

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный институт

ФИЗИКА
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И
ТЕРМОДИНАМИКА
Часть 2

Методическое указание с заданиями
для самостоятельных работ

Новосибирск 2020

УДК: 539.19+536.7

ББК22.36+22.317

Кафедра теоретической и прикладной физики

Составители: ст. преп. *И.М. Дзю*;

ст. преп. *А.П. Минаев*;

д-р физ.-мат. наук, проф. *И.В.Ершов*

Рецензент д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., чл.-корр. РАН. *А.В. Бойко*
(ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН)

Физика. Часть 2: Молекулярная физика и термодинамика:
методические указания с заданиями для самостоятельных работ /
Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный
институт; составители: И.М. Дзю, А.П. Минаев, И.В. Ершов. - Новосибирск:
ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – 40 с.

Методические указания составлены в соответствии с действующей программой курса физики. Представленное количество заданий обеспечивает индивидуальную работу 60 студентов в потоке. Каждый вариант содержит 5 задач, охватывающих основные понятия молекулярной физики и термодинамики.

Предназначены для студентов всех направлений подготовки очной формы обучения.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно- методическим советом Инженерного института (протокол №6 от 28 января 2020 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Физика является одной из тех наук, знание которой необходимо для успешного изучения общенаучных и специальных дисциплин. При изучении курса физики студенты должны прочно усвоить основные законы и теории, овладеть необходимыми приемами умственной деятельности, важным компонентом которой является умение решать задачи по физике.

Хорошо известно, что единственный способ научиться решать задачи – пытаться решать их самостоятельно. Знание теории приобретается одновременно с ее использованием для решения задач. Известный итальянский физик Энрико Ферми утверждал, что «знать физику – означает умение решать задачи». Другими словами, уровень подготовки по физике определяется уровнем сложности задач, которые студент может решить.

В издание включены задачи по молекулярной физике и термодинамике.

Основные понятия и формулы для решения задач

Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) заключается в следующем.

1. Вещества состоят из атомов и молекул.
2. Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
3. Атомы и молекулы взаимодействуют между собой с силами притяжения и отталкивания.

Относительной молярной массой M_r называют отношение массы m_0 молекулы к 1/12 массы атома углерода m_{0c} :

$$M_r = \frac{1}{12} \cdot \frac{m_0}{m_{0c}}.$$

Количество вещества в молекулярной физике принято измерять в молях.

Модем ν называется количество вещества, в котором содержится столько же атомов или молекул, сколько их содержится в 12 г углерода. Число молекул в одном моле вещества называется постоянной Авогадро:

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Молярная масса $M = M_r \cdot 10^{-3}$ кг/моль – это масса одного моля вещества. Количество молей в веществе можно рассчитать по формуле

$$\nu = \frac{m}{M}.$$

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2,$$

где m_0 – масса молекулы; n – концентрация молекул; \bar{v} – средняя квадратичная скорость движения молекул.

Газовые законы

Уравнение состояния идеального газа – уравнение Менделеева-Клапейрона:

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

Изотермический процесс (закон Бойля-Мариотта): для данной массы газа произведение давления на его объем есть величина постоянная: $PV = \text{const}$ при $T = \text{const}$, $m = \text{const}$, $M = \text{const}$.

Изохорный процесс (закон Шарля): для данной массы газа при неизменном объеме отношение давления к температуре в градусах Кельвина есть величина постоянная.

$$\frac{p}{T} = \text{const}.$$

Изобарный процесс (закон Гей-Люссака): для данной массы газа при неизменном давлении отношение объема газа к температуре в градусах Кельвина есть величина постоянная.

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

Закон Дальтона: если в сосуде находится смесь нескольких газов, то давление смеси равно сумме парциальных давлений, т.е. тех давлений, которые каждый газ создавал бы в отсутствие остальных.

Элементы термодинамики

Для идеального одноатомного газа **внутренняя энергия** равна

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT.$$

Количеством теплоты Q называют меру изменения внутренней энергии при теплообмене.

Удельная теплоемкость – это количество теплоты, которое получает или отдает 1 кг вещества при изменении его температуры на 1 К:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}, \quad [c] = \text{Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Работа в термодинамике: работа при изобарном расширении газа равна произведению давления газа на изменение его объема:

$$A = p(V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V.$$

Закон сохранения энергии в тепловых процессах (первый закон термодинамики): изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = A + Q.$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам:

а) **изотермический процесс:** $T = \text{const}$, $\Delta T = 0$.

В этом случае изменение внутренней энергии идеального газа равно

$$\Delta U = \frac{3}{2} RT = 0.$$

Следовательно: $Q = A$.

Все переданное газу тепло расходуется на совершение им работы против внешних сил.

б) **изохорный процесс** $V = \text{const}$, $\Delta V = 0$.

В этом случае работа газа

$$A = p \cdot \Delta V = 0.$$

Следовательно, $\Delta U = Q$. Все переданное газу тепло расходуется на увеличение его внутренней энергии;

в) **изобарный процесс:** $p = \text{const} \Rightarrow \Delta p = 0$

$$Q = \Delta U + A.$$

г) *адиабатный процесс*: $Q = 0$ – процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой. В этом случае $A = -\Delta U$, т.е. работа газа осуществляется за счет убывания его внутренней энергии.

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела в твердом или жидком состоянии в пределах одного агрегатного состояния, рассчитывается по формуле

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где c – удельная теплоемкость тела; m – масса тела; t_1 – начальная температура, t_2 – конечная температура. Количество теплоты, необходимое для плавления тела, рассчитывается по формуле

$$Q = \lambda m,$$

где λ – удельная теплота плавления; m – масса тела.

Количество теплоты, необходимое для испарения, рассчитывается по формуле:

$$Q = rm,$$

где r – удельная теплота парообразования; m – масса тела.

Коэффициентом полезного действия теплового двигателя называют отношение работы A , совершаемой двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1.$$

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Записать столбиком данные задачи. Все величины выразить в единицах системы СИ. Выполнить чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи. Записать основные формулы, на которых базируется решение, дать словесную формулировку законов, разъяснить буквенные обозначения формул. В случае, если формула не выражает какой-нибудь физической величины, ее надо вывести.
2. Решение задачи сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.
3. Решать задачу необходимо в общем виде, т.е. от начала и до конца решение выполняется в буквенном виде, числовые значения подставляются в окончательную рабочую формулу, выражающую искомую величину.
4. Произвести вычисление величин, подставленных в формулу, руководствуясь правилами приближения вычислений, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единицы искомой величины по ГОСТу.

Вариант 1

1. В закрытом сосуде емкостью 2 м^3 находится $1,4 \text{ кг}$ азота и 2 кг кислорода. Найти давление газовой смеси в сосуде, если температура смеси 27°C .

[Ответ: 140 кПа]

2. Температура одноатомного газа равна 37°C , а объём 3 л . Определить концентрацию молекул газа и его давление, если внутренняя энергия газа равна 340 Дж .

[Ответ: $75,6 \text{ кПа}$; $1,77 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

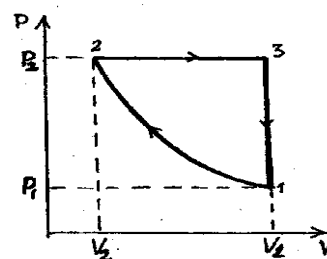
3. Некоторый газ при нормальных физических условиях имеет плотность $0,0894 \text{ кг/м}^3$. Определить его удельные теплоемкости C_p и C_v , а также какой это газ.

[Ответ: $14,56 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$; $10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$]

4. Работа изотермического расширения 5 г некоторого газа от объёма V до объёма $3V$ равна 800 Дж . Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа при этих условиях.

[Ответ: 660 м/с]

5. Тепловая машина, работающая по циклу, диаграмма которого изображена на рисунке, включает изохорный, изобарный и изотермный процессы и имеет следующие параметры: $P_1=2,5 \text{ атм}$, $V_1=1,5 \text{ л}$, $P_2=16,6 \text{ л}$. Вычислить КПД цикла, если в работе задействован двухатомный газ; КПД цикла Карно с данными температурами.



[Ответ: 19% ; 85%]

Вариант 2

1. Давление воздуха в автомобильной камере при температуре -13°C было 160 кПа (избыточное над атмосферным). Каким стало давление, если в результате длительного движения воздух в камере нагрелся до 37°C ?

[Ответ: 210 кПа (сверх атмосферного)]

2. Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой $0,62 \text{ г}$ под давлением 200 кПа . Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

[Ответ: 1967 м/с]

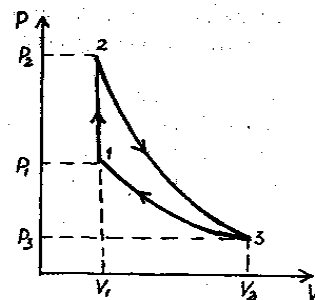
3. Плотность газа при нормальных условиях равна $1,25 \text{ кг/м}^3$, отношение удельных теплоемкостей $1,4$. Определить удельные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме.

[Ответ: $1025,6 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$; $732,6 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$]

4. Находящиеся при температуре 17°C 8 г водорода расширяются вдвое при $P=\text{const}$ за счет притока тепла извне. Найти работу расширения, изменение внутренней энергии газа, количества тепла, сообщенного газу.

[Ответ: 9,64 кДж; 24,1 кДж; 33,74 кДж]

5. Определить КПД некоторой тепловой машины, имеющей в цикле изотермический, изохорный и адиабатный процессы, если рабочее тело – двухатомный газ и известны следующие параметры: $V_1=10$ л, $V_2=2,5$ л. Каков был бы КПД по циклу Карно, у которого температуры были такие же, как в состояниях 1 и 3 (с теми же параметрами давления и объема).



[Ответ: 25,4%; 42,5%]

Вариант 3

1. Какова концентрация и плотность смеси, состоящей из 20 г углекислого газа и 0,5 моля азота при температуре 293 К и давлении 120 кПа. Как изменится концентрация газа, если давление уменьшить в 1,5 раза, а температуру увеличить на 30%?

[Ответ: $2,96 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; $1,75 \text{ кг/м}^3$; $n_2/n_1=1,94$]

2. Давление молекул газа на стенки сосуда равно 600 кПа. Масса газа 3,5 г, объем 0,7 л. Чему равна средняя квадратичная скорость молекул? Определить температуру газа при концентрации молекул $1,5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$.

[Ответ: 600 м/с; 290 К]

3. Некоторый газ при давлении 1 МПа и температуре 127°C имеет удельный объем $0,104 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить отношение C_p/C_v , если удельная теплоемкость $c_p=910 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{град)}$. Какой это газ?

[Ответ: 1,4]

4. Водород занимает объем 8 м^3 при давлении 70 кПа. Газ нагрет при постоянном объеме до давления 250 кПа. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом, и теплоту, сообщенную газу.

Ответ: 3,6 МДж; 0 Дж; 3,6 МДж]

5. Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу расширения, если пару передана теплота 6 кДж.

[Ответ: 1,5 кДж]

ВАРИАНТ 4

1. Концентрация молекул воздуха равна $3,05 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. Считая воздух газом, состоящим из одинаковых молекул, определить среднюю квадратичную скорость молекул воздуха и давление, если плотность равна $1,36 \text{ кг/м}^3$, а температура 289 К.

[Ответ: 122 кПа; 518 м/с]

2. Коэффициент диффузии двухатомного газа равен $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, а коэффициент теплопроводности газа равен $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Сколько молекул этого газа будет находится в сосуде объемом 2 л?

[Ответ: $4 \cdot 10^{22}$]

3. Отношение удельных теплоемкостей смеси нескольких киломолей азота и пяти киломолей аммиака (NH_3) равно 1,35. Определить число киломолей азота в смеси. [Ответ: 2 кмоль]

4. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 12 атм, адиабатически расширился до объема 10 л. Определить работу расширения газа. [Ответ: 1820 Дж]

5. В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,3 кг, занимающий объем 1 м^3 при температуре 600 К. В результате нагревания газ расширился и занял объем 4 м^3 , причем температура осталась неизменной. Найти изменение внутренней энергии, совершенную им работу и теплоту, сообщенную газу. [Ответ: 0; 74 кДж; 74 кДж]

Вариант 5

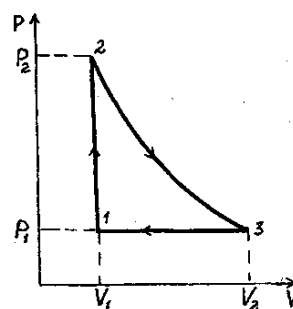
1. В лабораторных условиях создан высокий вакуум, т.е. очень малое давление, равное $1,39 \cdot 10^{-9}$ Па. Концентрация молекул $3,4 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$. Чему равны температура газа и средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы? [Ответ: 296 К; $6,1 \cdot 10^{-21}$ Дж]

2. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней квадратичной скорости пылинки массой 10^{-8} г, находящейся среди молекул кислорода? [Ответ: $1,37 \cdot 10^7$ раз]

3. До какой температуры охладится водород, взятый при температуре -3°C , если объем его увеличился в результате адиабатного процесса в 3 раза? [Ответ: 174 К]

4. Азот массой 300 г расширяется изотермически при температуре 300 К, причем объем газа увеличивается в 3 раза. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную при расширении газа работу; теплоту, полученную газом. [Ответ: 0; 29,3 кДж; 29,3 кДж]

5. Тепловая машина должна работать циклично, используя при этом изохорный, адиабатный и изобарный процессы. Известно, что $V_1=2$ л, $V_2=8$ л. В работе применяется одноатомный газ. Найти КПД цикла данной тепловой машины и КПД цикла Карно при полученных значениях температур. [Ответ: 45%; 90%]



Вариант 6

1. Сколько гелия потребуется для наполнения воздушного шара диаметром 10 м, чтобы шар мог поднять груз 9,8 кН при нормальном атмосферном давлении и температуре 17°C ? Объемом груза пренебречь. Молярная масса 0,029 кг/моль. [Ответ: 540 кг]

2. Плотность некоторого газа при нормальных условиях равна 0,9 г/л. Определить среднюю квадратичную скорость и концентрацию молекул газа.
[Ответ: 577,6 м/с; $2,66 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

3. Углекислый газ и азот находятся при одинаковой температуре и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов теплопроводности. Диаметры молекул газов считать одинаковыми.
[Ответ: 0,96]

4. Газ, занимавший объем 10 л под давлением 50 кПа, был изобарически нагрет от 200 до 300 К. Определить работу расширения газа.
[Ответ: 250 Дж]

5. При адиабатическом сжатии кислорода массой 2 кг совершена работа 150 кДж. Какова будет конечная температура газа, если до сжатия кислород находился при температуре 290 К?
[Ответ: 405 К]

Вариант 7

1. Сколько молекул газа находится в 1 см³ газа при 20°C и давлении 10^{-6} мм рт. ст.? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул?
[Ответ: $3,3 \cdot 10^{10}$; $2 \cdot 10^{-10}$ Дж]

2. Средняя квадратичная скорость молекул увеличилась в 1,5 раза. Во сколько раз изменилась температура газа?
[Ответ: в 2,25 раза]

3. Найти удельные теплоемкости c_p и c_v некоторого газа, если известно, что масса одного моля газа 0,03 кг/моль, а отношение $C_p/C_v = 1,4$.
[Ответ: 693 Дж/(кг·К); 970 Дж/(кг·К)]

4. Адиабатно расширяясь, 12 г азота совершили работу, равную 480 Дж. Определить конечную температуру газа, если до расширения он имел температуру 362 К. Масса азота 12 г.
[Ответ: 308 К]

5. Расширяясь, водород совершил работу в 8 кДж. Сколько теплоты было подведено к газу, если газ расширялся: 1) изобарически; 2) изотермически.
[Ответ: 28 кДж; 8 кДж]

Вариант 8

1. Два сосуда одинакового объема содержат кислород. В одном сосуде давление 2 МПа и температура 800 К, в другом 2,5 МПа и 200 К. Газ в сосудах охладил до 200 К и сосуды соединили трубкой. Определить установившееся в сосудах давление.
[Ответ: 1,5 МПа]

2. Во сколько раз изменится давление одноатомного газа в результате уменьшения его объема в 3 раза и увеличения средней кинетической энергии

его молекул в 2 раза?

[Ответ: в 6 раз]

3. Углекислый газ и азот находятся при одинаковых температурах и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов диффузии. Диаметры молекул этих газов считать одинаковыми. [Ответ: 0,8]

4. Найти удельную теплоемкость при постоянном давлении газовой смеси, состоящей из 3 кмоль аргона и 2 кмоль азота. [Ответ: 727 Дж/(кг·К)]

5. При изотермическом расширении одного моля углекислого газа, имевшего температуру 300 К, газ поглотил теплоту 4 кДж. Во сколько раз увеличился объем газа? [Ответ: в 4,97 раза]

Вариант 9

1. В сосуде при температуре 20°C и давлении 0,2 МПа содержится смесь газов: кислорода массой 16 г и азота массой 21 г. Определить плотность смеси. [Ответ: 2,43 кг/м³]

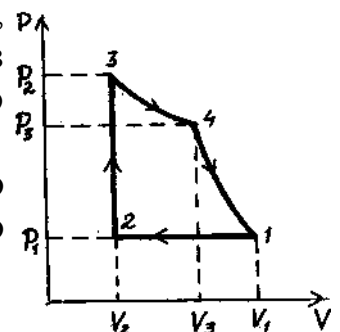
2. Найти число молекул водорода в 1 см³, если давление равно 200 мм рт. ст., а средняя квадратичная скорость молекул при данных условиях равна 2400 м/с. [Ответ: $4,2 \cdot 10^{18}$ см⁻³]

3. Азот массой 2 кг при температуре 7°C занимает объем 830 л. При адиабатном сжатии температура возросла до 227°C, а давление увеличилось до 1,52 МПа. Определить отношение C_p/C_v . [Ответ: 1,4]

4. При постоянном давлении нагревают 2 кмоль углекислого газа на 50°C. Найти изменение внутренней энергии работу расширения, количество тепла, сообщенного газу.

[Ответ: 2,5 МДж; 830 кДж; 3330 кДж]

5. Рабочий цикл некоторой тепловой машины, работающей на двухатомном газе, состоит из изобарного, изохорного, изотермного и адиабатного процессов. Параметры цикла: $P_1=1,5$ атм, $P_2=5$ атм, $V_2=1,5$ л, $V_3=3$ л, $T_2=273$ К. Определить КПД цикла. Во сколько раз КПД цикла Карно больше КПД данного цикла? [Ответ: 19,2%; в 3,65 раза]



Вариант 10

1. Один баллон объемом 10 л содержит кислород под давлением 1,5 МПа, другой объемом 22 л содержит азот под давлением 0,6 МПа. При соединении баллонов образовалась однородная смесь при постоянной

температуре. Найти парциальные давления обоих газов в смеси и полное давление смеси. [Ответ: 0,47 МПа; 0,41 МПа; 0,88 МПа]

2. Какова средняя квадратичная скорость молекул газа, если, имея массу 6 кг, он занимает объем 5 м^3 при давлении 200 кПа? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения этих молекул? [Ответ: 710 м/с; 1,5 МПа]

3. Плотность некоторого газа равна $0,06 \text{ кг/м}^3$, средняя квадратичная скорость молекул этого газа 500 м/с. Найти давление, которое оказывает газ на стенки сосуда. [Ответ: 5000 Па]

4. При адиабатном расширении воздуха его объем изменился с 20 до 100 л. Найти работу расширения газа, если в конце расширения он имел давление 200 кПа. Считать $C_p = 1006 \text{ Дж/(кг·град)}$. [Ответ: 63,32 кДж]

5. При изотермическом расширении 10 г азота, находящегося при температуре 17°C , была совершена работа, равная 860 Дж. Во сколько раз изменилось давление азота при расширении? [Ответ: в 2,72 раза]

Вариант 11

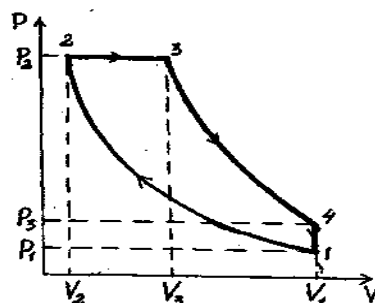
1. Найти плотность воздуха при давлении 100 кПа и температуре 13°C , считая, что воздух содержит 23,6 вес.% кислорода и 76,4 вес.% азота. Найти парциальные давления кислорода и азота при этих условиях. [Ответ: $1,21 \text{ кг/м}^3$; 21,3 кПа; 78,7 кПа]

2. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность $1,8 \text{ кг/м}^3$ при давлении 1,5 атм. Чему равна концентрация молекул, если средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $6,62 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$? [Ответ: 500 м/с; $3,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

3. Найти зависимость коэффициента теплопроводности от давления при изотермическом процессе. Изобразить эту зависимость на графике.

4. Находящиеся при температуре 27°C 6,5 г водорода расширяются вдвое при постоянном давлении за счет притока тепла. Найти работу расширения, изменение внутренней энергии и количество тепла, сообщенное газу. [Ответ: 8,1 кДж; 20,2 кДж; 28,3 кДж]

Рабочий цикл некоторой тепловой машины состоит из двух адиабат, изохоры и изобары. Известно, что $P_1 = 1,25 \text{ атм}$, $P_2 = 5 \text{ атм}$, $P_3 = 3 \text{ атм}$, $T_1 = 250 \text{ К}$. В качестве рабочего тела используется 0,7 моля двухатомного газа. Определить КПД данного цикла и КПД цикла Карно с температурами холодильника и



нагревателя цикла.

[Ответ: 22,6%; 64%]

Вариант 12

1. В сосуде объемом 40 л находится кислород при температуре 300 К. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на 100 кПа. Определить массу израсходованного кислорода. Процесс считать изотермическим. [Ответ: 0,05 кг]

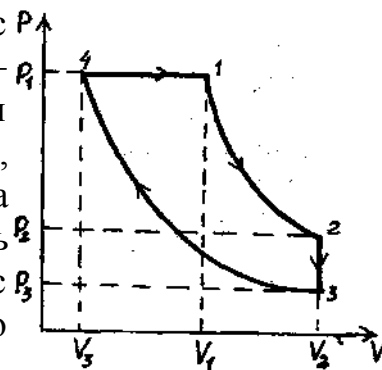
2. Средняя кинетическая энергия молекулы водорода составляет $2,4 \cdot 10^{-20}$ Дж. Чему равна их наиболее вероятная скорость?

[Ответ: 2410 м/с]

3. Найти зависимость коэффициента теплопроводности газа от давления при изохорическом процессе (получить формулу) и затем изобразить эту зависимость на графике в виде некоторой кривой.

4. Кислород при неизменном давлении, составляющем 80 кПа, нагревается, и при этом его объем увеличивается от 1 до 3 м³. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом при расширении, теплоту, сообщенную газу. [Ответ: 0,4 МДж; 160 кПа; 560 кДж]

5. Тепловая машина работает в соответствии с циклом, изображенным на рисунке, где 1-2 и 3-4 – адиабаты, 1-4 – изобара, 2-3 – изохора. Известны следующие параметры: $P_1=6$ атм, $P_2=3$ атм, $P_3=2$ атм, $V_3=2$ л. В качестве рабочего вещества использовано 0,3 одноатомного газа. Вычислить КПД данного цикла, а также КПД цикла Карно с максимальной и минимальными температурами по данному циклу.



Вариант 13

1. В сосуде при температуре 373 К и давлении 400 кПа находится 2000 л смеси кислорода и сернистого газа SO₂. Определить парциальные давления компонентов, если масса сернистого газа 4 кг. [Ответ: 193 кПа; 207 кПа]

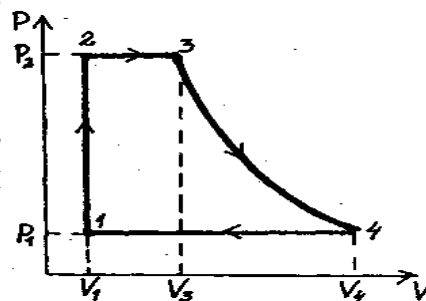
2. Определить давление водорода на стенки сосуда, если его плотность равна 1 кг/м³, а средняя квадратичная скорость молекул равна 1500 м/с.

[Ответ: 750 кПа]

3. Определить коэффициент теплопроводности воздуха при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при этих условиях имеет значение $1,41 \cdot 10^{-2}$ с⁻¹. [Ответ: $1,29 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К)]

4. Находящийся при нормальных условиях 1 кмоль азота расширяется адиабатически от объема V_1 до объема $V_2=5V_1$. Найти изменение внутренней энергии газа, работу расширения. [Ответ: - 2,69 МДж; 2,69 МДж]

6. Цикл паросиловой установки Ренкина состоит из двух изобар, изохоры и адиабаты. Известны следующие параметры трехатомного газа: $P_1=1,5$ атм, $P_2=3,5$ атм, $V_1= 2$ л, $V_4=5$ л. Определить КПД установки, а также КПД машины, работающей по циклу Карно с данными температурами нагревателя и холодильника. [Ответ: 14,48%; 67,5%]



Вариант 14

1. Смесь водорода и азота общей массой 290 г находится при температуре 600 К и давлении 2,46 МПа и занимает объем 30 л. Определить массу водорода и азота. [Ответ: 90 г; 200 г]

2. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа находящегося под давлением 50 кПа, равна 1000 м/с. Найти плотность газа при этих условиях. [Ответ: 0,15 кг/м³]

3. Давление двухатомного идеального газа вследствие сжатия увеличивается в 10 раз. Определить, как изменяется длина свободного пробега молекул в газе и коэффициент вязкости газа, если сжатие происходит изотермически.

[Ответ: уменьшится в 10 раз; останется неизменным]

4. При изотермическом расширении 2 м³ газа его давление меняется от 5 до 4 атм. Найти совершенную при этом работу. [Ответ: 223 кДж]

5. Под давлением 300 кПа при температуре 10°C находится 10 г кислорода. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти количество тепла, сообщенного газу; изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом. [Ответ: 7,9 кДж; 5,66 кДж; 2,26 кДж]

ВАРИАНТ 15

1. Барометрическая трубка погружена в глубокий сосуд с ртутью так, что уровни в трубке и в сосуде совпадают. При этом воздух в трубке занимает столб высотой 100 см. Трубку поднимают на 30 см. Определить, на сколько сантиметров поднимется ртуть в трубке. Атмосферное давление равно 750 мм рт. ст. [Ответ: на 11,6 см]

2. Найти среднюю квадратичную скорость некоторого газа, плотность которого при давлении 750 мм рт. ст. равна $0,082 \text{ кг/м}^3$. Чему равна масса одного моля этого газа, если значение плотности дано при температуре 17°C ?

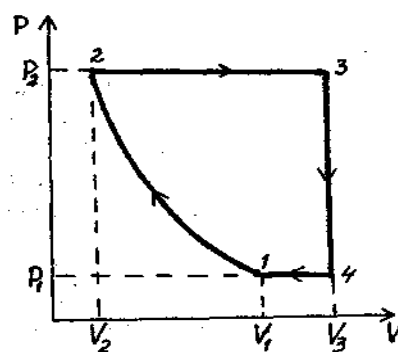
[Ответ: 1913 м/с ; $0,002 \text{ кг/моль}$]

3. Определить удельные теплоемкости c_p и c_v водорода, в котором половина молекул распалась на атомы. [Ответ: $11,43 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$; $17,66 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$]

4. При адиабатическом сжатии 1 киломоля двухатомного газа была совершена работа 146 кДж. На сколько увеличилась температура газа при сжатии?

[Ответ: на 7°C]

5. Одноатомный газ используется в качестве рабочего тела при работе некоторой тепловой машины. Известны следующие параметры состояний цикла, изображенного на рисунке: $V_1=2,5 \text{ л}$, $V_2=1,5 \text{ л}$, $V_3=6 \text{ л}$. Участок 1-2 – адиабатный, 2-3 и 4-1 – изобарные, 3-4 – изохорный. Вычислить КПД цикла. Каков был бы КПД тепловой машины, работающей с температурами нагревателя и холодильника данного цикла? [Ответ: 21% ; $82,1\%$]



Вариант 16

1. В баллоне емкостью 22,4 л находится водород при нормальных условиях. После того как в баллон было дополнительно введено некоторое количество гелия, давление возросло до 0,25 МПа, а температура не изменилась. Определить массу гелия, введенного в баллон. [Ответ: 4 г]

2. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 450 м/с, давление газа 70 кПа. Найти плотность газа при этих условиях.

[Ответ: $1,03 \text{ кг/м}^3$]

3. Коэффициент диффузии и внутреннего трения кислорода равны соответственно $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ и $1,95 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$. Найти при этих условиях плотность кислорода, среднюю длину свободного пробега его молекул, среднюю арифметическую скорость.

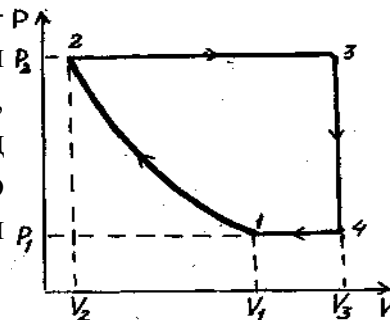
[Ответ: $1,625 \text{ кг/м}^3$; $1,53 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $253,3 \text{ м/с}$]

4. В условиях свободного расширения 1 кмоль одноатомного газа нагревается на 100°C . Найти количество тепла, сообщенного газу; изменение его внутренней энергии; работу расширения.

[Ответ: $2,076 \text{ МДж}$; $1,25 \text{ МДж}$; 826 кДж]

5. Найти КПД цикла тепловой машины, если известно, что участок 1-2 – изотермный и параметры состояний следующие: $P_1=2$ атм, $P_3=8$ атм, $V_1=6$ л, $V_3=8$ л. Рабочее тело – одноатомный газ. Каков КПД данного цикла? Вычислить также КПД цикла Карно с температурами холодильника и нагревателя данного цикла.

[Ответ: 24,2%; 81,2%]



Вариант 17

1. Определить плотность смеси газов, состоящей из 1 кг кислорода, 8 кг водорода и 3 кг углекислого газа при температуре 290 К и давлении 100 кПа. Определить также молярную массу смеси. [Ответ: 0,12 кг/м³, 0,0029 кг/моль]
2. Определить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 17°C и давлении 800 кПа
[Ответ: 6·10⁻²¹ Дж; 2·10²⁶ м⁻³]
3. Коэффициент теплопроводности трехатомного газа 1,45·10⁻² Вт/(м·К), а коэффициент диффузии при тех же условиях 10⁻⁵ м²/с. Определить число молекул в 1 м³ при этих условиях.
[Ответ: 1,05 10²⁶ м⁻³]
4. Газ, занимающий объем 3 л и находящийся под давлением 200 кПа и при температуре 17°C был нагрет и расширялся изобарически. Работа расширения газа при этом равна 196 Дж. На сколько нагрели газ?
[Ответ: на 57°C]
5. Для определения уровня жидкости в баках используют принцип сообщающихся сосудов. Определить диаметр водомерной трубки, если относительная погрешность при определении объема равна 1%. Смачивание водой стекла водомерной трубки полное, а высота уровня воды по водомеру равна 1 м.
[Ответ: 1,5 мм]

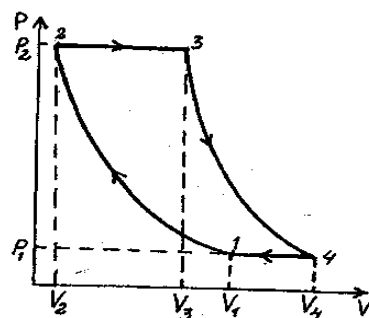
Вариант 18

1. В сосуде объемом 1 л при температуре 183°C находится 1,62·10²² молекул газа. Каково будет давление газа, если объем сосуда изотермически увеличить в 5 раз?
[Ответ: 20,4 кПа]
2. Средняя квадратичная скорость молекул газа, плотность которого 1,6 кг/м³, равна 540 м/с. Чему равно давление газа? Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа при концентрации 7,5·10²⁵ м⁻³.
[Ответ: 155 кПа; 3,1·10⁻²¹ Дж]
3. Вычислить среднюю скорость теплового движения атомов аргона, среднюю длину свободного пробега атома, среднее число столкновений молекул, находящихся в 1 см³ в 1 с, если условия нормальные.
[Ответ: 380 м/с; 9,45·10⁻⁸ м; 5,32·10²⁸ см⁻³·с]

4. Находящийся при нормальных условиях 1 литр гелия, изотермически расширяется за счет полученного извне тепла до объема 2 л. Найти работу, совершенную газом при расширении, количество сообщенного газу тепла.

[Ответ: 70 Дж; 70 Дж]

5. Тепловая машина работает циклично, используя изобарный, адиабатный и изотермический процессы. На диаграмме это участки 2-3, 4-1, 3-4, 1-2. Известно, что газ двухатомный и приводятся следующие параметры состояний: $P_1=1,75$ атм, $P_2=6$ атм, $V_1=6,5$ л, $V_4=20$ л. Определить КПД данного цикла и КПД цикла Карно с максимальной и минимальной температурами из цикла.



[Ответ: 12,23%; 77%]

Вариант 19

1. В закрытом сосуде емкостью 2 м^3 находятся 1,4 кг азота и 2 кг кислорода. Найти давление газовой смеси в сосуде, если температура смеси 27°C

[Ответ: 140 кПа]

2. Средняя кинетическая энергия всех молекул одноатомного газа при давлении 30 кПа равна 180 Дж. Чему равен объем газа? Найти температуру газа при концентрации молекул равной $7,51 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.

[Ответ: 4 л; 290 К]

3. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения гелия при некоторых условиях равны $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ и $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$. Найти число молекул гелия в 1 м^3 при этих условиях.

[Ответ: $8,1 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$]

5. Водород занимает объем 10 м^3 при давлении 100 кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления 300 кПа. Определить изменение внутренней энергии, работу и теплоту, сообщенную газу.

[Ответ: 5 МДж; 0; 5 МДж]

6. Двухатомному газу сообщено 2090 Дж тепла. При этом газ расширялся при постоянном давлении. Найти работу расширения газа.

Вариант 20

1. Концентрация молекул неизвестного газа при нормальных условиях равна $2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. Этот же газ при температуре 91°C и давлении 800 кПа имеет плотность $5,4 \text{ кг}/\text{м}^3$. Найти массу одной молекулы этого газа.

[Ответ: $3,33 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$]

2. Найти энергию теплового движения молекул CO_2 , находящихся в баллоне объемом 6 л при давлении 3,5 кПа. Какую часть энергии составляет энергия вращательного движения?

[Ответ: 63 Дж; 0,5]

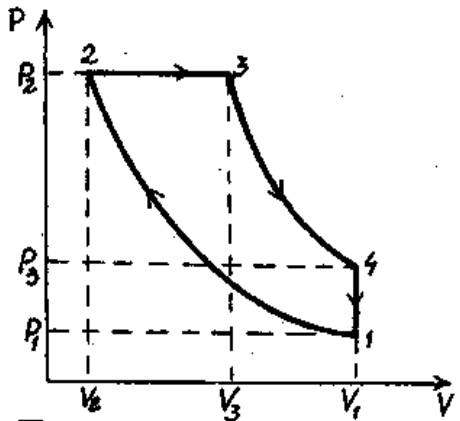
3. Определить коэффициент теплопроводности азота, находящегося в некотором объеме при температуре 280 К. Эффективный диаметр молекулы принять равным 0,38 нм.
[Ответ: 8,25 мВт/(м·К)]

4. Расширяясь, водород совершил работу 6 кДж. Сколько теплоты было подведено к газу, если газ расширился изобарически или изотермически?

[Ответ: 21 кДж; 6 кДж]

5. Тепловая машина использует двухатомный газ и работает циклично. На приведенной диаграмме цикла 2-3 – изобарный участок, 3-4 – адиабатный, 4-1 – изохорный, 1-2 – изотермный. Известно, что $P_1=150$ кПа, $P_2=800$ кПа, $V_1=12$ л, $V_3=8$ л. Определить, каков будет КПД данной машины и как сильно он будет отличаться от КПД машины Карно.

[Ответ: 25,2%; 71,8%]



Вариант 21

1. Сухой атмосферный воздух находится под давлением 100 кПа и содержит 23,2 г кислорода, 75,6 г азота и 1,3 г аргона. Найти парциальные давления составляющих газов.

[Ответ: кислород 20,9 кПа; азот 78,2 кПа; аргон 9 кПа]

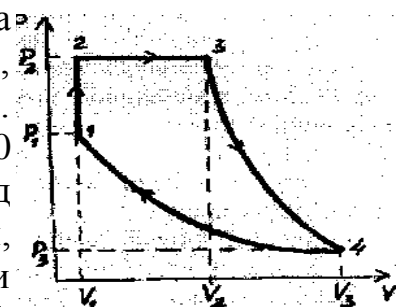
2. В сосуде объемом 0,5 л находится кислород при нормальных условиях. Найти общее число столкновений между молекулами кислорода в этом объеме за 1 с.
[Ответ: $2,87 \cdot 10^{31}$]

3. При давлении 1 атм и температуре 27°C 2 л азота расширяются адиабатически до объема 40 л. Определить температуру и давление газа после расширения.
[Ответ: 90 К; 1,5 кПа]

4. В закрытый сосуд объемом 2,5 л закачан водород при температуре 17°C и давлении 15 кПа. Водород охлаждают до температуры 0°C. Вычислить количество отданного газом тепла, приращение внутренней энергии водорода.
[Ответ: 5,4 Дж; - 5,4 Дж]

5. Тепловой двигатель работает циклично на двухатомном газе. Цикл состоит из изохорного, адиабатного, изотермного и изобарного процессов. Известны следующие параметры состояний: $P_1=800$ кПа, $P_2=1,2$ МПа, $V_1=2$ л, $V_2=6$ л. Вычислить КПД тепловой машины, а также КПД машины, работающей по циклу Карно с данными температурами.

[Ответ: 33%; 55,6%]



Вариант 22

1. В сосуде объемом 10 л при температуре 450 К находится смесь азота массой 5 г и водорода массой 2 г. Определить давление смеси и парциальные давления газов. [Ответ: 440,2 кПа; 373,5 кПа; 66,7 кПа]

2. В цилиндре под поршнем находится газ при нормальных условиях. Сначала газ нагрели при постоянном давлении до температуры 97°C, а затем при постоянной температуре увеличили в 5 раз объем газа. Определить концентрацию молекул в конечном состоянии.

[Ответ: $3,917 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

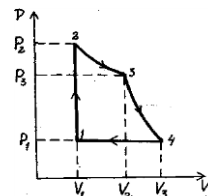
3. В сосуде объемом 2 л при температуре 167°C находится газ под давлением 130 кПа. Определить число молекул газа и среднюю кинетическую энергию поступательного движения всех молекул газа.

[Ответ: $4,28 \cdot 10^{23}$; 390 Дж]

4. В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,6 кг, занимающий объем 1,2 м³ при температуре 560 К. В результате нагревания газ расширился и занял объем 4,2 м³, причем температура осталась неизменной. Найти изменение внутренней энергии, совершенную им работу и теплоту, сообщенную газу.

[Ответ: 0; 126 кДж; 126 кДж]

5. Рабочий цикл предполагаемой тепловой машины, работающей на одноатомном газе, состоит из адиабатного, изохорного, изотермного и изобарного процессов. Известно, что $P_1=1$ атм, $P_2=10$ атм, $P_3=2,5$ атм, $V_1=4$ л. Найти КПД машины по этим параметрам, а также КПД машины, работающей по циклу Карно, с максимальной и минимальной температурами, полученными ранее.



[Ответ: 45,8%; 60%]

Вариант 23

1. В некотором сосуде содержится смесь, состоящая из азота массой 3 кг и водорода массой m_2 . Давление в сосуде 250 кПа, его объем 1,5 м³ и температура 57°C. Определить парциальные давления компонентов.

[Ответ: 54 кПа; 196 кПа]

2. При температуре 400 К средняя длина свободного пробега молекул водорода равна $1,6 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно среднее число столкновений молекулы Z_1 при этом давлении? Чему будет равно число столкновений Z_2 , если давление уменьшить в 1,27 раза?

[Ответ: $1,29 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$; 10^{-10} с^{-1}]

3. Определить коэффициент теплопроводности аргона при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы аргона $2,91 \cdot 10^{-10}$ м.

[Ответ: $2 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м·К)}$]

4. Масса 12 г гелия, находящегося при 0°C и давлении 2 атм изотермически расширяется за счет полученного извне тепла до объема 200 л. Найти работу расширения и количество сообщенного газу теплоты. [Ответ: 27,73 кДж]

5. Водяной пар массой 50 г находится в закрытом сосуде под давлением 1 атм при температуре 300°C . После нагревания давление в сосуде стало равно 300 кПа. Какое количество теплоты было сообщено газу? [Ответ: 79,36 кДж]

Вариант 24

1. Смесь азота с массовой долей 87,5% и водорода с массовой долей 12,5% находится в сосуде объемом 20 л при температуре 560 К. Определить давление смеси, если масса смеси равна 8 г. Каковы парциальные давления? [Ответ: 11,63 кПа; 58,17 кПа; 69,8 кПа]

2. Масса одной молекулы неизвестного газа равна $7,31 \cdot 10^{-26}$ кг, концентрация молекул газа равна $3,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. Определить плотность газа и давление, если средняя квадратичная скорость молекул газа равна 520 м/с. [Ответ: 2,49 кг/м³; 224 кПа]

3. При давлении $5 \cdot 10^4$ Па средняя квадратичная скорость некоторого газа равна 600 м/с. Определить отношение коэффициента внутреннего трения к коэффициенту диффузии этого газа. [Ответ: 0,42 кг/м³]

4. В закрытом сосуде объемом 3 л находится азот, плотность которого равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы нагреть его на 120°C ? [Ответ: 320 Дж]

5. Под давлением 400 кПа при температуре 20°C 15 г кислорода находится. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 15 л. Найти количество тепла, полученного газом, изменение внутренней энергии, работу, совершенную газом при расширении. [Ответ: 17 кДж; 12163 Дж; 4860 Дж]

Вариант 25

1. Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра имеется поршень, который может скользить в цилиндре без трения. С одной стороны поршня находится 3 г водорода, а с другой 17 г азота. Какую часть объема цилиндра занимает водород? Температура газа по обе стороны поршня одинакова. [Ответ: 0,71]

2. В сосуде находится углекислый газ, плотность которого $1,7 \text{ кг/м}^3$, средняя длина свободного пробега при этих условиях равна $7,9 \cdot 10^{-8}$ м. Найти диаметр молекул углекислого газа. [Ответ: $3,5 \cdot 10^{-10}$ м]

3. Коэффициент диффузии гелия равен $9,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Каков коэффициент

диффузии водорода при тех же условиях, если диаметры молекул гелия и водорода соответственно равны 0,23 и 0,2 нм? [Ответ: $17,15 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$]

4. Гелий находится в закрытом сосуде объемом 3 л при температуре 27°C и давлении 2 атм. Какое количество тепла надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на 80°C ? Какова будет средняя квадратичная скорость его молекул при новой температуре? [Ответ: 225 Дж; 1539 м/с]

5. Тепловая машина, работающая на водяном паре, совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изохор и двух адиабат; при этом известны следующие параметры: $P_2=5$ атм, $P_3=10$ атм, $P_4=2$ атм, $V_1=5$ л. Найти кпд цикла, а также кпд установки по циклу Карно с теми же температурами холодильника и нагревателя, если в машине за цикл расходуется 1 моль пара. [Ответ: 33%; 66,5%]

Вариант 26

1. Два сосуда одинакового объема содержат водород. Давление и температура в одном сосуде равны 5 МПа и 500 К, во втором 4 МПа и 400 К. Газ в сосудах охладил до 300 К и затем соединили сосуды. Определить установившееся в сосудах давление. [Ответ: 3 МПа]

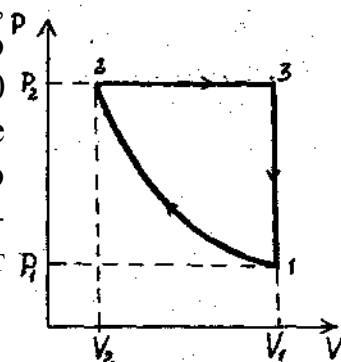
2. Коэффициент диффузии кислорода при нормальных атмосферных условиях $1,41 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Определить, каким будет коэффициент диффузии при температуре 50°C , если нагревание происходило при постоянном давлении. [Ответ: $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$]

3. В закрытом сосуде при температуре 17°C находится 8,5 г азота. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы увеличить среднюю квадратичную скорость его молекул вдвое? Во сколько раз при этом изменится давление газа на стенки сосуда? [Ответ: 3,2 кДж; в 4 раза]

4. Сколько теплоты выделится, если азот массой 5 г, взятый при температуре 300 К под давлением 1 атм, изотермически сжать до давления 15 атм? [Ответ: 1,2 кДж]

5. На диаграмме представлен цикл тепловой машины, состоящий из адиабатного, изобарного и изохорного участков. Параметры точек 1, 2 равны: $P_1=2$ атм, $P_2=10$ атм. Определить кпд цикла, если в работе задействован водяной пар. Во сколько раз работа этого цикла меньше работы по циклу Карно с температурами T_1 и T_3 и той же теплотой, полученной от нагревателя, что и в данной машине?

[Ответ: 14,3%; в 5,25 раза]



Вариант 27

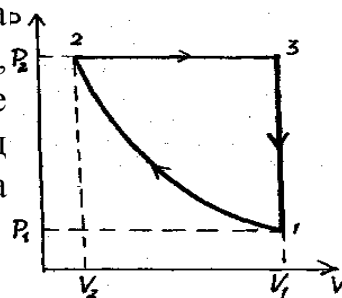
1. В баллоне объемом 50 л находится азот при температуре 27°C . Когда из баллона взяли 10 кг газа, его давление понизилось до 150 МПа. Какова была первоначальная масса газа в баллоне, если температура оставалась постоянной? [Ответ: 9,2 кг]

2. В колбе объемом 120 см^3 находится 0,002 моля некоторого газа. Чему равны давление и средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа, если температура 300 К ? [Ответ: 41,4 кПа; 7,45 Дж]

3. Как изменится вязкость двухатомного газа, состояние которого далеко от вакуума, при уменьшении объема в 2 раза, если процесс перехода изобарный? [Ответ: уменьшится в 1,41 раза]

4. Кислород массой 1 кг занимает объем $0,5\text{ м}^3$ и находится под давлением 1 атм. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема $1,5\text{ м}^3$, а затем при постоянном объеме до давления 2,5 атм. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную работу и теплоту, переданную газу. [Ответ: 475 кДж; 100 кДж; 575 кДж]

5. Тепловая машина, работающая по циклу, диаграмма которого изображена на рисунке, включает изохорный, изобарный и изотермный процессы и имеет следующие параметры: $P_1=2,5\text{ атм}$, $V_1=1,5\text{ л}$, $P_2=16,6\text{ л}$. Вычислить КПД цикла, если в работе задействован двухатомный газ; КПД цикла Карно с данными температурами.



[Ответ: 19%; 85%]

Вариант 28

1. В баллоне объемом 15 л находится аргон при температуре 300 К и давлении 600 кПа. Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление снизилось до 400 кПа, а температура установилась 260 К . Определить массу аргона, взятого из баллона. [Ответ: 33,4 г]

2. Каково давление идеального газа, находящегося в сосуде объемом 12 л при температуре 30°C , если число молекул равно $1,6 \cdot 10^{24}$? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа? [Ответ: 557 кПа; 10,03 кДж]

3. Определить, во сколько раз отличаются коэффициенты диффузии азота и углекислого газа, если оба газа находятся при одинаковых температурах и давлении. Эффективные диаметры молекул этих газов считать одинаковыми. [Ответ: в 1,25 раза]

4. При изобарическом расширении одноатомного газа была совершена работа 167,2 Дж. Какое количество тепла было сообщено газу? [Ответ: 418 Дж]

5. При адиабатическом расширении азота с начальной температурой 400 К, внутренняя энергия уменьшилась на 9 кДж. Определить массу азота, если его объем увеличился в 2 раза. [Ответ: 48,8 г]

Вариант 29

1. В закрытом сосуде при температуре 300 К и давлении 0,1 МПа находится 10 г водорода и 16 г гелия. Считая газы идеальными, определить удельный объем смеси (объем, приходящийся на единицу массы смеси). [Ответ: 8,63 м³/кг]

2. Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 500 м/с, плотность газа 1,35 кг/м³? Чему равна температура газа? [Ответ: 112,5 кПа; 281 К]

3. В сосуде объемом 2 л находится $4 \cdot 10^{22}$ молекул двухатомного газа. Коэффициент диффузии равен $2 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Найти коэффициент теплопроводности газа при этих условиях. [Ответ: $1,38 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К)]

4. Баллон емкостью 20 л содержит водород при температуре 300 К и давлении 0,4 МПа. Каковы будут температура и давление, если газу сообщить теплоту 6 кДж? [Ответ: 520 кПа; 390 К]

5. Азот, занимавший объем 20 л при давлении 200 кПа, расширяется втрое. Найти конечное давление и работу, совершенную газом при следующих процессах: 1) изобарном; 2) изотермическом. [Ответ: 200 кПа; 8 кДж; 67 кПа; 4,4 кДж]

Вариант 30

1. В баллоне емкостью 15 л находится смесь, содержащая 10 г водорода, 54 г водяного пара и 60 г окиси углерода. Температура смеси 300 К. Определить парциальные давления газов и общее давление. [Ответ: 83,1 кПа; 50 кПа; 33,2 кПа; 16,63 кПа]

2. При изобарном нагревании идеального газа от температуры 280 К плотность его уменьшилась вдвое. На сколько градусов увеличилась температура? [Ответ: на 280°С]

3. Найти коэффициент внутреннего трения водорода, если известно что коэффициент теплопроводности при этих условиях равен $9 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К). [Ответ: $8,6 \cdot 10^{-6}$ кг/(м·с)]

4. Находящиеся при температуре 27°C и давлении 760 мм рт.ст. 32 г кислорода, адиабатически сжимаются до объема 10 л. Найти температуру, давление и работу сжатия.
[Ответ: 360 кПа; 433 К; 2784 Дж]

5. Кислород нагревают от 40 до 70°C . Масса кислорода 200 г. Найти количество поглощенной теплоты и изменение внутренней энергии при изохорном и изобарном процессах.
[Ответ: 3895 кДж; 3895 кДж; 5453 кДж; 3895 кДж]

Вариант 31

1. Определить давление газа, если при температуре 17°C в $0,1\text{ см}^3$ газа находится $3,2 \cdot 10^{15}$ молекул. Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул?
[Ответ: 128 Па; $1,92 \cdot 10^{-5}$ Дж]

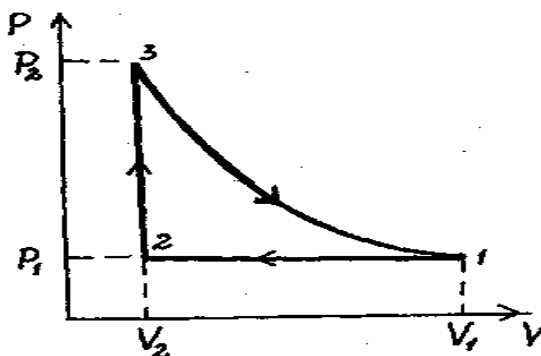
2. При какой температуре коэффициент диффузии воздуха имеет значение $1,48 \cdot 10^{-5}$ м²/с, если давление воздуха при этом 10^5 Па, а диаметр молекулы воздуха $3 \cdot 10^{-10}$ м?
[Ответ: $9,36^{\circ}\text{C}$]

3. Удельная теплоемкость при постоянном давлении некоторого газа равна 978 Дж/(кг·К), его молярная масса 0,034 кг/моль. Определить, каким числом степеней свободы обладают молекулы этого газа.
[Ответ: 6]

4. В закрытом сосуде объемом 5 л находится водород при температуре 27°C и давлении 10 кПа. Водород охлаждают до температуры 0°C . Вычислить количество отданного газом тепла, изменение внутренней энергии.
[Ответ: 11,25 Дж]

5. Найти КПД тепловой машины, работающей на водяном паре, если $V_1=6$ л, $V_2=3$ л, $T_1=590$ К, а участок расширения 3-1 адиабатный. Во сколько раз КПД цикла Карно с данными температурами больше КПД приведенной тепловой машины?

[Ответ: в 4,9 раза]



Вариант 32

1. В баллоне объемом $0,001\text{ м}^3$ находится азот под давлением 200 кПа, причем известно, что каждый 1 см^3 газа содержит $4,3 \cdot 10^{13}$ молекул. Вычислить энергию поступательного движения одной молекулы и суммарную энергию всех молекул. Найти среднюю квадратичную скорость молекул и плотность газа.
[Ответ: $6,98 \cdot 10^{-21}$ Дж; 500 Дж; $1,7 \cdot 10^4$ м/с; 2 кг/м^3]

2. Найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега при этих условиях равна $1,6 \cdot 10^{-7}$ м.

[Ответ: $9,06 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$]

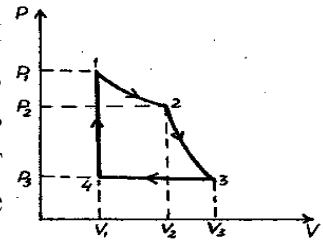
3. До какой температуры охладится воздух, находящийся при 0°C , если он расширяется адиабатически с увеличением объема в 2 раза.

[Ответ: 207 К]

4. Чему равна энергия теплового движения 20 г кислорода при температуре 10°C ? Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения и какая часть на долю вращательного движения?

[Ответ: 3700 Дж ; 2200 Дж ; 1500 Дж]

5. На рисунке изображен рабочий цикл воображаемой тепловой машины. Цикл состоит из изотермы 1-2, адиабаты 2-3, изобары 3-4, изохоры 4-1. Определить КПД такой машины, если в работе участвует двухатомный идеальный газ и соответствующие параметры газа равны: $P_1=10 \text{ атм}$, $P_3=1,5 \text{ атм}$, $V_1=2,5 \text{ л}$, $V_3=15 \text{ л}$.



[Ответ: 28%]

Вариант 33

1. В баллоне вместимостью 15 л находится азот под давлением 100 кПа при температуре 27°C . Из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной 17°C . Определить давление азота, оставшегося в баллоне.

[Ответ: $163,5 \text{ кПа}$]

2. Средняя квадратичная скорость молекул ацетилена (C_2H_2), находящегося в закрытом баллоне, равна 500 м/с . Плотность газа 18 кг/м^3 . Вычислить энергию поступательного движения одной молекулы и суммарную энергию всех молекул. Найти давление газа, если его масса $7,2 \text{ кг}$.

[Ответ: $5,3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$; 900 кДж ; $1,5 \text{ МПа}$]

3. Найти коэффициент диффузии азота при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул азота равна $3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

[Ответ: $4,54 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$]

4. Найти кинетическую энергию теплового движения молекул, находящихся в 1 г воздуха при температуре 15°C . Воздух считать однородным газом, масса одного моля которого равна $0,029 \text{ кг/моль}$.

[Ответ: 208 Дж]

5. Один киломоль газа изобарически нагревается от 17 до 75°C , при этом газ поглощает $1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ теплоты. Найти приращение внутренней энергии и работу газа.

[Ответ: 719 кДж ; 481 кДж]

Вариант 34

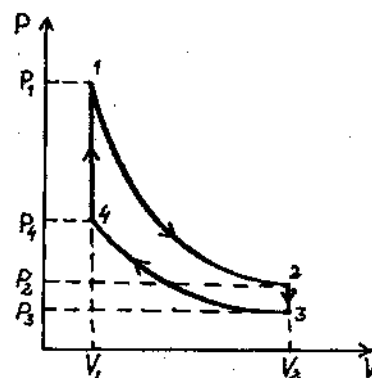
1. Давление газа равно 1 МПа, концентрация его молекул 10^{10} см^{-3} . Определить температуру газа и среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа. [Ответ: 7250 К; $1,5 \cdot 10^{-19}$ Дж]

2. Найти коэффициент диффузии гелия при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы гелия $2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. [Ответ: $2,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$]

3. Чему равна энергия вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 7°C ? [Ответ: 83 кДж]

4. В закрытом сосуде объемом 2 л находится 12 г азота при температуре 10°C . После нагревания давление в сосуде стало равно 10^4 мм рт. ст. Какое количество тепла сообщено газу при нагревании? [Ответ: 4,15 кДж]

5. Найти кпд цикла, состоящего из двух изотерм и двух изохор, если известно, что параметры состояний газа следующие: $P_4=664 \text{ кПа}$, $P_2=200 \text{ кПа}$, $P_3=175 \text{ кПа}$. В работе принимает участие 1 моль идеального газа. Каков кпд цикла Карно с данными температурами нагревателя и холодильника? [Ответ: 10%, 12,5%]



ВАРИАНТ 35

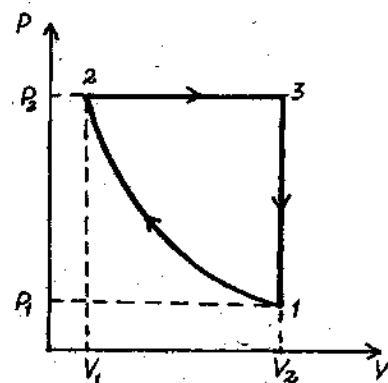
1. Найти значение средней кинетической энергии одной молекулы гелия, имеющего при давлении 100 кПа плотность $0,12 \text{ кг/м}^3$. [Ответ: 10^{-21} Дж]

2. Найти отношение средней квадратичной скорости молекул газа к скорости распространения звука в идеальном газе при той же температуре, если он состоит из двухатомных молекул. [Ответ: 1,46]

3. Чему равна энергия теплового движения молекул двухатомного газа, заключенного в сосуде объемом 2 л и находящегося под давлением 150 кПа? [Ответ: 750 Дж]

4. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы: а) при постоянном давлении увеличить объем вдвое; б) при постоянном объеме увеличить давление вдвое, если объем сосуда 2 л, а давление 100 кПа? [Ответ: 700 Дж; 500 Дж]

5. На рисунке приведен рабочий цикл некоторой тепловой машины, работающей на двухатомном



газе. Участок 1-2 адиабатный, 2-3 – изобарный, 1-3 – изохорный. Параметры точек: $P_2=10$ атм, $V_1=5$ л, $V_2=1$ л, $T_3=900$ К. Найти кпд цикла, остальные параметры точек 1, 2, 3. Во сколько раз кпд цикла Карно с температурами T_3 и T_1 больше кпд данного цикла?

[Ответ: 11,4%; $n=5,5$ раз]

Вариант 36

1. Имеются два сосуда с газом: один емкостью 3 л другой емкостью 4 л. В первом сосуде газ находится под давлением 2 атм, а во втором под давлением 1 атм. Температура в обоих сосудах одинакова. Под каким давлением будет находиться газ, если соединить эти сосуды между собой? Считать температуру постоянной.

[Ответ: 144,4 кПа]

2. Вычислить среднюю длину свободного пробега и время между двумя последовательными столкновениями молекул кислорода при давлении 0,2 МПа и температуре 17°C.

[Ответ: $5 \cdot 10^{-8}$ м; $2,6 \cdot 10^{-10}$ с]

3. Двухатомный газ находится при температуре 27°C и давлении 2 МПа и сжимается адиабатически так, что его объем уменьшается вдвое. Найти температуру и давление газа после сжатия.

[Ответ: 123°C; 5,28 МПа]

4. Кинетическая энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объемом 20 л, равна 5 кДж, а средняя квадратичная скорость его молекул 2000 м/с. Найти количество азота в баллоне, давление, под которым находится азот.

[Ответ: $2,5 \cdot 10^{-3}$ кг; $1,67 \cdot 10^5$ Па]

5. Для нагревания некоторого количества газа на 50°C при постоянном давлении необходимо затратить 659 Дж. Если же это количество газа охладить на 100°C при постоянном объеме, то выделяется 1989 Дж. Какое число степеней свободы имеют молекулы этого газа?

[Ответ: 6]

Вариант 37

1. Определить концентрацию молекул ртути, содержащихся в воздухе помещения, зараженном ртутью, при температуре 17°C, если давление насыщенного пара ртути при этой температуре равно 0,13 Па. Определить число молекул в помещении объемом 45 м³. Чему равна средняя кинетическая энергия молекул ртути?

[Ответ: $3,25 \cdot 10^{19}$ м⁻³; $1,46 \cdot 10^{21}$; $6 \cdot 10^{21}$ Дж]

2. Сколько столкновений между молекулами происходит за одну секунду в 1 см³ водорода, если плотность водорода $8,5 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ и температура 0°C.

[Ответ: $1,3 \cdot 10^{29}$ с⁻¹·см⁻³]

3. Найти количество азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 100 см² за 10 с, если градиент плотности в направлении,

перпендикулярном к площадке, равен $1,26 \text{ кг/м}^4$. Температура азота 27°C , средняя длина свободного пробега азота 10^{-7} м . [Ответ: $2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$]

4. Один килограмм двухатомного газа находится под давлением 80 кПа и имеет плотность 4 кг/м^3 . Найти энергию теплового движения молекул при этих условиях. [Ответ: 50 кДж]

5. Под давлением 300 кПа при температуре 10°C находится 10 г кислорода. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л . Найти: количество тепла, полученного газом, изменение внутренней энергии, работу, совершенную газом. [Ответ: $7,92 \text{ кДж}$; $5,66 \text{ кДж}$; $2,26 \text{ кДж}$]

Вариант 38

1. Баллон емкостью 15 л содержит смесь водорода и азота при температуре 300 К и давлении $1,23 \text{ МПа}$. Масса смеси 145 г . Определить массу водорода и азота. [Ответ: $4,8 \text{ г}$; $140,2 \text{ г}$]

2. Газ сжат изотермически от объема 8 л до объема 6 л . Давление при этом возросло на 4 кПа . Каким было первоначальное давление? [Ответ: 12 кПа]

3. Найти количество азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 100 см^2 за 10 с , если градиент плотности в направлении, перпендикулярном к площадке, равен $1,26 \text{ кг/м}^4$. Температура азота 27°C , средняя длина свободного пробега азота 10^{-7} м . [Ответ: $2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$]

4. Двухатомный газ массой 1 кг находится под давлением 80 кПа и имеет плотность 4 кг/м^3 . Найти энергию теплового движения молекул при этих условиях. [Ответ: 50 кДж]

5. Кислород, находящийся под давлением 80 кПа , нагревают так, что его объем увеличивается от 1 м^3 до некоторого объема V . При этом работа, совершенная газом, равна 160 кДж . Определить конечный объем и теплоту, сообщенную газу. [Ответ: 3 м^3 ; 560 кДж]

Вариант 39

1. Газ массой 10 г занимает объем 3 л при температуре 17°C . При постоянном давлении газ нагревают, и его плотность становится равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. До какой температуры нагрели газ? [Ответ: $532,5^\circ\text{C}$]

2. Каково давление некоторого одноатомного газа, занимающего объем 2 л , если его внутренняя энергия равна 300 Дж ? Чему равна температура газа, если концентрация его молекул равна $2,42 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$?

[Ответ: 100 кПа ; 300 К]

3. При каком давлении отношение коэффициента внутреннего трения газа к коэффициенту его диффузии равно $0,3 \text{ кг/м}^3$, а средняя квадратичная скорость его молекул равна 632 м/с ? [Ответ: $4 \cdot 10^4 \text{ Па}$]

4. Вычислить теплоемкость газа при постоянном объеме, заключенного в сосуд емкостью 20 л при нормальных условиях. Газ одноатомный.

[Ответ: 11 Дж/кг]

5. При постоянном давлении нагревают на 50°C 2 кмоль углекислого газа. Найти изменение его внутренней энергии, работу расширения и количество тепла, сообщенного газу. [Ответ: $2,5 \text{ МДж}$; 830 кДж ; $3,33 \text{ МДж}$]

Вариант 40

1. Концентрация молекул идеального газа и их средние квадратичные скорости в двух сосудах одинаковы. Масса газа во втором сосуде в 2 раза больше, чем в первом. Каково равно отношение давлений газов в сосудах?

[Ответ: $1 : 2$]

2. Найти среднюю длину свободного пробега молекул кислорода при температуре 0°C и давлении 100 кПа , если при этих условиях коэффициент внутреннего трения газа равен $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$. [Ответ: $6,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$]

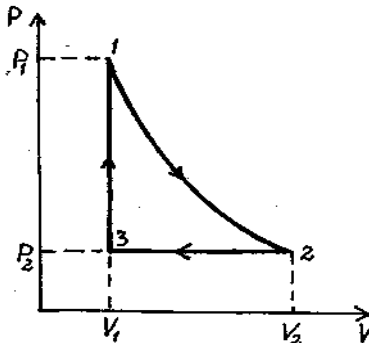
3. Определить давление, оказываемое газом на стенки сосуда, если его плотность равна $0,01 \text{ кг/м}^3$, а средняя квадратичная скорость молекул газа 480 м/с . [Ответ: 768 Па]

4. В закрытом сосуде объемом 2 л находятся $m_1=1,23 \text{ г}$ азота и m_2 граммов аргона при нормальных условиях. Какое количество тепла надо сообщить, чтобы нагреть эту газовую смесь на 100°C ?

[Ответ: 146 Дж]

5. Найти КПД обратимого цикла тепловой машины, работающей на водяном паре, в соответствии с циклом, изображенным на рисунке, где участок 1-2 – адиабатный, 1-3 – изохорный, 2-3 – изобарный. Известны следующие параметры: $P_1/P_3=3$; $V_2/V_1=2$. Каков КПД данной машины и КПД машины, работающей по циклу Карно с теми же температурами нагревателя и холодильника?

[Ответ: $33,3\%$; 66%]



Вариант 41

1. В сосуде находится азот массой 10 г и водород массой 7 г при температуре 23°C и давлении 150 кПа. Найти парциальные давления азота и водорода, молярную массу смеси и объем сосуда.

[Ответ: 13,9 кПа; 136 кПа; $4,4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; 64 л]

2. Чему равна концентрация молекул воздуха в колбе радиолампы, если давление внутри колбы 10^{-5} Па, а средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул воздуха $5 \cdot 10^{-21}$ Дж? Определить, температуру воздуха в колбе.

[Ответ: $3 \cdot 10^{15}$ м⁻³; 241 К]

3. Найти коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при этих условиях равен $0,142 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

[Ответ: $1,78 \cdot 10^{-5}$ кг/м·с]

4. Чему равна энергия поступательного движения молекул, содержащихся в 2 кг водорода при температуре 17°C?

[Ответ: $3,6 \cdot 10^6$ Дж]

5. Находящиеся при температуре 27°C 6,5 г водорода расширяются вдвое при постоянном давлении за счет притока тепла извне. Найти работу расширения, изменение внутренней энергии, количество тепла, сообщенного газу.

[Ответ: 8,1 кДж; 20,2 кДж; 28,3 кДж]

Вариант 42

1. Какое давление на стенки сосуда производят молекулы газа, если масса газа 3 г, объем 0,5 л, а средняя квадратичная скорость молекул равна 500 м/с? Чему равна концентрация молекул при температуре 27°C?

[Ответ: 500 кПа; $1,21 \cdot 10^{26}$ м⁻³]

2. В баллоне объемом $2,53 \cdot 10^{-3}$ м³ содержится углекислый газ при температуре 400 К и давлении 1,3 МПа. Сколько столкновений происходит между всеми молекулами за одну секунду?

[Ответ: $1,17 \cdot 10^{34}$]

3. Найти диаметр молекулы кислорода, если известно, что для кислорода коэффициент внутреннего трения при 0°C равен $18,8 \cdot 10^{-6}$ кг/м·с.

[Ответ: $3 \cdot 10^{-10}$ м]

4. Чему равна энергия теплового движения молекул одноатомного газа, заключенного в сосуде объемом 3 л и находящегося под давлением 3 атм?

[Ответ: 1350 Дж]

5. Азот находится в закрытом сосуде объемом 3 л при температуре 27°C и давлении 3 атм. После нагревания давление в сосуде повысилось до 25 атм. Определить температуру азота после нагревания и количество сообщенного азоту тепла.

[Ответ: 2500 К; 16,5 кДж]

Вариант 43

1. Считая воздух газом, состоящим из одинаковых молекул, оценить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул газа при нормальных условиях. Чему равна концентрация молекул воздуха?

[Ответ: 484 м/с; $2,66 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

2. Найти диаметр молекулы водорода, если известно, что для водорода коэффициент внутреннего трения при 27°C равен $8,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$.

[Ответ: $2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$]

3. При адиабатическом сжатии 1 кмоль двухатомного газа была совершена работа 146 кДж. На сколько увеличилась температура газа при его сжатии?

[Ответ: на 7°C]

4. Кинетическая энергия вращательного движения молекул кислорода, находящегося в баллоне объемом 3 л, равна 300 Дж, а средняя квадратичная скорость его молекул 1000 м/с. Найти количество кислорода в баллоне; давление, под которым находится газ.

[Ответ: 0,9 г; 1 атм]

5. Двухатомному газу сообщено 2060 Дж тепла. При этом газ расширяется при постоянном давлении. Найти работу расширения газа.

[Ответ: 589 Дж]

Вариант 44

1. Определить температуру газа, находящегося в закрытом баллоне, если его давление увеличилось на 0,4% от первоначального при нагревании на $\Delta T = 1 \text{ К}$.

[Ответ: 250 К]

2. При какой температуре среднеквадратичная скорость молекулы азота равна второй космической скорости?

[Ответ: $1,45 \cdot 10^5 \text{ К}$]

3. Найти коэффициент диффузии и коэффициент внутреннего трения воздуха при давлении 100 кПа и температуре 10°C. Диаметр молекулы воздуха принять равным $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

[Ответ: $1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; $1,83 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м} \cdot \text{с}$]

4. Во сколько раз уменьшится средняя квадратичная скорость молекул двухатомного газа при адиабатическом увеличении его объема в 2 раза?

[Ответ: в 1,15 раза]

5. В закрытом сосуде при температуре 7°C находятся 10 г азота. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы увеличить его среднюю квадратичную скорость вдвое? Во сколько раз при этом изменятся температура и давление?

[Ответ: 6,25 кДж; в 4 раза; в 4 раза]

Вариант 45

1. Считая водород идеальным газом, вычислить его давление на стенки сосуда при концентрации 10^{19} см^{-3} и средней квадратичной скорости теплового движения 700 м/с . [Ответ: $5,43 \cdot 10^3 \text{ Па}$]

2. Средняя длина свободного пробега молекул водорода при некотором давлении и температуре 21°C равна $9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$. В результате изотермического процесса давление газа увеличилось в 3 раза. Найти среднее число столкновений молекул водорода в 1 с в конце процесса. [Ответ: $5,87 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$]

3. Во сколько раз коэффициент внутреннего трения кислорода больше коэффициента внутреннего трения азота? Температура газов одинакова. [Ответ: в 1,07 раза]

4. Находящиеся при нормальных условиях 10 г кислорода адиабатически сжимаются до объема 1,4 л. Найти давление и температуру газа после сжатия и работу сжатия. [Ответ: 9,69 атм; 522,4 К; 1619 Дж]

5. При изобарическом расширении двухатомного газа была совершена работа 157 Дж. Какое количество тепла было сообщено газу? [Ответ: 550 Дж]

Вариант 46

1. Концентрация молекул межзвездного газа в среднем равна 1 см^{-3} , средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул $1,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Определить давление и температуру газа. [Ответ: 10^{-15} Па ; 72,5 К]

2. При температуре 47°C и некотором давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода $4 \cdot 10^{-8} \text{ м}$. В результате изотермического сжатия объем газа уменьшился в 2 раза. Определить среднее число столкновений молекул кислорода в одну секунду в конце сжатия. [Ответ: $2,3 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$]

3. Коэффициенты внутреннего трения и диффузии водорода при некоторых условиях равны соответственно $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$ и $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Найти число молекул водорода в 1 м^3 при этих условиях. [Ответ: $1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$]

4. Находящиеся при температуре 40°C и давлении 750 мм рт. ст. 28 г азота адиабатически сжимают до объема 13 л. Найти температуру и давление азота после сжатия, а также работу сжатия. [Ответ: 413 К; 260 кПа; 2080 Дж]

5. Гелий находится в закрытом сосуде объемом 2 л при температуре 20°C и давлении 100 кПа. Какое количество тепла надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на 100°C ? Какова будет средняя квадратичная скорость его молекул при новой температуре? [Ответ: 102 Дж; 1,57 км/с]

Вариант 47

1. Найти парциальные давления газов, входящих в смесь, если она состоит из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении 0,1 МПа и температуре 290 К.
[Ответ: 66 и 34 кПа]
2. Найти энергию теплового движения молекул NH_3 , находящихся в объеме 10 л при давлении 2,45 кПа. Какую часть энергии составляет энергия поступательного движения молекул?
[Ответ: 73,5 Дж; 36,75 Дж]
3. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения кислорода соответственно равны $1,22 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}$ и $1,95 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$. Найти при этих условиях: плотность кислорода, среднюю длину свободного пробега его молекул, среднюю арифметическую скорость его молекул.
[Ответ: $1,6 \text{ кг}/\text{м}^3$; $8,35 \cdot 10^{-8} \text{ м}$; $440 \text{ м}/\text{с}$]
4. Некоторое число молекул трехатомного газа занимают объем 20 см^3 при давлении 30 мм рт. ст. Какой энергией теплового движения обладают эти молекулы?
[Ответ: 0,239 Дж]
5. Газ, занимающий объем 5 л и находящийся под давлением 200 кПа и при температуре 17°C , был нагрет и расширялся изобарически. Работа расширения газа при этом равна 196 Дж. На сколько нагрели газ?
[Ответ: 56,8 К]

Вариант 48

1. Определите температуру и среднюю кинетическую энергию поступательного и вращательного движения молекул азота с концентрацией $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ при давлении 100 кПа.
[Ответ: 242 К; $5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$; $3,33 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$]
2. Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 900 м/с, а средняя длина свободного пробега при этих условиях $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Определить среднее число столкновений молекул этого газа в 1 с.
[Ответ: $2,07 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$]
3. Определить удельные теплоемкости c_p и c_v газообразного оксида углерода (CO).
[Ответ: 742 Дж/(кг·К); 1039 Дж/(кг·К)]
4. Двухатомный газ массой 0,4 кг находится под давлением 2 атм и имеет плотность $4 \text{ кг}/\text{м}^3$. Найти энергию поступательного и вращательного движения молекул газа при этих условиях.
[Ответ: 30 кДж; 20 кДж]
5. На нагревание 40 г кислорода от 16 до 40°C затрачено 623 Дж тепла. При каких условиях нагревался газ? (При постоянном объеме или при постоянном давлении?)

Вариант 49

1. В баллоне находится газ при температуре 15°C . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40 л его выйдет из баллона, а температура понизится на 8°C ?
[Ответ: в 1,7 раза]

2. Средняя длина свободного пробега молекул воздуха при нормальных условиях равна $6,21 \cdot 10^{-8}$ м. Определить среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при сверхвысоком вакууме (10^{-1} мм рт. ст.). Температуру считать постоянной.
[Ответ: $4,7 \cdot 10^4$ м]

3. Трехатомный газ, находящийся под давлением 240 кПа и при температуре 20°C , занимает объем 10 л. Определить теплоемкость этого газа при постоянном давлении.
[Ответ: 32,8 Дж/К]

4. Чему равна энергия теплового движения 15 г азота при температуре 27°C ? Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения и какая часть на долю вращательного?
[Ответ: 3339 Дж; 2003 Дж; 1336 Дж]

5. В закрытом сосуде объемом 10 л находится воздух при давлении 100 кПа. Какое количество тепла надо сообщить воздуху, чтобы повысить давление в сосуде в 5 раз?
[Ответ: 10 кДж]

Вариант 50

1. Плотность воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст. равна $0,001293$ г/см³. Сколько весит 1 л воздуха при температуре 27°C и давлении 750 мм рт. ст.?
[Ответ: $11,3 \cdot 10^{-3}$ Н]

2. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $3 \cdot 10^{-20}$ Дж. Чему равны температура и давление газа если концентрация его молекул $1,2 \cdot 10^{12}$ см⁻³?
[Ответ: 1450 К; $2,4 \cdot 10^{-2}$ Па]

3. В баллоне объемом 10 л находится 2 г гелия. Определить среднюю длину свободного пробега молекул?
[Ответ: $1,87 \cdot 10^{-7}$ м]

4. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем 5 л. Вычислить теплоемкость этого газа при постоянном объеме.
[Ответ: 2,75 Дж/К]

5. Какое количество углекислого газа можно нагреть от 20 до 100°C количеством тепла 0,22 Дж? На сколько при этом изменилась кинетическая энергия одной молекулы? Процесс изобарический.
[Ответ: $3,64 \cdot 10^{-3}$ г; $3,3 \cdot 10^{-21}$ Дж]

Вариант 51

1. В сосуде находится 10^{-2} моля водорода и 2 г азота при температуре 50°C и давлении 15 кПа. Найти парциальные давления газов, объем сосуда и концентрации водорода и азота. [Ответ: 1,85 кПа; 13,15 кПа; 14,5 л]
2. В закрытом сосуде находится ацетилен (C_2H_2) массой 3,6 кг. Плотность газа равна 15 кг/м^3 , давление 1,25 МПа. Чему равны средняя квадратичная скорость молекул ацетилена и суммарная кинетическая энергия поступательного движения всех молекул? [Ответ: 500 м/с; 450 кДж]
3. В сосуде вместимостью 6 л находится при нормальных условиях двухатомный газ. Определить теплоемкость этого газа при постоянном объеме. [Ответ: 5,5 Дж/(К·моль)]
4. При адиабатическом сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа 100 кДж. Какова будет конечная температура газа, если до сжатия газ находился при температуре 27°C ? [Ответ: 454 К]
5. В закрытом сосуде объемом 2 л находится азот, плотность которого равна $1,4 \text{ кг/м}^3$. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы нагреть его в этих условиях на 100°C ? [Ответ: 208 Дж]

Вариант 52

1. При некоторых условиях средняя квадратичная скорость молекул кислорода равна 460 м/с. Какова средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы? Вычислить среднюю кинетическую энергию поступательного движения всех молекул, содержащихся в 1 г газа. [Ответ: $1,12 \cdot 10^{-20}$ Дж; 106 кДж]
2. Найти коэффициент теплопроводности воздуха при температуре 10°C и давлении 10^9 Па. Диаметр молекулы воздуха принять равным $3 \cdot 10^{-10}$ м. [Ответ: $13,07 \cdot 10^{-3}$ Вт/(м·К)]
3. При адиабатическом расширении кислорода с начальной температурой 47°C внутренняя энергия уменьшилась на 8400 Дж. Определить массу кислорода, если его объем при этом увеличился в 10 раз. [Ответ: 0,8 кг]
4. В закрытом сосуде находится 100 г азота и 200 г кислорода при температуре 27°C . Найти изменение внутренней энергии смеси газов при ее охлаждении до -23°C . [Ответ: 10,2 кДж]
5. В условиях свободного расширения было нагрето 7 г углекислого газа. Найти работу расширения газа и изменение его внутренней энергии. [Ответ: 13,2 Дж; 39,6 Дж]

Вариант 53

1. Температура в комнате была 10°C , а после того как комнату протопили, она поднялась до 20°C . Объем комнаты 50 м^3 , давление в ней постоянное и равно 730 мм рт. ст. На сколько изменилась масса воздуха, находящегося в комнате? Молярная масса воздуха равна $29\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$.

[Ответ: на $2,045\text{ кг}$]

2. Какова температура идеального газа, находящегося под давлением $0,5\text{ МПа}$, если в сосуде объемом 15 л содержится $1,8\cdot 10^{24}$ молекул? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа?

[Ответ: 302 К ; $11,25\text{ кДж}$]

3. В баллоне находятся аргон и азот. Определить удельную теплоемкость смеси этих газов при постоянном объеме, если массовые доли аргона и азота одинаковы и равны $0,5$.

[Ответ: $526\text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$]

4. При нормальных физических условиях $1,25\text{ кг}$ азота подвергается изотермическому сжатию. Вычислить работу, необходимую для сжатия азота, если в результате сжатия объем его уменьшился в 3 раза.

[Ответ: 111 кДж]

5. В закрытом сосуде находится 14 г азота при давлении 100 кПа и температуре 27°C . После нагревания давление в сосуде повысилось в 5 раз. Найти до какой температуры нагрели газ, какой объем сосуда, какое количество тепла сообщено газу?

[Ответ: 1500 К ; $12,4\text{ л}$; $12,45\text{ кДж}$]

Вариант 54

1. Два сосуда одинаковой емкости содержат кислород. В первом из них давление 10 атм , во втором 15 атм и температуры 393 К и 343 К соответственно. Газ охладили в сосудах до температуры 20°C и соединили их между собой. Определить установившееся давление.

[Ответ: $10,137\text{ атм}$]

2. Какова средняя квадратичная скорость молекул газа, имеющего плотность $1,4\text{ кг/м}^3$ при давлении 200 кПа ? Чему равна концентрация молекул газа при температуре 27°C ?

[Ответ: $654,6\text{ м/с}$; $4,83\cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$]

3. Найти показатель адиабаты для смеси газов, содержащей гелий массой 10 г и водород массой 4 г .

[Ответ: $1,51$]

4. В закрытом сосуде находятся 200 г азота и 300 г кислорода при температуре 20°C . Найти изменение внутренней энергии смеси газов при ее охлаждении до -30°C .

[Ответ: 17160 Дж]

5. В условиях свободного расширения нагревают на 100°C 1 кмоль многоатомного газа. Найти работу расширения, количество тепла, сообщенного газу, и изменение внутренней энергии.

[Ответ: 832,5 кДж; 2,91 МДж; 2,08 МДж]

Вариант 55

1. В баллоне объемом $0,001 \text{ м}^3$ находится азот под давлением 180 кПа. Температура в баллоне 37°C . Найти: 1) концентрацию молекул; 2) среднюю квадратичную скорость; 3) среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы.

[Ответ: $4,21 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; 526 м/с; $6,4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$]

2. Сколько столкновений в 1 с испытывают молекулы углекислого газа, находящегося при нормальных условиях, если диаметр молекулы равен $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$?

[Ответ: $3,83 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$]

3. При адиабатическом сжатии кислорода массой 20 г его внутренняя энергия увеличилась на 8360 Дж, а температура повысилась до 643°C . Найти начальную температуру, конечное давление, если начальное давление равнялось 2 атм.

[Ответ: 272 К; 138,4 атм]

4. В закрытом сосуде объемом 2 л находятся 12 г азота при температуре 10°C . После нагревания давление в сосуде стало равно 10^4 мм рт. ст. Какое количество тепла было сообщено газу при нагревании?

[Ответ: 4,15 кДж]

5. В сосуде под поршнем находится 1 г азота. Какое количество тепла надо затратить, чтобы нагреть азот на 10°C ? На сколько при этом поднимется поршень? Вес поршня 9,8 Н, площадь его поперечного сечения 10 см^2 и давление над поршнем равно 1 атм.

[Ответ: 10,4 Дж; 2,8 см]

Вариант 56

1. В баллоне емкостью 20 л находится аргон под давлением 8 атм при температуре 50°C . Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление в баллоне понизилось до 6 атм, а температура стала равна 30°C . Определить массу аргона, взятого из баллона.

[Ответ: 47 г]

2. Найти среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа при давлении 20 кПа. Концентрация молекул при этом давлении равна $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Чему равна средняя кинетическая энергия всех молекул газа, если его объем 5 л?

[Ответ: 10^{-21} Дж ; 150 Дж]

3. В сосуде объемом 2 л находится $4 \cdot 10^{22}$ молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен $0,014 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Найти коэффициент диффузии газа при этих условиях.

[Ответ: $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$]

4. В закрытом сосуде объемом 3 л находится 15 г азота при температуре 17°C. После нагревания давление в сосуде стало равно $1,5 \cdot 10^4$ мм рт. ст. Какое количество теплоты было сообщено газу при нагревании? [Ответ: 11,73 кДж]

5. Изобарически нагревают от 15 до 80°C 2 моля газа и при этом газ поглощает 2,7 кДж тепла. Найти приращение внутренней энергии и работу газа. [Ответ: 1,62 кДж; 1,08 кДж]

Вариант 57

1. В сосуде находится смесь, состоящая из гелия и кислорода под давлением 9 МПа. Каковы парциальные давления газов, если массовая доля гелия равна 20%. [Ответ: 6 МПа; 3 МПа]

2. Плотность гелия равна 0,15 кг/м³, средняя кинетическая энергия одной молекулы $6,65 \cdot 10^{-21}$ Дж. Чему равно давление газа? [Ответ: 1 МПа]

3. Горючая смесь в цилиндре двигателя дизеля воспламеняется при температуре 800°C. Начальная температура смеси 70°C. Во сколько раз нужно уменьшить объем смеси при сжатии, чтобы она воспламенилась? Считать процесс адиабатным. Принять для смеси отношение $C_p/C_v=1,4$. [Ответ: в 17,3 раза]

4. Нагревают на 80°C 4 моля углекислого газа при постоянном давлении. Найти изменение его внутренней энергии, работу расширения, количество тепла, сообщенного газу. [Ответ: 7,88 кДж; 2,66 кДж; 10,64 кДж]

5. При изотермическом расширении 3 м³ газа давление его меняется от 4 до 2 атм. Найти совершенную при этом работу. [Ответ: 830 кДж]

Вариант 58

1. Сосуд емкостью 10 л содержит азот массой 7 г и водород массой 1 г при температуре 7°C. Определить давление смеси газов. [Ответ: 174 кПа]

2. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода в солнечной фотосфере (внешней оболочке Солнца) равна $1,2 \cdot 10^{-19}$ Дж, давление примерно 125 Па. Чему равны концентрация и температура атомов водорода в фотосфере? [Ответ: 5800 К; $1,6 \cdot 10^{21}$ м⁻³]

3. Углекислый газ и азот находятся при одинаковой температуре и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов внутреннего трения. Диаметры молекул считать одинаковыми. [Ответ: 1,25]

4. Находящиеся при нормальных условиях 2 кмоль азота расширяются адиабатно от объема V до объема $3V$. Найти изменение внутренней энергии и работу, совершенную газом при расширении. [Ответ: - 4 МДж; 4 МДж]

5. Газ, занимающий объем 7 л и находящийся под давлением 3 атм при температуре 20°C , был нагрет и расширялся изобарически. Работа расширения газа при этом равна 104,5 Дж. На сколько градусов нагрели газ? [Ответ: на $34,4^{\circ}\text{C}$]

ВАРИАНТ 59

1. Имеются два баллона емкостью 7,5 и 12 л, в которых находится углекислый газ. В первом баллоне температура 12°C , во втором 30°C и при этом плотности газа равны 2,5 и 1,2 кг/м³ соответственно. После того как первый баллон нагрели до 303 К, их соединили вместе. Какое давление установится в баллонах? [Ответ: 97,28 кПа]

2. Определить давление паров ртути, содержащихся в воздухе помещения, зараженного ртутью, при температуре 20°C и концентрации молекул ртути $3,3 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$. Чему равна кинетическая энергия молекул ртути? Найти объем помещения, если общее число молекул ртути равно $1,55 \cdot 10^{26}$. [Ответ: 13,34 кПа; 940 кДж; 47 м³]

3. При температуре 207°C 2,5 кг некоторого газа занимают объем 0,8 м³. Определить давление газа, если удельная теплоемкость газа при постоянном давлении равна 519 Дж/(кг·К) и показатель адиабаты 1,67. [Ответ: $3,13 \cdot 10^5 \text{ Па}$]

4. При изотермическом расширении 8 г азота, находящегося при температуре 27°C , была совершена работа, равная 900 Дж. Во сколько раз изменилось давление азота при расширении? [Ответ: в 0,28 раза]

5. В условиях свободного расширения 10 г углекислого газа было нагрето на 17°C . Найти работу расширения газа и изменение его внутренней энергии. [Ответ: 32,2 Дж; 96,2 Дж]

Вариант 60

1. Баллон емкостью 15 л содержит смесь водорода и азота при температуре 300 К и давлении 12,3 атм. Масса смеси 145 г. Определить массу водорода и массу азота. [Ответ: 4 г; 141 г]

2. Концентрация молекул воздуха в колбе радиолампы равна $3,2 \cdot 10^{15} \text{ м}^{-3}$, а средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы воздуха соответственно $5,79 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Чему равны давление и температура газа внутри колбы радиолампы? [Ответ: $1,24 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$; 280 К]

3. Найти зависимость коэффициента теплопроводности от давления при

изохорном процессе. Изобразить эту зависимость на графике.

4. В сосуде под поршнем находится 2 г азота. Какое количество тепла надо затратить, чтобы нагреть газ на 15°C ? На сколько при этом поднимется поршень? Вес поршня 9,8 Н, площадь его поперечного сечения $10,5\text{ см}^2$. Давление над поршнем равно 1,5 атм. [Ответ: 31 Дж; 5,3 см]

5. Находящиеся при нормальных условиях 2 г гелия изотермически расширяются до объема 12,8 л. Найти работу, совершенную газом при расширении, количество сообщенного газу тепла. [Ответ: 141 Дж; 141 Дж]

Составители:
Дзю Искра Михайловна
Минаев Александр Павлович
Ершов Игорь Валерьевич

Физика
Часть 2

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
И ТЕРМОДИНАМИКА**

Методические указания с заданиями
для самостоятельных работ

Редактор Т.К. Коробкова
Компьютерная верстка ...

Подписано к печати ... 2020 г. Формат 60х841/16.
Объем 2,2 уч.-изд.л., 2,5 усл.печ.л. Тираж 100 экз.
Изд. №... Заказ №...

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб.106.
Тел. (383) 267-09-10. E-mail.ru