = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F}{3m} - \mu g}} = \sqrt{\frac{4ms}{3F - 2\mu mg}}$$

Ответ: 1) $N = 3mg$

$$2) F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$$

$$3) t = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F}{3m} - \mu g}} = \sqrt{\frac{4ms}{3F - 2\mu mg}}$$

№5. Дано:

$$\rho = 12 / \text{см}^3$$

$$t = 27^\circ \text{C}$$

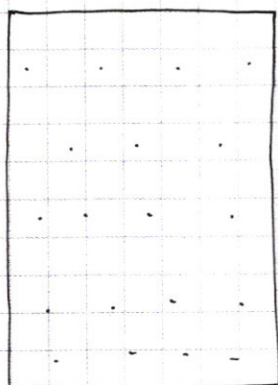
$$T = 300 \text{ K}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\gamma = 5,6; \mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$T = \text{const}$$

Решение:



Насыщенный пар.

V, T, p

объем пара всегдe равен
объему сосуда

1) $\frac{p_n}{p} = ?$

2) $\frac{V_n}{V_v} = ?$

1) Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона

$$pV = \frac{mRT}{\mu}$$

V - объем (нагретый) сосуда (равен объему пара)
 $\mu = \mu_v = \mu$ - молярная масса воды.

$$p = \frac{p_n RT}{\mu} \Rightarrow p_n = \frac{\mu p}{RT} \quad - \text{плотность пара в условиях опыта}$$

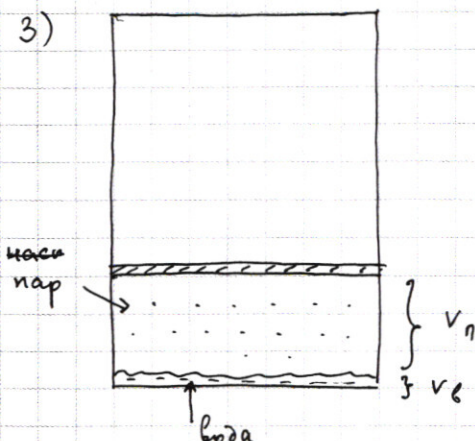
2) Найдем отношение $\frac{p_n}{p} = ?$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{\mu p}{RT p} \Rightarrow \frac{p_n}{p} = \frac{0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}} =$$

$$= \frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{0,018 \cdot 3,55}{8,31 \cdot 300} = \frac{0,018 \cdot 3,55}{831 \cdot 3} = \frac{0,006 \cdot 3,55}{831} =$$

$$= \frac{11,3 \cdot 10^{-4}}{831} = \frac{11,3 \cdot 10^{-4}}{8,31 \cdot 10^2} = \frac{11,30}{8,31} \cdot 10^{-6} = \frac{1130}{831} \cdot 10^{-6}$$

3)



По условию $V_n = \frac{V}{\gamma}$ где V нагретый
объем пара и те объем сосуда всегдe.

Поскольку $T = \text{const}$ то давление пара и
его плотность остаются величинами
постоянными.

$$(p_n = p, \rho_n) = \text{const}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а) Найдем V_b (объем воды) как $V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{m_b}{\rho}$ (1)

Массу воды выразим, воспользовавшись свойством аддитивности масс:

$$m = m_b + m_n \quad \begin{array}{l} m - \text{масса (все) вначале (масса пара вначале)} \\ m_b - \text{масса обр. воды в данный момент} \\ m_n - \text{масса оставшегося пара в данный момент.} \end{array}$$

$$m_b = m - m_n \quad (2)$$

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для пара m_n в данный момент:
($T = \text{const} \Rightarrow (\rho \text{ и } \rho_n)_{\text{пара}} = \text{const}$)

$$\rho \frac{V}{\gamma} = \frac{m_n R T}{\mu} \Rightarrow m_n = \frac{\mu P V}{\gamma R T} \quad (3)$$

$$m_b = m - m_n \quad (2)$$

(3) $\rightarrow$ (2):

$$m_b = m - \frac{\mu P V}{\gamma R T} \quad (*); \quad \text{Уравнение Менделеева - Клапейрона для начального момента времени: } (m)$$

$$\cancel{m} = \rho V = \frac{m R T}{\mu} \Rightarrow m = \frac{\mu P V}{R T} \quad (4)$$

$$(4) \rightarrow (*): \quad m_b = \frac{\mu P V}{R T} - \frac{\mu P V}{\gamma R T} = \frac{\mu P V}{R T} \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right)$$

тогда из (1): $V_b = \frac{m_b}{\rho} = \frac{\mu P V}{\rho R T} \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)$

объем пара $V_n = \frac{V}{\gamma}$

$$\Rightarrow \frac{V_n}{V_b} = \frac{V}{\gamma} \cdot \frac{\rho R T}{\mu P V \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right)} =$$

$$= \frac{\rho R T \gamma}{\mu P (\gamma - 1)} = \frac{1000 \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^3} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 5,6}{5,6 \cdot 0,018 \frac{\text{м}}{\text{моль}} \cdot (5,6 - 1) \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \cdot 4,6 \cdot 3,55 \cdot 10^3} = \frac{8310 \cdot 300}{828 \cdot 10^{-4}} = \frac{8310 \cdot 3 \cdot 10^2}{828 \cdot 10^{-4}} = \frac{24930 \cdot 10}{828 \cdot 3,55 \cdot 10^3} = \frac{24930 \cdot 10^6}{855 \cdot 3550} =$$

$$= \frac{2493}{855 \cdot 355} \cdot 10^6$$

Ответ: 1) $\frac{p_n}{p} = \frac{p_n}{p} = \frac{\mu p}{RT p} = \frac{1130}{831} \cdot 10^{-6}$

2) $\frac{V_n}{V_f} = \frac{pRT\gamma}{p\gamma\mu(\gamma-1)} = \frac{pRT}{p\mu(\gamma-1)} = \frac{24930}{828 \cdot 3,55} \cdot \frac{10^6}{10^3} = \frac{24930}{828 \cdot 3,55} \cdot 10^6$

$= \frac{24930}{828 \cdot 3,55} \cdot 10^6$

№ 4. Дано:

$\alpha = 45^\circ$

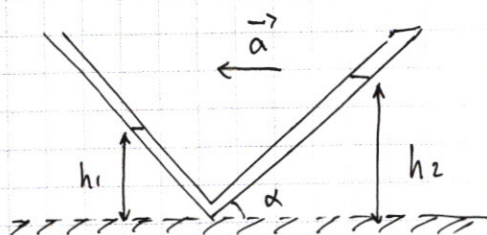
$a = 4 \text{ м/с}^2$

$h_1 = 10 \text{ см}$

$h_2 = ?$

$V = ?$

Решение:



Затем 2 ЗН для масса находящегося в правом
конце ~~на~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано: $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v = 2v_0$
 $v_y = ?$
 $t = ?$
 $H = ?$

Решение:

$\frac{v_0 \sqrt{3}}{2} = 2v_0$
 $\downarrow g$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$
 $v_{0x} = v_x = \text{const}$
 $v_0 \cos \alpha = 2v_0 \sin \beta$
 $\cos \alpha = 2 \sin \beta$
 $\cos 30^\circ = 2 \sin \beta$
 $\frac{\sqrt{3}}{2} = 2 \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

$v_y = 2v_0 \cos \beta$
 $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

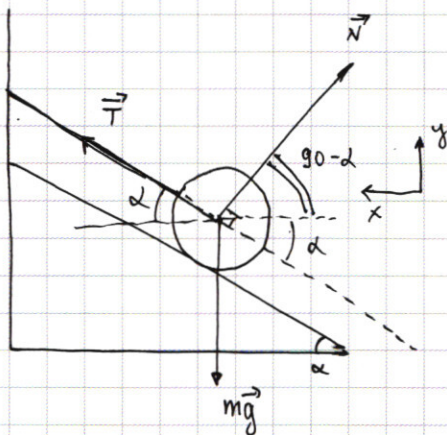
$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$
 $v_y = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Время полета зайки
 $v_y = v_{0y} + gt$
 $5\sqrt{13} = v_0 \sin \alpha + gt$
 $5\sqrt{13} = 5 + gt \Rightarrow t = \frac{5\sqrt{13} - 5}{g} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{2}$

Высота с которой прыгала зайка найдём из 3 СЭ.
 $mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(2v_0)^2}{2} \Rightarrow ghH = \frac{4v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow ghH = 3v_0^2$
 $H = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м.}$

② Дано:
 $H = \frac{(5\sqrt{13})^2 - (10 \cdot \frac{1}{2})^2}{2g}$
 $= \frac{25 \cdot 13 - 25}{2 \cdot 10} = \frac{25 \cdot 12}{2 \cdot 10} = 25 \cdot 6 = 15 \text{ м}$

Если система покоится, то $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$
 $\Rightarrow 0 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}$



Положим поверхность гладкой то $\vec{F}_{тр} = \vec{0}$

Условие равновесия на оси OX и OY.

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

$$OX: T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$N = T \operatorname{ctg} \alpha$$

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

$$N = T \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\operatorname{ctg} \alpha (mg - N \cos \alpha)}{\sin \alpha} =$$

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

$$N \sin \alpha = mg \operatorname{ctg} \alpha - N \cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha$$

Когда система вращается с угловой скоростью около оси OZ.
то центр находится на расстоянии $a_n = \omega^2 R$

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R_0} = \frac{\omega^2 R^2}{R_0} = \omega^2 R_0$$

$$R_0 = (L + R) \cos \alpha$$

$$OX: m a_n = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha$$

$$OY: mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha$$

$$\begin{cases} m \omega^2 R = T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \\ mg = T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} T_1 = \frac{m \omega^2 R + N_1 \sin \alpha}{\cos \alpha} \\ mg = \operatorname{tg} \alpha (m \omega^2 R + N_1 \sin \alpha) + N_1 \cos \alpha \end{cases}$$

$$mg = \operatorname{tg} \alpha m \omega^2 R + N_1 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha + N_1 \cos \alpha$$

$$mg = \operatorname{tg} \alpha m \omega^2 R + N_1 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha + N_1 \cos \alpha$$

$$N_1 = \frac{mg - \operatorname{tg} \alpha m \omega^2 R}{\sin \alpha \operatorname{tg} \alpha + \cos \alpha} : \text{ответ}$$

$$N_1 = \frac{mg \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 R \cos \alpha}{\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha}$$

$$N_1 = \frac{mg - m \omega^2 R}{\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$N_1 = \frac{mg - m \omega^2 R \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

⑤ Дано:

Решение:

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

Положим мощность ваттметр при $T = \text{const}$ $p_0 = \text{const}$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p = \frac{pRT}{\mu b}$$

μ - молярная масса

$$\mu_b = 1000$$

$$T = \text{const}$$

$$\rho = 121 \text{ см}^3$$

$$\rho = \frac{p \cdot \mu b}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300}$$

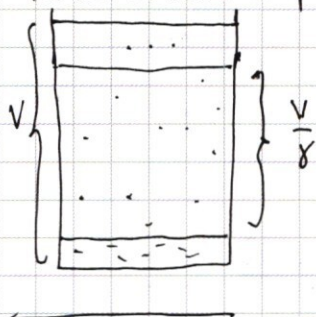
$$\alpha = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} =$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

$$\rho = 5,6$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

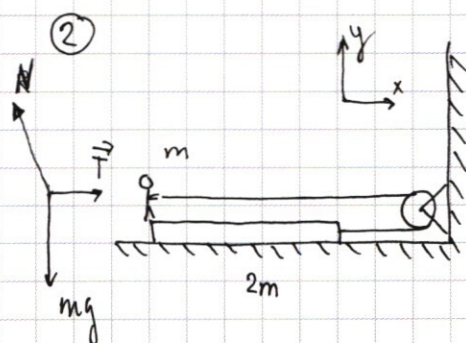
Когда объем пара уменьшился в $\gamma = 5,6$ то $V_1 = \frac{V}{\gamma}$ V - нач. объем сосуда



Пар конденсировался в воду

$$\rho = \text{const}; \quad \frac{m}{V} = \rho = \frac{m\gamma}{V} \Rightarrow \rho_1 = \frac{m\gamma RT}{V\mu\theta}$$

ρ_1 - давление пара

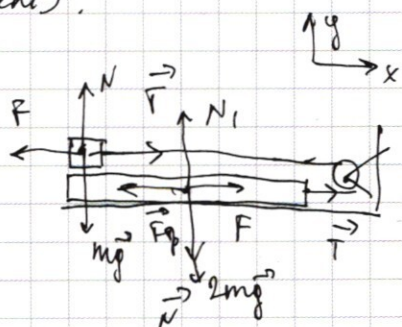


Сила, с которой человек тянет канат равна силе натяжения.

Вся система движется с одним и тем же ускорением $\vec{a} = 0$ (сила прикладываемая к брусу m_1).

Но по оси Oy : $a_y = 0$

Запишем 2ой Закон Ньютона для всей системы (без учета внутренних сил).



$$Oy: 0 = N + N_1 - mg - 2mg + N$$

$$N_1 = 3mg.$$

$3mg = 0$ (система движется с одним и тем же ускорением).

$$0 = F + T - F\cos\theta + T - F$$

$$2T = F\cos\theta = \mu 3mg$$

$$T = \frac{3}{2}\mu mg.$$

Если человек приложит силу $F > T$ то ускорения человек и брусок будут разными с одинаковым ускорением $\vec{a}$

или

5

$$\begin{array}{l} T = 300 \text{ K} \\ V \\ p \end{array}$$

Угнетенное состояние две пары

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{pRT}{M} \Rightarrow p = \frac{MP}{RT}$$

$$\frac{V_0}{V_B}$$

Когда объем $P_{\text{общий}} T = \text{const}$ по давлению
пары остается таким же, как и в начале

V -начальный объем сосуда

$$p \frac{V}{\gamma} = \frac{m_1 RT}{M}$$

$$\text{объем воды } V_B = \frac{m_B}{\rho_B}$$

$$m_B = m - m_1$$

$$p = \text{const} = \frac{m}{V} = \frac{m_1}{\frac{V}{\gamma}} = \frac{\gamma m_1}{V}$$

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

$$m_B = \frac{MPV}{RT} - \frac{MPV}{\gamma RT} \Rightarrow V_B = \frac{1}{\rho_B} \left(\frac{MPV}{RT} - \frac{MPV}{\gamma RT} \right)$$

Объем воды

$$\frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^8}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{0,018 \cdot 3,55}{8,31 \cdot 300} = \frac{0,018 \cdot 3,55}{831 \cdot 3} =$$

$$\begin{array}{r} 0,018 \\ 3,550 \\ \hline 0,0654 \end{array}$$

$$0,006 = \frac{0,006 \cdot 3,55}{831}$$

$$\begin{array}{r} 3,000 \\ 0,006 \\ \hline 18000 \\ 0000 \\ \hline 0,018000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,006 \\ 3,550 \\ \hline 0,02130 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,018 \\ 3,550 \\ \hline 0,0654 \\ 0,0000 \\ \hline 0,0654 \\ 0,0000 \\ \hline 0,0654 \\ 0,0000 \\ \hline 0,0654 \\ 0,0000 \\ \hline 0,0654 \end{array}$$

$$\alpha = \frac{11,3 \cdot 10^{-4}}{831}$$

$$\alpha = \frac{11,3 \cdot 10^{-4}}{8,31 \cdot 10^2} = 2 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{array}{r} 0,006 \\ 3,550 \\ \hline 0,02130 \\ 0,0000 \\ \hline 0,02130 \\ 0,0000 \\ \hline 0,02130 \end{array}$$

$$11,3 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{1130}{831}$$

$$0,0828000000$$

$$828 \cdot 10^{-4}$$