Контрольная работа по физике. Выполнена в www.MatBuro.ru
©МатБюро – Решение заданий по математике, физике, экономике, бухучету
Выполняем контрольные для заочников: https://www.matburo.ru/sub_subject.php?p=fzao

Физика для заочников

Контрольная работа 1

Задание 108

Диск радиусом R = 0,2 м вращается согласно уравнению $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где A = 3 рад; B = –1 рад/с; C = 0,1 рад/с^3. Определите тангенциальное a_τ, нормальное a_n и полное a ускорения точек на окружности диска для момента времени t = 10 с.

Решение

r= 20 см=0,2 м
$\varphi = A + Bt + Ct^3$
A = 3 рад;
B = –1 рад/с;
C = 0,1 рад/с^3
T=10 с

a_τ = ?
a_n = ?
a = ?

$$a_n = \frac{v^2}{r} = w^2 r$$

$$w = \varphi' = \left(A + Bt + Ct^3\right)' = B + 3Ct^2$$

$$a_n = \left(B + 3Ct^2\right)^2 r = \left(-1 + 3\cdot 0.1\cdot 10^2\right)^2 0.2 = 168.2 \text{ м/с}^2$$

$$a_\tau = \varepsilon r = w' r = \left(B + 3Ct^2\right)' r = 6Ctr$$

$$a_\tau = 6\cdot 0.1\cdot 10\cdot 0.2 = 1.2 \text{ м/с}^2$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{1.2^2 + 168.2^2} = 168.21 \text{ м/с}^2$$

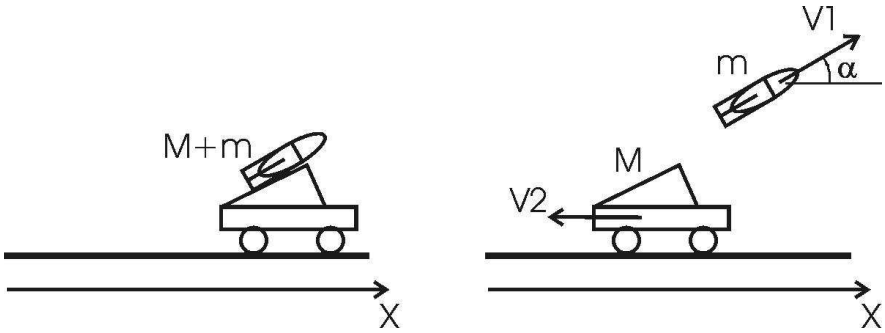
Задание 112

Орудие, жёстко закрепленное на железнодорожной платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом α = 30º к линии горизонта. Определите скорость U_2 отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью U_1 = 480 м/с. Масса платформы с орудием и снарядом m_2 = 18 т, масса снаряда m_1 = 60 кг.

Решение.

m = 60кг
M = 18000кг
V1 = 480 м/с
α = 30º

V2 = ?



Для определения скорости V2 воспользуемся законом сохранения импульса: $m\times\overline{V1}=M\times\overline{V2}$, где $m\times\overline{V1}$- импульс снаряда, $M\times\overline{V2}$ - вагона после выстрела.

Проектируем вектора импульсов на ось x и получаем:

На ось X: $m\times V1\times\cos\alpha=M\times V2$. Откуда искомая скорость $V2=\frac{m\times V1\times\cos\alpha}{M}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).

$$V2=\frac{60кг\times480м/с\times\cos30°}{18000кг}=1.39м/с.$$

Задание 123

Вагон массой m = 35 т движется на упор со скоростью v = 0,2 м/с. При полном торможении вагона буферные пружины сжимаются на ΔL = 12 см. Определите максимальную силу F_{max} сжатия буферных пружин и продолжительность Δt торможения.

Решение.

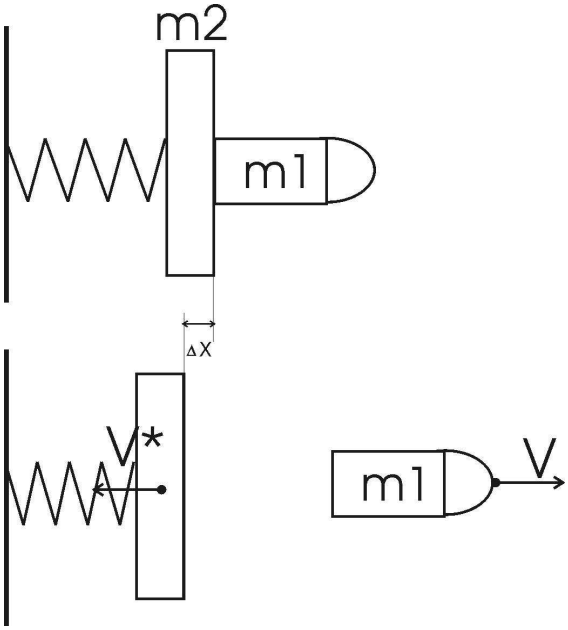
m= 16 т Δx = 8 см V= 0,6 м/с k = ?	Кинетическая энергия вагона до столкновения: $Ek = \frac{m \times (V)^2}{2}$, где V – скорость вагона. Эта энергия идет на деформацию пружины. Энергия деформированной пружины: $W = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$. Тогда $\frac{1}{2}k(\Delta x)^2 = \frac{m \times (V)^2}{2}$. Откуда искомая величина равна $k = \frac{m \times (V)^2}{(\Delta x)^2}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ). $k = \frac{16000кг \times (0,6м/с)^2}{(0,08м)^2} = 9 \times 10^5 Н/м = 0,9МН/м$.

Задание 134

Из ствола автоматического пистолета вылетела пуля массой m_1 = 10 г со скоростью v = 300 м/с. Затвор пистолета массой m_2 = 200 г прижимается к стволу пружиной, жёсткость которой k = 25 кН/м. На какое расстояние отойдет затвор после вылета? Считайте, что пистолет жёстко закреплён.

Решение.

m1 = 10 г
m2 = 200 г
k = 25 кН/м
V = 300 м/с
Δx = ?



Используем закон сохранения импульса: m1×V=m2×V*. Откуда $V^* = \frac{m1 \times V}{m2}$.

Кинетическая энергия затвора после выстрела: $E^*k = \frac{m2 \times (V^*)^2}{2}$.

Подставляем эту скорость $V^* = \frac{m1 \times V}{m2}$ в кинетическую энергию затвора:

$$E^*k = \frac{m2 \times (V^*)^2}{2} = \frac{m2 \times (m1)^2 \times (V)^2}{2 \times (m2)^2} = \frac{(m1)^2 \times V^2}{2 \times m2}.$$

Эта энергия идет на деформацию пружины. Энергия деформированной пружины: $W = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$. Тогда $\frac{1}{2}k(\Delta x)^2 = \frac{(m1 \times V)^2}{2 \times m2}$. Откуда искомая величина $\Delta x = \sqrt{\frac{(m1 \times V)^2}{k \times m2}} = \sqrt{\frac{(0.01кг \times 300м/с)^2}{25000Н/м \times 0.2кг}} = 0{,}042м = 4{,}2см$.

Задание 146

По горизонтальной плоской поверхности катится диск со скоростью v = 8 м/с. Определите коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь S = 18 м.

Решение.

V= 8 м/с

S= 18 м

k = ?

окружности (в нашем случае на поверхности диска) связаны соотношением s=φ×R, где R – радиус диска. Поэтому $V=\frac{ds}{dt}=\frac{d(\varphi\times R)}{dt}=R\times\frac{d\varphi}{dt}=R\times\omega$.

Откуда $\omega=\frac{V}{R}$.

По определению кинетическая энергия вращения равна $E_{вр}=\frac{J\times\omega^2}{2}$, где $J=\frac{m\times R^2}{2}$ - момент инерции сплошного диска. Тогда $E_{вр}=\frac{m\times R^2\times\omega^2}{4}$, а так как $\omega=\frac{V}{R}$, то $E_{вр}=\frac{m\times R^2\times V^2}{4\times R^2}=\frac{m\times V^2}{4}$.

Помимо вращения существует поступательное движение со скоростью V. По определению кинетическая энергия поступательного движения $E_{кин}=\frac{m\times V^2}{2}$.

Тогда полная кинетическая энергия равна

$$E=Eвр+Eкин=\frac{m\times V^2}{4}+\frac{m\times V^2}{2}=\frac{3\times m\times V^2}{4}.$$

Когда диск катится, на него действует сила трения (см. рис.) равная $F_{тр}=k\times mg$, где k – коэффициент сопротивления. Работа сил трения равна A=Fтр×S, где S – пройденный путь. Так как диск остановился, то вся кинетическая энергия пошла на работу против сил трения: A=Eкин. Поэтому $A=k\times mg\times S=\frac{3\times m\times V^2}{4}$, откуда искомая величина

$$k=\frac{3\times V^2}{4\times g\times S}=\frac{3\times(8м/с)^2}{4\times 9{,}81м/с^2\times 18м}=0{,}27.$$

Задание 155

Шарик массой m = 60 г, привязанный к концу нити длиной L_1 = 1,2 м, вращается с частотой n_1 = 2 с$^{-1}$, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения, до расстояния L_2 = 0,6 м. С какой частотой n_2 будет при этом вращаться шарик? Какую работу A совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебрегите.

Решение.

m = 60 г

L1=l,2 м

ν1 = 2с$^{-1}$

L2 = 0,6 м

A = ?

Для определения частоты ν2 используем закон сохранения момента импульса: J1×ν1=J2×ν2, где $J1 = m\times(L1)^2$ - момент инерции шарика относительно оси вращения в начале эксперимента, $J2 = m\times(L2)^2$ - момент инерции шарика относительно оси вращения в начале эксперимента. Поэтому $m\times(L1)^2\times\nu1 = m\times(L2)^2\times\nu2$, откуда

$$\nu2 = \frac{m\times(L1)^2\times\nu1}{m\times(L2)^2} = \frac{(L1)^2\times\nu1}{(L2)^2} = \frac{(1.2м)^2\times 2c^{-1}}{(0,6м)^2} = 8c^{-1}.$$

Для определения работы воспользуемся законом сохранения энергии: $\frac{J1\times(\omega1)^2}{2} + A = \frac{J2\times(\omega2)^2}{2}$. Так как ω1=2π×ν1, ω2=2π×ν2, а $\nu2 = \frac{(L1)^2\times\nu1}{(L2)^2}$, то

$$\frac{m\times(L1)^2\times(2\pi\times\nu1)^2}{2} + A = \frac{m\times(L2)^2\times\left(2\pi\times\frac{(L1)^2\times\nu1}{(L2)^2}\right)^2}{2}, \text{ откуда}$$

$$A = m\times 2\pi^2\times\nu1^2\times\left(\frac{(L1)^4}{(L2)^2} - (L1)^2\right).$$

Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).

$$A = 0.06кг\times 2(3,14)^2\times(2c^{-1})^2\times\left(\frac{(1,2м)^4}{(0,6м)^2} - (1,2м)^2\right) = 20,4Дж.$$

Задание 160

С поверхности Земли вертикально вверх пущена ракета с начальной скоростью v = 5 км/с. На какую высоту *h* она поднимется?

Решение.

V=5 км/с h = ?	Начальная кинетическая энергия ракеты $Ek = \frac{m \times V^2}{2}$, где m – масса ракеты, конечная кинетическая энергия равна 0. Разность потенциальных энергий между положением ракеты на поверхности Земли и на высоте h равна Ep=m×g×h. Из закона сохранения энергии имеем: Ek=Ep. Поэтому $\frac{m \times V^2}{2} = m \times g \times h$, откуда $h = \frac{V^2}{2 \times g} = \frac{(5000 м/с)^2}{2 \times 9{,}81 м/с^2} = 1{,}27 \times 10^6 м = 1270 км$.

Задание 172

Определите максимальную кинетическую энергию $E_{к\ max}$ материальной точки массой m = 2 г, которая совершает гармонические колебания с амплитудой A = 4 см и частотой ν = 5 Гц.

Решение.

m=2г=0,002 кг A=4см=0,04м ν = 5 Гц	Уравнение гармонического колебания имеет вид $x = A\cos(wt+\varphi)$, а формулу скорости получим, взяв первую производную по времени от смещения $v = x' = -Aw\sin(wt+\varphi)$ Полная энергия колеблющейся точки есть сумма кинетической и потенциальной энергии, вычисленных для любого момента времени. Проще всего вычислить полную энергию в тот момент, когда кинетическая энергия достигает максимального значения. В этот момент потенциальная энергия равна 0 $E_{max} = \frac{1}{2}mV_{max}^2 = \frac{1}{2}m(Aw)^2 = \frac{1}{2}m(A2\pi\upsilon)^2 = 2\pi^2A^2m\upsilon^2$ Подставим и получаем $E_{max} = 2\cdot 3.14^2 0.04^2 0.002\cdot 5^2 = 0.0016 Дж$
$E_{к\ max}$ = ?	

Задание 180

Определите скорость v распространения волн в упругой среде, если для двух точек, отстоящих друг от друга на Δx = 15 см, разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний равна $\pi/2$. Частота колебаний ν = 25 Гц.

Решение.

Δx = 15 см=0,15м $\Delta\varphi = \pi/2$ ν = 25 Гц v = ?	Разность фаз колебаний двух точек определяется по формуле $\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda}$, $v=\lambda\upsilon \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\frac{v}{\upsilon}} \Rightarrow v = \frac{2\pi\Delta x\upsilon}{\Delta\varphi}$ Подставим и получим $v = \frac{2\cdot 3.14\cdot 0.15\cdot 25}{\frac{\pi}{2}} = 15$ м/с

Контрольная работа 2

Задание 201

Определите количество вещества ν и число *N* молекул кислорода массой *m* = 0,5 кг.

Решение.

O_2 m=0,5 кг M = 0.032кг/моль	Количество молей в массе вещества m равно $\nu = \frac{m}{M}$, где M – молярная масса вещества. Поэтому $\nu = \frac{0.5кг}{0,032кг/моль} = 15,63моль$.
ν = ? N = ?	Число молекул в ν количестве молей равно $N=N_A\times\nu$, где N_A = $6.023\times10^{23}моль^{-1}$ – число Авогадро. Тогда $N = N_A \times \nu = 6.023\times10^{23}моль^{-1}\times15,63моля = 9,4\times10^{24}молекул$.

Задание 212
Вычислите плотность ρ азота, находящегося в баллоне под давлением *p* = 2 МПа и имеющего температуру *T* = 400 К.

Решение.

T = 400K P = 2 МПа M = 0.028кг/моль (азот N_2)	Воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева, применив его к азоту $PV = \frac{m}{M}RT$, P –давление азота, V – объем сосуда, T – температура газа, R = 8.31Дж/(моль×К) – молярная газовая постоянная. Откуда $\frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$.
ρ= ?	Нам известно, что плотность $\rho = \frac{m}{V}$, поэтому $\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ). $\rho = \frac{2\times10^6\,\text{Па}\times0{,}028\text{кг/моль}}{8{,}31\text{Дж/(моль}\times\text{К)}\times400\text{К}} = 16.8\text{кг/м}^3$.

Задание 232

В азоте взвешены мельчайшие пылинки, которые движутся так, как если бы они были очень крупными молекулами. Масса *m* каждой пылинки равна $6\cdot 10^{-10}$ г. Газ находится при температуре T = 400 К. Определите средние квадратичные скорости $\langle v^2 \rangle$, а также средние кинетические энергии $\langle E_{к\ пост} \rangle$ поступательного движения молекулы азота и пылинки.

Решение.

$m = 6\times10^{-10}$г M=0.028кг/моль T=400 К	По определению среднеквадратичная скорость $V_{кв} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$, $k=1.38\times10^{-23}$Дж/К –постоянная Больцмана, m – масса молекулы

$V_{кв}$ = ?	(пылинки).
$\langle\varepsilon_{кин}\rangle$ =?	Поэтому скорость пылинки

$$V_{кв} = \sqrt{\frac{3\times1.38\times10^{-23}\text{Дж}/\text{К}\times400\text{К}}{6\times10^{-13}\text{кг}}} = 1{,}6\times10^{-4}\text{м}/\text{с} = 0{,}16\text{мм}/\text{с}.$$

С другой стороны среднеквадратичная скорость $V_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$, R=8.31Дж/(моль×К) – молярная газовая постоянная, M – молярная масса газа.

Поэтому скорость молекул азота

$$V_{кв} = \sqrt{\frac{3\times8.31\text{Дж}/\text{Кмоль}\times400\text{К}}{0{,}028\text{кг}/\text{моль}}} = 597\text{м}/\text{с}.$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы равна $\langle\varepsilon_{кин}\rangle = \frac{i}{2}kT$, где $k=1.38\times10^{-23}$Дж/К – постоянная Больцмана, i – поступательные степени свободы молекулы (i=3 в нашем случае т.к. три поступательных движения возможны). Поэтому $\langle\varepsilon_{кин}\rangle = \frac{3kT}{2}$.

Средняя энергия поступательного движения пылинки равна $\langle\varepsilon_{кин}\rangle = \frac{m\times(V_{кв})^2}{2} = \frac{m\times3kT}{2\times m} = \frac{3kT}{2}$. Видно, что средние кинетические энергии пылинки и молекул азота равны друг другу.

Подставляем числа.

$$\langle\varepsilon_{кин}\rangle = \frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}\text{Дж}/\text{К}\times400\text{К} = 8{,}28\times10^{-21}\text{Дж}.$$

Задание 240
Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объём V = 5 л. Вычислите полную теплоёмкость при постоянном объёме C_V этого газа.

Решение.

нормальные условия

T=300К

P = 1.01×10^5 Па

V=5л

C_v = ?

Изохорная теплоемкость вычисляется по формуле $C_V = C_{\mu V}\times\frac{m}{M}$, где $C_{\mu v}$ – молярная изохорная теплоемкость газа, M – молекулярная масса газа.

Воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева $PV = \frac{m}{M}RT = \nu RT$ где P давление, ν – количество молей, V – объем сосуда, T – температура газа, R = 8.31Дж/(моль×К) – молярная газовая постоянная. Откуда $\frac{m}{M} = \frac{P\times V}{R\times T}$. Поэтому

$$C_V = C_{\mu V}\times\frac{m}{M} = C_{\mu V}\times\frac{P\times V}{R\times T}.$$

С другой стороны молярная теплоемкость при постоянном объеме равна $C_{\mu V} = \frac{i\times R}{2}$, где i – число степеней свободы, R=8.31Дж/мольК – молярная газовая постоянная. В нашем случае число степеней свободы равно 3 (3-поступательные и ни одной вращательной, так как газ одноатомный). Тогда $C_{\mu V} = \frac{3\times R}{2}$. Подставляем в

$$C_V = C_{\mu V}\times\frac{P\times V}{R\times T} = \frac{3\times R}{2}\times\frac{P\times V}{R\times T} = \frac{3}{2}\times\frac{P\times V}{T}.$$

Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ). $C_V = \frac{3}{2}\times\frac{1.01\times10^5\text{Па}\times5\times10^{-3}\text{м}^3}{300\text{К}} = 2{,}53\text{Дж/К}$.

Задание 254

Кислород находится под давлением p = 133 нПа при температуре T = 200 К. Вычислите среднее число $\langle Z \rangle$ столкновений молекулы кислорода при этих условиях за время t = 1 с.

Решение.

t=1 с

T = 200 К

P = 133 нПа

O_2

$d=2.7\times10^{-10}$м

M=0,032кг/моль

$\langle z \rangle$ = ?

Средняя длина свободного пробега молекул вычисляется по формуле $\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$, где d – эффективный диаметр молекулы, n – число молекул в единице объема, которое можно найти из уравнения $n = \frac{P}{kT}$, где k – постоянная Больцмана. Поэтому $\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$. Подставляем числа

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1.38\times10^{-23}\text{Дж/К}\times200\text{К}}{\sqrt{2}\times3{,}14\times(2.7\times10^{-10}\text{м})^2\times133\times10^{-9}\text{Па}} = 64\times10^3\text{м} = 64\text{км}.$$

Средняя арифметическая скорость молекул, равна

$$\langle V \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8\times8{,}31\text{Дж/мольК}\times200\text{К}}{3{,}14\times32\times10^{-3}\text{кг/моль}}} = 363\text{м/с}.$$

Поэтому среднее число столкновений молекул за t=1с равно:

$$\langle z \rangle = \frac{\langle V \rangle}{\langle \lambda \rangle}\times t = \frac{363\text{м/с}}{64\times10^3\text{м}}\times1\text{с} = 5{,}7\times10^{-3}.$$

Задание 262

Кислород массой m = 250 г, имевший температуру T_1 = 200 К, был адиабатно сжат. При этом была совершена работа W = 25 кДж. Определите конечную температуру T_2.

Решение.

m = 250 г=0,25кг T_1 = 200 К W = 25 кДж =25000 Дж $\mu = 0,032$ кг/моль	Работа сжатия в адиабатном процессе равна $A = \nu C_V (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$ Молярная емкость кислорода при постоянном объеме равна $C_V = \frac{5R}{2}$, так как газ двухатомный, тогда получаем $A = \frac{m}{\mu}\frac{5R}{2}(T_2 - T_1) \Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{2A\mu}{5mR} \Rightarrow T_2 = T_1 + \frac{2A\mu}{5mR}$
T_2 = ?	Тогда, $T_2 = 200 + \frac{2 \cdot 25000 \cdot 0.032}{5 \cdot 0.25 \cdot 8.31} = 354$ К

Задание 265

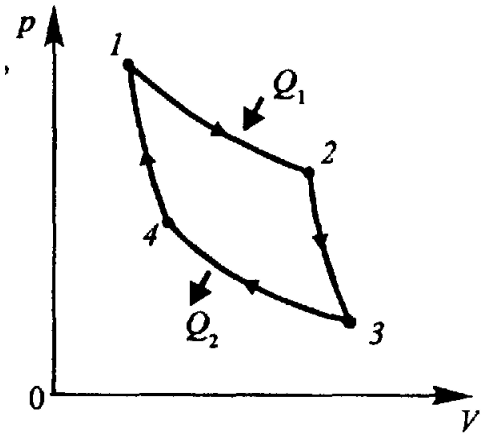
Определите работу W_2 изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, коэффициент полезного действия которого $\eta = 0{,}4$, если работа изотермического расширения $W_1 = 8$ Дж.

Решение.

$\eta = 0{,}4$

$A_{12} = 8$ Дж

A_{34}=?



КПД тепловой машины равен отношению производимой работы A к количеству тепла Q_1, полученному рабочим телом от нагревателя: $\eta = \frac{A}{Q_1}$.

Совершенная работа равна $A=Q_1–Q_2$, где Q_2 - количество теплоты, переданное холодильнику. Поэтому $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$.

Полная работа равна сумме работ при изотермическом сжатии (процесс 1-2) и расширении (процесс 3-4): $A=A_{12}+A_{34}$.

С другой стороны $A=A_{12}+A_{34}=\eta\times A_{12}$. Поэтому $A_{34}=(\eta–1)\times A_{12}$.

Подставляем числа. $A_{34}=(0.4–1)\times 8$кДж=–4.8кДж.

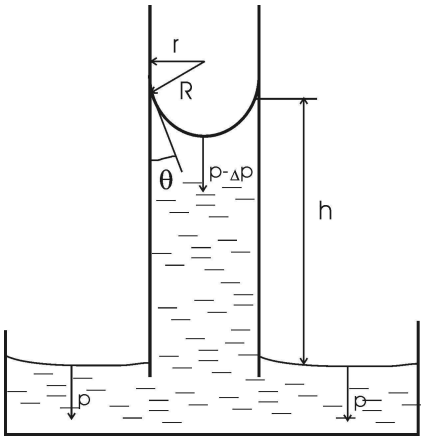
Задание 278

Глицерин поднялся в капиллярной трубке диаметром канала d = 1 мм на высоту h = 20 мм. Определите коэффициент поверхностного натяжения σ глицерина. Считайте смачивание полным.

Решение.

d =1мм

h = 20 мм



Так как поверхность жидкости в капилляре принимает вогнутую сферическую форму, то внутреннее давление p жидкости в капилляре будет меньше, чем вне капилляра, на величину избыточного давления под сферической поверхностью: $\Delta p = \frac{2\alpha}{R}$, где R – радиус кривизны мениска, α – коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Поэтому жидкость в капилляре поднимается на такую высоту h, при которой оказываемое ею давление станет равным избыточному: $h \times \rho \times g = \frac{2\alpha}{R}$, откуда $h = \frac{2\alpha}{R \times \rho \times g}$, где ρ – плотность жидкости (ρ=1260кг/м^3 для глицерина), g –ускорение силы тяжести. Так как угол между радиусами r и R и краевой угол θ равны между собой, то $R = \frac{r}{\cos\theta}$. Подставляя это значение в формулу высоты, получим $h = \frac{2\alpha \times \cos\theta}{r \times \rho \times g}$. При условии полного смачивания θ=0º получаем $h = \frac{2\alpha}{r \times \rho \times g}$. Из этого уравнения можно найти коэффициент поверхностного натяжения жидкости. $\alpha = \frac{h \times r \times \rho \times g}{2}$. Так как нам дан диаметр d=2×r, то $\alpha = \frac{h \times d \times \rho \times g}{4}$.

Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).

$$\alpha = \frac{20 \times 10^{-3}\text{м} \times 1 \times 10^{-3}\text{м} \times 1260\text{кг/м}^3 \times 9{,}81\text{м/с}^2}{4} = 0{,}062\text{Н/м}.$$