Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

ТЕТРАДЬ

для ______________________

____

учени______ класса______

______ школы______

Контрольная работа

по физике

Работу выполнила студент 1 курса заочной формы обучения факультета ЛХиЭ по направлению ландшафтная архитектура
Группа Б402-02
Зарипова М.Р.

Казань 2020г.

Вариант 6

Задача №106.

Тело брошено под углом $a = 30°$ к горизонту со скоростью $v_0 = 30$ м/с. Каковы будут нормальное a_n, тангенциальное a_τ ускорения тела через время $t = 1$с после начала движения?

Дано:

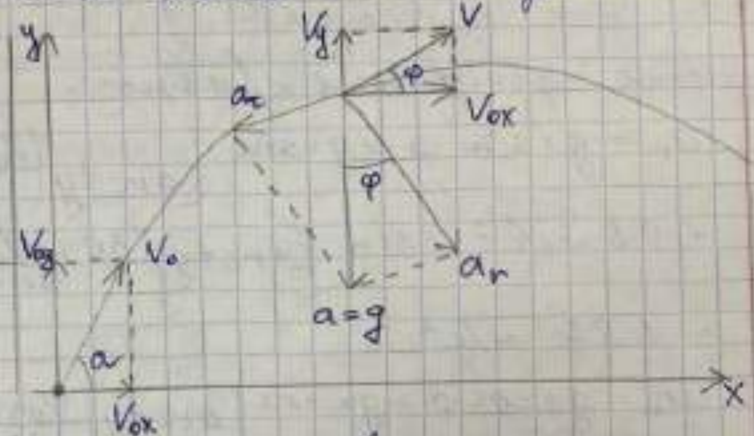
$v_0 = 30$ м/с

$a = 30°$

$t = 1$ с

$a_n = ?$

$a_\tau = ?$



Решение:

Проекции начальной скорости на оси X и Y равны соответственно $V_{ox} = V_0 \cos a$, $V_{oy} = V_0 \sin a$.

Уравнение изменения скорости со временем записывается в виде $V_y = V_{oy} - g \times t$

Через время t_1 тело находится на максимальной высоте $V_y = 0$.

Поэтому $0 = V_0 \times \sin a - g \times t_1$.

Откуда время подъема равно

$$t_1 = \frac{V_0 \times \sin a}{g} = \frac{30 \text{ м/с} \times \sin 30°}{9{,}8 \text{ м/с}^2} = 1{,}53 \text{ с}.$$

Момент времени $t = 1$с меньше t_1. Поэтому на этапе $t = 1$с происходит ещё подъем. При подъеме скорость камня вдоль оси X не изменяется (постоянна) и равна $V_x = V_{0x} = V_0 \cos\alpha$. Скорость же вдоль оси Y изменяется со временем по закону $V_y = V_0 \sin\alpha - g \times t$.

Из рис. видно, что $tg\varphi = \frac{V_y}{V_x}$, поэтому $\varphi = arctg\left(\frac{V_0 \sin\alpha - g \times t}{V_0 \cos\alpha}\right)$. Поэтому искомые ускорения равны

$$a_\tau = g \times \sin\varphi = g \times \sin\left[arctg\left(\frac{V_0 \sin\alpha - g \times t}{V_0 \cos\alpha}\right)\right] =$$

$$= 9{,}8\ м/с^2 \times \sin\left[arctg\left(\frac{30\ м/с \times \sin 30° - 9{,}8\ м/с^2 \times 1\ с}{30\ м/с \times \cos 30°}\right)\right]$$

$$= 1{,}92\ м/с^2$$

$$a_n = g \times \cos\varphi = g \times \cos\left[arctg\left(\frac{V_0 \sin\alpha - g \times t}{V_0 \cos\alpha}\right)\right] = 9{,}61\ м/с^2$$

Ответ: $a_\tau = 1{,}92\ м/с^2$

$a_n = 9{,}61\ м/с^2$

Задача № 116.

На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабжённой лёгкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса его $m_1 = 60$ кг, масса доски $m_2 = 20$ кг. С какой скоростью (относительно пола) будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль нее со скоростью (относительно доски) $\upsilon = 1$ м/с? Массой колес и трением пренебречь.

Дано:

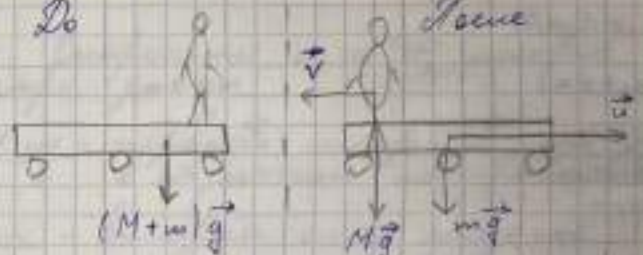
$M = 60$ кг

$m = 20$ кг

$v = 1$ м/с

$u = ?$

Решение:



Закон сохранения импульса (ЗСИ): импульс системы остается постоянным при любых взаимодействиях внутри системы:

$\vec{p}^{\,до} = \vec{p}^{\,после}$

$0 = M(\vec{v} + \vec{u}) + m\vec{u}$, где учтено, что скорость человека отн-но пола $= \vec{v} + \vec{u}$

Проекция на ось x: $0 = -Mv + Mu + mu$

Скорость доски $u = \frac{Mv}{M+m} = \frac{60 \cdot 1}{60+20} = 0{,}75\ \frac{м}{с}$

Ответ: $u = 0{,}75\ \frac{м}{с}$

Задача № 126.

Шар массой $m_1 = 4$ кг движется со скоростью $v_1 = 5$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2 = 6$ кг, который движется со скоростью $v_2 = 2$ м/с ему навстречу. Определить скорости u_1 и u_2 шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

Дано:	Решение:
$m_1 = 4$ кг	Запишем законы сохранения энергии и импульса в виде:
$v_1 = 5$ м/с	
$m_2 = 6$ кг	
$v_2 = 2$ м/с	
$u_1 - ?$	
$u_2 - ?$	

$$\begin{cases} \dfrac{m_1 v_1^2}{2} + \dfrac{m_2 v_2^2}{2} = \dfrac{m_1 u_1^2}{2} + \dfrac{m_2 u_2^2}{2} \Rightarrow m_1 (v_1^2 - u_1^2) = m_2 (u_2^2 - v_2^2) \\ m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_2 \vec{u}_2 + m_1 \vec{u}_1 \Rightarrow m_1 (\vec{v}_1 - \vec{u}_1) = m_2 (\vec{u}_2 - \vec{v}_2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_1 (\vec{v}_1 - \vec{u}_1)(\vec{v}_1 + \vec{u}_1) = m_2 (\vec{u}_2 - \vec{v}_2)(\vec{u}_2 + \vec{v}_2) \\ m_1 (\vec{v}_1 - \vec{u}_1) = m_2 (\vec{u}_2 - \vec{v}_2) \end{cases}$$

Отсюда следует:

$$\vec{v}_1 + \vec{u}_1 = \vec{u}_2 + \vec{v}_2$$

$$m_1 (\vec{v}_1 - \vec{u}_1) = m_2 (\vec{u}_2 - \vec{v}_2)$$

Проецируя эту систему на оси, выразим из этой системы искомые скорости:

$$u_1 = \frac{-2 m_2 \cdot v_2 + (m_1 - m_2) v_1}{m_1 + m_2} = \frac{-2 \cdot 6 \cdot 2 + (4-6) \cdot 5}{4+6} =$$

$$= -3{,}4 \ \frac{м}{с}$$

$$u_2 = \frac{2 m_1 \cdot v_1 + (m_2 - m_1) v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 5 - (6-4) \cdot 2}{4+6} =$$

$$= 3{,}6 \ \frac{м}{с}$$

Ответ: Скорости u_1 и u_2 шаров после удара равны:

$u_1 = -3{,}4 \ \frac{м}{с}$ – первый шар движется в обратном направлении

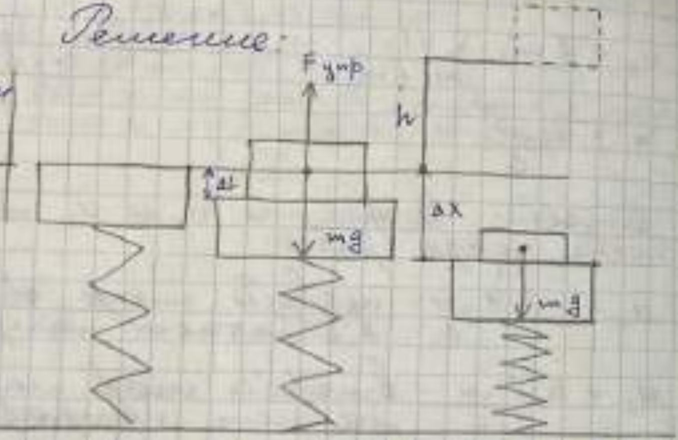
$u_2 = 3{,}6 \ \frac{м}{с}$ – второй шар также меняет направление

Задача №136.

Если на верхний конец вертикально расположенной сжатой пружины положить груз, то пружина сожмется на $\Delta l = 3$ мм. На сколько сожмет пружину тот же груз, упавший на конец пружины с высоты $h = 8$ см.

Дано:
$\Delta l = 3$ мм
$h = 8$ см
Δx - ?

Решение:



По определению сила упругости $F_{упр} = k \times \Delta x$, где k - коэфф. жесткости, Δx - величина деформации.

Рассмотрим случай, когда тело положили на пружину. Оно давит на пружину с силой притяжения mg. Из третьего закона Ньютона получаем $mg = F_{упр} = k \times \Delta l$. Откуда коэфф. жесткости равен $k = \frac{m \times g}{\Delta l}$.

Теперь рассмотрим случай когда тело упало с высоты h. Из рис. видно, что разность потенциальных энергий между верхней точкой и нижней равна $\Delta E_p = mg(h + \Delta x)$. Эта энергия равна потенциальной энергии сжатой пружины:

$\frac{k \times (\Delta x)^2}{2}$, поэтому $\frac{k \times (\Delta x)^2}{2} = mg(h + \Delta x)$

Из этого уравнения получаем квадратное уравнение на Δx:

$$\frac{k \times (\Delta x)^2}{2} - mg \times \Delta x - mgh = 0$$

Подставляем $k = \frac{m \times g}{2}$, и получаем

$$\frac{mg \times (\Delta x)^2}{2 \cdot \Delta l} - mg \cdot \Delta x - mgh = 0$$

$$(\Delta x)^2 - 2 \cdot \Delta l \cdot \Delta x - 2 \cdot \Delta l \times h = 0$$

Отсюда искомое значение:

$$\Delta x = \frac{2 \times \Delta l + \sqrt{4 \times (\Delta l)^2 + 8 \times \Delta l \times h}}{2} = \Delta l + \sqrt{(\Delta l)^2 + 2 \cdot \Delta l \cdot h}$$

Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ)

$$\Delta x = 0,003 \text{ м} + \sqrt{(0,003 \text{ м})^2 + 2 \cdot 0,003 \text{ м} \times 0,08 \text{ м}} = 0,025 \text{ м} = 2,5 \text{ см}$$

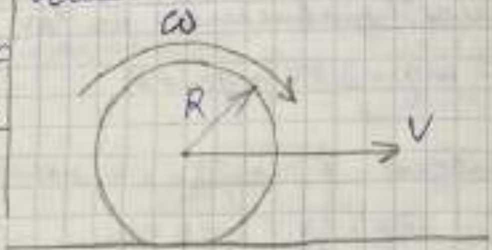
Ответ: 2,5 см

Задача №146

По гориз. плоскости катится диск со скоростью $V=8$ м/с. Определить коэфф. сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь $S=18$ м.

Дано:
$V = 8$ м/с
$S = 18$ м
$k = ?$

Решение:



Так как диск катится, а не скользит, то он будет вращаться с угловой скоростью ω и двигаться поступательно со скоростью V. Угловые и линейные величины, характеризующие движение точки по окружности (в нашем случае на поверхности диска) связаны соотношением $s = \varphi \times R$, 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 кинетич. энергия равна

$E = E_{вр} + E_{кин} = \frac{m \times V^2}{4} + \frac{m \times V^2}{2} = \frac{3 \times m \times V^2}{4}$

Когда диск катится, на него действует сила трения, равная $F_{тр} = k \times mg$, k – коэфф. сопротивления. Работа силы трения равна $A = F_{тр} \times S$, где S – пройденный путь. Т.к. диск остановился, то вся кинетич. энергия пошла на работу против силы трения.

$A = E_{кин}$. Поэтому $A = k \times mg \times S = \frac{3m \times V^2}{4}$, откуда искомая величина

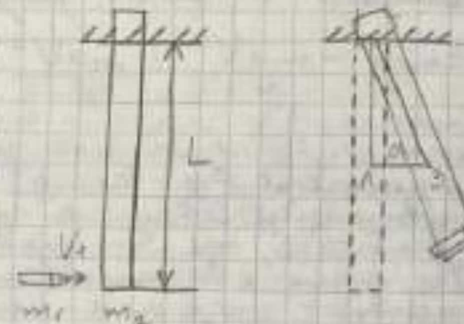
$k = \frac{3 \times V^2}{4 \times g \times S} = \frac{3 \times (8\ м/с)^2}{4 \times 9{,}81\ м/с^2 \times 18\ м} = 0{,}27$

Ответ: $k = 0{,}27$.

Задача №156.

Однородный стержень длиной $L=1{,}0$ м может свободно вращаться вокруг гориз. оси, проходящей через один из его концов. В другой конец абсолютно неупруго ударяет пуля массой $m=7$ г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. Определить массу M стержня, если в результате попадания пули он отклонится на угол $a=60°$. Принять скорость пули $v=360$ м/с.

Дано:	Решение:
$L=1{,}0$ м	
$m_1=7$ г	
$a=60°$	
$V_1=360$ м/с	
$m_2=?$	



Момент импульса пули равен $M_1=m_1\times V_1\times L$. После столкновения суммарный момент импульса стержня и пули должен быть равен, по закону сохранения момента импульса пули: $m_1\times V_1\times L=(m_1\times L^2+J_2)\times\omega_2$, где ω_2 — общая угловая скорость пули и стержня после столкновения; $J_2=\dfrac{m_2\times L^2}{3}$ — момент инерции стержня относительно его враще[ния]. Откуда

$$\omega_2=\frac{m_1L\times V_1}{\left(m_1L+\frac{m_2}{3}\right)\times L}$$

Тогда начальная кинетическая энергия стержня и пули равна

$$E_k=\frac{(m_1\times L^2+J_2)\times(\omega_2)^2}{2}=\frac{(m_1L)^2\times(V_1)^2}{2\times\left(m_1L+\frac{m_2}{3}\right)}$$

Через время кинетич. эн. перешла в изменение потенциальной энергии по закону сохр. энергии $E_k=\Delta E_p$. Начальная потенциальная энергия стержня и пули (относит. точки подвеса) равна $E_{p1}=-(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L$, где L — длина нити, g — ускорение свободного падения. После того как они поднялись на угол a, величина OA (из треугольника) стала равна $OA=L\times\cos a$. Поэтому потенциальная энергия

$$E_{p2}=-(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L\times\cos a.$$

Тогда разность потенциальных энергий:

$$E_{p2}-E_{p1}=-(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L\times\cos a+(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L=(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L\times(1-\cos a).$$

Откуда $E_k=\Delta E_p=(0{,}5\times m_2+m_1)\times g\times L\times(1-\cos a)$.

Или же $\frac{(m1)^2\times(V1)^2}{2\times\left(m1+\frac{m2}{3}\right)} = (0,5\times m2+m1)\times$

$\times g\times L\times(1-\cos a)$

Пренебрегаем массой пули относительно массы стержня:

$$\frac{(m1)^2\times(V1)^2}{2\times\left(\frac{m2}{3}\right)} = (0,5\times m2)\times g\times L\times(1-\cos a),$$

откуда $m2 = \frac{3\times m1\times V1}{\sqrt{g\times L\times(1-\cos a)}} =$

$= \frac{3\times 0,007\,кг\times 360\,м/с}{\sqrt{9,81\,м/с^2\times 1\,м\times(1-\cos 60^\circ)}} = 3,41$ кг.

Ответ: $M = 3,41$ кг.

Задача № 166.

На каком расстоянии от центра Земли находится точка, в которой напряженность суммарного гравитационного поля Земли и Луны равна нулю? Принять, что масса Земли в 81 раз больше массы Луны и что расстояние от центра Земли до центра Луны равно 60 радиусам Земли.

Дано:

$R = 60\times R_з$

$\frac{M}{m} = 81$

$x = ?$

Решение:

Сила всемирного тяготения действующая на тело массой m_0 на расстоянии x от Земли, равна

$F = \gamma\frac{m_0\times M}{x^2}$, где $\gamma = 6,67\times 10^{-11}\ Н\times м^2/кг^2$ гравитационная постоянная, M – масса Земли. Тогда напряжённость гравитационного поля Земли в этой точке равна

$$g_з = \frac{F}{m_0} = \gamma\times\frac{M}{x^2}.$$

Напряженность гравитационного поля Луны в этой точке равна:

$g_Л = \gamma \times \frac{m}{(R-x)^2}$, где m – масса Луны,

$R-x$ – расстояние от Луны до этой точки. Чтобы суммарное гравитационное поле Земли и Луны было равно нулю, необходимо чтобы они были равны по модулю $g_З = g_Л$. Поэтому

$$\gamma \times \frac{M}{x^2} = \gamma \times \frac{m}{(R-x)^2}$$

Откуда $x = (R-x) \times \frac{M}{m}$

и поэтому искомое расстояние равно:

$$X = \frac{R \times \frac{M}{m}}{1 + \frac{M}{m}}$$

Из условия задачи известно что $R = 60 \times R_З$, где $R_З = 6400$ км – радиус Земли

Тогда

$$X = \frac{60 \times R_З \times \frac{M}{m}}{1 + \frac{M}{m}}$$

$$x = \frac{60 \times 6400\text{ км} \times 81}{1+81} \cong 379\,300\text{ км}$$

Ответ: $X \cong 379\,300$ км.

Задача № 176.

Определить период T колебаний математического маятника, если его модуль максимального перемещения $\Delta r = 18$ см и макс. скорость $\upsilon_{max} = 16$ см/с.

Дано:

$\Delta r = 18$ см

$V_{max} = 16$ см/с

$T = ?$

Решение:

Ср. скорость за один период $= \langle V \rangle = \frac{V_{max}}{2}$, т.к. в крайних точках скорость равна нулю, а в центре – V_{max}.

С др. стороны ср. скорость за период: $\langle V \rangle = \frac{\Delta r}{T}$. Поэтому $\frac{V_{max}}{2} = \frac{\Delta r}{T}$, откуда период равен $T = \frac{2 \times \Delta r}{V_{max}}$.

$$T = \frac{2 \times 18\text{ см}}{16\text{ см/с}} = 2{,}25\text{ с}$$

Ответ: $T = 2{,}25$ с.

Задача №206.

Определить концентрацию n молекул кислорода, находящегося в сосуде вместимостью V=2 л. Кол-во вещества ν кислорода равно 0,2 моль.

Дано:	Решение:
$V = 2$ л	Число атомов в ν количестве молей равно $N = N_A \times \nu$, где
$\nu = 0{,}2$ моль	
n - ?	

где $N_A = 6{,}023 \times 10^{23}$ моль$^{-1}$ - число Авогадро. Тогда концентрация равна

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N_A \times \nu}{V} = \frac{6{,}023 \times 10^{23}\ \text{моль}^{-1} \times 0{,}2\ \text{моль}}{2 \times 10^{-3}\ \text{м}^3} =$$

$$= 6{,}023 \cdot 10^{25}\ \text{м}^{-3}.$$

Ответ: $n = 6{,}023 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$

Задача №216.

Вычислить плотность ρ азота, находящегося в баллоне под давлением $p = 2$ МПа и имеющего температуру $T = 400$ K.

Дано:	Решение:
$T = 400$ K	Воспользуемся уравнением Клапейрона-Менделеева, применив его к азоту $PV = \frac{m}{M}RT$,
$P = 2$ МПа	
$M = 0{,}028$ кг/моль (азот N_2)	
ρ = ?	

где P - давление азота, V - объем сосуда, T - темп. газа, $R = 8{,}31$ Дж/(моль × K) - молярная газовая постоянная.

Откуда $\frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$

Нам известно, что плотность $\rho = \frac{m}{V}$,

поэтому $\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$

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

$$\rho = \frac{2 \times 10^6\ \text{Па} \times 0{,}028\ \text{кг/моль}}{8{,}31\ (\text{Дж/(моль} \times \text{K)}) \times 400\ \text{K}} = 16{,}8\ \text{кг/м}^3$$

Ответ: $\rho = 16{,}8$ кг/м^3

Задача №226.

Определить среднюю квадратичную скорость $\langle v_{кв} \rangle$ молекулы газа, заключенного в сосуд вместимостью $V = 2$ л под давлением $p = 200$ кПа. Масса газа $m = 0{,}3$ г.

Дано:	Решение:
$P = 200$ кПа	По определению среднеквадратичная скорость $V_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$,
$V = 2$ л	$R = 8{,}31$ Дж/(моль $\cdot$ K) – молярная
$m = 0{,}3$ г	газовая постоянная.
$V_{кв} = ?$	

Воспользуемся уравнением Клапейрона - Менделеева

$PV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$ где P давление, ν - кол-во молей, V - объем сосуда, T - темп. газа, $R = 8{,}31$ Дж/(моль $\cdot$ K) - молярная газовая постоянная.

Откуда $\frac{RT}{M} = \frac{PV}{m}$. Подставляем в $V_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3PV}{m}}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в СИ)

$$V_{кв} = \frac{3 \cdot 200 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{0{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} = 2000 \text{ м/с}$$

Ответ: $V_{кв} = 2000$ м/с.

Задача №236.

Определить молярные теплоемкости газа, если его удельные теплоемкости $c_v = 10{,}4$ кДж/(кг $\cdot$ K) и $c_p = 14{,}6$ кДж/(кг $\cdot$ K)

Дано:

$c_v = 10{,}4$ кДж/(кг $\cdot$ K)

$c_p = 14{,}6$ кДж/(кг $\cdot$ K)

$C_p = ?$

$C_v = ?$

Решение:

По определению молярные теплоемкости $C_p = c_p \times M$ и $C_v = c_v \times M$. С др. стороны $C_p - C_v = R$, где $R = 8{,}31$ Дж/(моль$\times$K) - молярная газовая постоянная. Поэтому $C_p - C_v = (c_p - c_v) \times M = R$. Откуда молярная масса газа равна

$$M = \frac{R}{c_p - c_v} = \frac{8{,}31 \text{ Дж/(моль K)}}{(14{,}6 - 10{,}4) \times 1000 \text{ Дж/кг K}} =$$

$= 2 \times 10^{-3}$ кг/моль $= 2$ г/моль. Этот газ - водород H_2. Тогда

$C_p = c_p \times M = 14{,}6 \times 10^3$ Дж/кг K $\times 2 \times 10^{-3}$ кг/моль $= 29{,}2$ Дж/моль K

$C_v = c_v \times M = 10{,}4 \times 10^3$ Дж/кг K $\times 2 \times 10^{-3}$ кг/моль $= 20{,}8$ Дж/моль K

Ответ: $C_p = 29{,}2$ Дж/моль K; $C_v = 20{,}8$ Дж/моль K

Задача № 246.

Кислород находится под давлением $p = 133$ нПа при темп. $T = 200K$. Вычислить среднее число $\langle z \rangle$ столкновений молекулы кислорода при этих условиях за время $t = 1c$.

Дано:

$t = 1c$

$T = 200K$

$P = 133$ нПа

O_2

$d = 2{,}7 \cdot 10^{-10}$ м

$M = 0{,}032$ кг/моль

$\langle z \rangle = ?$

Решение:

Ср. 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 $\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1{,}38 \times 10^{-23}\ Дж/К \times 200К}{\sqrt{2} \times 3{,}14 \times (2{,}7 \times 10^{-10}\ м)^2 \times 133 \times 10^{-9}\ Па} =$$

$= 64 \times 10^3\ м = 64$ км

Ср. ариф-ая скорость молекул

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8 \times 8{,}31\ Дж/мольK \times 200K}{3{,}14 \times 32 \times 10^{-3}\ кг/моль}} =$$

$= 363$ м/с.

Поэтому ср. число столкновений молекул за $t = 1c$ равно:

$$\langle z \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle \lambda \rangle} \times t = \frac{363\ м/c}{64 \times 10^3\ м} \times 1c = 5{,}7 \times 10^{-3}$$

Ответ: $\langle z \rangle = 5{,}7 \times 10^{-3}$

Задача № 256

Азот массой $m = 0{,}1$ кг был изобарно нагрет от темп. $T_1 = 200K$ до темп. $T_2 = 400K$. Определить работу A, совершенную газом, полученную им теплоту Q и изменение ΔU внутренней энергии азота.

Дано:

$m = 0{,}1$ кг

$P = const$

$T_1 = 200K$

$T_2 = 400K$

$Q = ?$

$A = ?$

$\Delta U = ?$

Решение:

При изобарическом процессе кол-во затраченной энергии на нагрев азота $Q = \frac{m}{\mu} \cdot C_p \times \Delta T$,

где m - масса азота,
$\mu = 28$ г/моль - молярная масса азота,
C_p - молярная изобарная теплоемкость азота.

Молярная изобарная теплоемкость вычисляется по формуле: $C_p = \frac{(i+2) \times R}{2}$,

где $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К) - молярная газовая постоянная, i - число степеней свободы молекулы (для азота 3 поступательные и 2 вращательные $i=5$).

Поэтому $Q = \frac{m}{\mu} \times \frac{(i+2)\times R}{2} \times \Delta T$.

$$Q = \frac{0,1\ кг}{0,028\ кг/моль} \times \frac{(5+2)\times 8,31\ Дж/(моль\times К)}{2} \times$$

$$\times (400-200)\ К = 21\times 10^3\ Дж = 21\ кДж.$$

По опред-ю изменение внут-ей энергии газа равно: $\Delta U = \frac{m}{\mu}\times C_v \times \Delta T$, где C_v – молярная изохорная теплоемкость азота. Выразим изменение внутренней энергии через Q: $\Delta U = \frac{C_v}{C_p}\times Q$.

Молярная изохорная теплоемкость вычисляется по формуле $C_v = \frac{i\times R}{2}$, где i – число степеней свободы молекулы. Поэтому

$$\Delta U = \frac{i\times R}{2\times C_p}\times Q = \frac{i\times R\times 2}{2\times(i+2)\times R}\times Q = \frac{i}{(i+2)}\times Q =$$

$$= \frac{5}{7}\times Q = \frac{5}{7}\times 21\ кДж = 15\ кДж.$$

Применим первый закон термодинамики. Кол-во теплоты Q, переданное системе, расходуется на увеличение внут. энергии ΔU и на внешнюю механ-ую работу A: $Q = \Delta U + A$. Отсюда $A = Q - \Delta U = 21\ кДж - 15\ кДж = 6\ кДж$.

Ответ: $Q = 21\ кДж$; $A = 6\ кДж$; $\Delta U = 15\ кДж$

Задача № 266.

Газ, совершающий цикл Карно, отдал теплоприемнику 67% теплоты, полученной от теплоотдатчика. Определить темп. T_2 теплоприемника, если температура теплоотдатчика $T_1 = 430\ K$.

Дано:

$Q_2 = 0,67\times Q_1$

$T_1 = 430\ K$

$T_2 = ?$

Решение:

Цикл Карно описывается равенством

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Отсюда

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1};\ или\ \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Отсюда $T_2 = T_1 \times \frac{Q_2}{Q_1} = 430\ K \cdot 0,67 \approx 288\ K$

Ответ: $T_2 = 288\ K$.

Задача №276

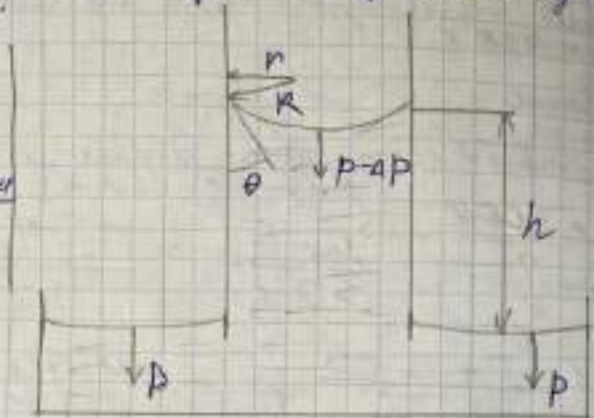
В воду опущена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром канала $d = 1$ мм. Определить массу m воды, вошедшей в трубку.

Дано:

$d = 1$ мм

$a = 0{,}073$ Н/м

$m = ?$



Т.к. поверхность жидкости в капилляре принимает вогнутую сферическую форму, то внутр. давление p жидкости в капилляре будет меньше, чем вне капилляра на величину избыточного давления под сферической поверхностью: $\Delta p = \frac{2a}{R}$, где R – радиус кривизны мениска, a – коэфф. поверхностного натяжения жидкости. Поэтому жидкость в капилляре поднимается на такую высоту h при которой оказываемое его давление станет равным избыточному: $h \times p \times g = \frac{2a}{R}$, откуда $h = \frac{2a}{R \times p \times g}$, где p – плотность жидкости, ($p = 1000$ кг/м³ для воды), g – ускорение силы тяжести. Т.к. угол между радиусами r и R и краевой угол θ равны между собой, то $R = \frac{r}{\cos\theta}$. Подставим это значение в формулу высоты, получим $h = \frac{2a \times \cos\theta}{r \times p \times g}$. При условии полного смачивания $\theta = 0°$ получаем $h = \frac{2a}{r \times p \times g}$. Т.к. $r = d/2$, то $h = \frac{4a}{d \times p \times g}$.

Объем цилиндра высотой h и диаметром d равен $V = h \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$.

Масса воды в объеме V равна $m = p \times V = p \times h \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$. Подставляем сюда $h = \frac{4a}{d \times p \times g}$ и получаем $m = p \times V =$

$$= p \times \frac{4a}{d \times p \times g} \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{a \times \pi \times d}{g}$$

$$m = \frac{0{,}073\ \text{Н/м} \times 3{,}14 \times 1 \times 10^{-3}\ \text{м}}{9{,}81\ \text{м/с}^2} =$$

$= 2{,}3 \times 10^{-5}$ кг.

Ответ: $2{,}3 \times 10^{-5}$ кг