

Основные понятия молекулярно-кинетической теории

Молекулярная физика и термодинамика – разделы физики, в которых изучаются макроскопические процессы в телах, связанные с большим числом атомов и молекул. Для их исследования применяют методы: **статистический (молекулярно-кинетический (МКТ))** и **термодинамический**.

Молекулярная физика изучает строение и свойства вещества исходя из МКТ представлений, основывающихся на том, что все тела состоят из молекул, находящихся в непрерывном хаотическом движении.

Статистический метод изучает результат действия большого числа молекул и основан на том, что свойства макросистемы определяются свойствами частиц системы, особенностями их движения и усредненными значениями динамических характеристик этих частиц (скорость, энергия..)

Например: температура тела определяется средней скоростью молекул, его составляющих. Нельзя говорить о *температуре одной молекулы*.

Термодинамика – раздел физики, изучающий общие свойства макросистем, находящихся в состоянии *термодинамического (ТД) равновесия* и процессы перехода между этими состояниями.

ТД не рассматривает микропроцессы, которые лежат в основе этих превращений. Этим занимается статистический метод.

ТД система – совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией как между собой, так и с внешней средой.

Основа ТД метода – определение **состояния ТД системы**. Состояние ТД системы задается **ТД параметрами** – совокупностью физических величин, характеризующих свойства ТД системы.

Пример ТД параметров: температура, давление и удельный объем.

Удельный объем – это объем единицы массы вещества:
$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

ТД процесс – изменение в ТД системе, связанное с изменением ТД параметров.

Макросистема находится в **ТД равновесии**, если ее состояние с течением времени не меняется.

Температура – физическая величина, характеризующая состояние ТД равновесия макросистемы.

Сравнить температуры тел можно с помощью **термоскопа**.



Методы измерения температуры

Для реализации термоскопа необходимо *термометрическое тело* и *термометрическая величина*.

Требование к ТМ телу – его масса намного меньше массы исследуемых тел.

Требование к ТМ величине – однозначная зависимость от температуры.

Измерить температуру можно *термометром*.

Термометр – это проградуированный термоскоп.

Для градуировки необходима *температурная шкала* и *реперные точки*.

Реперная точка – легко воспроизводимое значение температуры. Обычно в качестве РТ используют точки фазовых переходов (кипение, плавление).

Применяются температурные шкалы: *термодинамическая* (шкала Кельвина, абсолютная шкала), *международная практическая шкала*, *Цельсия*, *Фаренгейта*, *Реомюра*.

ТД шкала строится по одной реперной точке – тройной точке воды, температура которой принимается 273,16 К.

«0» по ТД шкале – недостижимое значение температуры, при котором прекращается тепловое движение молекул – «*абсолютный ноль*».

МП шкала строится по 11 реперных точек, каждой из которых присвоено определённое значение температуры. Это тройные точки и точки кипения жидких газов (водорода, неона, кислорода), воды, а также точки плавления металлов.

С 1968 г к МПШТ относят МПШТ Кельвина и МПШТ Цельсия.

Шкала Цельсия строится по двум реперным точкам – точке плавления льда (0°C) и точке кипения воды (100°C). Предложена в **1742** году шведским астрономом **Андерсом Цельсием**.

Шкала Фаренгейта строится по двум реперным точкам – точке плавления смеси льда и нашатыря (0°F) и нормальной температуры человеческого тела (100°F).

Была предложена зимой **1709** года немецким учёным **Габриэлем Фаренгейтом**. По этой шкале за **нуль** принималась точка, до которой в один **очень холодный зимний день** (дело было в Данциге) опустилась ртуть в термометре учёного. В качестве другой отправной точки он выбрал **температуру человеческого тела**.

По этой системе точка замерзания **$+32^{\circ}$** , а точка кипения воды **$+212^{\circ}$** . Шкала популярна в США и Великобритании.

Шкала Реомюра строится по двум реперным точкам – точке плавления льда (0°R) и точке кипения воды (80°R).

В 1731 году французский учёный **Рене де Реомюр** предложил температурную шкалу, основанную на использовании спирта, обладающего свойством расширяться. Градус Реомюр произвольно определил как **одну тысячную** от объёма, который занимает спирт в резервуаре и трубке термометра при нулевой точке.

Переход между различными температурными шкалами:

ТД шкала – Цельсия: $T(\text{K}) = 273.15 + t(^{\circ}\text{C})$

Цельсия - ТД шкала: $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$

Фаренгейта – Цельсия: $T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 * T(^{\circ}\text{C}) + 32$

Цельсия - Фаренгейта: $T(^{\circ}\text{C}) = 5/9(T(^{\circ}\text{F}) - 32)$

Цельсия - Реомюра: $T(^{\circ}\text{C}) = 0.8 * T(^{\circ}\text{R})$

Реомюра - Цельсия: $T(^{\circ}\text{R}) = 1.25 * T(^{\circ}\text{C})$

Классификация термометров

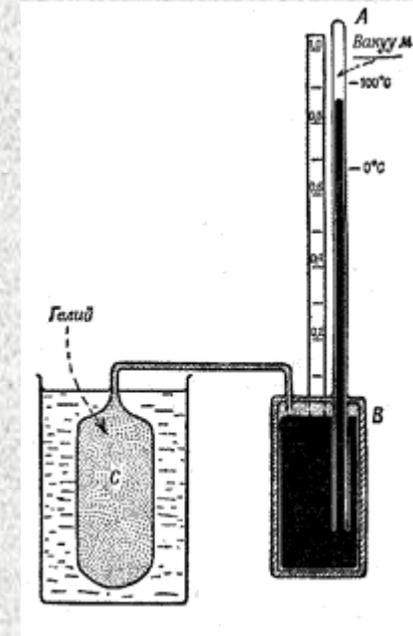
1. Идеально-газовый термометр.

ТМ тело – сильно разреженный газ.

ТМ величина – объем или давление.

Громозкие, неудобные в обращении.

Применяются в качестве первичных (эталонных) термометров.

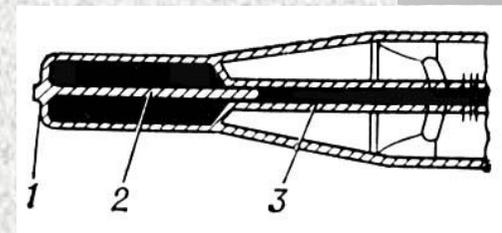


2. Жидкостной термометр.

ТМ тело – жидкость. ТМ величина – объем.

В качестве ТМ тела используют ртуть, спирт, сжиженные газы (криогенные температуры) или расплавленные металлы (высокие температуры).

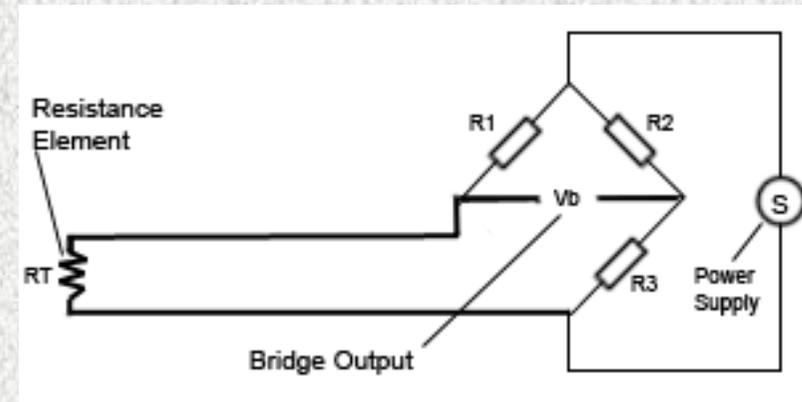
Наиболее популярные в качестве лабораторных и медицинских термометров. Бывают на диапазон температур от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Недосток – сравнительно большая масса термометрического тела → большая инерционность и невозможность измерения температуры малых объектов (например... у мухи).



3. Термометр сопротивления.

ТМ тело – металл или полупроводник. ТМ величина – его электрическое сопротивление. Высокая чувствительность, малые размеры ТМ тела и малая инерционность – можно использовать для измерения температуры малых объектов.

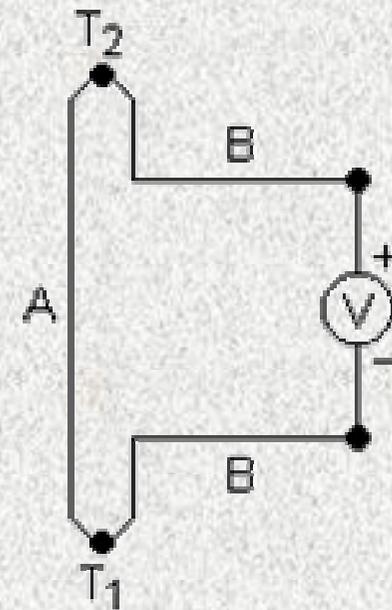
Недостаток – нелинейность зависимости ТМ величины от температуры.



4. Термоэлектрический (термопарный) термометр.

ТМ тело – спай двух разнородных металлов или полупроводников. ТМ величина – термоЭДС.

Достоинства – как у (3), но + высокая линейность ТМ величины, что упрощает калибровку. ТМ величина прямо пропорциональна разности температур «горячего» и «холодного» спая. Если «холодный» спай поддерживать при температуре таяния льда, то термопара будет измерять температуру по Цельсию. Термопару легко сделать самому.



Примеры часто используемых термопар: железо-константан; хромель-алюмель; медь-константан; хромель-копель; платинародий – платина.

5. Биметаллический термометр.

ТМ тело – биметаллическая пластинка. ТМ величина – ее деформация (изгиба или кручения).

Принцип работы: полоска из двух сваренных друг с другом пластин из металлов с различными коэффициентами расширения (биметалл), искривляется при изменении температуры. Стрелка механически связана с биметаллической пластинкой.



6. Термометр излучения (пирометр).

ТМ тело – само исследуемое тело. ТМ величина – поток теплового излучения от его поверхности.

Применяется для бесконтактного измерения температуры физических тел.

Природные пирометры имеют змеи – их термочувствительные точки обладают крайне высокой чувствительностью (доли градуса) и позволяют определять направление на источник тепла.



Законы идеального газа

Модель **идеального газа** подразумевает:

- собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда;
- между молекулами газа отсутствуют силы взаимодействия;
- столкновения молекул газа со стенками абсолютно упругие.

Реальный одноатомный газ при низком давлении хорошо приближается по свойствам к идеальному газу.

Закон Авогадро.

Моли любых газов при одинаковых температуре и давлении занимают **одинаковые объемы**. При нормальных условиях этот объем равен $22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$.

В одном моле различных веществ содержится одинаковое количество молекул, равное **числу Авогадро**: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Парциальное давление – давление, которое производил бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре.

Закон Дальтона.

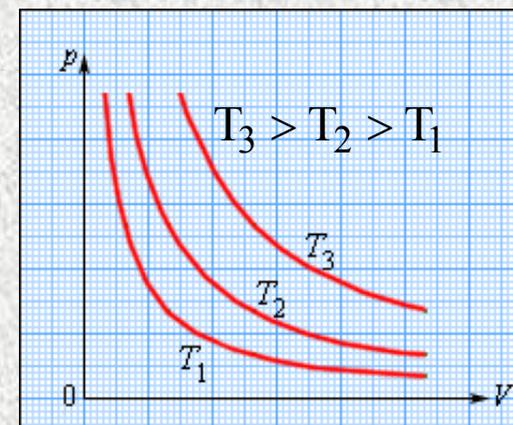
Давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в эту смесь газов: $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$

Закон Бойля – Мариотта.

Для данной массы идеального газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная:

$$pV = \text{const}, \quad T = \text{const}; m = \text{const}$$

Кривая $p=f(V)$ называется *изотермой*, а процесс при постоянной температуре – *изотермическим*.

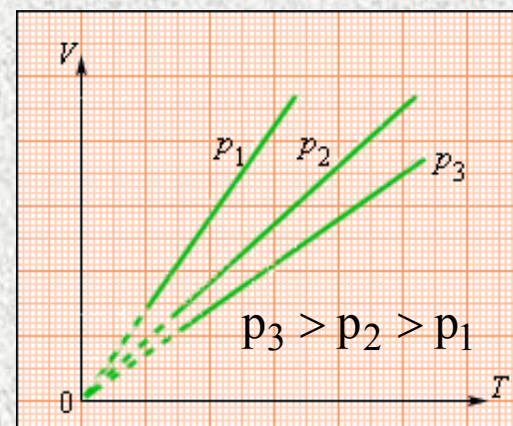


Закон Гей – Люссака.

Объем данной массы газа при постоянном давлении линейно изменяется с температурой.

$$V = V_0(1 + \alpha t); \quad T = t + \frac{1}{\alpha}; \quad V = V_0\alpha T \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

t- температура в шкале Цельсия, T – в шкале Кельвина
Прямая $V=f(T)$ называется *изобарой*, а процесс, протекающий при постоянном давлении – *изобарическим*.

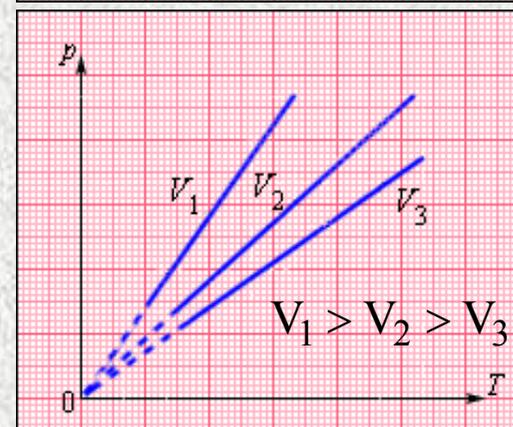


Закон Шарля.

Давление данной массы газа при постоянном объеме линейно изменяется с температурой.

$$p = p_0(1 + \alpha t); \quad T = t + \frac{1}{\alpha}; \quad p = p_0\alpha T \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Прямая $p=f(T)$ называется *изохорой*, а процесс, протекающий при постоянном объеме – *изохорическим*.



Уравнение состояния идеального газа

Уравнение состояния – функциональная связь между тремя ТД параметрами: давлением, объемом и температурой.

Клайперон объединил вывел уравнение состояния идеального газа, объединив законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака.

Пусть некоторая масса газа занимает объем V_1 , имеет давление p_1 температуру T_1 .

В другом состоянии эта же масса имеет ТД параметры: V_2 , p_2 и T_2

Переход из 1-го состояния во 2-е осуществляется двумя процессами:

Изотермический: 1-1' $p_1 V_1 = p'_1 V_2$ **Изохорический:** 1'-2 $\frac{p'_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Объединяя уравнения и исключая p'_1 , $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ или $\frac{pV}{T} = B = const$

Получили **уравнение Клайперона**, где B – константа, характерная для каждого газа.

Уравнение Клайперона-Менделеева

Менделеев объединил уравнение Клайперона и закон Авогадро: $pV_m = RT$

V_m – молярный объем, R – постоянная, одинаковая для всех газов.

Для произвольной массы газа: $pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$, ν - количество вещества

Используя постоянную Больцмана $k = R/N_A = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К можно записать:

$$p = RT/V_m = kN_A T/V_m = nkT$$