

**БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ОМСКОЙ ОБЛАСТИ
«ОМСКИЙ МОНТАЖНЫЙ ТЕХНИКУМ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
Теория и практические задания к разделу «Основы молекулярной
физики и термодинамики»**

Омск 2020

Методические рекомендации для изучения раздела 2 «Основы молекулярной физики и термодинамики» (теория и практические задания) по физике составлены в помощь студентам профессий:

15.01.05 Сварщик ручной и частично механизированной сварки (наплавки),

15.01.13 Монтажник технологического оборудования по видам оборудования,

23.01.08 Слесарь по ремонту строительных машин;

Специальности:

22.02.06 Сварочное производство.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Разработчик: Степанова Л.В., преподаватель физики «ОМТ»

«Согласовано»

Методист БПОУ «ОМТ»

_____ Т.Ю.Цвеляя

«___»_____2020г.

«Рассмотрено»

Протокол ПЦК №_____

от «___»_____2020 г.

Председатель ПЦК

_____ В.И. Гольнев

В методических рекомендациях, составленных в соответствии с учебной программой, рассматривается теоретический материал и решение задач по разделу «Основы молекулярной физики и термодинамики». Это расширит и закрепит теоретические знания по дисциплине Физика. В методических рекомендациях приводятся примеры решения задач для самостоятельной работы, порядок их выполнения.

В данных рекомендациях представлен материал в помощь преподавателю физики в повседневной работе по обучению студентов самостоятельному поиску решения задач, самостоятельному овладению знаниями и умению их применять. Если студент научится самостоятельно изучать новый материал, пользуясь учебником или какими-то специально подобранными заданиями, то будет успешно решена задача сознательного овладения знаниями. Знания, которые усвоил студент сам, значительно прочнее тех, которые он получил после объяснения преподавателя. И в дальнейшем студент сможет самостоятельно ликвидировать пробелы в знаниях, расширять знания, творчески применять их в решении задач.

Цель данной методической разработки – последовательное изложение теории и устранение неясностей и проблем, которые могут возникнуть у студента в процессе решения задач по разделу: «Основы молекулярной физики и термодинамики».

Содержание:

1. Как надо решать задачи по физике	3
2. Основные положения молекулярно-кинетической теории	4
3. Строение и свойства газов, жидкостей и твёрдых тел	5
4. Масса молекулы, количество вещества	7
5. Основное уравнение МКТ	11
6. Газовые законы	17
7. Испарение и конденсация.....	19
8. Влажность воздуха.....	21
9. Внутренняя энергия.....	25
10. Тепловые двигатели	27

1.Как надо решать задачи по физике.

Чтобы правильно и осмысленно решать задачи по физике, необходимо следовать алгоритму:

Алгоритм «Решение задач по физике»

1. Внимательно прочитайте условие задачи.
2. Установите о каких физических явлениях идёт речь в задаче.
3. Вспомните основные количественные и качественные закономерности, объясняющие эти явления.
4. Определите, что требуется найти в задаче.
5. Установите, какие физические величины даны в задаче. Не забудьте о табличных величинах.

Примечание: Иногда использование табличных величин зашифровано текстовой информацией:

*-определить массу **молекулы азота***

*-найти количество вещества в массе **алюминия***

6. Переведите, если этого необходимо, физические величины в систему СИ (стандартные единицы измерения)
7. Определите какие количественные зависимости надо использовать в решение. Для этого лучше всего определить количественные зависимости, куда входит искомая физическая величина, а также данные физических величин по условию задачи.
8. Использовать преобразования в физических формулах, получите окончательную расчётную формулу.

Примечание: при проверке правильности полученной формулы используйте размерность физической величины.

Например: Если мы должны найти силу F , то в результате сокращения размерности должны получить Н(Ньютон), если получить, что-то другое, значит, формула получена не верно.

9. Выполните вычисления по полученной формуле.

10. Запишите ответ задачи.

Примечание: Иногда, для успешного решения задачи требуется выполнить чертёж. Помните о том, что правильно выполнит чертёж, помогает в решение задач, это 50% вашего успеха.

2. Основные положения МКТ

- Макроскопические тела – большие тела, состоящие из огромного числа молекул (газ в баллоне, вода в стакане, камень).
- Явления, связанные с изменением температуры тел, называют тепловыми.
- Беспорядочное движение молекул называют тепловым движением.
- Облик планеты существует в узком интервале температур. При нагревании или охлаждении изменяются размеры твёрдых тел и объёмы жидкостей, их свойства.

Цель молекулярно – кинетической теории – объяснение свойств макроскопических тел и тепловых процессов, протекающих в них. На основе представлений о том, что все тела состоят из отдельных, беспорядочно движущихся частиц.

В основе МКТ лежат три основных положения:

1. Все вещества состоят из мельчайших частиц: молекул, атомов или ионов.

Доказательства: фотографии веществ, выполненных с помощью специальных микроскопов, диффузия (это проникновение молекул одного вещества между молекулами другого. Диффузия есть и в газах, и в жидкостях, и в твёрдых телах, только в твёрдых телах она происходит очень медленно) испарение веществ, уменьшение суммарного объема некоторых жидкостей в результате их смешивания друг с другом. Например, при

смешивании спирта с водой маленькие молекулы воды займут промежутки между большими молекулами спирта (молекулы спирта в 2–3 раза крупнее молекул воды).

2. Молекулы вещества непрерывно и беспорядочно движутся.

Доказательства: диффузия, броуновское движение (Это тепловое движение частиц, взвешенных в жидкости или газе. С повышением температуры его интенсивность растёт).

3. Молекулы взаимодействуют между собой (притягиваются или отталкиваются)

Доказательства: а) чтобы сломать карандаш, нужно приложить силу для преодоления притяжения между молекулами, б) два стекла, положенное одно на другое, слипаются из-за притяжения молекул, в) практическая несжимаемость жидкости доказывает, что молекулы отталкиваются, препятствуя деформации.

Силы взаимодействия между молекулами сильно ослабевают с увеличением расстояния между молекулами. Если расстояние между центрами молекул равно диаметру молекулы, силы притяжения равны силам отталкивания, если расстояние между молекулами больше диаметра молекулы – преобладает сила притяжения, если расстояние между молекулами меньше диаметра молекулы – преобладает сила отталкивания.

3. Строение и свойства газов, жидкостей и твёрдых тел

Твёрдые тела: атомы или молекулы расположены очень близко друг к другу, велики силы притяжения. Атомы колеблются около определённых положений равновесия, каждая молекула имеет строго определённое место в пространстве, поэтому ***твёрдые тела сохраняют форму и объём.***

Жидкости: молекулы расположены почти вплотную друг другу, силы притяжения велики. Молекулы, совершив от 10 до 100 колебаний на одном месте, совершают перескоки в другое. С повышением температуры перескоки происходят чаще. Текучесть жидкости объясняется тем, что под

действием внешней силы, перескоки происходят в направлении действия силы. Жидкость принимает форму сосуда, в котором находится. ***Жидкость сохраняет объём и не сохраняет форму.***

Газы: Молекулы находятся друг от друга на расстояниях, много больших самих молекул. Силы притяжения очень слабы. Траектория движения каждой молекулы – сложная ломаная линия. Положение каждой молекулы в пространстве непрерывно меняется. ***Газы не сохраняют ни объём, ни форму.*** Хорошая сжимаемость газов объясняется тем, что мы лишь уменьшаем расстояние между молекулами, тесного соприкосновения между ними не происходит.

- Проверь себя!

Тест

1) Из предложенных утверждений выберите верное:

- А) все тела состоят из мельчайших частиц;
- Б) у вещества не внутреннего строения;
- В) между частицами нет свободного пространства;
- Г) частицы легко видеть невооружённым глазом.

2) Явление, при котором происходит взаимное проникновение молекул одного вещества между молекулами другого, называется ...

- А) кипение;
- Б) броуновское движение;
- В) конвекция;
- Г) диффузия.

3) Явление диффузии ...

- А) происходит в жидкостях быстрее, чем в газах;
- Б) происходит в газах быстрее, чем в жидкостях;
- В) происходит в твёрдых телах быстрее, чем в газах;
- Г) не происходит в твёрдых телах.

4) При понижении температуры веществ, участвующих в процессе диффузии, диффузия происходит ...

- А) медленнее;
- Б) быстрее;
- В) с той же скоростью;
- Г) иногда быстрее, иногда медленнее.

- 5) Между молекулами вещества ...
 А) никакие силы не действуют;
 Б) действуют силы притяжения;
 В) действуют силы отталкивания;
 Г) действуют силы притяжения и отталкивания.
- 6) Если вещество сохраняет форму и объём, то оно находится...
 А) в газообразном состоянии;
 Б) в жидком состоянии;
 В) в твёрдом состоянии;
 Г) в жидком и газообразном состояниях.
- 7) Расстояния между молекулами гораздо больше размеров самих молекул. Вещество находится ...
 А) в газообразном состоянии;
 Б) в жидком состоянии;
 В) в твёрдом состоянии;
 Г) в жидком и газообразном состояниях.
- 8) Хаотическое движение мелких частиц, находящихся в жидкости, называется ...
 А) кипение;
 Б) броуновское движение;
 В) конвекция;
 Г) диффузия.

4. Масса молекулы, количество вещества

Способность газов неограниченно расширяться и занимать весь предоставленный им объем объясняется непрерывным хаотическим движением молекул. Любое вещество состоит из частиц, поэтому количество вещества ν принято считать пропорциональным числу частиц, т. е. структурных элементов, содержащихся в теле.

Молекула - это наименьшая частица вещества.

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

Относительная молекулярная масса - отношение массы одной молекулы данного вещества к 1/12 массы атома углерода. Её можно найти в таблице Менделеева. Например: H_2O ,

$$M_r(H_2O) = 1 \cdot 2 + 16 = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

ν Количество вещества - это отношение числа частиц, содержащихся в теле к числу частиц, содержащихся в 0,012 кг углерода. Измеряется в моль.

1 моль – это такое количество вещества в котором число молекул равно числу атомов углерода в 0,012 кг. 1 моль содержит: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль - постоянная Авогадро. Значит, в 1 моле любого вещества содержится одно и то же число атомов или молекул. Это число атомов обозначают N и называют постоянной Авогадро в честь итальянского учёного (XIX в.)

$$\nu = \frac{m}{M} \quad \nu = \frac{N}{N_A} \quad \text{количество вещества}$$

Молярная масса – это масса 1 моль вещества. $M = M_r \cdot 10^{-3}$ [кг/моль]

$$m_0 = \frac{m}{N} \quad \text{Масса одной молекулы (кг), } m \text{ – масса вещества (кг), } N \text{ –}$$

число частиц в веществе.

$$m = M \cdot \nu \quad m = m_0 \cdot N \quad N = \nu \cdot N_A \quad N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

Примеры решения задач

Задача 1. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?

$$M(\text{Al}) = 27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad \nu = \frac{m}{M}$$

$$m(\text{Al}) = 5,4 \text{ кг} \quad \nu = \frac{5,4 \text{ кг}}{27 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 200$$

Ответ: 200 моль.

Задача 2. Какой объем занимает 100 моль ртути?
V-?

$$\nu(\text{Hg}) = 100 \text{ моль} \quad \nu = \frac{m}{M} \quad \text{Подставим } m = \nu \mu \text{ в первую формулу}$$

$$\rho(\text{Hg}) = 13,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad V = \frac{\nu \cdot M}{\rho} = \frac{100 \cdot 201 \cdot 10^{-3}}{13,6 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$M(\text{Hg}) = 201 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Ответ: $1,5 \cdot 10^{-3}$ или 1,5 л.

Задача 3. Чему равно число молекул в 10 г кислорода?
N-?

$$\begin{aligned}
 m(\text{O}_2) &= 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг} \\
 M(\text{O}_2) &= 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \\
 \nu &= \frac{N}{N_A} \quad \nu = \frac{m}{M} \quad (2) \Rightarrow \frac{N}{Na} = \frac{m}{M} \\
 N &= \frac{Na \cdot m}{M} \\
 N &= \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,01 \text{ кг}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 1,88 \cdot 10^{23} \text{ молекул} \\
 \text{Ответ: } N &\approx 1,88 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}
 \end{aligned}$$

Задача 5. Определите сколько молекул воды в объёме 2л.
N-?

$$\begin{aligned}
 V &= 2 \text{ л} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad N = \frac{m}{M} Na, \text{ масса воды неизвестна.} \\
 Na &= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \text{ Найдём массу воды через объём и плотность. } m = \frac{V \rho}{M} Na \\
 M(\text{H}_2\text{O}) &= 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \\
 \rho(\text{H}_2\text{O}) &= 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 N &= \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 6,7 \cdot 10^{25} \\
 \text{Ответ: } N &\approx 6,7 \cdot 10^{25}
 \end{aligned}$$

Самостоятельная работа

Вариант 1

- 1) Найти двумя способами молярную массу едкого натрия (NaOH), если масса его молекулы $66,4 \cdot 10^{-27}$ кг.
- 2) Сколько молей составляют $3,6 \cdot 10^{30}$ молекул некоторого вещества.
- 3) Какова масса 200 моль кислорода (O_2)?
- 4) Найти число частиц в 10 г аммиака (NH_3).

Вариант 2

- 1) Найти двумя способами молярную массу едкого калия (KOH), если масса его молекулы $93,2 \cdot 10^{-27}$ кг.
- 2) Какое количество вещества содержится в 1,2 кг меди?

3) Найти число частиц в 2 кг азота (N_2).

4) Какова масса 25 молей воды (H_2O)?

Вариант 3

1) Найти двумя способами молярную массу едкого калия (KOH), если масса его молекулы $93,2 \cdot 10^{-27}$ кг.

2) Какое количество вещества содержится в 1,2 кг меди?

3) Найти число частиц в 2 кг азота (N_2).

Вариант 4

1) Найти двумя способами молярную массу нитрата серебра ($AgNO_3$), если масса его молекулы $282 \cdot 10^{-27}$ кг.

2) Какова масса 3 моль серной кислоты (H_2SO_4)?

3) Сколько частиц в 5 кг воды (H_2O)?

Вариант 5

1) Найти двумя способами молярную массу $NaOH$, если масса молекулы $66,4 \cdot 10^{-27}$ кг.

2) Сколько молей составляют $5,2 \cdot 10^{25}$ молекул вещества?

3) Какова масса 5 моль серной кислоты (H_2SO_4)?

Вариант 6

1) Сколько частиц в 3 кг воды (H_2O)?

2) Какова масса 15 моль O_2 ?

3) Какое количество вещества содержится в 2,4 кг железа?

Эталоны ответов

№	1)	2)	3)
1	$128,2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	$3,5 \cdot 10^{23}$	0,45 кг
2	$39,9 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	$5,9 \cdot 10^6$ моль	6,4 кг
3	$56 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	19 моль	$4,2 \cdot 10^{25}$
4	$169,8 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	0,294 г	$1,7 \cdot 10^{26}$
5	$39,9 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	86 моль	0,49 г
6	$1,003 \cdot 10^{26}$	0,48 кг	42 моль

Критерии оценки

Оценка «5» выставляется за 3 верно решённых задачи, «4» - за две верно решённых задачи, «3» - за одну верно решённую задачу, «2» - за менее, чем 1 верно решённую задачу.

5. Основное уравнение МКТ

Основное уравнение МКТ

Идеальным принято считать газ, если: а) между молекулами отсутствуют силы притяжения, т. е. молекулы ведут себя как абсолютно упругие тела; б) газ очень, разрежен, т. е. расстояние между молекулами намного больше размеров самих молекул; в) тепловое равновесие по всему объёму достигается мгновенно. Условия, необходимые для того, чтобы реальный газ обрел свойства идеального, осуществляются при соответствующем разрежении реального газа. Некоторые газы даже при комнатной температуре и атмосферном давлении слабо отличаются от идеальных. Основными параметрами идеального газа являются давление, объём и температура. **Идеальный газ** – газ молекулы которого почти не взаимодействуют друг с другом.

Одним из первых и важных успехов МКТ было Качественное и количественное объяснение давления газа на стенки сосуда. Качественное объяснение заключается в том, что молекулы газа при столкновениях со стенками сосуда взаимодействуют с ними по законам механики как упругие тела и передают свои импульсы стенкам сосуда. **Давление газа создаётся ударами молекул о стенки сосуда**

На основании использования основных положений молекулярно-кинетической теории было получено основное уравнение МКТ идеального газа, которое выглядит так: $p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle$ (1), где p — давление идеального газа, m_0 — масса молекулы, n — концентрации молекул, $\langle v^2 \rangle$ — среднее значение квадрата скоростей молекул

Величина $\langle v^2 \rangle$ позволяет ввести представление о средней кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа $\langle E_k \rangle = \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2}$. Тогда основное уравнение МКТ идеального газа можно записать в виде: $p = 2/3 n \langle E_k \rangle$ (2).

$$p = \frac{1}{3} \rho v^2 \quad (3) \qquad p = nkT \quad (4)$$

Однако, измерив только давление газа, невозможно узнать ни среднее значение кинетической энергии молекул по отдельности, ни их концентрацию. Следовательно, для нахождения микроскопических параметров газа нужно измерение еще какой-то физической величины, связанной со средней кинетической энергией молекул. Такой величиной является температура. **Температура** — скалярная физическая величина, описывающая состояние термодинамического равновесия (состояния, при котором не происходит изменения микроскопических параметров). Как термодинамическая величина температура характеризует тепловое состояние системы и измеряется степенью его отклонения от принятого за нулевое, как молекулярно-кинетическая величина — характеризует интенсивность хаотического движения молекул, измеряется их средней кинетической энергией: $\langle E_k \rangle = 3/2 kT$ где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К и называется **постоянной Больцмана**.

Температура всех частей изолированной системы находящейся в равновесии, одинакова. Измеряется температура термометрами в градусах различных температурных шкал. Существует абсолютная термодинамическая шкала (шкала Кельвина) и различные эмпирические шкалы, которые отличаются начальными точками. До введения абсолютной шкалы температур в практике широкое распространение получила шкала Цельсия (за 0°С принята точка замерзания воды, за 100°С принята точка кипения воды при нормальном атмосферном давлении).

Единица температуры по абсолютной шкале называется Кельвином и выбрана равной одному градусу по шкале Цельсия $1 \text{ K} = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. В шкале Кельвина за нуль принят абсолютный нуль температур, т. е. температура, при которой давление идеального газа при постоянном объеме равно нулю. Вычисления дают результат, что абсолютный нуль температуры равен $-273 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, **между абсолютной шкалой температур и шкалой Цельсия существует связь $T = t \text{ }^{\circ}\text{C} + 273$** . Абсолютный нуль температуры недостижим, так как любое охлаждение основано на испарении молекул с поверхности, а при приближении к абсолютному нулю скорость поступательного движения молекул настолько замедляется, что испарение практически прекращается. Теоретически при абсолютном нуле скорость поступательного движения молекул равна нулю, т.е. прекращается тепловое движение молекул.

Вопросы

1. Что такое идеальный газ?
2. Как создаётся давление газа?
3. Выписать 4 варианта формулы основного уравнения МКТ.
4. Определение температуры, что она характеризует? Связь кинетической энергии и температуры (формула).
5. Связь температуры по Кельвину с температурой по Цельсию.

Решение задач.

Задача №1 Определить кинетическую энергию молекулы одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 37° и давлении $1,2 \text{ МПа}$.

Е-? n -?

$$t=37^{\circ} \quad T=t+273\text{K} \quad T=37^{\circ}+273\text{K}=310\text{K}$$

$$P=1,2 \text{ МПа} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$K=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{град}} \quad n = \frac{p}{kT} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 310} = 2,45 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$$

$$E = \frac{3}{2} kT = 1,5 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 310 = 6,41 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

Ответ: $n = 2,45 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$, $E = 6,41 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$

Задача №2 Каково давление газа, если средняя скорость молекул 500 м/с, а плотность 1,2 кг/м³?

$$p = ? \quad v = 500 \text{ м/с} \quad \rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

$$p = \frac{1}{3} \rho v^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,2 \cdot 500^2 = 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $p = 10^5 \text{ Па}$.

Задача №3 Найти среднюю кинетическую энергию молекул газа при давлении 10 кПа. Концентрация молекул при этом давлении $2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.

$$E = ? \quad P = 10 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па} \quad n = 2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$$

$$E = \frac{3p}{2n} = \frac{3 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 10^{24}} = 7,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$

Ответ: $E = 7,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.

- Выполнить тест:

- в заданиях 1-4 выбрать цифру, вариант ответа, в заданиях 5-7 - произвести вычисления, 8- решить задачу.

Тест

1. От какой из приведенных ниже величин, характеризующих молекулы, зависит давление идеального газа?

- 1) силы притяжения между молекулами
- 2) кинетической энергии молекул
- 3) силы отталкивания между молекулами
- 4) потенциальной энергии взаимодействия молекул

2. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул:

- 1) зависит от температуры;
- 2) не зависит от температуры;
- 3) зависит от массы молекул;

3. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа в некотором процессе, если концентрацию молекул уменьшить в 10 раз, а температуру увеличить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 10 раз
 - 2) увеличится в 2 раза
 - 3) уменьшится в 5 раз
 - 4) увеличится в 5 раз
4. Среди приведенных ниже математических выражений укажите все записи основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа: 1) $pV = (m/M)RT$; 2) $E = (3/2)kT$; 3) $p = nkT$.
5. Перевести в Кельвины -20°C .
6. Перевести в Кельвины 18°C .
7. 30K перевести в градусы Цельсия.
8. Найти среднюю кинетическую энергию молекул газа при температуре 27°C

Самостоятельная работа

Вариант 1

- 1) Каково давление газа, если средняя скорость его молекул 650 м/с , а его плотность $1,43\text{ кг/м}^3$?
- 2) Найти среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа при давлении 25 кПа . Концентрация молекул газа при данном давлении $5 \cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$.
- 3) Вычислить температуру газа по шкале Цельсия, если при концентрации $2 \cdot 10^{20}\text{ м}^{-3}$ его давление равно 20 кПа .
- 4) Найти концентрацию молекул газа, средняя скорость молекул которого при давлении 760 мм рт.ст. равна 700 м/с . Масса молекулы газа $53,2 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$.
- 5) Вычислить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа при 17°C .

Вариант 2

- 1) Вычислить давление газа, если при концентрации $1,2 \cdot 10^{21}\text{ м}^{-3}$, средняя кинетическая энергия его молекул составляет $2 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$.
- 2) Найти плотность газа, если при средней скорости движения молекул равной 520 м/с , давление газа 1 МПа .

- 3) Вычислить концентрацию газа, производящего давление в 2 атм при 100°C .
- 4) Найти массу молекулы азота, находящегося под давлением 5,46 МПа, если концентрация газа $2,2 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$, а средняя скорость молекул 400 м/с.
- 5) Вычислить температуру по шкале Цельсия, если средняя кинетическая энергия молекул газа $4,14 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$.

Вариант 3

- 1) Вычислить температуру по шкале Цельсия, если средняя кинетическая энергия молекул газа $3,21 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.
- 2) Вычислить концентрацию газа, производящего давление в 3 атм при 50°C .
- 3) Каково давление газа, если средняя скорость молекул 450 м/с, плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$?
- 4) Найти среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа при давлении 10 кПа. Концентрация молекул газа при этом $4 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.
- 5) Найти концентрацию молекул газа, средняя скорость молекул которого при давлении 760 мм рт.ст. 500 м/с. Масса молекулы $41,1 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Вариант 4

- 1) Вычислить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа при 27°C .
- 2) Вычислить давление газа, если при концентрации $3 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, средняя кинетическая энергия его молекул составляет $3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.
- 3) Найти среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа при давлении 7кПа. Концентрация молекул газа при данном давлении $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.
- 4) Найти концентрацию молекул газа, средняя скорость молекул которого при давлении 760 мм рт.ст. равна 500 м/с. Масса молекулы газа $25 \cdot 10^{-27} \text{ ед}$.
- 5) Найти плотность газа, если при средней скорости движения молекул равной 400 м/с, давление газа 2 МПа.

Критерии оценки: «5» - за 5 верно выполненных заданий;

«4» - за 4 верно выполненных задания;

«3» - за 3 верно выполненных задания;

«2» - за 2 и менее верно выполненных задания;

Эталоны ответов

№	1)	2)	3)	4)	5)
1	$2 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$75 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}$	7246103^0 С	$9,2 \cdot 10^{24}$	$6.67 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$
2	$1,6 \text{ Па}$	$11,094 \text{ кг/м}^3$	$3,88 \cdot 10^{25}$	$4,61 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$	1727^0 С
3	15227^0 С	$6,7 \cdot 10^{25}$	$8,1 \cdot 10^4 \text{ Па}$	$3,75 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$	$2,33 \cdot 10^{25}$
4	$6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$	6 Па	$3,5 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$	$3,8 \cdot 10^{25}$	$37,5 \text{ кг/м}^3$

6. Газовые законы

Давление (p), объем (V) и температура (T) являются основными параметрами состояния газа. Всякое изменение состояния газа называется термодинамическим процессом. Термодинамические процессы, протекающие в газе постоянной массы при неизменном значении одного из параметров состояния газа, называются изопроцессами. Изопроцессы являются идеализированной моделью реального процесса в газе. Изопроцессы подчиняются газовым законам. Газовые законы определяют количественные зависимости между двумя параметрами газа при неизменном значении третьего. Газовые законы справедливы для любых газов и газовых смесей.

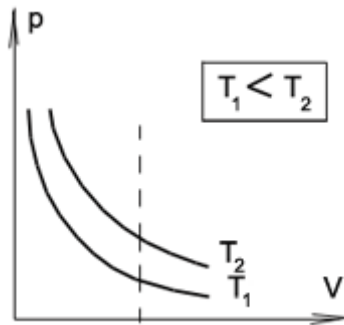
Изотермический процесс ($T = \text{const}$) Изотермическим процессом называются изменения состояния газа, протекающие при постоянной температуре. Изотермический процесс в идеальном газе подчиняется закону Бойля-Мариотта:

$$pV = \text{const} \text{ (при } T = \text{const)}$$

Для газа данной массы произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \text{ (при } T = \text{const)}$$

Графическое представление изотермического процесса: - изотерма - график, отражающий изотермический процесс. (математически это гипербола)



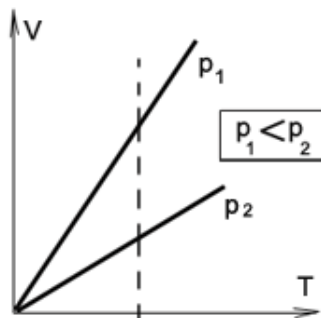
Изобарный процесс ($p = \text{const}$). Изобарным процессом называются изменения состояния газа, протекающие при постоянном давлении. Изобарный процесс в идеальном газе подчиняется закону Гей-Люссака

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ (при } p = \text{const)}$$

: Для газа данной массы отношение объема газа к его температуре постоянно, если давление газа не меняется.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (при } p = \text{const)}$$

Графическое представление изобарного процесса: - изобара - график, отражающий изобарный процесс (математически это линейная зависимость).



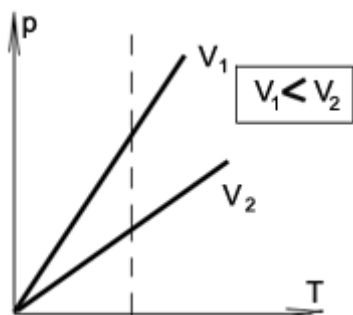
Изохорный процесс ($V = \text{const}$). Изохорным процессом называются изменения состояния газа, протекающие при постоянном объеме. Изохорный процесс в идеальном газе подчиняется закону Шарля:

$$\frac{p}{T} = \text{const} \text{ (при } V = \text{const)}$$

Для газа данной массы отношение давления газа к его температуре постоянно, если объем газа не меняется.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (\text{при } V = \text{const})$$

Графическое представление изохорного процесса: - изохора - график, отражающий изохорный процесс (математически это линейная зависимость).



7. Испарение и конденсация

Испарение – это процесс перехода жидкости в пар (газообразное состояние). Испарение происходит при любой температуре жидкости.

Пар - это газообразное состояние вещества, в которое переходят жидкости при испарении.

Молекулы жидкости при тепловом движении движутся с разными скоростями. Самые быстрые молекулы способны преодолеть притяжение остальных молекул и выскочить из жидкости. Эти молекулы образуют пары в воздухе.

Скорость испарения жидкости зависит от:

- от рода жидкости;
- температуры (чем выше температура жидкости, тем большей скоростью обладают ее молекулы);
- от площади поверхности испаряющейся жидкости (чем больше площадь поверхности, тем большее число быстрых молекул покидает жидкость);
- от наличия ветра над поверхностью жидкости;
- содержания водяных паров в атмосфере (влажность воздуха).

Так как при испарении жидкость покидают наиболее быстрые молекулы,

обладающие соответственно большей кинетической энергией, средняя кинетическая энергия молекул жидкости уменьшается, значит температура жидкости при испарении понижается.

Насыщенный пар

В сосуд наливаем жидкость и закрываем его. Жидкость в сосуде начинает испаряться, и плотность пара над жидкостью в сосуде увеличивается.

В результате теплового движения часть молекул водяного пара возвращается в жидкость. Чем больше плотность водяных паров в сосуде, тем большее число молекул пара возвращается в жидкость.

Через некоторое время в сосуде устанавливается динамическое равновесие между жидкостью и паром: число молекул, покинувших жидкость за какой-то отрезок времени, становится равным числу молекул, возвращающихся в жидкость за такой же отрезок времени.

Насыщенный пар – это пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Давление насыщенного пара зависит только от его температуры. Давление насыщенного пара растет как вследствие повышения температуры жидкости, так и вследствие увеличения концентрации молекул пара.

Пар называется **ненасыщенным**, если его давление меньше давления насыщенного пара при данной температуре. Давление ненасыщенного пара зависит от его объема.

Кипение - это процесс парообразования.

При нагревании жидкости растворенный в жидкости газ начинает собираться в пузырьки по всему объему жидкости. Внутри пузырьков образуется насыщенный пар.

С повышением температуры жидкости давление насыщенного пара в пузырьках растет, что ведет к увеличению объема пузырьков. Под действием выталкивающей силы пузырьки всплывают к поверхности жидкости, лопаются и выбрасывают пар.

Кипение жидкости начинается при температуре, когда давление насыщенного пара в пузырьках становится **равным** давлению в жидкости.

Температурой кипения называется температура жидкости, при которой давление ее насыщенного пара равно или больше внешнего давления.

Температура кипения жидкости повышается с ростом внешнего атмосферного давления и понижается при его уменьшении.

Например:

В автоклавах для стерилизации медицинских инструментов создается повышенное давление, и кипение воды происходит при температуре значительно выше 100°C.

На высокогорье, где атмосферное давление ниже нормального, температура кипения воды меньше, чем 100°C (например - 70°). В процессе кипения температура жидкости остается **постоянной**.

Конденсация - это обратный процесс парообразования, происходящий с выделением энергии.

Критическая температура - это температура, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и её насыщенным паром.

Представление о критической температуре ввел Д. Н. Менделеев. Особое значение критической температуры состоит в том, что при температуре выше критической ни при каких давлениях газ нельзя обратить в жидкость.

8. Влажность воздуха

Влажность воздуха – это содержание водяного пара в воздухе. Поверхность земли на 3/4 покрыта водой, поэтому в воздухе всегда есть водяной пар. Он образуется в результате испарения воды. Живые организмы содержат от 50 до 99,7% воды. Образно говоря, живые организмы - это одушевленная вода. В атмосфере находится около 13-15 тыс. куб. метров воды в виде капель, кристаллов снега и водяного пара. Атмосферный

водяной пар влияет на погоду и климат Земли. От количества водяного пара в воздухе зависит погода, самочувствие человека, жизнь растений, животных, сохранность технических объектов, архитектурных сооружений и т.д.

Атмосферный воздух состоит из смеси газов и водяных паров.

Влажность воздуха характеризуется следующими величинами:

1. **Абсолютная влажность воздуха** – это масса водяных паров, содержащихся в 1 куб. метре воздуха при данных условиях.

Абсолютная влажность воздуха может оцениваться:

а) через плотность водяного пара в воздухе, тогда единицы измерения – г/м³.

б) в метеорологии - через парциальное давление водяного пара, тогда единицы измерения - мм рт. ст. или Па.

Парциальное давление водяного пара – это давление, которое производил бы водяной пар, если бы остальные газы воздуха отсутствовали.

2. **Относительная влажность воздуха** - это отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре. *Точка росы* – температура, при которой выпадает роса.

Единицы измерения относительной влажности - %.

где $\varphi = P/P_0 \cdot 100\%$

p – парциальное давление водяного пара в воздухе при температуре t

p_0 - давление насыщенного водяного пара при той же температуре

В прогнозе погоды указывается величина относительной влажности воздуха в процентах!

Относительная влажность воздуха показывает как близко содержание водяных паров в воздухе к насыщению. При относительной влажности 100% - в воздухе насыщенный водяной пар.

Прибор для измерения относительной влажности воздуха называется **психрометром**.

2. Записать в таблицу показания сухого и влажного термометров.
3. Вычислить разность показаний сухого и влажного термометров
 $\Delta t = t_{\text{сухого}} - t_{\text{влажного}}$ и записать её значение в таблицу.
4. По психрометрической таблице определить влажность воздуха ϕ и
 Результат занести в таблицу.

Письменно сделайте вывод о том, нормальная ли влажность воздуха в помещении и запишите, какие меры нужно принять, если влажность повышенная или пониженная.

- В тетрадь нужно записать только таблицу и вывод после неё, не забыть указать номер варианта. Значения температур по вариантам размещены после примера нахождения.

Пример нахождения относительной влажности по психрометрической таблице.

Температура по сухому термометру, °C	Психрометрическая разность, °C							
	0	1	2	3	4	5	6	7
40	100	99	98	82	76	71	65	60
39	100	99	87	81	76	70	65	60
38	100	99	87	81	75	70	64	59
...	...	...	...	...	...	...	...	...
21	100	91	82	73	65	57	49	41
20	100	90	81	72	64	56	48	40
19	100	90	80	71	63	55	47	38
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	100	82	64	47	30	13	-	-
1	100	81	62	44	26	9	-	-
0	100	80	60	41	23	4	-	-

Пример: показания «сухого» термометра 20 °C, а показания «мокрого» термометра 14 °C — тогда разность показаний 6 °C. На пересечении

соответствующих строки и столбца определяется искомая относительная влажность 48%.

Нормальной считается влажность в помещении от 40% до 60%. Тогда никаких мер принимать не нужно. Если влажность пониженная (меньше 40%), нужно чаще делать влажную уборку, поставить источники влаги, проветривать, установить кондиционер. Если влажность повышенная (больше 60%) нужно установить кондиционер, проветривать помещение, убрать источники влаги, использовать электронагревательные приборы.

Вариант 1 $t_{\text{сухого}}=24^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{влажного}}=21^{\circ}\text{C}$

Вариант 2 $t_{\text{сухого}}=26^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{влажного}}=21^{\circ}\text{C}$

Вариант 3 $t_{\text{сухого}}=24^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{влажного}}=15^{\circ}\text{C}$

Вариант 4 $t_{\text{сухого}}=20^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{влажного}}=12^{\circ}\text{C}$

9. Внутренняя энергия. Законы термодинамики

Внутренней энергией тела называют сумму кинетических энергий беспорядочного движения молекул и потенциальных энергий их взаимодействия. Молекулы идеального газа почти не взаимодействуют друг с другом, Внутренняя энергия идеального газа равна сумме кинетических энергий беспорядочно движущихся молекул газа.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа определяется по формуле $U = 3/2 \cdot \nu \cdot R \cdot T$. Существует два способа изменения внутренней энергии: **теплопередача** (греем руки о батарею) и **совершение механической работы** (например трём руки друг о друга и так согреваем их).

Количеством теплоты Q называют энергию полученную или отданную телом при теплообмене. Количество теплоты и работа количественно характеризуют изменение внутренней энергии при переходе тела из одного состояния в другое.

1 закон термодинамики: изменение внутренней энергии замкнутой системы равно сумме количества теплоты, переданной системе, и работы внешних сил, совершенной над системой. $\Delta U = Q + A$, где ΔU — изменение внутренней энергии, Q — количество теплоты, переданное системе, A — работа внешних сил.

Процессы перехода тела из одного состояния в другое могут быть либо обратимыми либо необратимыми. Необратимые: процесс теплопередачи, самопроизвольное расширение газов, диффузия газов, все реальные процессы в природе и технике – необратимы.

2 закон термодинамики: внутренняя энергия не может самопроизвольно переходить от более нагретого тела к менее нагретому.

В изобарном процессе: если газ нагревается, его внутренняя энергия увеличивается настолько, что он, расширяясь, совершает работу за счёт увеличения внутренней энергии газа. $A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$, где V_1 и V_2 — начальный и конечный объёмы газа. Если газ охлаждается, то его внутренняя энергия уменьшается за счёт работы внешних сил. **В изобарном** процессе газ расширяется и количество теплоты, переданное газу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение им работы: $Q = \Delta U + A'$.

В изотермическом процессе температура постоянная, следовательно, внутренняя энергия не меняется. Тогда уравнение первого закона термодинамики примет вид: $Q = A'$ т. е. количество теплоты, переданное системе, идет на совершение работы при изотермическом расширении, именно поэтому температура не изменяется.

При изохорном процессе газ не меняет своего объема, следовательно, работа им не совершается, т. е. $A = 0$, и уравнение первого закона имеет вид $Q = \Delta U$, т. е. переданное количество теплоты идет на увеличение внутренней энергии газа. Нагревание газа означает увеличение его внутренней энергии, а охлаждение - уменьшение внутренней энергии газа.

Адиабатным называют процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой. $Q = 0$, следовательно, газ при расширении совершает

работу за счет уменьшения его внутренней энергии, следовательно, газ охлаждается, $\Delta A' = \Delta U$. Изменение внутренней энергии тела равно совершённой работе. Адиабатный процесс используется в двигателях Дизеля. В природе адиабатный процесс имеет место при образовании облаков. За счёт адиабатного расширения воздуха в верхних слоях атмосферы пары воды охлаждаются, конденсируются и образуют облака.

10. Тепловые двигатели.

Устройство, в котором происходит преобразование внутренней энергии в механическую называют тепловым двигателем.

Основные элементы теплового двигателя: нагреватель, рабочее тело, холодильник. В качестве рабочего тела чаще используют пар или газ, который, получив от нагревателя тепло Q_1 , расширяется и совершает работу $A = Q_1 - Q_2$. Неиспользованное тепло Q_2 рабочее тело отдаёт холодильнику, чтобы вернуться в исходное состояние, затем цикл повторяется.

КПД теплового двигателя: $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ (коэффициент

полезного действия). Реальный КПД значительно ниже максимального для идеальных тепловых машин, т.к. в реальных двигателях в связи с несовершенством конструкции всегда велико трение между частями двигателя. Создание первой тепловой машины в 1698 г. привело к изобретению парохода (1867 г.) и паровоза (1814 г.) Изобретение паровой турбины в 1889 г. позволило использовать её на тепловых и атомных электростанциях. Изобретение двигателя внутреннего сгорания (двухтактного – 1860, четырёхтактного – 1876) вызвало к жизни автомобилестроение и авиацию.

Все тепловые двигатели преобразуют внутреннюю энергию топлива в механическую. Ни один вид топлива не сгорает полностью, все виды топлива

содержат серу и другие вредные примеси, которые выбрасывают в атмосферу. Тепло от работы тепловых машин отводится в окружающую среду, что приводит к повышению температуры на Земле и создаёт угрозу таяния ледников и повышения уровня Мирового океана.

Для уменьшения загрязнения атмосферы необходимо обеспечить: - более полное сгорание топлива, - тщательную очистку выхлопных газов, - поиск более «чистого» горючего.

Самостоятельная работа

«Внутренняя энергия, ее использование на практике»

Вариант 1

1) При адиабатном процессе идеальный газ совершает работу $3 \cdot 10^{10}$ Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа? Нагревается или охлаждается газ? Почему?

2) Каков КПД идеальной паровой турбины, если пар поступает в турбину с температурой 480°C , а оставляет ее при температуре 30°C ?

3) Найти массу дизельного топлива, сжигаемого тракторным двигателем, если КПД двигателя 37%, а произведенная работа 2 кВт час.

Вариант 2

1) При изохорном процессе газ получил 7,2 МДж тепла. Найти работу газа и изменение его внутренней энергии. Нагревается или охлаждается газ. Почему?

2) Температура нагревателя 150°C , а холодильника 20°C . Чему равен КПД двигателя?

3) Какую работу произвел двигатель автомобиля, если КПД 28%, а масса израсходованного бензина 2,8 кг?

Вариант 3

1) Какую работу совершает газ при адиабатном расширении, если его внутренняя энергия уменьшилась на 320 кДж?

- 2) Какую среднюю мощность развивает мотор, установленный на велосипеде, если при скорости движения 25,2 км/ час расход бензина составлял 1,19 кг на 100 км пути, а КПД мотора 20%?
- 3) На сколько изменилась температура 4 кг кислорода, если при его расширении была совершена работа 10,4 кДж? Нагрелся или охладился газ? Почему?

Вариант 4

- 1) При изохорном охлаждении газа его внутренняя энергия уменьшилась на 30 кДж. Какое количество теплоты получила окружающая среда?
- 2) С каким КПД должен был бы работать двигатель автобуса ЗИЛ-155, развивая максимальную мощность 70 кВт при предельной скорости 64,8 км/час, чтобы уложиться в норму расхода бензина равную 23,1 кг на 100 км пути?
- 3) При изобарном нагревании воздух увеличил свой первоначальный объем 0,5 м³ в два раза, находясь при давлении 4 атм. Какая работа была совершена при этом?

Эталоны ответов

Вариант 1

1. $Q=0$, $\Delta U = A \rightarrow \Delta U = 3 \cdot 10^{10}$ Дж, нагревается.
2. $T_1 = 480 + 273 = 753 \text{ K}$, $T_2 = 30 + 273 = 303 \text{ K} \rightarrow \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$; $\eta \approx 60 \%$
3. $m = \frac{Pt}{\eta r}$; $m \approx 463 \text{ кг}$

Вариант 2

1. $A=0$, $\Delta U = 7,2 \text{ МДж}$, нагревается, т.к. получает тепло.
2. $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$; $\eta \approx 31 \%$
3. $A = \eta \cdot r \cdot m$; $A \approx 36 \text{ МДж}$

Вариант 3

1. $Q=0, \Delta U= A, A=320\text{кДж}.$

2. $P=\frac{\eta rm}{t}; P \approx 782\text{Вт}.$

3. $\Delta T=\frac{AM}{mR}; \Delta T \approx 10\text{К}$

Вариант 4

1. $\Delta U=Q, A=0, Q=30\text{кДж}$

2. $\eta \approx 37\%.$

3. $A= p\Delta V, A= 0,2\text{МДж}.$

Критерии оценки

Оценка «5» выставляется за 3 верно решённых задачи, «4» - за две верно решённых задачи, «3» - за одну верно решённую задачу, «2» - за менее, чем 1 верно решённую задачу.