

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*  $\nu$  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  $\lambda$  – 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  $2 \text{ м}^3$  находится  $1,4 \text{ кг}$  азота и  $2 \text{ кг}$  кислорода. Найти давление газовой смеси в сосуде, если температура смеси  $27^\circ\text{C}$ .

[Ответ:  $140 \text{ кПа}$ ]

2. Температура одноатомного газа равна  $37^\circ\text{C}$ , а объём  $3 \text{ л}$ . Определить концентрацию молекул газа и его давление, если внутренняя энергия газа равна  $340 \text{ Дж}$ .

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

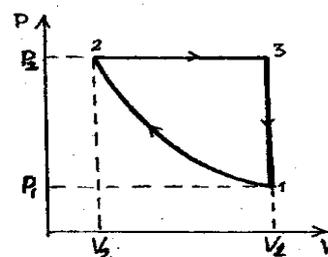
3. Некоторый газ при нормальных физических условиях имеет плотность  $0,0894 \text{ кг/м}^3$ . Определить его удельные теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$ , а также какой это газ.

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

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

[Ответ:  $660 \text{ м/с}$ ]

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  $-13^\circ\text{C}$  было  $160 \text{ кПа}$  (избыточное над атмосферным). Каким стало давление, если в результате длительного движения воздух в камере нагрелся до  $37^\circ\text{C}$ ?

[Ответ:  $210 \text{ кПа}$  (сверх атмосферного)]

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

[Ответ:  $1967 \text{ м/с}$ ]

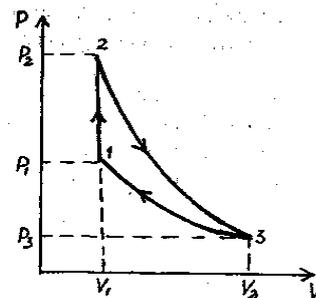
3. Плотность газа при нормальных условиях равна  $1,25 \text{ кг/м}^3$ , отношение удельных теплоемкостей  $1,4$ . Определить удельные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме.

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

4. Находящиеся при температуре  $17^\circ\text{C}$   $8 \text{ г}$  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  $127^\circ\text{C}$  имеет удельный объем  $0,104 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Определить отношение  $C_p/C_v$ , если удельная теплоемкость  $c_p=910 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ . Какой это газ?

[Ответ: 1,4]

4. Водород занимает объем  $8 \text{ м}^3$  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  $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . 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 ( $\text{NH}_3$ ) 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  $1 \text{ м}^3$  при температуре 600 К. В результате нагревания газ расширился и занял объем  $4 \text{ м}^3$ , причем температура осталась неизменной. Найти изменение внутренней энергии, совершенную им работу и теплоту, сообщенную газу. [Ответ: 0; 74 кДж; 74 кДж]

#### Вариант 5

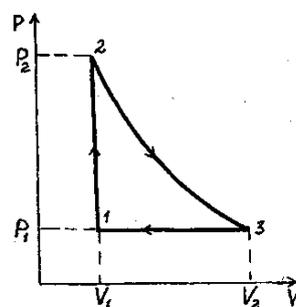
1. В лабораторных условиях создан высокий вакуум, т.е. очень малое давление, равное  $1,39 \cdot 10^{-9}$  Па. Концентрация молекул  $3,4 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$ . Чему равны температура газа и средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы? [Ответ: 296 К;  $6,1 \cdot 10^{-21}$  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  $-3^\circ\text{C}$ , 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  $17^\circ\text{C}$ ? 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 см<sup>3</sup> газа при 20°C и давлении 10<sup>-6</sup> 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/м<sup>3</sup>]

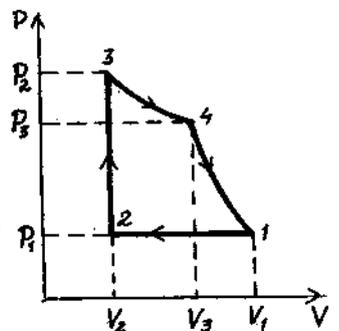
2. Найти число молекул водорода в 1 см<sup>3</sup>, если давление равно 200 мм рт. ст., а средняя квадратичная скорость молекул при данных условиях равна 2400 м/с. [Ответ: 4,2·10<sup>18</sup> см<sup>-3</sup>]

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  $5 \text{ м}^3$  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  $17^\circ\text{C}$ , была совершена работа, равная 860 Дж. Во сколько раз изменилось давление азота при расширении? [Ответ: в 2,72 раза]

#### Вариант 11

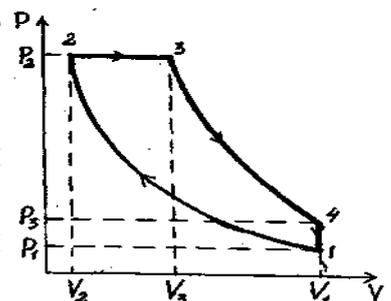
1. Найти плотность воздуха при давлении 100 кПа и температуре  $13^\circ\text{C}$ , считая, что воздух содержит 23,6 вес.% кислорода и 76,4 вес.% азота. Найти парциальные давления кислорода и азота при этих условиях. [Ответ:  $1,21 \text{ кг/м}^3$ ; 21,3 кПа; 78,7 кПа]

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  $27^\circ\text{C}$  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]

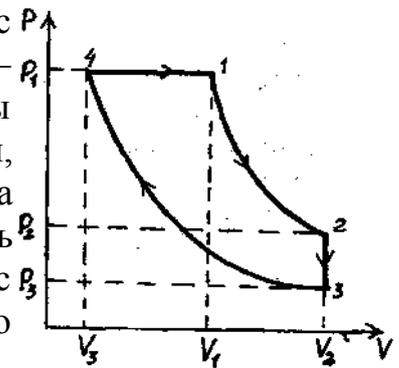
2. Средняя кинетическая энергия молекулы водорода составляет  $2,4 \cdot 10^{-20}$  Дж. Чему равна их наиболее вероятная скорость?

[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 м<sup>3</sup>. 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 SO<sub>2</sub>. Определить парциальные давления компонентов, если масса сернистого газа 4 кг. [Ответ: 193 кПа; 207 кПа]

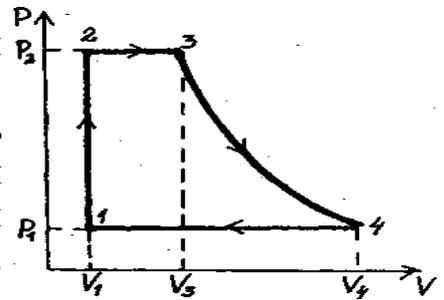
2. Определить давление водорода на стенки сосуда, если его плотность равна 1 кг/м<sup>3</sup>, а средняя квадратичная скорость молекул равна 1500 м/с.

[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<sup>-1</sup>. [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/м<sup>3</sup>]

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 м<sup>3</sup> 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  $17^\circ\text{C}$ ?

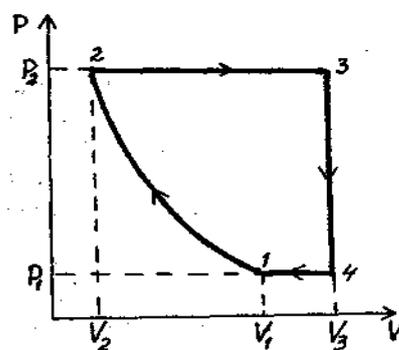
[Ответ: 1913 м/с; 0,002 кг/моль]

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

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

[Ответ: на  $7^\circ\text{C}$ ]

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:  $1,03 \text{ кг/м}^3$ ]

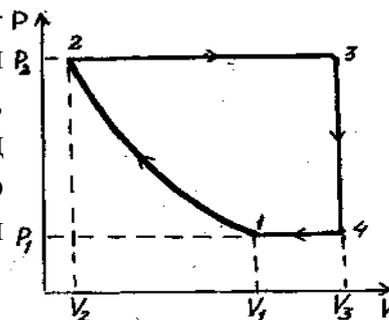
3. Коэффициент диффузии и внутреннего трения кислорода равны соответственно  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  и  $1,95 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$ . Найти при этих условиях плотность кислорода, среднюю длину свободного пробега его молекул, среднюю арифметическую скорость.

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

4. В условиях свободного расширения 1 кмоль одноатомного газа нагревается на  $100^\circ\text{C}$ . Найти количество тепла, сообщенного газу; изменение его внутренней энергии; работу расширения.

[Ответ: 2,076 МДж; 1,25 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/м<sup>3</sup>, 0,0029 кг/моль]

2. Определить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 17°C и давлении 800 кПа

[Ответ:  $6 \cdot 10^{-21}$  Дж;  $2 \cdot 10^{26}$  м<sup>-3</sup>]

3. Коэффициент теплопроводности трехатомного газа  $1,45 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К), а коэффициент диффузии при тех же условиях  $10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с. Определить число молекул в 1 м<sup>3</sup> при этих условиях. [Ответ:  $1,05 \cdot 10^{26}$  м<sup>-3</sup>]

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  $1,62 \cdot 10^{22}$  молекул газа. Каково будет давление газа, если объем сосуда изотермически увеличить в 5 раз? [Ответ: 20,4 кПа]

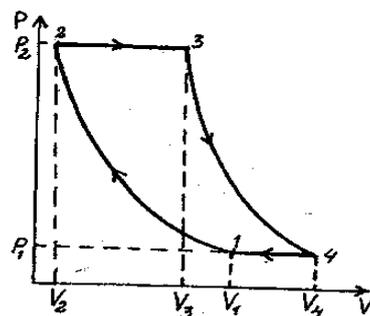
2. Средняя квадратичная скорость молекул газа, плотность которого 1,6 кг/м<sup>3</sup>, равна 540 м/с. Чему равно давление газа? Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа при концентрации  $7,5 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>. [Ответ: 155 кПа;  $3,1 \cdot 10^{-21}$  Дж]

3. Вычислить среднюю скорость теплового движения атомов аргона, среднюю длину свободного пробега атома, среднее число столкновений молекул, находящихся в 1 см<sup>3</sup> в 1 с, если условия нормальные. [Ответ: 380 м/с;  $9,45 \cdot 10^{-8}$  м;  $5,32 \cdot 10^{28}$  см<sup>-3</sup> · 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  $2 \text{ м}^3$  находятся 1,4 кг азота и 2 кг кислорода. Найти давление газовой смеси в сосуде, если температура смеси  $27^\circ\text{C}$

[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  $1 \text{ м}^3$  при этих условиях.

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

5. Водород занимает объем  $10 \text{ м}^3$  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  $91^\circ\text{C}$  и давлении 800 кПа имеет плотность  $5,4 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Найти массу одной молекулы этого газа.

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

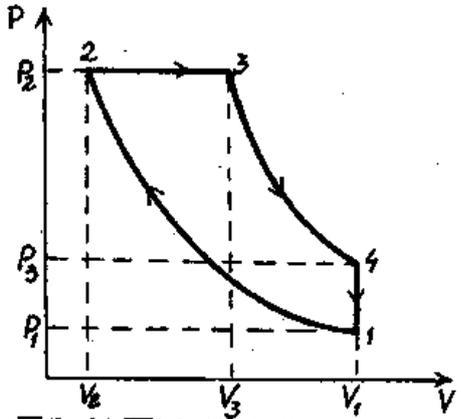
2. Найти энергию теплового движения молекул  $\text{CO}_2$ , находящихся в баллоне объемом 6 л при давлении 3,5 кПа. Какую часть энергии составляет энергия вращательного движения?

[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

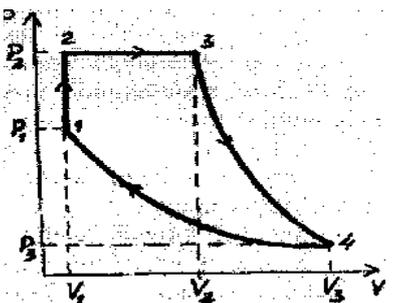
1. Сухой атмосферный воздух находится под давлением 100 кПа и содержит 23,2 г кислорода, 75,6 г азота и 1,3 г аргона. Найти парциальные давления составляющих газов.  
[Ответ: кислород 20,9 кПа; азот 78,2 кПа; аргон 9 кПа]

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

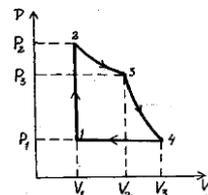
3. В сосуде объемом 2 л при температуре 167°C находится газ под давлением 130 кПа. Определить число молекул газа и среднюю кинетическую энергию поступательного движения всех молекул газа.

[Ответ:  $4,28 \cdot 10^{23}$ ; 390 Дж]

4. В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,6 кг, занимающий объем 1,2 м<sup>3</sup> при температуре 560 К. В результате нагревания газ расширился и занял объем 4,2 м<sup>3</sup>, 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 м<sup>3</sup> 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:  $1,29 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$ ;  $10^{-10} \text{ с}^{-1}$ ]

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  $0^{\circ}\text{C}$  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  $300^{\circ}\text{C}$ . 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/м<sup>3</sup>; 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/м<sup>3</sup>]

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  $120^{\circ}\text{C}$ ? [Ответ: 320 Дж]

5. Под давлением 400 кПа при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  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  $27^\circ\text{C}$  и давлении 2 атм. Какое количество тепла надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на  $80^\circ\text{C}$ ? 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]

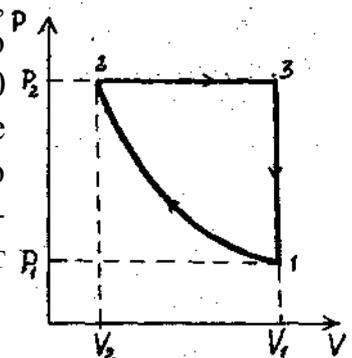
2. Коэффициент диффузии кислорода при нормальных атмосферных условиях  $1,41 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ . Определить, каким будет коэффициент диффузии при температуре  $50^\circ\text{C}$ , если нагревание происходило при постоянном давлении. [Ответ:  $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$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

3. В закрытом сосуде при температуре  $17^\circ\text{C}$  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

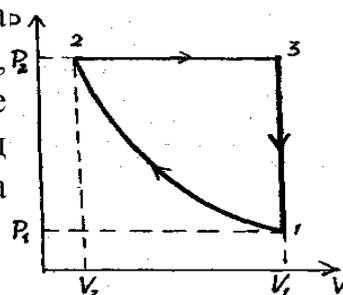
1. В баллоне объемом 50 л находится азот при температуре 27°C. Когда из баллона взяли 10 кг газа, его давление понизилось до 150 МПа. Какова была первоначальная масса газа в баллоне, если температура оставалась постоянной? [Ответ: 9,2 кг]

2. В колбе объемом 120 см<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> и находится под давлением 1 атм. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 1,5 м<sup>3</sup>, 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:  $P_1=2,5$  атм,  $V_1=1,5$  л,  $P_2=16,6$  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 м<sup>3</sup>/кг]

2. Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 500 м/с, плотность газа 1,35 кг/м<sup>3</sup>? 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  $2 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/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  $27^{\circ}\text{C}$  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  $70^{\circ}\text{C}$ . 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  $17^{\circ}\text{C}$  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]

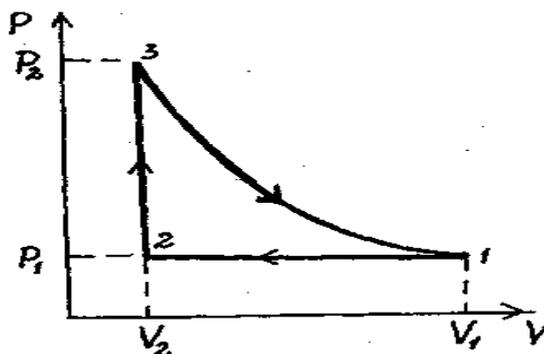
2. При какой температуре коэффициент диффузии воздуха имеет значение  $1,48 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с, если давление воздуха при этом  $10^5$  Па, а диаметр молекулы воздуха  $3 \cdot 10^{-10}$  м? [Ответ:  $9,36^{\circ}\text{C}$ ]

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  $27^{\circ}\text{C}$  и давлении 10 кПа. Водород охлаждают до температуры  $0^{\circ}\text{C}$ . 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  $1\text{ см}^3$  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;  $2\text{ кг/м}^3$ ]

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

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

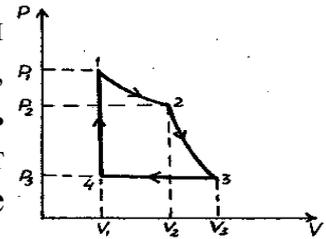
3. До какой температуры охладится воздух, находящийся при  $0^\circ\text{C}$ , если он расширяется адиабатически с увеличением объема в 2 раза.

[Ответ: 207 К]

4. Чему равна энергия теплового движения 20 г кислорода при температуре  $10^\circ\text{C}$ ? 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  $27^\circ\text{C}$ . Из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной  $17^\circ\text{C}$ . Определить давление азота, оставшегося в баллоне.

[Ответ: 163,5 кПа]

2. Средняя квадратичная скорость молекул ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), находящегося в закрытом баллоне, равна 500 м/с. Плотность газа  $18 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Вычислить энергию поступательного движения одной молекулы и суммарную энергию всех молекул. Найти давление газа, если его масса 7,2 кг.

[Ответ:  $5,3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ ; 900 кДж; 1,5 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  $15^\circ\text{C}$ . Воздух считать однородным газом, масса одного моля которого равна 0,029 кг/моль.

[Ответ: 208 Дж]

5. Один киломоль газа изобарически нагревается от  $17$  до  $75^\circ\text{C}$ , 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<sup>-3</sup>. Определить температуру газа и среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа. [Ответ: 7250 К;  $1,5 \cdot 10^{-19}$  Дж]

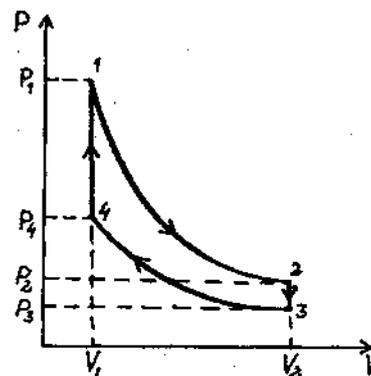
2. Найти коэффициент диффузии гелия при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы гелия  $2 \cdot 10^{-10}$  м. [Ответ:  $2,64 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с]

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:  $P_4=664$  кПа,  $P_2=200$  кПа,  $P_3=175$  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 кг/м<sup>3</sup>.

[Ответ:  $10^{-21}$  Дж]

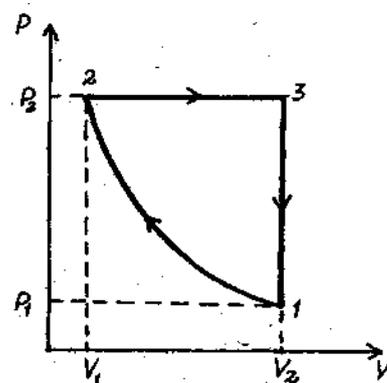
2. Найти отношение средней квадратичной скорости молекул газа к скорости распространения звука в идеальном газе при той же температуре, если он состоит из двухатомных молекул. [Ответ: 1,46]

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 м<sup>3</sup>. Чему равна средняя кинетическая энергия молекул ртути?

[Ответ:  $3,25 \cdot 10^{19}$  м<sup>-3</sup>;  $1,46 \cdot 10^{21}$ ;  $6 \cdot 10^{21}$  Дж]

2. Сколько столкновений между молекулами происходит за одну секунду в 1 см<sup>3</sup> водорода, если плотность водорода  $8,5 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup> и температура 0°C.

[Ответ:  $1,3 \cdot 10^{29}$  с<sup>-1</sup>·см<sup>-3</sup>]

3. Найти количество азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 100 см<sup>2</sup> за 10 с, если градиент плотности в направлении,

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

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

5. Под давлением  $300 \text{ кПа}$  при температуре  $10^\circ\text{C}$  находится  $10 \text{ г}$  кислорода. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем  $10 \text{ л}$ . 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  $15 \text{ л}$  содержит смесь водорода и азота при температуре  $300 \text{ К}$  и давлении  $1,23 \text{ МПа}$ . Масса смеси  $145 \text{ г}$ . Определить массу водорода и азота. [Ответ:  $4,8 \text{ г}$ ;  $140,2 \text{ г}$ ]

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

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

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

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

#### Вариант 39

1. Газ массой  $10 \text{ г}$  занимает объем  $3 \text{ л}$  при температуре  $17^\circ\text{C}$ . 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  $2 \text{ л}$ , если его внутренняя энергия равна  $300 \text{ Дж}$ ? Чему равна температура газа, если концентрация его молекул равна  $2,42 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ?

[Ответ:  $100 \text{ кПа}$ ;  $300 \text{ К}$ ]

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  $632 \text{ м/с}$ ? [Ответ:  $4 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ]

4. Вычислить теплоемкость газа при постоянном объеме, заключенного в сосуд емкостью  $20 \text{ л}$  при нормальных условиях. Газ одноатомный.

[Ответ:  $11 \text{ Дж/кг}$ ]

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

#### 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  $0^\circ\text{C}$  и давлении  $100 \text{ кПа}$ , если при этих условиях коэффициент внутреннего трения газа равен  $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$ . [Ответ:  $6,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ ]

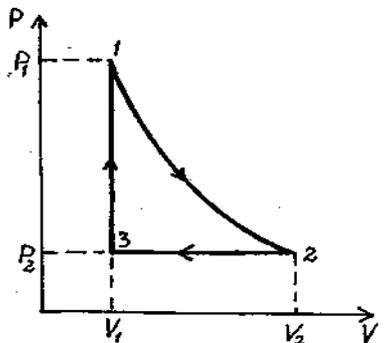
3. Определить давление, оказываемое газом на стенки сосуда, если его плотность равна  $0,01 \text{ кг/м}^3$ , а средняя квадратичная скорость молекул газа  $480 \text{ м/с}$ . [Ответ:  $768 \text{ Па}$ ]

4. В закрытом сосуде объемом  $2 \text{ л}$  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  $100^\circ\text{C}$ ?

[Ответ:  $146 \text{ Дж}$ ]

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<sup>-3</sup>; 241 К]

3. Найти коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при этих условиях равен  $0,142 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/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<sup>-3</sup>]

2. В баллоне объемом  $2,53 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> 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  $27^\circ\text{C}$  равен  $8,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$ .

[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  $7^\circ\text{C}$ ]

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  $10^\circ\text{C}$ . Диаметр молекулы воздуха принять равным  $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

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

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  $7^\circ\text{C}$  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  $10^{19} \text{ см}^{-3}$  и средней квадратичной скорости теплового движения  $700 \text{ м/с}$ . [Ответ:  $5,43 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ]

2. Средняя длина свободного пробега молекул водорода при некотором давлении и температуре  $21^\circ\text{C}$  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  $1 \text{ см}^{-3}$ , средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул  $1,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ . Определить давление и температуру газа. [Ответ:  $10^{-15} \text{ Па}$ ; 72,5 К]

2. При температуре  $47^\circ\text{C}$  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  $1 \text{ м}^3$  при этих условиях. [Ответ:  $1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ]

4. Находящиеся при температуре  $40^\circ\text{C}$  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  $20^\circ\text{C}$  и давлении 100 кПа. Какое количество тепла надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на  $100^\circ\text{C}$ ? 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  $\text{NH}_3$ , 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 м/с]
4. Некоторое число молекул трехатомного газа занимают объем 20  $\text{см}^3$  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  $17^\circ\text{C}$ , 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  $40^\circ\text{C}$  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  $15^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40 л его выйдет из баллона, а температура понизится на  $8^{\circ}\text{C}$ ?  
[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  $20^{\circ}\text{C}$ , 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  $27^{\circ}\text{C}$ ? 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  $0^{\circ}\text{C}$  и давлении 760 мм рт. ст. равна  $0,001293$  г/см<sup>3</sup>. Сколько весит 1 л воздуха при температуре  $27^{\circ}\text{C}$  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<sup>-3</sup>?  
[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  $100^{\circ}\text{C}$  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  $50^{\circ}\text{C}$  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 ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) массой 3,6 кг. Плотность газа равна  $15 \text{ кг/м}^3$ , 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  $27^{\circ}\text{C}$ ? [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  $100^{\circ}\text{C}$ ? [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  $10^{\circ}\text{C}$  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  $47^{\circ}\text{C}$  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  $27^{\circ}\text{C}$ . Найти изменение внутренней энергии смеси газов при ее охлаждении до  $-23^{\circ}\text{C}$ . [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  $10^{\circ}\text{C}$ , а после того как комнату протопили, она поднялась до  $20^{\circ}\text{C}$ . Объем комнаты  $50\text{ м}^3$ , давление в ней постоянное и равно  $730\text{ мм рт. ст.}$  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  $15\text{ л}$  содержится  $1,8 \cdot 10^{24}$  молекул? Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа?

[Ответ:  $302\text{ К}$ ;  $11,25\text{ кДж}$ ]

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:  $111\text{ кДж}$ ]

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

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

### Вариант 54

1. Два сосуда одинаковой емкости содержат кислород. В первом из них давление  $10\text{ атм}$ , во втором  $15\text{ атм}$  и температуры  $393\text{ К}$  и  $343\text{ К}$  соответственно. Газ охладили в сосудах до температуры  $20^{\circ}\text{C}$  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  $200\text{ кПа}$ ? Чему равна концентрация молекул газа при температуре  $27^{\circ}\text{C}$ ?

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

3. Найти показатель адиабаты для смеси газов, содержащей гелий массой  $10\text{ г}$  и водород массой  $4\text{ г}$ .

[Ответ:  $1,51$ ]

4. В закрытом сосуде находятся  $200\text{ г}$  азота и  $300\text{ г}$  кислорода при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Найти изменение внутренней энергии смеси газов при ее охлаждении до  $-30^{\circ}\text{C}$ .

[Ответ:  $17160\text{ Дж}$ ]

5. В условиях свободного расширения нагревают на  $100^{\circ}\text{C}$  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  $37^{\circ}\text{C}$ . 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  $643^{\circ}\text{C}$ . 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  $10^{\circ}\text{C}$ . 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  $10^{\circ}\text{C}$ ? На сколько при этом поднимется поршень? Вес поршня 9,8 Н, площадь его поперечного сечения  $10\text{ см}^2$  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  $50^{\circ}\text{C}$ . Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление в баллоне понизилось до 6 атм, а температура стала равна  $30^{\circ}\text{C}$ . 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:  $10^{-21}\text{ Дж}$ ; 150 Дж]

3. В сосуде объемом 2 л находится  $4 \cdot 10^{22}$  молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен  $0,014\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . 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  $0,15 \text{ кг/м}^3$ , 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  $3 \text{ м}^3$  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;  $1,6 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ ]

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  $20^\circ\text{C}$ , был нагрет и расширился 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  $12^\circ\text{C}$ , во втором  $30^\circ\text{C}$  и при этом плотности газа равны 2,5 и 1,2 кг/м<sup>3</sup> 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  $20^\circ\text{C}$  и концентрации молекул ртути  $3,3 \cdot 10^{24}$  м<sup>-3</sup>. 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 м<sup>3</sup>]

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

4. При изотермическом расширении 8 г азота, находящегося при температуре  $27^\circ\text{C}$ , 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  $17^\circ\text{C}$ . 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  $3,2 \cdot 10^{15}$  м<sup>-3</sup>, а средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы воздуха соответственно  $5,79 \cdot 10^{-21}$  Дж. Чему равны давление и температура газа внутри колбы радиолампы? [Ответ:  $1,24 \cdot 10^{-5}$  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  $15^{\circ}\text{C}$ ? 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 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