

НОВОСИБИРСКИЙ ГОССУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный институт

**ФИЗИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И
ТЕРМОДИНАМИКА**

Методические указания с заданиями
для контрольных работ

Новосибирск 2021

УДК 53(075)
ББК 22.36+22.317

Кафедра математики и физики

Составители: ст. преп. *И.М. Дзю*;
ст. преп. *А.П. Минаев*;
доктор физ.-мат. наук, проф. *И.В. Ершов*

Рецензент канд.техн.наук, доц. *Н.П. Кисленко* (Сибстрин)

Физика. Молекулярная физика и термодинамика: методические указания с задачами для контрольных работ/ Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт; составители: И.М. Дзю, А.П. Минаев, И.В. Ершов. - Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 40 с.

Методические указания с заданиями для контрольных работ по физике (раздел «Молекулярная физика и термодинамика») составлены в соответствии с действующей программой курса физики. Представленное количество заданий обеспечивает индивидуальную работу 40 студентам в группе. Каждый вариант содержит 3 задачи, охватывающие основные понятия молекулярной физики и термодинамики.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения всех направлений подготовки, реализуемых в НГАУ.

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института (протокол № 4 от 24 ноября 2021г.

Введение

Алгоритм решение задач следующий.

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 этих 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.

Основные определения и формулы

Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) заключаются 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 $M = M_r \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ – 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.

1. Газовые законы

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона):

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

1. Изотермический процесс (закон Бойля-Мариотта):

Для данной массы газа произведение давления на его объем есть величина постоянная: $pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$, $m = \text{const}$, $M = \text{const}$.

2. Изохорный процесс (закон Шарля):

Для данной массы газа при неизменном объеме отношение давления к температуре в градусах Кельвина есть величина постоянная:

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

3. Изобарный процесс (закон Гей-Люссака):

Для данной массы газа при неизменном давлении отношение объема газа к температуре в градусах Кельвина есть величина постоянная:

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

4. 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.

2. 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:

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

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*: $V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0$.

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. Необходимое количество теплоты 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:

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

Задачи для контрольной работы

Вариант 1

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

Вариант 2

1. Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой 0,62 г под давлением 200 кПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.
2. 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.
3. 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, количество тепла, сообщенного газу.

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

Вариант 4

1. Коэффициент диффузии двухатомного газа равен $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, а коэффициент теплопроводности газа $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Сколько молекул этого газа будет находиться в сосуде объемом 2 л?
2. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 12 атм, адиабатический расширился до объема 10 л. Определить работу расширения газа.
3. 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.

Вариант 5

1. В лабораторных условиях создан высокий вакуум, т.е. очень малое давление, равное $1,39 \cdot 10^{-9} \text{ Па}$. Концентрация молекул равна $3,4 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$. Чему равны температура газа и средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы?
2. До какой температуры охладится водород, взятый при температуре -3°C , если объем его увеличился в результате адиабатного процесса в 3 раза?
3. 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.

Вариант 6

1. Плотность некоторого газа при нормальных условиях равна 0,9 г/л. Определить среднюю квадратичную скорость и концентрацию молекул газа.
2. Углекислый газ и азот находятся при одинаковой температуре и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов теплопроводности. Диаметры молекул газов считать одинаковыми.
3. 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?

Вариант 7

1. Сколько молекул газа находится в 1 см^3 газа при 20°C и давлении $10^{-6} \text{ мм рт. ст.}$? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул?

2. Адиабатно расширяясь, 12 кг азота совершили работу, равную 480 Дж. Определить конечную температуру газа, если до расширения он имел температуру 362 К.

3. Расширяясь, водород совершил работу 8 кДж. Сколько теплоты было подведено к газу, если газ расширился: 1) изобарически; 2) изотермически.

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.

2. Углекислый газ и азот находятся при одинаковых температурах и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов диффузии. Диаметры молекул этих газов считать одинаковыми.

3. При изотермическом расширении одного моля углекислого газа, имевшего температуру 300 К, газ поглотил теплоту 4 кДж. Во сколько раз увеличился объем газа?

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.

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

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

Вариант 10

1. Какова средняя квадратичная скорость молекул газа, если, имея массу 6 кг, он занимает объем 5 м³ при давлении 200 кПа? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения этих молекул.

2. Плотность некоторого газа равна 0,06 кг/м³, средняя квадратичная скорость молекул этого газа 500 м/с. Найти давление, которое оказывает газ на стенки сосуда.

3. 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?

Вариант 11

1. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность $1,8 \text{ кг/м}^3$ при давлении $1,5 \text{ атм}$. Чему равна концентрация молекул, если средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $6,6210^{-21} \text{ Дж}$?
2. Найти зависимость коэффициента теплопроводности от давления при изотермическом процессе. Изобразить эту зависимость на графике.
3. Находящиеся при температуре 27°C $6,5 \text{ г}$ водорода расширяются вдвое при постоянном давлении за счет притока тепла. Найти работу расширения, изменение внутренней энергии и количество тепла, сообщенное газу.

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.
2. Найти зависимость коэффициента теплопроводности газа от давления при изохорическом процессе (получить формулу) и затем изобразить эту зависимость на графике в виде некоторой кривой.
3. Кислород при неизменном давлении, составляющем 80 кПа , нагревается и при этом его объем увеличивается от 1 до 3 м^3 . Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом при расширении, теплоту, сообщенную газу.

Вариант 13

1. Определить давление водорода на стенки сосуда, если его плотность равна 1 кг/м^3 , а средняя квадратичная скорость молекул равна 1500 м/с .
2. Определить коэффициент теплопроводности воздуха при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при этих условиях имеет значение $1,41 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$.
3. Один киломоль азота, находящегося при нормальных условиях, расширяется адиабатически от объема V_1 до объема $V_2=5V_1$. Найти изменение внутренней энергии газа, работу расширения.

Вариант 14

1. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа находящегося под давлением 50 кПа, равна 1000 м/с. Найти плотность газа при этих условиях.
2. 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.
3. 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.

Вариант 15

1. Найти среднюю квадратичную скорость некоторого газа, плотность которого при давлении 750 мм рт. ст. равна 0,082 кг/м³. Чему равна масса одного моля этого газа, если значение плотности дано при температуре 17°C?
2. Определить удельные теплоемкости c_p и c_v водорода, в котором половина молекул распалась на атомы.
3. При адиабатическом сжатии одного киломоля двухатомного газа была совершена работа в 146 кДж. На сколько увеличилась температура газа при сжатии?

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.
2. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения кислорода равны соответственно $1,2 \cdot 10^{-5}$ м²/с и $1,95 \cdot 10^{-5}$ кг/м·с. Найти при этих условиях плотность кислорода, среднюю длину свободного пробега его молекул, среднюю арифметическую скорость.
3. Один киломоль одноатомного газа нагревается на 100°C в условиях свободного расширения. Найти количество тепла, сообщенного газу; изменение его внутренней энергии, работу расширения.

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.
2. Коэффициент теплопроводности трехатомного газа $1,45 \cdot 10^{-2} \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, а коэффициент диффузии при тех же условиях $10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Определить число молекул в 1 м^3 при этих условиях.
3. 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?

Вариант 18

1. В сосуде объемом 1 л при температуре 183°C находится $1,62 \cdot 10^{22}$ молекул газа. Каково будет давление газа, если объем сосуда изотермически увеличить в 5 раз?
2. Средняя квадратичная скорость молекул газа, плотность которого $1,6 \text{ кг}/\text{м}^3$, равна 540 м/с. Чему равно давление газа? Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа при концентрации $7,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.
3. Один литр гелия, находящегося при нормальных условиях, изотермически расширяется за счет полученного извне тепла до объема 2 л. Найти работу, совершенную газом при расширении, количество сообщенного газу тепла.

Вариант 19

1. 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 $7,51 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.
2. 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.
3. 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.

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.

2. Определить коэффициент теплопроводности азота, находящегося в некотором объеме при температуре 280 К. Эффективный диаметр молекулы принять равным 0,38 нм.

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

Вариант 21

1. В сосуде объемом 0,5 л находится кислород при нормальных условиях. Найти общее число столкновений между молекулами кислорода в этом объеме за 1 с.

2. Два литра азота при давлении 1 атм и температуре 27°C расширяются адиабатически до объема 40 л. Определить температуру и давление газа после расширения.

3. 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.

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.

2. 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.

3. 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.

Вариант 23

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

2. 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.

3. 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?

Вариант 24

1. При давлении $5 \cdot 10^4\text{ Па}$ средняя квадратичная скорость некоторого газа равна 600 м/с . Определить отношение коэффициента внутреннего трения к коэффициенту диффузии этого газа.
2. 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 ?
3. Под давлением 400 кПа при температуре 20°C находится 15 г кислорода. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем в 15 л . Найти количество тепла, полученного газом, изменение внутренней энергии, работу, совершенную газом при расширении.

Вариант 25

1. 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 $0,2\text{ нм}$?
2. Гелий находится в закрытом сосуде объемом 3 л при температуре 27°C и давлении в 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?
3. Тепловая машина, работающая на водяном паре, совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изохор и двух адиабат; при этом известны следующие параметры: $P_2=5\text{ атм}$, $P_3=10\text{ атм}$, $P_4=2\text{ атм}$, $V_1=5\text{ л}$. Найти КПД цикла, а также КПД установки по циклу Карно с теми же температурами холодильника.

Вариант 26

1. 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.
2. В закрытом сосуде при температуре 17°C находятся $8,5\text{ г}$ 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?
3. Сколько теплоты выделится, если азот массой 5 г , взятый при температуре 300 К под давлением 1 атм , изотермически сжать до давления 15 атм ?

Вариант 27

1. 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 ?
2. Как изменится вязкость двухатомного газа, состояние которого далеко от вакуума, при уменьшении объема в 2 раза, если процесс перехода изобарный?
3. 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 $2,5 \text{ атм}$. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную работу и теплоту, переданную газу.

Вариант 28

1. Каково давление идеального газа, находящегося в сосуде объемом 12 л при температуре 30°С , если число молекул равно $1,6 \cdot 10^{24}$? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа?
2. Определить, во сколько раз отличаются коэффициент диффузии азота и углекислого газа, если оба газа находятся при одинаковых температурах и давлении. Эффективные диаметры молекул этих газов считать одинаковыми.
3. 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.

Вариант 29

1. В сосуде объемом 2 л находится $4 \cdot 10^{22}$ молекул двухатомного газа. Коэффициент диффузии равен $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Найти коэффициент теплопроводности газа при этих условиях.
2. Баллон емкостью 20 л содержит водород при температуре 300 К и давлении $0,4 \text{ МПа}$. Каковы будут температура и давление, если газу сообщить теплоту 6 кДж ?
3. 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.

Вариант 30

1. При изобарном нагревании идеального газа от температуры 280 К плотность его уменьшилась вдвое. На сколько градусов увеличилась температура?

2. Найти коэффициент внутреннего трения водорода, если известно что коэффициент теплопроводности при этих условиях равен $9 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м К).

3. Кислород нагревают от 40 до 70°C. Масса кислорода 200 г. Найти количество поглощенной теплоты и изменение внутренней энергии при изохорном и изобарном процессах.

Вариант 31

1. При какой температуре коэффициент диффузии воздуха имеет значение $1,48 \cdot 10^{-5}$ м/с, если давление воздуха при этом 10^5 Па, а диаметр молекулы воздуха $3 \cdot 10^{-10}$ м?

2. 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.

3. 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.

Вариант 32

1. В баллоне объемом 0,001 м³ находится азот под давлением 200 кПа, причем известно, что каждый 1 см³ 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.

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

3. 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?

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.

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

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

Вариант 34

1. Найти коэффициент диффузии гелия при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы гелия $2 \cdot 10^{-10}$ м.
2. Чему равна энергия вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 7°C ?
3. 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 сообщено газу при нагревании?

Вариант 35

1. Найти значение средней кинетической энергии одной молекулы гелия, имеющего при давлении 100 кПа плотность равна $0,12 \text{ кг/м}^3$.
2. Чему равна энергия теплового движения молекул двухатомного газа, заключенного в сосуде объемом 2 л и находящегося под давлением 150 кПа?
3. 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?

Вариант 36

1. Вычислить среднюю длину свободного пробега и время между двумя последовательными столкновениями молекул кислорода при давлении 0,2 МПа и температуре 17°C .
2. 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.
3. 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.

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 м^3 . Чему равна средняя кинетическая энергия молекул ртути?

2. 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 .

3. Под давлением 300 кПа при температуре 10°C находятся 10 г кислорода. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти: количество тепла, полученного газом, изменение внутренней энергии, работу, совершенную газом.

Вариант 38

1. Баллон емкостью 15 л содержит смесь водорода и азота при температуре 300 К и давлении 1,23 МПа. Масса смеси 145 г. Определить массу водорода и азота.

2. 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 .

3. 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.

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?

2. 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 632 м/с ?

3. Два киломоля углекислого газа нагревают при постоянном давлении на 50°C . Найти изменение его внутренней энергии, работу расширения и количество тепла, сообщенного газу.

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 соотношение давлений газов в сосудах?

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 $1,3 \cdot 10^{-5}\text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$.

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

Составители:
Дзю Искра Михайловна
Минаев Александр Павлович
Ершов Игорь Валерьевич

**ФИЗИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
И ТЕРМОДИНАМИКА**

Методические указания с заданиями
для контрольных работ

Редактор Т.К. Коробкова
Компьютерная верстка ...

Подписано к печати ... 2021 г. Формат 60x84/16.
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