Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^0$ 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.

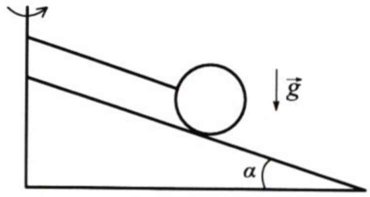
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 5m$. 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?

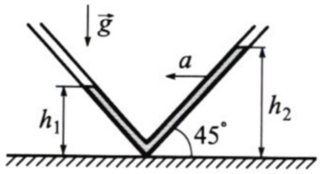
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L, привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

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 $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах 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/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.

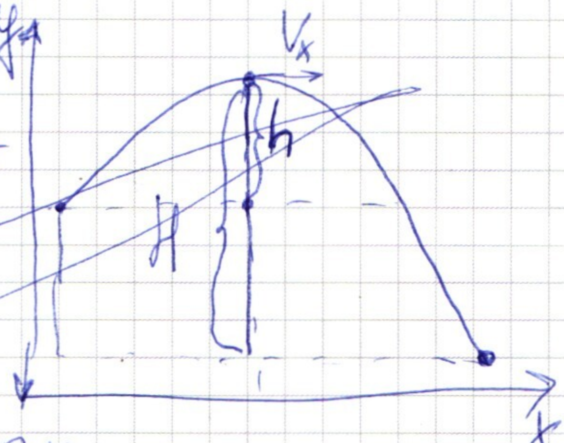
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95 ^{0}C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



1) Заметим, что в наивысшей точке полёта камень имеет только горизонтальную составляющую скорости V_x, а затем с ускорением g ~~ускорением~~ он падает вниз.

Тогда конечная скорость $2{,}5V_0 = \sqrt{V_x^2 + (gt_2)^2}$ (1), где t_2 — время падения после достижения наивысшей точки. Пусть H — ~~высота~~ расстояние от наивысшей точки до поверхности Земли, тогда зная, что ~~тел~~ камень равноускоренно движется вниз с нулевой начальной скоростью, получаем уравнение $H = \frac{gt_2^2}{2}$; $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$; (2)

Используя уравнение (1), найдём вертикальную составляющую скорости $V_y = gt_2$; $(2{,}5V_0)^2 = V_x^2 + V_y^2$;

$V_y = \sqrt{(2{,}5V_0)^2 - (V_x)^2}$; горизонтальная компонента V_x не изменяется со временем (силой сопротивления воздуха пренебрегаем), и она равна $V_x = V_0\cos\alpha$;

Тогда $V_y = \sqrt{(2{,}5\cdot 8)^2 - (8\cdot 0{,}5)^2} = \sqrt{20^2 - 4^2} = \sqrt{384}$ ~~$= \sqrt{16} = 4$ м/с²~~

1) ~~Ответ: 4 м/с²;~~

Задача 2

1) Поскольку нити строго горизонтальны, то сила натяжения нити не может скомпенсировать силу тяжести человека, поэтому ~~человек давит~~ сила тяжести, действующая на человека, давит на край ящика, и F_Σ (суммарная сила)
$F_\Sigma = mg + Mg = 6mg$;

2) Чтобы осуществить задуманное человеку надо тянуть канат с силой, ~~равной~~ больше максимальной силе трения покоя — ~~тр~~ силой трения скольжения.
~~H~~ $F_{тр} = \mu N = 6\mu mg$, поэтому $F_{min} = 6\mu mg$;

3) Пусть человек приложил силу F, тогда ускорение человека с блоком равно:
$a = \frac{F_\Sigma R}{6m}$, где R — равнодействующая.
$a = \frac{F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F}{6m} - \mu g$; g — ускорение свободного падения;

Из уравнения равноускоренного движения получаем: $S = \frac{at^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$; $V_к$ — конечная скорость:
$V_к = at = a\sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \cdot (\frac{F}{6m} - \mu g)}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1;

Пусть h – высота башни, тогда для вертикального движения получаем уравнение:

(1) $h = V_{y0} t + \frac{gt^2}{2}$, решая которое, найдем время t;

Разложим конечную скорость на составляющие:

$(2{,}5V_0)^2 = V_{yk}^2 + V_x^2$; $V_{yk} = \sqrt{(2{,}5V_0)^2 - V_x^2}$; $V_{yk} = \sqrt{(2{,}5\cdot 8)^2 - (8\cdot\frac{1}{2})^2} =$

$= \sqrt{400-16} = \sqrt{384} = \sqrt{3\cdot 2^7} = 8\sqrt{6}$ м/с;

1) ответ: $V_{yk} = 8\sqrt{6}$ м/с;

Теперь ~~зап~~ найдем среднюю скорость в течении пути: $V_{ср} = \frac{V_{y0}+V_{yk}}{2} = \frac{V_0 \sin\alpha + 8\sqrt{6}}{2} = \frac{4\sqrt{3}+8\sqrt{6}}{2} = 2\sqrt{3} + 4\sqrt{6}$ м/с;

Тогда высота башни равна: $h = V_{ср}\cdot t = 2\sqrt{3}(1+2\sqrt{2})t$

$V_{yk} = V_{y0} + gt$; (равноускоренное вертикальное движение)

$gt = V_{yk} - V_{y0}$; $t = \frac{V_{yk}-V_{y0}}{g}$; $t = \frac{8\sqrt{6}-4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{10} =$

$= 0{,}4\cdot\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)$ с.

Ответ: $t = 0{,}4\cdot\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)$

3) поскольку мы пренебрегаем силой сопротивления воздуха, то V_x постоянно, и горизонтальное смещение $S = V_x\cdot t = 4\cdot 0{,}4\cdot\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1) = 1{,}6\cdot\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)$.

Задага 5

Уравнения Клапейрона-Менделеева найти характер зависимость $\nu(V)$;

$pV = \nu RT$; $\frac{p}{RT} = \frac{\nu}{V}$; $p = const$; $T = const \Rightarrow \frac{p}{RT} = const$;

$\frac{\nu}{V} = const$; зависимость линейная;

$\nu = kV$; значит, если объем пара уменьшился в γ раз, то и количество вещества пара уменьшилось в γ раз; $\frac{m}{\mu} = kV$; (k - коэффициент; $k = \frac{p}{RT}$)

$m = \mu kV$;

Пусть в некоторый момент времени объём уменьшился в γ раз, тогда масса также уменьшилась в γ раз, и $m_0 = \gamma m_k$; тогда количество выделившейся массы воды равно

$\Delta m = m_0 - m_k = \gamma m_k - m_k = (\gamma - 1) \cdot m_k = m_B$

Тогда отношение объема пара к объему воды равно: $\frac{V_k}{\frac{\Delta m}{\rho_B}} = \frac{\frac{m_k}{\mu} \cdot R \cdot T \cdot \rho_B}{p \cdot (\gamma - 1) m_k} = \frac{RT \cdot \rho_B}{\mu p(\gamma - 1)} = \cancel{\frac{8,31 \cdot 95}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}} =$

$= \cancel{\frac{8,31 \cdot 95}{}} = \cancel{\frac{RT \cdot \mu p}{\mu p \cdot (\gamma - 1) \cdot m_k \cdot RT}} = \frac{8,31 \cdot 95 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} =$

$= \frac{8,31 \cdot 95 \cdot 10^3}{18 \cdot 85 \cdot 3,7} = \frac{8,31 \cdot 19 \cdot 10^3}{18 \cdot 17 \cdot 3,7} \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{1000}{3,7} \approx \frac{1}{2} \cdot 270 \approx 135$ раз;

Ответ: 135 раз;

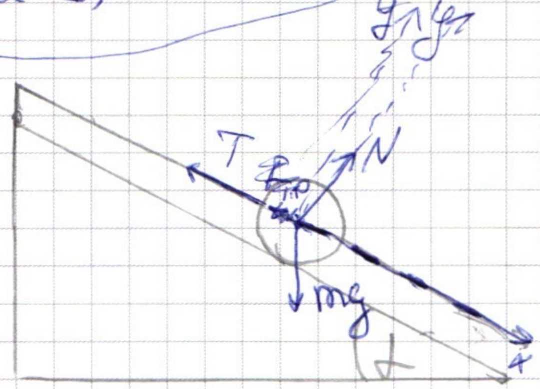
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

3) Ответ: $1{,}6\cdot\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)$

Задача 23

1)



Распишем силы, действующие на шар:

1) $\vec{N}$ – сила реакции опоры, перпендикулярно поверхности

2) $\vec{T}$ – сила натяжения нити, по направлению нити

3) $F_{тяж} = mg$, сила тяжести, вертикально вниз

Направим ось x параллельно поверхности клина, ось y – перпендикулярно, и спроецируем силы. Поскольку шар покоится, равнодействующая всех сил равна 0:

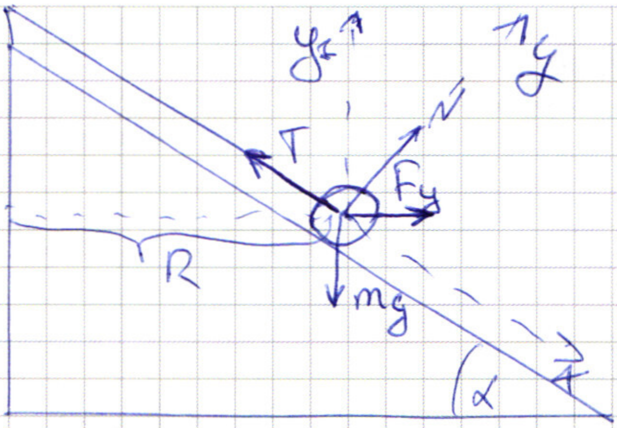
для x: $T = mg\sin\alpha$;

для y: $N = mg\cos\alpha$;

Ответ: $T = mg\sin\alpha$;

2) При ~~д~~ вращении системы появляется центробежная сила, которая компенсируется силой натяжения нити

Задача 3



Распишем силы:

T – сила натяжения нити

N – сила реакции опоры

$F_{тяж} = mg$ – сила тяжести

$F_y = ma_y$ – центробежная сила; a_y – центробежное ускорение

Заметим, что при движении по окружности $a_y = \omega^2 r$, где r – радиус вращения;

$r = (L + R) \cdot \cos\alpha$.

спроецируем силы на оси x и y:

для O_x: $T - F_y \cos\alpha - mg \sin\alpha = 0$;

для O_y: $N + F_y \sin\alpha - mg\cos\alpha = 0$

$F_y = \omega^2 r = \omega^2 (L+R)\cos\alpha$;

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

Ответ: $T = \omega^2 \cos^2\alpha (L+R) + mg\sin\alpha$;

Заметим, что шарик оторвется от клина тогда, когда, проекция T на ось y_1, ~~сонаправленную~~ параллельную направлению силы тяжести, станет больше силы тяжести

$T \sin\alpha > mg$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

Из-за разности уровней воды возникает результирующая сила, компенсирующая ~~силу~~ действие силы, разгоняющей систему.

$F_p = \rho g h_2 S - \cancel{\rho g h_1 S} = \rho g S(h_2 - h_1)$ – сила, созданная разностью высот, S – площадь сечения

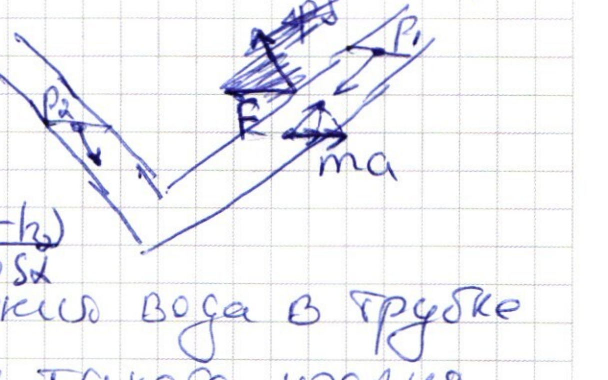
Эта сила компенсирует действие внешней силы (спроецируем $F_{вн}$);

~~$F_{вн} \cos\alpha = F_p = \rho g(h_2 - h_1)\cos\alpha$; $a = \frac{\rho g(h_2 - h_1)\cos\alpha}{m} = \sqrt{g}(h_2 - h_1)\cos\alpha$~~

$F = ma$; $\Delta h S = \frac{\Delta V}{\cos\alpha}$;

$ma = \frac{\rho g \Delta h S}{\cos\alpha}$; $m = \rho V$; $V = \frac{(h_1 + h_2)S}{\cos\alpha}$

$\rho V a = \frac{\rho g \Delta h S}{\cos\alpha}$; $(h_1 + h_2)a = \frac{g(h_1 - h_2)}{\cos\alpha}$



2) После „изчезания" ускорения вода в трубке будет стремиться достичь такого уровня, при котором $h_1 = h_2$ (высота левого столба равна высоте правого), что возможно при $h = \frac{h_1 + h_2}{2} = 10$ см;

~~Тогда вода будет двигаться с ускорением вдоль трубы, равным $g\sin\alpha$, и пройдет расстояние~~

~~$\frac{(h_2 - h_1)}{\cos\alpha} = \frac{2 \cdot 2}{\sqrt{2}} \cdot 2 = \frac{4\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}$ см;~~

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

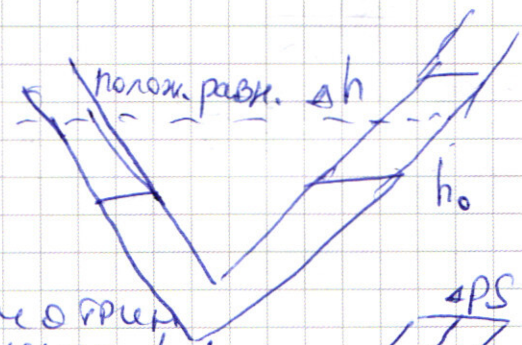
Задача 4

Поскольку в разный момент времени разность уровней воды после остановки будет отличаться, у нас будет переменное ускорение, которое описывается уравнением гармонических колебаний;

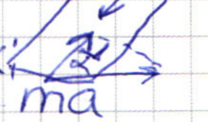
Однако можно упростить задачу и заметить, что столбик воды высотой $h_2 - h_1$ имеет потенциальную энергию, часть которой перейдет в потенциальную энергию столбика во ~~вы~~ соседнем столбе, а именно половина (т.к. 2см — это половина от $h_2 - h_1$), отсюда оставшаяся часть потенциальной энергии перейдёт в кинетическую:

$\frac{mg(h_2 - h_1)}{2} = \frac{mV^2}{2}$; $\frac{g \Delta h}{2} = V^2$; $V = \sqrt{0{,}02 \cdot 10} = \sqrt{0{,}2}$ м/с;

Ответ: $\sqrt{0{,}2}$ м/с;



Возвращаясь к пункту первому, рассмотрим ту часть воды, что выше h_1:



Получаем: $ma\cos\alpha = \rho g S \Delta h$; $\frac{\Delta h \cdot S}{\cos\alpha}$

$m = \rho V$; $V \cdot \cos\alpha = (h_1 + h_2) \cdot S \cdot \sin\alpha$

$\frac{a \cdot \rho \cdot S \cdot (h_1 + h_2) \cdot \cos^2\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\rho g \cdot \Delta h \cdot S}{\cos\alpha}$ $\quad a(h_1 + h_2) \cdot \operatorname{ctg}\alpha = g(h_1 - h_2)$

$a = \frac{g(h_1 - h_2)}{(h_1 + h_2)\operatorname{ctg}\alpha}$;

Ответ: $a = 2$ м/с^2

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Задача 1~~

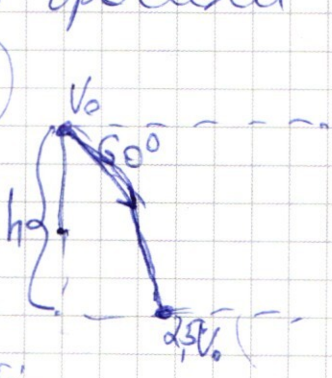
~~2) Время полета камня складывается из времени подъёма τ_1 и времени падения τ_2; причем τ_1 из уравнения равноускоренного движения получаем:~~ $h=\frac{g\tau_1^2}{2}$; $\tau_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (3)

~~Зная, что~~ $V_y = g\tau_2$, ~~найдем~~ τ_2: $\tau_2=\frac{V_y}{g}=0,4$ с

~~Теперь заметим, что начальная вертикальная компонента скорости~~ $V_{y0}=V_0\sin\alpha = 4\sqrt{3}$, и $V_{y0}=g\tau_1$, откуда $\tau_1=\frac{V_{y0}}{g}=0,4\cdot\sqrt{3}$ с

Задача 1

Поскольку камень всё время приближался к поверхности Земли, то камень бросили под углом вниз (~~смотр~~ рис (1)) (1)



Пренебрегая силой сопротивления воздуха, заметим, что горизонтальная составляющая скорости V_x постоянна и равна начальной:

$V_x = V_0\cos\alpha = 4$ м/с; ~~Горизонта~~ вертикальная составляющая V_y равноускоренно изменялась: $V_{yk}=V_{y0}+gt$, где t — время падения

Задача 5

Используем уравнение Клапейрона-Менделеева:

$\nu RT = pV$, где p-давление, V-объём, T-температура, ν-количество вещества, R-универсальная газовая постоянная;

$V = \dfrac{\frac{m_п}{\mu} \cdot R \cdot T}{p}$; Плотность пара $\rho_п = \dfrac{m_п}{V_п} = \dfrac{\mu p m_п}{m_п RT} = \dfrac{\mu p}{RT}$;

Плотность пара равна $\dfrac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8{,}5 \cdot 10^4}{8{,}31 \cdot 95} =$

$= \dfrac{18 \cdot 85}{8{,}31 \cdot 95} \approx 2 кг \cdot м^3 = 0{,}002 г/см^3$;

Отношение $\dfrac{\rho_п}{\rho_в} \approx \dfrac{0{,}002}{1} \approx 0{,}002$

~~В процессе $T = const$, и т.к. в изотермических процессах $pV = const$, поэтому~~; но

Поскольку пар остаётся насыщенным на протяжении опыта, то $\rho_п = const$, а часть насыщенного пара конденсируется, поэтому его масса непостоянна, и $\frac{m}{\mu} RT$ различно в разные моменты времени, и pV также различно. Однако, поскольку $\rho_п = const$, то

$\dfrac{\mu p}{RT} = const$; значит, отношение $\dfrac{p}{T}$ постоянно, и

т.к $T = const$, то и $p = const$;

Значит, поскольку количество вещества ν и объём V непостоянны, то мы сможем с помощью

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$18 \cdot 85 = 1530$

$85 = 5 \cdot 17$

$5 \cdot 19$

$\frac{18 \cdot 17}{8{,}31 \cdot 19} = \frac{17}{8{,}31} = 2$

$\frac{18 \cdot 17}{8{,}31 \cdot 89}$

$18 \cdot 17 = 306$

$\frac{306}{157{,}89}$

$\frac{310}{160} = \frac{31}{16} = \frac{}{157{,}89}$

$8{,}31$

$19{,}00 - 8{,}31$

$15{,}789$

$\frac{15{,}5}{8}$

$\frac{7{,}75}{4} \cdot 25$

18 · 85

$pV = \nu RT$

$R = \frac{pV}{\nu T}$

$R = \frac{Па \cdot м^3}{моль \cdot К}$

$\rho = \frac{Mp}{RT} = \frac{моль \cdot г \cdot Па \cdot К}{Па \cdot м^3 \cdot К \cdot моль \cdot Па}$ моль г · Па / м³ · моль Па = г/м³

$\rho = \frac{\frac{г}{моль} \cdot Па}{\frac{Па \cdot м^3}{моль \cdot К} \cdot К}$

384/3 = 128

$2 \cdot 7{,}75 \cdot 25 = 193{,}75$

$\frac{31}{16}$

2 кг/м³

0,002 г/см³

$\rho = \frac{m}{V}$; $V = \frac{m}{\rho}$

$\frac{16 \cdot 10^3}{31 \cdot 3{,}7}$

$\frac{2 \cdot 10^3}{3{,}7}$

1000 : 270

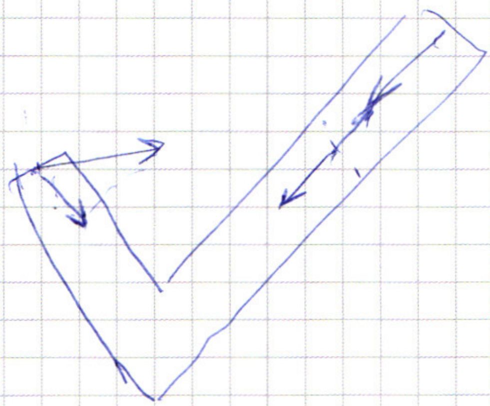
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$pS = \rho g h S = \frac{\rho g \Delta V}{m} = \rho a$



$F = \rho$

$F\cos\alpha = \rho g$

$ma\cos\alpha = \rho g \Delta h S$;

$\Delta ma\cos\alpha = \rho g \Delta V$

$a = \frac{\rho g}{\cos\alpha}$

$\rho \cdot V\cos\alpha = \rho g \Delta V$

$\rho g(h_1 + h_2) = \rho g(h_1 - h_2)$

$a(h_1 + h_2)\cos\alpha = g(h - h_2)$:

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)