Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

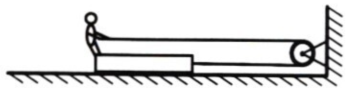
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^0$ 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/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

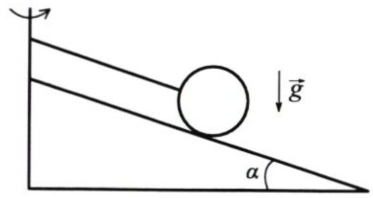
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

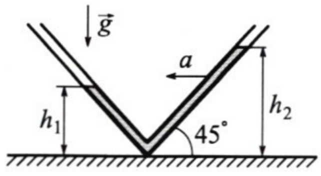
1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с^2 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?

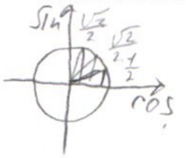
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.

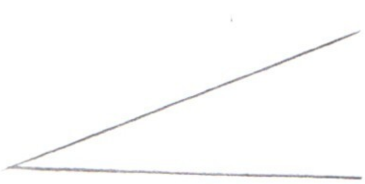


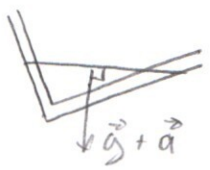
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27 ^{0}С и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.







$20 \cdot 15 = 300 \quad 325 =$

$\cancel{15}$

325	5
65	5
13	

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $N = (m+M)g$; $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$; $t = \sqrt{\frac{2S(2F-3\mu mg)}{3m}}$

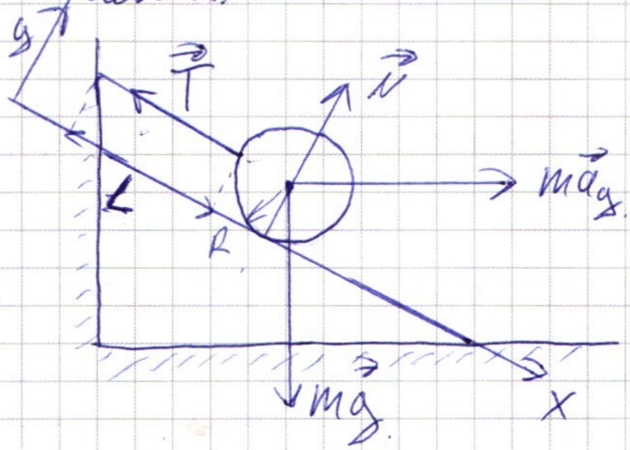
№3

Дано: ω, m, R, α, L

$N_1 - ?$

$N_2 - ?$

Решение:



$a_y = \omega (L+R)^2 \cos^2\alpha$

Запишем II ЗН для шара:

Если $\omega = 0$, то $ma_y = 0 \Rightarrow$

$$Ox: \begin{cases} T = mg\sin\alpha \\ N_1 = mg\cos\alpha \end{cases}$$

Если $\omega \neq 0$, то $ma_y = m\omega(L+R)^2\cos^2\alpha$

$$Ox \begin{cases} T' = mg\sin\alpha + ma_y\cos\alpha \\ N_2 = mg\cos\alpha - ma_y\sin\alpha = m(g\cos\alpha - \omega(L+R)^2\cos^2\alpha\cdot\sin\alpha) \end{cases}$$

Ответ: $N_1 = mg\cos\alpha$; $N_2 = m(g\cos\alpha - \omega(L+R)^2\cos^2\alpha\cdot\sin\alpha)$

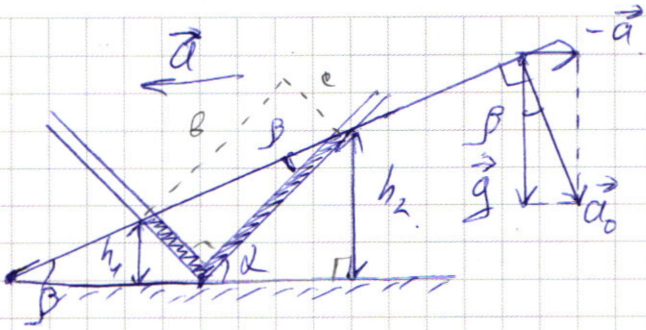
№ 4.

Дано: $\alpha = 45^\circ$, $a_0 = 4\ \frac{м}{с^2}$, $h_1 = 10$ см

$h_2 - ?$ $v - ?$

Решение:

Из св-ва сообщ сосудов $\Rightarrow$, что уровень жидк во всех столбцах находится на одном уровне и $\perp$ к $a_0 \Rightarrow$

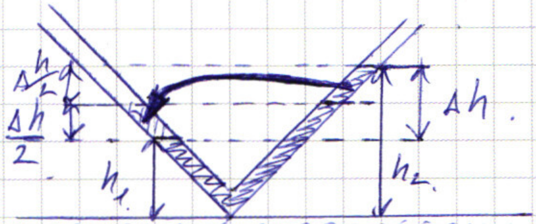


$$\frac{c}{b} = \frac{h_1}{h_2} = tg\beta \quad (т.к.\ c = \sqrt{2}h_1,\ b = \sqrt{2}h_2)$$

$$\frac{a}{g} = tg\beta$$

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

$$h_1 = 10 \cdot \frac{4}{10} = 4\ см$$



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

После исчезновения a уровень жидкости станет стремиться занять равновесное состояние $\Rightarrow$ высота жидкости в трубочках окажется одинаковой, рассмотрим кусочек воды находящийся выше равновесного уровня воды на $\frac{\Delta h}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2}$, Запишем ЗСЭ для него $\Delta m g \frac{\Delta h}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2}$ $\upsilon = \sqrt{\frac{2g(h_2-h_1)^2}{h_1+h_2}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,06^2}{0,14}} = \cancel{2\sqrt{3/5}}\ \frac{м}{с}$ $0,06\sqrt{\frac{1}{1,4}}\ \frac{м}{с}$

Ответ: $h_1 = 4$ см $\upsilon = \frac{\cancel{\sqrt{6}}}{0,06 \cdot \sqrt{\frac{1}{14}}} \frac{м}{с} = \sqrt{\frac{3}{5}} \frac{м}{с}$

Дано:

$T = 27°C = 300K$

$P_п = 3,55 \cdot 10^3$ Па

$\rho = 1 \frac{г}{см^3}$

$\mu = 18 \frac{г}{моль}$

$\frac{\rho_п}{\rho_в}$ — ?

$\frac{V_п}{V_в}$ — ?

Решение:

Давление пара $\sim V \Rightarrow$

$P_п \cdot V = \nu_п RT$

$\nu_п = \frac{m}{\mu} \Rightarrow P_п = \frac{mRT}{\mu V} = \rho_п \frac{RT}{\mu}$

$\rho_п = \frac{P_п \mu}{RT} = \cancel{\frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300}} = \cancel{\ldots}$

$\cancel{\approx 0,0256\ \frac{кг}{м^3}} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{1000 \cdot 300 \cdot 8,31} \approx 0,42 \cdot 6 = 2,52\ \frac{кг}{м^3}$

$\cancel{\approx 0,0025\ \frac{г}{см^3}}$

$\frac{\rho_п}{\rho_в} = \frac{P_п \mu}{\rho RT}$

$P_1 = \gamma P_0$ т.к. $P_1 \frac{V_0}{\gamma} = \nu RT$

$P_0 V_0 = \nu RT$

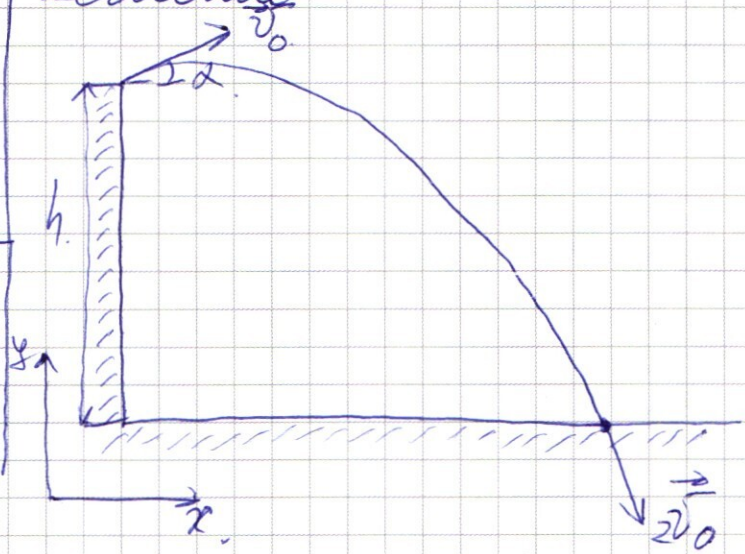
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:
$v_0 = 10\frac{м}{с}$
$\alpha = 30^\circ$
$v_к = 2v_0$

$v_{yк} - ?$
$t - ?$
$h - ?$

Решение:



Запишем ЗСЭ.

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

$$h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{10^2 \frac{м^2}{с^2}}{10\frac{м}{с^2}} = 15м$$

Перемещение по оси $y = -h$ ⇒ запишем формулу перемещения

$$-h = v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{2} - v_0 \sin\alpha t - h = 0 \qquad 5t^2 - 5t - 15 = 0$$

решим квадратное уравнение в числах

$$t = \frac{5 \pm \sqrt{25 + 4 \cdot 5 \cdot 15}}{10} = \frac{1 \pm \sqrt{13}}{2} = \frac{1+\sqrt{13}}{2} с \quad \text{1 корень т.к. } t>0.$$

запишем изменение проекции скорости вдоль Oy.

$$v_{yк} = v_0 \sin\alpha - gt = 5 - 5 - 5\sqrt{13} = -5\sqrt{13}\,\frac{м}{с}$$

Ответ: $h = 15м$ $t = \frac{1+\sqrt{13}}{2}с$ $v_{yк} = -5\sqrt{13}\frac{м}{с}$

№2

Дано:

S, m, μ.

$M = 2m$.

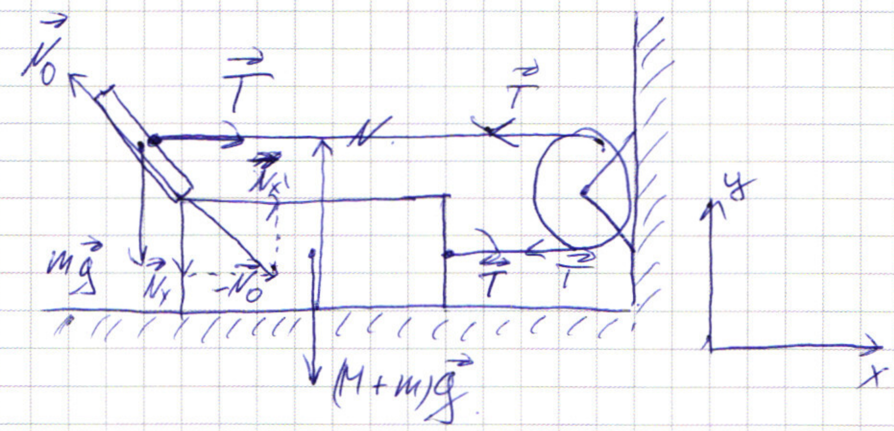
$F > F_0$

N_0 – ?

F_0 – ?

t – ?

Решение



Запишем II Закон Ньютона для человека и ящика отдельно

Чтобы человек был неподвижен его N_0 должно быть равно:

$$N^2 = m^2g^2 + T^2$$

Проекции сил на ящик: (N_0 можно спроецировать на оси коорд. $\Rightarrow N_x = T;\ N_y = mg$)

$$\begin{matrix} Ox \\ Oy \\ \ \end{matrix}\begin{cases} N_x + T - F_{TP} = (M+m)a \\ N_x + Mg - N = 0 \\ F_{TP} = \mu N \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2T - \mu N = (M+m)a \\ (m+M)g = N \end{cases} \Rightarrow T = \frac{(M+m)a + \mu(m+M)g}{2}$$

Если $a > 0$, то

$$F > F_0 = T = \frac{\mu(m+M)g}{2} = \frac{3}{2}\mu mg$$

Найдем ускорение вдоль оси x при $F = T$.

$$\frac{2F - 3\mu gm}{3m} = a \Rightarrow S = \frac{at^2}{2} \quad v = at$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \quad v = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2S(2F - 3\mu gm)}{3m}}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

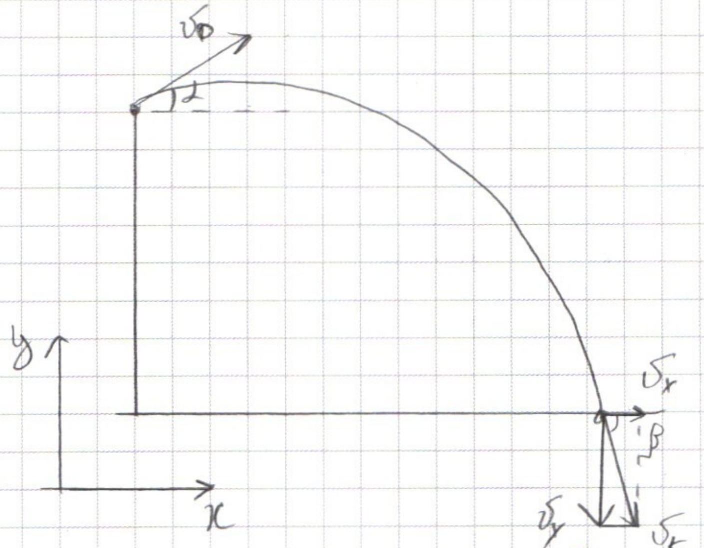
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.

Дано:
$v_0 = 10 \frac{м}{с}$
$\alpha = 30°$
$v_к = 2v_0$
$v_{yк} - ?$
$t - ?$
$h - ?$

Решение:



Запишем формулы изменения проекций координат и скоростей.

$$Oy \begin{cases} v_0 \cdot \sin\alpha = v_{yн} - gt \\ y = v_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$Ox \begin{cases} v_0 \cdot \cos\alpha = v_{xн} = v_{xк} \\ x = v_0 \cos\alpha \cdot t \end{cases}$$ – т.к. ускорения вдоль оси x нет.

~~т.к. $v_0 \cos\alpha = v_{xн} = v_{xк} \Rightarrow$~~

Запишем ЗСЭ для тела

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_к^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_к^2 - v_0^2}{2g}$$

$\cancel{v_к = \sqrt{2gh + v_0^2}}$ $h = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{2g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{10^2}{10} = 15м$

Пусть $y = -h \Rightarrow \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin\alpha \cdot t + h = 0$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

Решим квадратное уравнение относительно t

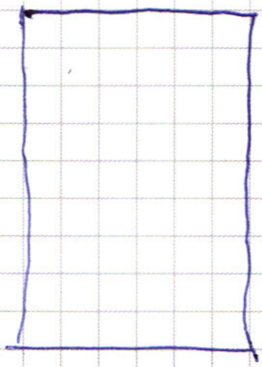
$5t^2 - 5t - 15 = 0$

$t = \frac{5 \pm \sqrt{25+20\cdot 15}}{10} = \frac{5(1 \pm \sqrt{13})}{10} = \frac{1 \pm \sqrt{13}}{2} = \frac{1+\sqrt{13}}{2}$ т.к. $t > 0$.

$v_{yк} = v_0 \sin\alpha - gt$

$v_{yк} = 5 - 5 - 5\sqrt{13} = -5\sqrt{13}$

Ответ: $h = 15$ м $t = \frac{1+\sqrt{13}}{2}$ $v_{yк} = -5\sqrt{13}$



$P_п = \rho_п \frac{RT}{M}$

? ? const

const $P = P_0 + P_п$

$P_0 = \frac{\nu RT}{V}$

?V

?

$\rho_п = \frac{P_п M}{RT} = \frac{3.55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \frac{м^2}{\cancel{см}} \cdot 10^4}{R \cdot \cancel{300K} \cdot \cancel{1000}} = \frac{кг}{м^3}$

$\frac{8 \cdot 7.1}{8.31} = \frac{14.4}{8.31} = 1.5$ м $= 100$ см ~~1 см~~ 0.09

$P = P_п + P_0$

$P_0 = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\rho \nu RT}{m} = \frac{\rho RT}{M}$

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

$P = \frac{RT}{M}(\rho_п + \rho_в)$

$\left(P - \frac{RT\rho_в}{M}\right)$

$\sqrt{\frac{10 \cdot 0.06^2}{0.14}} = \frac{36 \cdot \cancel{1000}}{\cancel{1000} \cdot 3.14}$

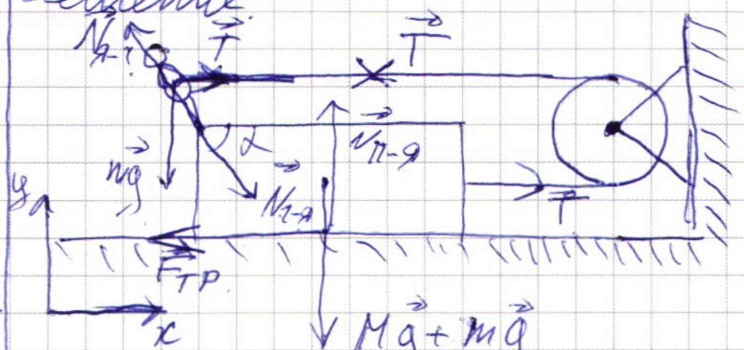
$6 \cdot \sqrt{\frac{1}{14000}} = 0.06 \cdot \sqrt{\frac{1}{1.4}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано:
S
m
$M=2m$
$F>F_0$
μ
$N_я - ?$
$F_0 - ?$
$t - ?$

Решение:



$\vec{N}_{яч} = -\vec{N}_{чя}$

Запишем II закон Ньютона для человека и ящика в отдельности.

$mg^2 + T^2 = N_{я-ч}^2$ - на человека $\Rightarrow$ ~~$N_я$~~ $=$

$$\begin{cases} OX: N_{ч-я}\cdot\cos\alpha + T - F_{тр} = (M+m)a \\ OY: N_{ч-я}\cdot\sin\alpha + Mg - N_{п-я} = 0 \end{cases}$$
$N_{ч-я}\cdot\cos\alpha = T$; $N_{ч-я}\cdot\sin\alpha = mg$ — т.к. ящик не движ. по оси y.

$$\begin{cases} 2T - F_{тр} = (M+m)a \\ (m+M)g = N_{пя} \\ F_{тр} = N_{пя}\cdot\mu \end{cases} \Rightarrow T = \frac{(M+m)a + \mu(m+M)g}{2}$$

Если $a>0$, то
$$F_0 > T = \frac{\mu(m+M)g}{2} \Rightarrow$$

$$N_{я-ч} = \sqrt{m^2g^2 + \left(\frac{\mu(m+M)g}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{4mg + \mu^2(m^2+2mM+M^2)g^2}{4}}$$

$$N_{яч} = \sqrt{\frac{m^2g^2(4+\mu^2(1+4+4))}{4}} = \sqrt{\frac{m^2g^2(4+9\mu^2)}{4}}$$

Если $T = F$, то

$$a = \frac{2F - 3mg}{3m} \Rightarrow$$ Запишем перемещение ~~б~~ ящика

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3mg}}$$

Ответ: $F_0 > \frac{3\mu mg}{2}$ $N_{\text{ЯГ}} = \sqrt{\frac{m^2g^2(4+9\mu)}{4}}$

№ 3

Дано: | Решение:

ω

m

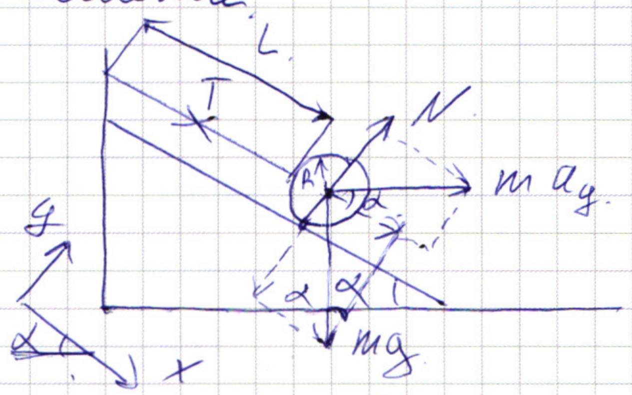
R

α

L

$N_1 - ?$

$N_2 - ?$



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

Если $\omega = 0$

Запишем ~~уравнение~~ II Закон Ньютона для шарика:

$$Ox: \begin{cases} T = mg\sin\alpha \\ N_1 = mg\cos\alpha \end{cases}$$
Oy

Если $\omega = \omega$

$$Ox \Rightarrow \begin{cases} T' = mg\sin\alpha + ma_y\cos\alpha \\ N_2 = mg\cos\alpha + ma_y\sin\alpha \end{cases}$$
Oy $\Rightarrow$ ~~$N_2 = m(g\cos\alpha +$~~

Ответ: $N_2 = m(g\cos\alpha + \omega (L+R)^2 \cos^2\alpha \sin\alpha)$; $N_1 = mg\cos\alpha$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

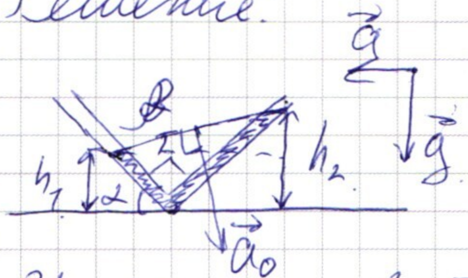
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

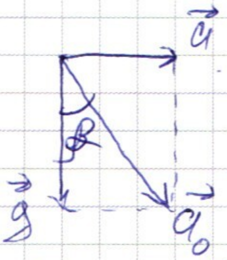
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

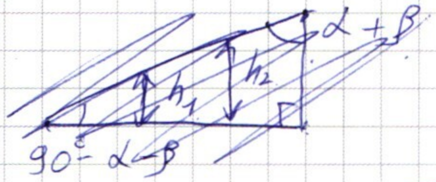
Дано:
$\alpha = 45^0$
$a = 4\ \frac{м}{с^2}$
$h_1 = 10$ см
$h_2 - ?$
$v - ?$

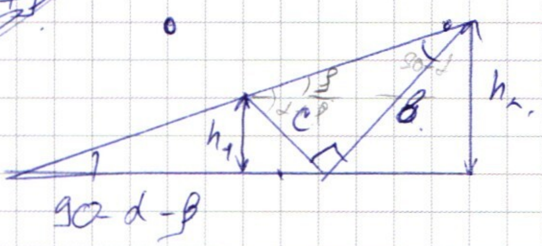
Решение:





Из ~~закона~~ свойства сообщающихся сосудов следует, что уровень жидкости во всех столбах составляет $\perp$ к ускорению действ на жидкость $\Rightarrow$ $tg\beta = \frac{a}{g} \Rightarrow$





$b = \sqrt{2}\, h_2$

$c = \sqrt{2}\, h_1$

$\frac{c}{b} = tg(90 - \alpha - \beta) = \frac{h_1}{h_2}$

$h_1 = h_2\, tg(45 - arctg\frac{a}{g}) = 10\, tg(45 - arctg\frac{2}{5})$

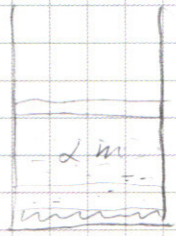
$h_1 =$

Если ускорение пропадет, то кусочек жидкости с правой стороны ~~него~~ приобретет ускорение $\frac{g}{\cos\alpha} = a_1 \Rightarrow$ его скорость ~~...~~ $a_1 t = v$.

$\frac{(h_2 - h_1)}{\cos\alpha} = \Delta l = \frac{a_1 t^2}{2}$ $\quad t = \sqrt{\frac{2\Delta l}{a_1}}$ $\quad v = \sqrt{2a_1\Delta l}$

$\sqrt{2g}$

$P = P_0 + P_B$



ΔV

$\frac{\cancel{99{,}68}}{1000}$

$\frac{35\,5\cdot\cancel{10^3}\cdot\cancel{0{,}0}\cdot\cancel{12}^6}{\cancel{1000}\cdot 300\cdot 8{,}31} = 4{,}0{,}42\cdot 6 = 25{,}2$

$PV = \nu RT$

$\Delta V \Delta P = \nu RT$

$P_1 = \gamma P$

$39{,}24$

$16{,}62$

$\frac{35{,}5}{8{,}31} = 4{,}2$

№5.

Дано:

$T = 27°C = 300°K$

$P = 3{,}55\cdot10^3\,Па$

$T = const$

$\rho_в = 1\,\frac{г}{см^3}$

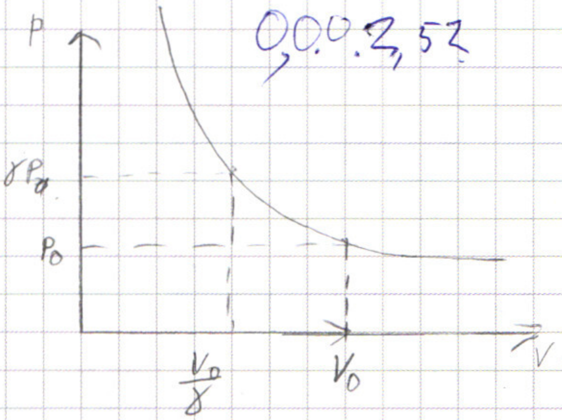
$\gamma = 5{,}6$

$\mu = 18\,\frac{г}{моль}$

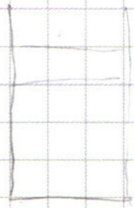
$\frac{\rho_П}{\rho_В}$ – ?

$\frac{V_П}{V_В}$ – ?

Решение:



$0{,}002{,}52$



$3{,}80$

$2{,}26$

2

4

$25{,}2$

$PV = \nu RT$

$P_0 V_0 = \nu RT$

$P_1 V_0 = \gamma \nu RT$

$P_1 = \gamma P_0$

$P_0 + P_{B0} = P$

$\gamma P_0 + P_{B1} = P$

$\gamma P - \gamma P_{B0} + P_{B1} = P$

$P_{B1} - \gamma P_{B0} = P(1-\gamma)$

$P_0 V = \nu RT$

$P_1 V = \gamma \nu RT$

$\boxed{P_1 = P_0\gamma}$

$P_0 + P_B = P$

$P_1 + P_B' = P$

$P(1-\gamma) = P_B - P_B'$

$P_B =$

$P = P_0 + P_П$

$P_B = \frac{\frac{m}{\mu}RT}{V}$

$P_B = \frac{m}{V}\rho_П\frac{RT}{\mu}$

$\boxed{P_П = \rho_П\frac{RT}{\mu}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)