

Министерство образования и науки Хабаровского края
Краевое государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Хабаровский торгово-экономический техникум»

Методические рекомендации
по решению задач
в рамках изучения раздела «Молекулярная физика. Термодинамика» учебной
дисциплины «Физика»
для всех специальностей

Хабаровск, 2023

Пояснительная записка

Цель данной методической разработки – последовательное изложение теории и устранение неясностей и проблем, которые могут возникнуть у студента в процессе решения задач при изучении раздела «Молекулярная физика. Термодинамика». В разработке по каждой теме представлены основные понятия и закономерности (теоретический материал) и алгоритм решения задач (примеры). Кроме этого подобраны задачи различной сложности для самостоятельной работы и список рекомендуемой литературы.

В процессе изучения физики наряду с некоторыми теоретическими сведениями студенты овладевают определенными приемами решения задач. Обычно с такими приемами знакомит сам преподаватель, показывая решение задач нового образца. Наиболее эффективным при этом является такой подход, при котором преподаватель раскрывает перед студентами технологию решения задачи, показывает, чем мотивировано применение некоторого метода решения, чем обусловлен выбор того или иного пути.

Работа над задачей тоже может быть полностью самостоятельной работой студентов. Она преследует несколько целей:

- продолжить формирование умений самостоятельно изучать текст, который в данном случае представляет собой задачу;
- обучить рассуждениям;
- обучить оформлению решения задач; к тому же студенты будут знать, что у них имеется образец рассуждений и оформления задачи, к которому они могут обратиться при решении другой задачи или при проверке правильности своего решения.

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.

Алгоритм решения задач

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

Алгоритм «Решение задач по физике»

1. Внимательно прочитайте условие задачи.
2. Установите, о каком (каких) физическом (-их) явлении (-ях) идёт речь в задаче.
3. Вспомните основные количественные и качественные закономерности, объясняющие это (-и) явление (-я).
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 кол-ва вещества в массе алюминия

6. Переведите, если этого необходимо, физические величины в систему СИ (стандартные единицы измерения)
7. Определите какую(ие) количественную(ые) зависимость(и) 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. Используя 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 получилось 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 выполненный чертёж помогает в решение задач, это 50% вашего успеха.

3 Основы молекулярно-кинетической энергии.

3.1 Основные понятия и закономерности

В основе молекулярно-кинетической теории строения вещества лежат три утверждения: **вещество состоит из частиц; эти частицы беспорядочно движутся; частицы взаимодействуют друг с другом.**

Относительно молекулярной (или атомной) массой вещества Mr называют отношение массы молекулы(или атома) m_0 данного вещества к $\frac{1}{12}$ массы атома углерода m_{0c} :

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

В Международной системе единиц количество вещества выражают в молях. **Один моль - это количество вещества, в котором содержится столько же молекул или атомов, сколько атомов содержится в углероде массой 0,012 кг.**

Значит, в 1 моле любого вещества содержится одно и то же число атомов или молекул. Это число атомов обозначают N_A и называют **постоянной Авогадро** в честь итальянского учёного (XIX в.)

Броуновское движение-это тепловое движение взвешенных в жидкости (или газе) частиц.

Идеальный газ – это газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1}{3}m_0nV^2.$$

Это основное уравнение молекулярно-кинетической теории.

$$p = \frac{2}{3}mE. \quad p = \frac{1}{3}pV^2$$

3.2 Решение задач

Задача №1. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?

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

ответ: 200 моль.

Задача №2. Какой объем занимает 100 моль ртути?

$V \text{ -?}$ $\nu(\text{Hg}) = 100 \text{ моль}$ $\rho(\text{Hg}) = 13,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $\mu(\text{Hg}) = 201 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$V = \frac{m}{\rho}; \nu = \frac{m}{\mu}$ $\Rightarrow m = \nu \mu$ <p>Подставим $m = \nu \mu$ в формулу (1) $V = \frac{\nu \mu}{\rho}$</p>	$V = \frac{100 \text{ моль} \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{13,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} =$ $= 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
--	---	---

ответ: $1,5 \cdot 10^{-3}$ или 1,5 л.

Задача №3. Чему равно число молекул в 10 г. кислорода?

$N \text{ -?}$ $m(\text{O}_2) = 10 \text{ г.}$ $\mu(\text{O}_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	СИ $\nu = \frac{N}{N_A} \text{ (1)}$ $0,01 \text{ кг. } \nu = \frac{m}{\mu} \text{ (2)}$	$\Rightarrow \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}$ <p>выразим N; $N = \frac{N_A \cdot m}{\mu}$</p> $N = \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}$ $\approx 1,88 \cdot 10^{23}$
--	--	---

Ответ: $\approx 1,88 \cdot 10^{23}$

Задача №4. На изделие, поверхность которого 50 см^2 , нанесен слой меди толщиной 2 мкм. Сколько атомов меди содержится в покрытии?

$N \text{ -?}$	СИ	
----------------	----	--

$$h = 2 \text{ мкм} \quad 2 \cdot 10^{-6} \text{ м} \quad N = \frac{m}{M} Na, \text{ но масса цинка не известна. Найдем массу цинка через } \\ S = 50 \text{ см}^2 \quad 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ стна. Найдем массу цинка через } \\ \mu(Cu) = 64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \text{ объём и плотность. } m = V\rho, \\ Na = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \text{ объём найдем, зная площадь поверхности и толщину слоя} \\ \rho(Cu) = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \text{ } \\ V = Sh \Rightarrow m = Sh\rho$$

Подставим в начальную формулу

$$N = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 8,37 \cdot 10^{20} \text{ Ответ: } \approx 8,37 \cdot 10^{20}$$

Задача №5. Определите сколько молекул воды в объёме 2л.

$N = ?$	$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad N = \frac{m}{\mu} Na, \text{ масса воды неизвестна.}$
$V = 2 \text{ л.}$	$\text{Найдем массу воды через объём и}$
$Na = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	$\text{плотность. } m = \frac{V\rho}{\mu} Na$
$\rho(H_2O) = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$N = \frac{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \approx 6,7 \cdot 10^{25}$
$\mu(H_2O) = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	

Ответ: $\approx 6,7 \cdot 10^{25}$

Задача №6. Находящаяся в стакане воде массой 0,5 кг. полностью испарилась за 30 суток. Сколько в среднем молекул воды вылетало с её поверхности за 1с ?

$N = ?$	$N_1 = \frac{N}{t} \text{ (1) Чтобы найти число молекул,}$
$m(H_2O) = 0.5 \text{ кг.}$	$\text{испаряющихся за 1сек. } N_1, \text{ необходимо всё}$
$t = 30 \text{ суток}$	$\text{число молекул разделить на время, за которое}$
$t_1 = 1 \text{ с}$	они испарились.
$\mu(H_2O) = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$N = \frac{m}{\mu} Na \text{ (2) Найти время в секундах. В сутках}$
$Na = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	$24 \text{ часа, в каждом часе } 3600 \text{ с.}$
	$= 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,592 \cdot 10^6 \text{ с.}$

Подставим(2) \rightarrow (1) и учтем время в секундах.

$$N_1 = \frac{\frac{m}{\mu} Na}{t} = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 2,592 \cdot 10^6 \text{ с}} \approx 4,33 \cdot 10^{19}$$

Ответ: $\approx 4,33 * 10^{19}$

Задача №7. В озеро, имеющее среднюю глубину 10м и площадь поверхности 20 км², бросили кристаллик поваренной соли массой 0,01г. Сколько молекул этой соли оказалось бы в наперстке воды объемом 2 см³, зачерпнутой из озера, если полагать, что соль, растворившись, равномерно распределилась во всем объеме воды?

$N_1 - ?$		Чтобы найти N_1 . Необходимо найти объем озера V , кол-во частиц соли N $V = hS(1); N = \frac{m}{\mu} Na(2)$ $N_1 = \frac{m}{V} V_1(3)$ Подставим (1) и (2) в (3) $N_1 = \frac{\frac{m}{\mu} Na}{hS} V_1 = \frac{mNaV_1}{hS}$ $N_1 = \frac{10^{-5} \text{ км}^2 * 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1} * 2 * 10^{-6} \text{ м}^3}{2 * 10 \text{ м} * 2 * 10^7 \text{ м}^2} = 6,02 * 10^4$
$h = 10 \text{ м}$	$2 * 10^7 \text{ м}^2$	
$S = 20 \text{ км}^2$	10^{-5} км^2	
$m = 0,01 \text{ г.}$		
$V_1 = 2 \text{ см}^3$	$2 * 10^{-6} \text{ м}^3$	

Ответ: $6,02 * 10^4$

Задача №8. Каково давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул 600 м/с , а его плотность $1,54 \text{ кг/м}^3$?

$P - ?$	$P = \frac{1}{3} m_0 n V^2$ Отразим на произведение $m_0 n$ $m_0 n = m_0 * \frac{N}{V} = \frac{m_0}{V} = \frac{m}{V} = \rho$
$V = 600 \text{ м/с}$	
$\rho = 1,54 \text{ кг/м}^3$	

Следовательно, $= \frac{1}{3} m_0 n V^2$

$$P = \frac{1}{3} * 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * \left(600 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = 184800 \text{ Па}$$

Ответ: $1,848 * 10^5 \text{ Па}$

Задача №9. Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, если имея массу 8 кг, он занимает объем 10 м³ при давлении 250 Кпа ?

$V - ?$	СИ	$P = \frac{1}{3} m_0 n V^2$ Рассмотрим n - концентрация $n = \frac{N}{V}; m_0 n = \frac{m_0 N}{V} = \frac{m}{V}$ Следовательно,
$m = 8 \text{ кг.}$		

$$V=10 \text{ м}^3 \quad 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \quad P = \frac{1}{3} m V^2 \quad \text{Выразим } V \text{ из этого уравнения}$$

$$P = 250 \text{ КПа}$$

позатпно:

1. Умножим первую и правую части на 3V

$$3PV = mV^2$$

2. Разделим первую и вторую часть на m

$$V^2 = \frac{3PV}{m}$$

2. Возьмем квадратичный корень из первой и второй части.

$$V = \sqrt{\frac{3PV}{m}}$$

$$V = \sqrt{\frac{3 \cdot 2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 10 \text{ м}^3}{8 \text{ кг}}} \approx 306 \text{ м/с}$$

Ответ: 306 м/с

Задача №10. Найти концентрацию молекул кислорода, если давление его 0,3 Па, а средняя квадратичная скорость молекул равна 900 м/с

$n = ?$ $P = 0,3 \text{ Па}$ $V = 900 \text{ м/с}$ $\mu(O_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	CU $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$P = \frac{1}{3} m_0 n V^2 \quad (1)$ Выразим n из уравнения (1) $n = \frac{3P}{m_0 V^2} \quad (2)$ Мы не знаем массу m_0 - массу молекулы кислорода. Для этого воспользуемся молярной массой кислорода $\mu = \frac{3P}{n V^2} = \frac{3P N_A}{n V^2}$ $n = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot (900 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} \approx 2,1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
--	-----------------------------------	--

Ответ: $\approx 2,1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

Задача №11. Найти среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа при давлении 30 Кпа. Концентрация молекул газа при указанном давлении $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

$E_k = ?$		$P = \frac{2}{3} n E_k$	$E_k = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^4 \text{ Па}}{2 \cdot 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}} = 9 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$
-----------	--	-------------------------	--

$$P=30 \text{ КПа} \quad \text{Cu} \quad E_{\kappa} = \frac{3P}{2n}$$
$$N=5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3} \quad 3 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Ответ: $9 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$

4 Температура. Энергия теплового движения молекул.

4.1 Основные понятия и закономерности

Величины, характеризующие состояние макроскопических тел без учета молекулярного строения тел (V, p, t) называют макроскопическими параметрами.

Тепловым равновесием называют такое состояние, при котором все макроскопические параметры сколь угодно долго остаются неизменными.

Температура характеризует состояние теплового равновесия системы тел: все тела системы, находящиеся друг с другом в тепловом равновесии, имеют одну и ту же температуру.

Предельную температуру, при которой давление идеального газа обращается в нуль при фиксированном объеме или объем идеального газа стремится к нулю при неизменном давлении, называют нулем температуры.

Постоянная Больцмана связывает температуру θ в энергетических единицах с температурой T в Кельвинах.

Один Кельвин и один градус шкалы Цельсия совпадают. Поэтому любое значение абсолютной температуры T будет на 273 градуса выше соответствующей температуры t по Цельсию.

$$T = t + 273$$

$$E = \frac{3}{2}RT$$

Средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре.

$$p = nkT$$

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

4.2. Решение задач.

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

$E_{\kappa} - ? \text{ Дж}$	Cu	$1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$	$E_{\kappa} = \frac{3}{2} kT(1); P = nkT(2)$
$T = 37^{\circ}\text{C}$			$T = t + 273\text{K}$
$P = 1,2 \text{ МПа}$			$T = 37^{\circ}\text{C} + 273\text{K} = 310\text{K}$
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$			Выразим из (2) уравнения $n \Rightarrow n = \frac{P}{kT}$

Итак: $E_{\kappa} = \frac{3}{2} kT$ и $n = \frac{P}{kT}$

Вычислим:

$$E_{\kappa} = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-22} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 310\text{K} = 6,417 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$n = \frac{1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 310\text{K}} \approx 2,8 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$$

Ответ; $6,417 \cdot 10^{-21}; \approx 2,8 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$

Задача №2. Найти температуру водорода и среднюю квадратичную скорость его молекул при давлении 150 КПа и концентрации молекул $1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

$T - ? \text{ К}$	Cu	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$P = nkT(1)$
$P = 150\text{ КПа}$			Выразим T из Уравнения (1)
$N = 1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$			$T = \frac{P}{nK}$
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$			$T = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}}$
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$			$\approx 724\text{K}$
$\mu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$			

$V = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ (2) Масса молекулы водорода неизвестна. Найдем его, используя молярную массу водорода.

$$\mu = m_0 N_A \Rightarrow m_0 = \frac{\mu}{N_A} (3)$$

Подставим выражение (3) в уравнение (2)

$$V = \sqrt{\frac{3kT}{\frac{\mu}{N_A}}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{\mu}}$$

$$V = \sqrt{\frac{3 * 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}} * 724\text{К} * 6,02 * 10^{23} \text{моль}^{-1}}{2 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}} \approx 3 * 10^3 \text{ м/с}$$

Ответ: $\approx 3 * 10^3 \text{ м/с}$

Задача №3. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул равна 700 м/с ?

$T = ?$

$$V = 700 \text{ м/с}$$

$$K = 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}}$$

$$Na = 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\mu(O_2) = 32 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$V = \sqrt{\frac{3KT}{m_0}} \quad (1)$$

Выразим из уравнения(1) поэтапно

1. Возведем в квадрат обе части

$$V^2 = \frac{3KT}{m_0}$$

2. Умножим обе части на m_0

$$V^2 m_0 = 3KT$$

3. разделим обе части на $3K$

$$T = \frac{V^2 m_0}{3K}$$

Итак, $T = \frac{m_0 V^2}{3K}$ (2), но мы не знаем m_0 - массу одной молекулы кислорода. Найдем её, зная молекулярную массу кислорода:

$$\mu = m_0 Na \Rightarrow m_0 = \frac{\mu}{Na} \quad (3)$$

Подставим (3) в (2), получим: $T = \frac{\frac{\mu}{Na} * V^2}{3K} = \frac{\mu V^2}{3KNa}$

$$T = \frac{32 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} * (700 \text{ м/с})^2}{3 * 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}} * 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 629\text{К}$$

Ответ: $\approx 629\text{К}$

Задача №4. Средняя квадратичная скорость молекул газа, находящихся при температуре 110°C , равна 600 м/с . Определите массу молекулы.

$m_0 = ?$

$$t = 110^\circ\text{C}$$

$$V = 600 \text{ м/с}$$

$$T = t + 273\text{К}$$

$$T = 110^\circ\text{C} + 273\text{К} = 383\text{К}$$

$$V = \sqrt{\frac{3KT}{m_0}}$$

$K=1,38*10^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}}$ Выразим m_0 из этого уравнения.

1. Возведем левую и правую части в

квадрат
$$V^2 = \frac{3kT}{m_0}$$

2. Умножим обе части на m_0 $V^2 m_0 = 3kT$

3. Разделим обе части на V^2 $m_0 = \frac{3kT}{V^2}$

Вычислим:

$$m_0 = \frac{3 * 1.38 * 140^{-23} \frac{\text{дж}}{\text{к}} * 383\text{К}}{(600 \text{ м/с})^2} \approx 4,4 * 10^{-26} \text{ кг}$$

Ответ: $\approx 4,4 * 10^{-26} \text{ кг}$

5. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы.

5.1. Основные понятия и закономерности.

Еще философы древности догадывались о том, что теплота - это вид внутреннего движения. Но только в 18 веке начала развиваться молекулярно-кинетическая теория (МКТ). Цель МКТ - 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 строения вещества лежат три утверждения:

- **вещество состоит из частиц;**
- **эти частицы беспорядочно движутся;**
- **частицы взаимодействуют друг с другом.**

Качественное объяснение основных свойств газов на основе МКТ не является особенно сложным. Однако теория, устанавливающая количественные связи между измеряемыми на опыте величинами и свойствами самих молекул, их числом и скоростью, весьма сложна. Вместо реального газа, между молекулами которого действуют сложные силы взаимодействия, мы будем рассматривать его физическую модель. Эта модель называется **идеальным газом**.

Идеальный газ - это газ, взаимодействие, между молекулами которого пренебрежимо мало и молекулы не занимают объема.

Для описания процессов в газах и других макроскопических телах нет необходимости всё время обращаться к МКТ. *Величины, характеризующие состояние макроскопических тел без учета молекулярного строения тел называют макроскопическими параметрами.* Это **объем, давление и температура**. Уравнение, связывающее все три макроскопических параметра вместе, называют **уравнением состояния идеального газа**. Оно имеет еще одно название - **уравнение Менделеева - Клапейрона**. Получим его:



$$P = nkT, \quad n = \frac{N}{V}, \quad N = \frac{m}{M} N_A, \quad R = kN_A$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Можно заметить, что это уравнение получено для газа любой массы. Для газа неизменной массы эту зависимость можно представить в следующем виде:

$$m = \text{const}, \quad \frac{PV}{T} = \text{const}, \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Это уравнение получило название - **уравнение Клапейрона**. Как можно заметить уравнение Клапейрона является частным случаем уравнения состояния идеального газа.

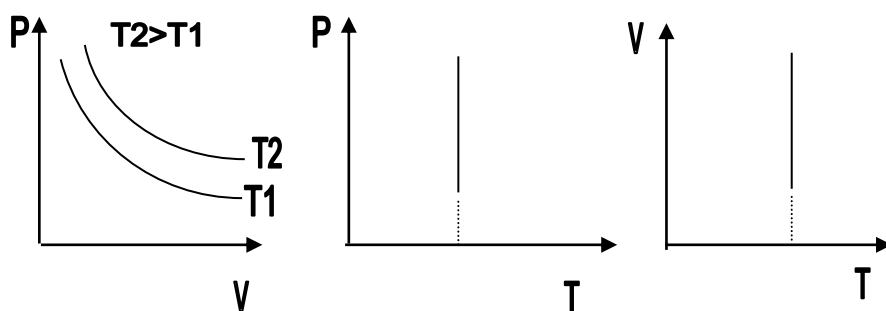
С помощью уравнения состояния идеального газа можно исследовать процессы, в которых масса газа и один из трех макроскопических параметров остаются неизменными. Количественные зависимости между двумя параметрами при фиксированном значении третьего параметра называют газовыми законами. *Процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров, называют **изопроецессами**.*

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС - *процесс изменения состояния термодинамической системы (газ) макроскопических тел при постоянной температуре называют изотермическим.*

В частом случае этого явления, когда масса газа не изменяется, получается газовый закон, носящий имя **закона Бойля-Мариотта**. Для газа данной массы произведение давления газа на его объём постоянно, если температура газа не меняется. Математическая запись закона выглядит так:

$$m = \text{const}, \quad PV = \text{const}, \quad T = \text{const}$$

Зависимость макроскопических параметров в различных осях выглядит следующим образом:



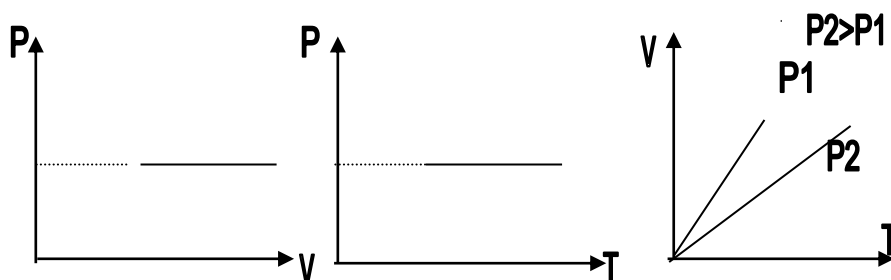
Легко заметить, что изотерме располагающейся выше в осях P,V соответствует большая абсолютная температура.

ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС - процесс изменения состояния термодинамической системы (газ) при постоянном давлении называют изобарным.

В частом случае этого явления, когда масса газа не изменяется, получается газовый закон, носящий имя **закона Гей-Люссака**. Для газа данной массы отношение объёма к температуре постоянно, если давление газа не меняется. Математическая запись закона выглядит так:

$$m = const, \frac{V}{T} = const, P = const$$

Зависимость макроскопических параметров в различных осях выглядит следующим образом:



Нетрудно определить, что изобаре в осях V,T имеющей меньший угол наклона к оси температур соответствует большее давление.

ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС - процесс изменения состояния термодинамической системы (газ) при постоянном объёме называют изохорным.

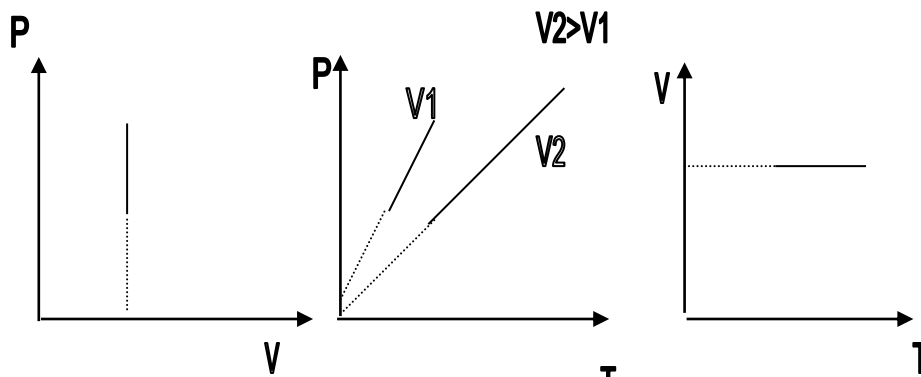
В частом случае этого явления, когда масса газа не изменяется, получается газовый закон, носящий имя **закона Шарля**. Для газа данной массы

отношение давления к температуре постоянно, если объём газа не меняется.

Математическая запись закона выглядит так:

$$m = const, \frac{P}{T} = const, V = const$$

Зависимость макроскопических параметров в различных осях выглядит следующим образом:



Нетрудно определить, что изохоре в осях P, T имеющей меньший угол наклона к оси температур соответствует больший объём.

5.2. Решение задач

Задача №1. Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200кПа и температуре 240К его объем равен 40л?

ν - ?	СИ	Воспользуемся уравнением состояния идеального газа, поскольку в задаче идет речь о состоянии газа. $PV = \frac{m}{M} RT$ Зная, что количество вещества определяется $\nu = \frac{m}{M}$, подставим в исходную формулу: $PV = \nu RT$, выразим ν и получим: $\nu = \frac{PV}{RT}$ $\nu = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 240 \text{ К}} = 4 \text{ моль}$
$P=200\text{кПа}$	$2 \cdot 10^5 \text{ Па}$	
$T=240\text{к}$		
$V=40\text{л}$	$4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$	
$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$		

ответ: 4 моль

Задача №2. Газ при давлении 0,2МПа и температуре 15⁰С имеет объем 5л. Чему равен объем этой массы газа при нормальных условиях?

V_0 - ?	СИ	Для решения воспользуемся уравнением Клапейрона, поскольку в задаче речь идет о изменении макропараметров без изменении массы газа. $\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$ Выразим V_0 из уравнения Клапейрона: $V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0}$ $V_0 = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{288 \text{ К} \cdot 10^5 \text{ Па}} \approx 9,5 \text{ л}$
$P=0,2\text{Мпа}$	$2 \cdot 10^5 \text{ Па}$	
$t = 15^0 \text{ С}$		
$V = 5 \text{ л}$		
$T = 288 \text{ К}$		
$T_0 = 273 \text{ К}$		
$P_0 = 10^5 \text{ Па}$		

Ответ: 9,5л

Задача №3. Как изменился объем газа, если его температура увеличилась в 2 раза, давление возросло на 1/4. Первоначальное давление 0,2МПа.

$\frac{V_2}{V_1}$ - ?	СИ	Для решения воспользуемся уравнением Клапейрона, поскольку в задаче речь идет о изменении макропараметров без изменения массы газа. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}; V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2}$ (*) Учитывая, что давление возросло, то $P_2 = P_1 + \Delta P$ и $T_2 = 2T_1$ подставим в (*), получим: $V_2 = \frac{P_1V_1T_1}{T_1(P_1 + \Delta P)} = \frac{2P_1V_1}{P_1 + \Delta P}$
$P=0,2\text{Мпа}$		
$T_2 = 2T_1$		
$\Delta P = 0,25P_1$		

$$m = \text{const} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{2P_1V_1}{(P_1 + \Delta P)V_1} = \frac{2P_1}{P_1 + \Delta P} = \frac{2P_1}{P_1 + 0,25P_1} = \frac{2P_1}{1,25P_1} = 1,6$$

Ответ: увеличилось в 1,6 раза

Задача №4. Газ был изотермически сжат с 8л до 5л. При этом давление возросло на 60кПа. Найти первоначальное давление газа.

$P_0 - ?$	СИ	Воспользуемся законом Бойля-Мариотта, так как в задаче идет речь о изотермическом процессе без изменения массы газа. $m = \text{const}, P_0V_0 = P_1V_1, T = \text{const}$
$V_0 = 8\text{л}$		
$V_1 = 5\text{л}$		
$\Delta P = 60\text{кПа}$		
	$6 \cdot 10^4 \text{ Па}$	Так как $P_1 = P_0 + \Delta P$, то имеем $P_0V_0 = (P_0 + \Delta P)V_1$ $P_0V_0 = P_0V_1 + \Delta PV_1$ $P_0V_0 - P_0V_1 = \Delta PV_1$ $P_0(V_0 - V_1) = \Delta PV_1$ Выразим P_0 из предыдущего выражения, получим: $P_0 = \frac{\Delta PV_1}{V_0 - V_1} = \frac{6 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 5\text{л}}{8\text{л} - 5\text{л}} = 10^5 \text{ Па}$

Ответ: 10^5 Па

Задача №5. Какой объем займет газ при 77°C , если при 27°C его объем был 6л?

$V_2 - ?$	В данной задаче переводить литры в м^3 нет необходимости, так как воспользуемся законом Гей-Люссака (давление постоянно). $m = \text{const}, \frac{V}{T} = \text{const}, P = \text{const}$
$V_1 = 6\text{л}$	
$t_1 = 27^\circ\text{C}$	
$t_2 = 77^\circ\text{C}$	
$T_1 = 300\text{К}$ $T_2 = 350\text{К}$	
	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ выразим из этого выражения V_2 , $V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$ Вычислим: $V_2 = \frac{6\text{л} \cdot 350\text{К}}{300\text{К}} = 7\text{л}$

Ответ: 7л

Задача №6. При какой температуре находился газ в закрытом сосуде, если при нагревании его на 140К давление возросло в 1,5 раза?

$T_0 - ?$ изменен.	Так как сосуд закрыт, следовательно, масса газа не изменится и объем газа не изменен. Значит, воспользуемся законом Шарля.
-----------------------	---

$$\Delta T = 140K$$

$$P_1 = 1,5P_0$$

$$m = const, \frac{P}{T} = const, V = const$$

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1}, \text{ но } T_1 = T_0 + \Delta T \text{ и } P_1 = 1,5P_0$$

Следовательно, $\frac{P_0}{T_0} = \frac{1,5P_0}{T_0 + \Delta T}$, на P_0 можно сократить и преобразовать выражение:

$T_0 + \Delta T = 1,5T_0$ Перенесем в левую часть все T_0 , а в правую все остальное.

$$T_0 - 1,5T_0 = -\Delta T$$

$$-0,5T_0 = -\Delta T$$

$$T_0 = \frac{\Delta T}{0,5} = \frac{140K}{0,5} = 280K$$

Ответ: 280К

6. Взаимные превращения жидкостей и газов.

6.1. Основные понятия и закономерности.

Между жидкостью и паром (газом), находящимся над ней, может существовать динамическое равновесие, при котором число молекул, покидающих жидкость за некоторое время, равно числу молекул, возвращающихся из пара в жидкость за то же время. *Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называют насыщенным паром.* Давление насыщенного пара не зависит от объёма и определяется только температурой. *Газ, который простым сжатием при неизменной температуре можно превратить в жидкость, называется ненасыщенным паром.*

В природе существует два процесса перехода из жидкости в газ. Эти процессы - испарение и кипение называют процессами парообразования.

Испарение - это процесс парообразования, происходящий при любой температуре с поверхности жидкости с поглощением энергии.

Скорость испарения зависит от:

- 1. рода жидкости (плотность вещества)**
- 2. температуры жидкости**
- 3. атмосферного давления**
- 4. площади поверхности жидкости**
- 5. движения воздушных масс у поверхности жидкости**
- 6. содержания водяных паров в атмосфере (влажность воздуха)**

Кипение - это процесс парообразования, происходящий при определенной температуре во всем объёме жидкости с поглощением энергии.

Температура кипения зависит от:

- 1. рода жидкости**
- 2. атмосферного давления**
- 3. примесей в жидкости**

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.

Вода занимает около 70,8% поверхности земного шара. 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.

*Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют **парциальным давлением водяного пара***. Водяной пар в воздухе не является насыщенным. Почему? Парциальное давление водяного пара принимают за один из показателей влажности воздуха. Его выражают в единицах давления - паскалях или миллиметрах ртутного столба.

По парциальному давлению водяного пара ещё нельзя судить о том, насколько водяной пар в данных условиях близок к насыщению. Поэтому вводят величину, показывающую, насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению, - относительную влажность.

Относительной влажностью воздуха φ называют отношение парциального давления P водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению P_0 насыщенного пара при той же температуре, выраженной в процентах:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$$

Влажность воздуха измеряют с помощью специальных приборов: психрометр, гигрометр, волосяной гигрометр. Психрометр состоит из двух термометров. Резервуар одного из них остаётся сухим, и он показывает

температуру воздуха. Резервуар другого окружен полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется, и благодаря этому термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность воздуха, тем менее интенсивнее идет испарение и тем более высокую температуру показывает термометр, окруженный полоской влажной ткани. При относительной влажности воздуха 100% вода вообще не будет испаряться и показания обоих термометров будут одинаковы. По разности температур этих термометров с помощью специальных таблиц (психрометрических) можно определить относительную влажность воздуха.

Принцип действия гигрометра во многом отличается. Используя гигрометр определяют точку росы (температура при выпадает роса) и по специальному алгоритму определяют относительную влажность воздуха.

В основе действия волосяного гигрометра лежит свойство волоса удлинится или укорачиваться в зависимости от содержания водяных паров в атмосфере.

Точка росы – температура, при которой выпадает роса. При решении задач на точку росы необходимо использовать следующий алгоритм:

Алгоритм «Точка росы»

1. Определить температуру окружающего воздуха. По таблице зависимости давления насыщенного пара от температуры определить давление P_0 .
2. Определить температуру, при которой выпала роса. По таблице зависимости давления насыщенного пара от температуры определить парциальное давление P .
3. По формуле $\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$ выполнить вычисления.

6.2. Решение задач

Задача №1. Найти относительную влажность воздуха в комнате при 18°C , если точка росы 10°C .

$\varphi - ?$	Для решения задачи воспользуемся алгоритмом «Точка росы»
$t = 18^{\circ}\text{C}$	1. $P_0 = 2,33\text{kПа}$
$t_p = 10^{\circ}\text{C}$	2. $P = 1,22\text{kПа}$
	3. $\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\% = \frac{1,22\text{kПа}}{2,33\text{kПа}} \cdot 100\% = 59\%$

Ответ: 59%

Задача №2. Влажный термометр психрометра показывает 10°C , а сухой 14°C . Найти относительную влажность воздуха.

$\varphi - ?$	Для решения данной задачи воспользуемся психрометрической таблицей:
$t_{\text{влаж}} = 10^{\circ}\text{C}$	1. Найдем показания сухого термометра (14°C)
$t_{\text{сух}} = 14^{\circ}\text{C}$	2. Определим разность в показаниях сухого и влажного термометров
	$\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}} = 4^{\circ}\text{C}$
	3. На пересечении соответствующих строк и столбца найдем показания психрометра: $\varphi = 60\%$

Ответ: 60%

Задача №3. Днем при 20°C относительная влажность воздуха была 60%. Сколько воды в виде росы выделится из каждого кубического метра воздуха, если температура понизилась до 8°C ?

$\Delta m - ?$	Для решения задачи необходимо воспользоваться формулами нахождения относительной влажности воздуха и уравнением Менделеева.
$t = 20^{\circ}\text{C}$	$\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$, $PV = \frac{m}{M} RT$
$t_p = 8^{\circ}\text{C}$	Найдем парциальное давление, зная влажность и давление насыщенного пара: $P_0(20^{\circ}\text{C}) = 2,33\text{kПа}$ (из таблицы)
$\varphi = 60\%$	$P = \frac{\varphi P_0}{100\%}$
$T_p = 281\text{K}$	Из уравнения Менделеева выразим массу: $\Delta m = \frac{PVM}{RT}$
$M = 18 \cdot 10^{-3}\text{кг/моль}$	Подставим парциальное давление и найдем массу воды.
$R = 8,31\text{Дж/кгК}$	$\Delta m = \frac{\varphi P_0 VM}{100\% RT} = \frac{60\% \cdot 2,33\text{kПа} \cdot 1\text{м}^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}\text{кг/моль}}{100\% \cdot 8,31\text{Дж/кгК} \cdot 281\text{K}} = 0,01\text{кг}$

Ответ: 10г

7.Твердые тела.

7.1. Основные понятия и закономерности.

Мы живем на поверхности твердого тела - земного шара, в сооружениях, построенных из твердых тел, - домах. Наше тело, хотя и содержит приблизительно 65% воды (мозг - 80%), тоже твердое. Орудия труда, машины также сделаны из твердых тел. **Знать свойства твердых тел жизненно необходимо!**

Твердые тела делятся на два основных вида: **кристаллические и аморфные. Твердые тела сохраняют не только объем, но и форму.**

Кристаллические тела - это твердые тела, атомы и молекулы которых занимают определенные, упорядоченные положения в пространстве. Примером кристаллических тел могут служить - алмазы, металлы, графит, лед и т.д.

Основные свойства кристаллических тел:

- 1. Имеют кристаллическую решётку.**
- 2. Анизотропия (только для монокристаллов).**
- 3. Имеют определенную температуру плавления.**

Зависимость физических свойств (прочность, теплопроводность, светопроводность, тепловое расширение и т.д.) от направления внутри кристалла называют анизотропией.

Аморфные тела - это твердые тела, которые по своим физическим свойствам занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллическими телами. При высоких температурах они ведут себя как жидкости, при низких - как твердые тела. Примером аморфных тел могут служить - канифоль, смола, стекло, пластмассы и т.д.

Свойства аморфных тел:

- 1. Атомы и молекулы не имеют строго расположения в пространстве.**
- 2. Изотропны. (все свойства во всех направлениях одинаковы)**
- 3. Не имеют определенной температуры плавления.**

Все твердые тела подвергаются **деформациям**. **Деформацией** называются изменение формы или объёма тела. Различают **упругую и пластическую деформации**.

Деформации, которые полностью исчезают после прекращения действия внешних сил, называются упругими.

Деформации, которые не исчезают после прекращения действия внешних сил, называются пластическими.

Виды упругой деформации:

1. Растяжение (сжатие)

характеризуются:

абсолютным удлинением $\Delta l = l - l_0$

относительным удлинением $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$

2. Сдвиг. Характеризуется углом сдвига.

3. Изгиб.

4. Кручение.

Первый и второй виды упругой деформации называются основными, так как изгиб и кручение представимы в комбинациях основных видов. Например, деформация изгиба представляет собой в верхних слоях тела растяжение, в нижних - сжатие. Кручение есть результат деформаций растяжения, сжатия и сдвига.

При деформациях в твердых телах возникает **механическое напряжение**. **Механическим напряжением** называют отношение модуля силы упругости, возникающей в теле при действии внешней силы, к площади поперечного сечения тела: $\sigma = \frac{F_{упр}}{S}$

ЗАКОН ГУКА.

При малых деформациях механическое напряжение прямо пропорционально относительному удлинению. Коэффициент

пропорциональности, входящий в закон Гука называется модулем упругости или модулем Юнга.

$$\sigma = E|\varepsilon|$$

7.2. Решение задач

Задача №1. На сколько удлинится медная проволока длиной 3м и диаметром 0,12мм под действием гири весом 1,5Н? Деформацию считайте упругой.

$\Delta l - ?$	Воспользуемся законом Гука, механическим напряжением и относительным удлинением.
$F = 1,5Н$	$\sigma = E \varepsilon , \sigma = \frac{F}{S}, \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, S = \frac{\pi d^2}{4}$
$l = 3м$	Сравним правые части закона Гука и механического напряжения, учтем при этом относительное удлинение и площадь, получим:
$d = 0,12мм = 1,2 \cdot 10^{-4} м$	
$E = 120ГПа = 1,2 \cdot 10^{11} Па$	
	$E \varepsilon = \frac{F}{S}$
	$E \frac{\Delta l}{l} = \frac{4F}{\pi d^2}$
	Выразим из этого выражения искомую величину:

$$\Delta l = \frac{4Fl}{E\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1,5Н \cdot 3м}{1,2 \cdot 10^{11} Па \cdot 3,14 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4})^2} = 3,3 \cdot 10^{-3} м$$

Ответ: 3,3 мм

Задача №2. Рассчитайте силу, необходимую для разрыва медной проволоки из школьного набора проводов диаметром 0,3мм.

$F - ?$	Для решения задачи воспользуемся определением механического напряжения и определением площади круга (проволока в сечении круглая).
$d = 0,3мм = 3 \cdot 10^{-4} м$	$\sigma_n = \frac{F}{S}, S = \frac{\pi d^2}{4}$
$\sigma_n = 2,1 \cdot 10^8 Па$	Выразим силу F из механического напряжения. Подставим в эту формулу выражение для площади сечения.

$$F = \sigma_n \cdot S = \frac{\sigma_n \pi d^2}{4} = \frac{2,1 \cdot 10^8 Па \cdot 3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-4} м)^2}{4} = 15Н$$

Ответ: 15Н

Задача №3. Какой максимальной высоты может быть кирпичное здание, если допускаемое напряжение кирпичной кладки $\sigma_{\text{д}} = 0,9 \cdot 10^6 Па$?

$h - ?$	Созданное весом стен давление равно $P = \sigma_{\text{д}} = \rho gh$, где
$\rho = 1,8 \cdot 10^3 кг / м^3$	ρ – плотность кирпича, h – высота кладки
$g = 9,8 м / с^2$	Выразим высоту h, получим:
$\sigma_{\text{д}} = 0,9 \cdot 10^6 Па$	$h = \frac{\sigma_{\text{д}}}{\rho g} = \frac{0,9 \cdot 10^6 Па}{1,8 \cdot 10^3 кг / м^3 \cdot 9,8 м / с^2} = 50 м$

8. Основы термодинамики.

Внутренняя энергия макроскопического тела равна сумме кинетических энергий беспорядочного движения всех молекул (или атомов) относительно центра и потенциальных энергий взаимодействия всех молекул друг с другом (но не с молекулами других тел).

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

Внутренняя энергия идеального газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре.

Она не зависит от объема и других макроскопических параметров системы. Изменение внутренней энергии данной массы идеального газа происходит только при изменении его температуры:

$$\Delta U = \frac{3m}{2M} R \Delta T$$

Работа газа равна: $A' = F' \Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(Sh_2 - Sh_1)$

Эту работу можно выразить через изменение объема газа. Начальный объем $V_1 = Sh_1$, а конечный $V_2 = Sh_2$, поэтому $A' = p(V_2 - V_1) = p \Delta V$, где $\Delta V = V_2 - V_1$ - изменение объема газа.

При расширении газ совершает положительную работу, так как направление силы и направление перемещения поршня совпадают. В процессе расширения газ передает энергию окружающим телам.

Работа A , совершаемая внешними телами над газом, отличается от работы газа A' только знаком; $A = -A'$, так как сила F , действующая на газ, направлена против силы F' , а перемещение поршня остается тем же самым. Поэтому работа внешних сил, действующих на газ, равна:

$$A = -A' = -p \Delta V$$

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называют теплообменом или теплопередачей.

Количественная мера измерения внутренней энергии при теплообмене называют количеством теплоты.

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

$$Q = cm(t_1 - t_2) = cm \Delta t$$

Количество теплоты, необходимое для превращения при постоянной температуре 1 кг жидкости в пар, называют удельной теплотой парообразования.

$$Q_p = r m$$

$$Q_k = - r m$$

Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг кристаллического вещества при температуре плавления в жидкость той же температуры, называют удельной плавления λ .

$$Q_{пл} = \lambda m$$

$$Q_{кр} = - \lambda m$$

Закон сохранения энергии

Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает; количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.

Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = A + Q$$

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

Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

Невозможно перевести теплоту от более холодной системы к более горячей при отсутствии других одновременных изменений в обеих системах или в окружающих телах.

Согласно закону сохранения энергии работа, совершаемая двигателем равна:

$$A' = |Q_1| - |Q_2|$$

Где Q_1 - количество теплоты, полученное от нагревателя, а Q_2 - количество теплоты, отданное холодильнику.

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

$$\eta = \frac{A'}{|Q_1|} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

Так как у всех двигателей некоторое количество теплоты передается холодильнику, то $\eta < 1$.

Карно придумал идеальную тепловую машину с идеальным газом в качестве рабочего тела. Он получил для КПД этой машины следующее значение:

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \approx 0.62$$

$$\eta_{\max} = 62\%$$

Действительно же значение КПД из-за различного рода энергетических потерь приблизительно равно 40%. Максимальный КПД около 44%-имеют двигатели Дизеля.

8.2. Решение задач

Задача №1. Свинцовая пуля летит со скоростью 200м/с и попадает в земляной вал. На сколько градусов нагреется пуля, если 78% кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю?

$\Delta t - ?$	Так часть кинетической энергии перешла во внутреннюю, следовательно, пуля нагрелась. Значит $\Delta U = Q$
$v = 200 \text{ м/с}$	$0,78E_K = \Delta U = Q, Q = Cm\Delta t, E_K = \frac{mv^2}{2}$
$0,78E_K = U$	Получим:
$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$0,78 \frac{mv^2}{2} = Cm\Delta t$, массу можно сократить
	Выразим Δt
	$\Delta t = \frac{0,78v^2}{2C} = \frac{0,78 \cdot (200 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} = 120 \text{ К}$

Ответ: 120К

Задача №2. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117⁰С, а холодильника 27⁰С. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1с, равно 60кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1с и мощность машины.

$\eta - ?$	Для решения задачи воспользуемся формулами: идеальной тепловой машины Карно, КПД, мощность машины.
$N - ?$	
$Q_2 - ?$	
$t_1 = 117^0 \text{ C}$	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ - формула Карно идеальной тепловой машины
$T_1 = 390 \text{ K}$	$\eta = \frac{390 \text{ K} - 300 \text{ K}}{390 \text{ K}} = 0,23(23\%)$
$t_2 = 27^0 \text{ C}$	Найдем количество теплоты, отданной холодильнику.
$T_2 = 300 \text{ K}$	$N = \frac{A_{\text{полезная}}}{t}, A_{\text{полезная}} = Q_1 - Q_2, \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{Q_1}, A_{\text{полезная}} = \eta \cdot Q_1$
$Q_1 = 60 \cdot 10^3 \text{ Дж}$	Значит, $Q_2 = Q_1 - \eta Q_1 = 60 \cdot 10^3 \text{ Дж} - 0,23 \cdot 60 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 46,2 \text{ кДж}$
$t = 1 \text{ с}$	Теперь определим мощность тепловой машины. $N = \frac{Q_1 - Q_2}{t} = \frac{60 \cdot 10^3 \text{ Дж} - 46,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 14 \text{ кВт}$

9. Задачи для самостоятельной работы

1. Какое количество вещества содержит $24 \cdot 10^{22}$ молекул?
2. Сколько молекул в 2,0 моль воды?
3. Какое количества вещества содержится в воде массой 200 г?
4. Какова масса 500 моль углекислого газа (CO_2)?
5. Сравните количества вещества, содержащееся в оловянной и свинцовой отливках одинаковой массы.
6. Найдите число атомов в алюминиевом предмете массой 135г.
7. Какую массу имеют $2,0 \cdot 10^{23}$ молекул азота?
8. Какой объем занимают 12 моль алюминия?
9. Масса атома некоторого химического элемента равна $3,34 \cdot 10^{-25}$ кг. Определите молярную массу элемента.
10. Определите массу одной молекулы воды.
11. Вычислите массу одной молекулы озона (O_3), углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4).
12. Сравните число атомов в стальной и алюминиевой ложках равной массы.
13. Какое давление на стенки сосуда производит кислород, если $V = 400$ м³, $n = 2,7 \cdot 10^{19}$ м⁻³
14. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул гелия, если при давлении $0,5 \cdot 10^5$ Па их концентрация $n = 1,5 \cdot 10^9$ м⁻³

15. Масса газообразного водорода в сосуде равна 4г. сколько примерно молекул водорода находится в сосуде?

16. При никелировании изделия его покрывают слоем никеля толщиной 1,5 мкм. Сколько атомов никеля содержится в покрытии, если площадь поверхности изделия 800 см²?

17. Где число молекул больше: в одном моле водорода или одном моле воды?

18. Молекулы какого газа при 20⁰ С имеют среднюю квадратичную скорость 510 м\с?

19. Вычислить число молекул воздуха, находящихся в помещении размером 6х4х2,5м при температуре 27⁰С и давлении 99,8 кПа

20. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул углекислого газа СО₂ равна 400 м\с?

21. Определите средние кинетические энергии поступательного движения и средние квадратичные скорости молекул кислорода и водорода при температуре 27⁰С?

22. При какой температуре Т средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна 6,21·10⁻²¹ Дж?

23. Определите давление атмосферы Солнца (фотосферы), концентрация атомов в которой равна примерно 1,0·10¹⁵ см⁻³, а температура 6000 К.

24. Найдите температуру газа при давлении 100 кПа и концентрации молекул 1,0·10²⁵ м⁻³.

25. Расстояние между центрами соседних атомов золота 2,9·10⁻¹⁰ м. Сколько атомов находится в слое золотой фольги толщиной 0,10 мкм?

26. Плотность алмаза 3500 кг/м³. Какой объем займут 1022 атомов этого вещества?

27. Из чашки за промежуток времени 5,0 суток испарилась вода. Считая среднюю скорость испарения равной $7,0 \cdot 10^{18}$ частиц в секунду, определите массу воды, находившейся в чашке.

28. Определите плотность газа при давлении $1,3 \cdot 10^5$ Па, если средняя квадратичная скорость его молекул равна $1,4 \cdot 10^3$ м/с.

29. Какой объем занимает газ при давлении $2 \cdot 10^5$ Па, если масса его 1 кг, а средняя квадратичная скорость молекул 600 м/с?

30. Найдите концентрацию молекул газообразного кислорода, находящегося при давлении 0,20 МПа. Средняя квадратичная скорость молекул 700 м/с.

31. Определите среднюю кинетическую энергию хаотического движения молекулы газообразного аргона массой 2 кг, если, находясь в сосуде объемом 2 м^3 .

32. Определите среднюю кинетическую энергию хаотического поступательного движения всех молекул газообразного гелия в баллоне вместимостью 10 л при давлении $0,40 \cdot 10^5$ Па.

33. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде под давлением 80 кПа и имеет плотность $4,0 \text{ кг/м}^3$. Определите энергию теплового движения молекул газа, если масса газа равна 1,0 кг.

34. Определите давление, при котором в объеме $1,0 \text{ м}^3$ идеального газа при температуре 300 К содержится $2,4 \cdot 10^{26}$ молекул.

35. Сколько молекул воздуха выходит из комнаты объемом 120 м^3 при повышении температуры от $15 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$? Атмосферное давление 750 мм рт. ст.

36. Какая масса воздуха требуется для наполнения камеры в шине автомобиля, если ее объем 12 л? Камеру накачивают при температуре 27°C до давления $2,2 \cdot 10^5$ Па.

37. Баллон емкостью 100 л содержит 5,76 кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до $5 \cdot 10^5$ Па?

38. В сварочном цехе стоят 40 баллонов ацетилена (C_2H_2) емкостью 40 dm^3 каждый. Все они включены в общую магистраль. После 12 ч непрерывной работы давление во всех баллонах упало с $1,3 \cdot 10^7$ до $0,7 \cdot 10^7$ Па. Определите расход ацетилена, если температура в цехе оставалась неизменной и была равна $32^\circ C$.

39. Баллон содержит сжатый кислород при температуре $25^\circ C$ и давлении $1,5 \cdot 10^7$ Па. В ходе газовой сварки израсходована половина кислорода. Определите, какое давление установится в баллоне, если температура газа снизилась до $15^\circ C$.

40. В баллоне емкостью 100 л находится газ под давлением $4,9 \cdot 10^5$ Па. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении ($1,01 \cdot 10^5$ Па)? Его температура не меняется.

41. При температуре $5^\circ C$ давление воздуха в баллоне равно 10^4 Па. При какой температуре давление в нем будет $2,6 \cdot 10^4$ Па?

42. В кислородной системе, которой оборудован самолет, имеется $2,8 \cdot 10^{-3} m^3$ кислорода при давлении $2 \cdot 10^7$ Па. При максимальной высоте подъема летчик соединяет с помощью крана эту систему с пустым баллоном объемом $5 \cdot 10^{-2} m^3$. Какое давление установится в ней? Процесс расширения газа происходит при постоянной температуре.

43. Для сварки металлов и их сплавов в инертных газах гелий поставляют в баллонах под давлением $1,5 \cdot 10^7$ Па. Определите концентрацию молекул гелия (число молекул в единице объема) в баллоне при температуре $27^\circ C$.

44. Современная техника позволяет создавать очень высокий вакуум, порядка 10^{-7} Па. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в камере емкостью $5 \cdot 10^{-5} m^3$ при температуре $27^\circ C$?

45. Содержит газ под давлением $1,4 \cdot 10^5$ Па, соединили с пустым сосудом объемом 6 л. После этого в обоих сосудах установилось давление 10^5 Па. Найти объем первого сосуда. Процесс изотермический.

46. Открытая стеклянная колба вместимостью 250 см^3 нагрета до 127°C . После этого ее горлышко опущено в воду. Какое количество воды войдет в колбу, если ее охладить до 7°C ? Атмосферное давление 100 кПа.

47. Определить плотность кислорода при давлении $1,3 \cdot 10^5$ Па, если средняя квадратичная скорость его молекул равна $1,4 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

48. Какое давление на стенки сосуда производят молекулы газа, если масса $3 \cdot 10^{-3}$ кг, объем $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, средняя квадратичная скорость молекул 500 м/с ?

49. Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, который занимает объем 5 м^3 при давлении $2 \cdot 10^5$ Па и имеет массу 6 кг?

50. Каково давление углекислого газа (CO_2), если в баллоне объемом 40 л содержится $5 \cdot 10^{24}$ молекул, а средняя квадратичная скорость молекул 400 м/с ?

51. При какой температуре кипит вода, если давление окружающей среды равно: а) 47,3 кПа, б) 490 кПа?

52. При каком давлении вода будет кипеть при 19°C ?

53. Парциальное давление водяного пара в воздухе при 19°C было 1,1 кПа. Найдите относительную влажность.

54. Относительная влажность воздуха в комнате равна 60% при температуре 20°C . Определите парциальное давление пара в комнате.

55. Абсолютная влажность воздуха при температуре 40°C составляет 25 г/м³. Определите его относительную влажность.

56. При температуре 15°C относительная влажность воздуха 80%. Найдите его абсолютную влажность.

57. В комнате объемом 150 м^3 при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ содержится $2,07 \text{ кг}$ водяных паров. Определите: а) абсолютную влажность воздуха, б) относительную влажность воздуха.

58. Сухой термометр психрометра показывает $16 \text{ }^\circ\text{C}$, а влажный: а) $14 \text{ }^\circ\text{C}$, б) $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите температуру окружающей среды и относительную влажность воздуха.

59. Относительная влажность воздуха при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равна 74% . Что показывает влажный термометр психрометра?

60. В закрытом сосуде вместимостью 2 л находится насыщенный водяной пар при $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Сколько воды образуется в сосуде при понижении температуры до $5 \text{ }^\circ\text{C}$?

61. Вечером на берегу озера при температуре $18 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха 75% . При какой температуре утром можно ожидать появление тумана? Давление воздуха не изменяется.

62. Температура воздуха днем была $15 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность 64% . Ночью температура понизилась до $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Была ли роса? Давление воздуха не изменяется.

63. При $30 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха 80% . Какой станет относительная влажность этого же воздуха, если его нагреть до температуры $50 \text{ }^\circ\text{C}$?

64. При температуре 284 К относительная влажность воздуха $81,5\%$. При какой температуре T_2 влажность этого же воздуха будет $50,0\%$?

65. В комнате объемом 120 м^3 при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха 60% . Определите массу водяных паров в воздухе комнаты.

66. Найти механическое напряжение, возникающее в стальном тросе при его относительном удлинении $0,001$.

67. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Найти относительное и абсолютное удлинения.

68. Балка длиной 5 м с площадью поперечного сечения 100 см^2 под действием сил по 10 кН, приложенных к ее концам, сжалась на 1 см. Найти относительное сжатие и механическое напряжение.

69. К закрепленной одним концом проволоке диаметром 2 мм подвешен груз массой 10 кг. Найти механическое напряжение в проволоке.

70. К концам стальной проволоки длиной 3 м и сечением 1 мм^2 приложены растягивающие силы по 210 Н каждая. Найти абсолютное и относительное удлинения.

71. Какие силы надо приложить к концам стальной проволоки длиной 4 м и сечением $0,5 \text{ мм}^2$ для удлинения ее на 2 мм?

72. Во сколько раз относительное удлинение рыболовной лесы диаметром 0,2 мм больше, чем лесы диаметром 0,4 мм, если к их концам приложены одинаковые силы?

73. Диаметр капроновой рыболовной лесы 0,12 мм, а разрывная нагрузка 7,5 Н. Найти предел прочности на разрыв данного сорта капрона.

74. В батарею водяного отопления поступает вода объемом $6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ в 1 с при температуре 80°C , а выходит из батареи при температуре 25°C . Какое количество теплоты получает отапливаемое помещение в течение суток?

75. Стальной резец массой 200 г нагрели до температуры 800°C и погрузили для закалки в воду, взятую при 20°C . Через некоторое время температура воды поднялась до 60°C . Какое количество теплоты было передано резцом воде?

76. Какое количество теплоты требуется для нагревания и расплавления 10^4 кг стального лома в мартеновской печи, если начальная его температура 20°C ? Температура плавления стали 1500°C . Удельная теплота плавления стали $2,7 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

77. В плавильной печи за одну плавку получили 250 кг алюминия при температуре 660°C . Определите, на сколько изменилась внутренняя энергия алюминия, если его начальная температура была 20°C . Удельная теплота плавления алюминия $3,9 \cdot 10^5$ Дж/кг.

78. В электроплавильную печь загрузили 3 т стального лома при температуре 20°C . Какое количество электроэнергии требуется для расплавления стали, если КПД печи 95%?

79. Тепловоз массой 3000 т, двигавшийся со скоростью 72 км/ч, остановлен тормозами. Какое количество теплоты выделилось при торможении?

80. Газ, занимавший объем $V_1 = 11$ л при давлении 10^5 Па, был изобарно нагрет от 20 до 100°C . Определите работу расширения газа.

81. 1 м^3 воздуха при температуре 0°C находится в цилиндре при давлении $2 \cdot 10^5$ Па. Какая будет совершена работа при его изобарном нагревании на 10°C ?

82. Какая масса водорода находится в цилиндре под поршнем, если при нагревании от температуры $T_1 = 250$ К до температуры $T_2 = 680$ К газ произвел работу $A = 400$ Дж?

Список рекомендуемой литературы

1. Дмитриева В.Ф. Физика// Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. М.,2013
2. Енохович А.С. Краткий справочник по физике. М.,2019
3. Сборник задач по физике. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений.\ Под ред. Р.А.Гладковой.- М.:Наука,2021
4. Сборник задач, упражнений и лабораторных работ по физике \ Под ред. Н.Д.Глухова . М.,2021
5. Савченко Н.Е. Задачи по физике с анализом решения.- М.: Просвещение, 2018