

ЛЕКЦИЯ 1

1. Возникновение атомной теории строения вещества;
2. Основные положения МКТ;
3. Опытные обоснования основных положений МКТ;
4. Диффузия;
5. Броуновское движение;
6. Силы взаимодействия молекул;
7. Основные понятия молекулярной физики;
8. Размеры и масса молекул;
9. Строение и свойства газообразных, жидких и твердых тел.

1. Возникновение атомной теории строения вещества.

Создателями учения об атомном строении вещества считаются древнегреческие философы Левкипп и Демокрит, жившие в V в. до н.э. Воззрения Демокрита, естественно далеки от современных представлений, но они сыграли важную роль в развитии физики.

Среди ряда крупных философов-физиков, занимающихся учением о молекулярном строении вещества, особую роль сыграли труды великого русского ученого М.В. Ломоносова. ("О причине теплоты и холода", «О коловратном движении корпускул"). Но в этих работах не было дано строгих доказательств существования атомов.

Основные представления, высказанные Ломоносовым, были в дальнейшем развиты Л. Больцманом, Р. Клазиусом, Д. Максвеллом, Л. Гей-Люссаком, А. Авогадро и др.

В начале XX в. над теорией молекулярного строения работали А. Эйнштейн, Ж. Перрен, О. Штерн.

В результате работ этих ученых была создана молекулярно-кинетическая теория (МКТ).

МКТ-это учение о строение и свойствах вещества.

Раздел физики, который рассматривает эту теорию, получил название - молекулярная физика.

Цель молекулярной физики-объяснить те свойства тел, которые непосредственно наблюдаются на опыте (давление, температура, упругость, теплопроводность и т.п.), как проявление суммарного действия большого числа молекул. При этом пользуются так называемым статистическим методом, который позволяет определить не поведение отдельных молекул, а такие средние величины, которые характеризуют движение и взаимодействие огромной совокупности молекул.

Поэтому молекулярную физику часто называют статистической физикой.

2. Основные положения МКТ.

В основе теории лежат три важных положения, подтвержденные экспериментально и теоретически:

1. *Все вещества состоят из мельчайших атомов, молекул, в состав которых входят еще более мелкие элементарные частицы.*

(**молекула**-это наименьшая электрически нейтральная частица вещества, обладающая всеми его химическими свойствами и могущая существовать самостоятельно).

2. Между частицами любого вещества существуют силы взаимодействия - притяжения и отталкивания.
3. Атомы и молекулы вещества всегда находятся в непрерывном хаотическом движении, которое называется тепловым движением.
4. Молекулы разделены промежутками.

3. Опытные обоснования основных положений МКТ.

Существование молекул

- механическое дробление,
- растворение веществ в растворителях;
- сжатие, растяжение;
- диффузия;
- броуновское движение;
- наблюдение и фотографирование наиболее крупных молекул с помощью электронного микроскопа.

Силы взаимодействия

- для разрыва тела требуется усилие;
- наличие сил притяжения в жидкостях можно подтвердить тем, что две капли жидкости - могут сливаться в одну;
- существование сил отталкивания между молекулами подтверждается тем, что твердые тела и жидкости невозможно сжать.

Хаотическое движение

- броуновское движение;
- диффузия;
- давление газа на стенки сосуда;
- стремление газа занять любой объем.

Наличие промежутков

- при смешивании различных жидкостей $V_{\text{смеси}} < \sum V_{\text{отдельных жидкостей}}$ (например, при смешивании 1 л. воды и 1 л. спирта объем смеси получается меньше чем 2 л.);
- диффузия;
- деформация.

4. Диффузия.

Диффузией называют процесс взаимного проникновения разных веществ, обусловленный тепловым движением.

Опытным путем было установлено, что скорость протекания процесса диффузии зависит от рода диффундируемых веществ и температуры.

Диффузия в жидкостях происходит медленнее, чем в газах, но быстрее, чем в твердых телах, потому что чем плотнее вещество, тем ближе друг к другу расположены в нем молекулы.

5. Броуновское движение.

В 1827г. андийский ботаник Р. Броун, изучая внутреннее строение растений с помощью микроскопа, обнаружил, что частички твердого вещества в жидкой среде; совершают непрерывное хаотическое движение.

Аналогичное движение можно наблюдать в микроскоп, если рассматривать дым, капельки жира в воде или частички твердого тела, взвешенные в жидкости или газе.

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

-при микроскопических размерах частички сумма импульсов может стать неравна нулю. Такая частичка начинает двигаться. Через некоторое время под действием новых соударений направление движения может измениться. Такая частичка движется по ломаной линии.

-если размеры такой частички велики, она испытывает со всех сторон большое число ударов, результирующий импульс может оказаться близким к нулю и частичка остается неподвижной.

Молекулярно-кинетическая теория броуновского движения была создана А.Эйнштейном в 1905-1906гг.

Экспериментальное подтверждение она получила в трудах Французского физика Х.Перена в 1908-1913гг.

6. Силы взаимодействия молекул.

При изучении строения вещества было установлено, что между молекулами одновременно действуют силы притяжения и отталкивания, называемые молекулярными силами.

Выясним природу этих сил.

Атомы, входящие в состав молекул, представляют собой сложную систему, состоящую из заряженных частиц - электронов, имеющих отрицательный заряд, и ядер, заряд которых положителен.

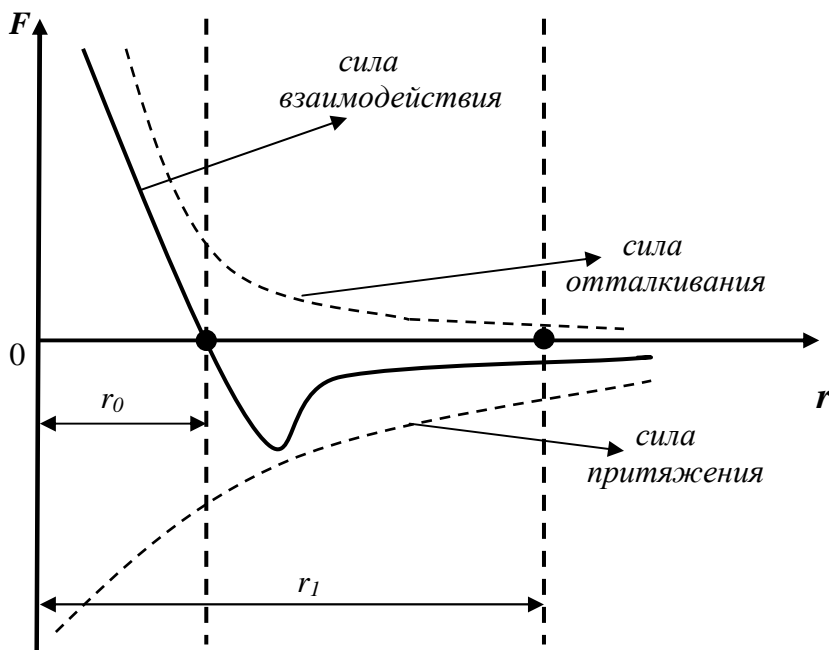
Несмотря на то что любая молекула и отдельные атомы электрически нейтральны, т. к. заряд ядра атома равен сумме зарядов электронов, между ними на любых расстояниях действуют значительные электрические силы. Вызвано это тем, что молекулу по ее электрическим свойствам можно рассматривать как электрический диполь (электрическим диполем называется совокупность двух равных по величине и противоположных по знаку точечных зарядов, расположенных на расстоянии друг от друга).

Между соседними электрическими диполями (молекулами) происходит электрическое взаимодействие, поэтому молекулярные силы имеют электромагнитную природу.

Зависимость сил взаимодействия молекул F от расстояния между ними r представим графически, считая силы отталкивания положительными, а силы притяжения отрицательными. Пусть одна из молекул находится в начале координат, а другая на некотором расстоянии r_1 от нее (в точке А). Между ними действует очень малая сила взаимного притяжения и еще меньшая сила отталкивания. По мере сближения молекул сначала быстрее возрастает сила притяжения, а затем сила отталкивания. На расстоянии r_0 , равном примерно сумме радиусов молекул, сила притяжения оказывается равной силе

отталкивания. Это расстояние $OB=r_0$ соответствует положению устойчивого равновесия молекул. При дальнейшем сближении молекул сила отталкивания превосходит силу притяжения.

На графике показана также зависимость равнодействующей силы взаимодействия двух частиц от расстояния между ними, равной алгебраической сумме сил отталкивания и притяжения.



Кривая изменения силы взаимодействия молекул показывает, что при расстоянии между частицами $r > r_0$ преобладают силы взаимного притяжения, а при $r < r_0$ — силы отталкивания. Это легко объясняет возникновение сил упругости при деформации тел.

Установлено, что силы отталкивания обратно пропорциональны 10^{14} степени расстояния между молекулами ($F_{от.} \sim \frac{1}{10^{14}}$), а силы притяжения — 10^7 степени ($F_{пр.} \sim \frac{1}{10^7}$),

Поэтому — на малых расстояниях силы отталкивания возрастают быстрее сил притяжения, а на расстояниях, больших размера молекул, силы отталкивания уменьшаются быстрее сил притяжения.

7. Основные понятия молекулярной физики.

1. относительная атомная масса элемента и относительная молекулярная масса вещества.

Так как массы молекул очень малы, удобно использовать не абсолютные значения масс, а относительные.

В разное время в качестве эталона выбирали разные атомы. В настоящее время приняты следующие определения относительных атомных и молекулярных масс. —

Относительной атомной массой A_r химического элемента называется отношение массы атома m_0 этого элемента к $1/12$ массы атома изотопа углерода C . т. е.

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

Некоторые пояснения:

— изотопами называются разновидности химического элемента с одинаковым числом протонов и различным числом нейтронов в атомных ядрах;

— цифра 12 означает массовое число, т. е. число нуклонов (протонов и нейтронов), содержащихся в ядре данного изотопа;

-индекс " r " -это начальная буква английского слова "relative", что означает "относительный").

Относительной молекулярной массой M_r вещества называется отношение массы молекул m_0 этого вещества к $1/12$ массы атома изотопа углерода C , т. е.

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

В настоящее время относительные атомные массы всех химических элементов измерены.

Складывая относительные атомные массы элементов, входящих в состав молекулы вещества, можно вычислить относительную молекулярную массу.

Например: $CO_2 \rightarrow 12 + 2*16 = 44$

2.Количество вещества.

В 1971г. на XIV Генеральной конференции по мерам и весам принято решение о введении седьмой в системе СИ основной физической величины - *количества вещества* (в соответствии с этим решением основными физическими величинами являются: длина, масса, время, сила тока, температура Кельвина, сила света и количество вещества).

Количество вещества можно было измерять числом молекул, но т.к.число молекул в любом теле велико, то для измерения количества вещества используют не абсолютное число молекул, а относительное.

Количество вещества это отношение числа частиц (молекул, атомов) в данном теле к числу атомов, содержащихся в 0,012 кг изотопа углерода.

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Количество вещества измеряется в молях.

Моль-это количество вещества, содержащегося столько же молекул (атомов), сколько содержится атомов в 0,012кг углерода.

В 1 моле любого вещества содержится одно и тоже число атомов или молекул. Число атомов или молекул, содержащихся в одном моле вещества, называют **числом или постоянной Авогадро**.

$$N_A = \frac{m_c(1 \text{ моль})}{m_{0c}} = \frac{0,012 \text{ кг/моль}}{1,995 * 10^{-26} \text{ кг}} = 6,02 * 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

3.Молярная масса и ее связь с относительной молекулярной массой.

Под молярной массой M подразумеваются масса вещества, взятого в количестве одного моля.

$$M = \frac{m}{\nu}$$

где m -масса вещества, а ν - число молей.

Отсюда вытекает, что количество вещества может быть выражено следующей формулой:

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

Установим связь между M и M_r

$$M_r = \frac{m_0}{1/12 m_{oc}}; \quad m_0 = M_r \frac{1}{12} m_{oc};$$

$$M = m_0 N_A; \quad N_A = \frac{0.012 \text{ кг/моль}}{m_{oc}};$$

$$M = M_r \frac{1}{12} m_{oc} \frac{0.012 \text{ кг/моль}}{m_{oc}}; \quad (M = 10^{-3} M_r \frac{\text{кг}}{\text{моль}})$$

$$M_{r \text{ CO}_2} = 44; \quad M = 0.044 \text{ кг/моль}$$

8. Размеры и масса молекул.

Так как размеры атомов и молекул очень малы, то увидеть их невооруженным глазом нельзя. Даже лучшие оптические микроскопы не дают возможности видеть отдельные молекулы. Только с помощью электронного микроскопа, дающего увеличение в 30 000 раз и более сфотографированы отдельные крупные молекулы.

Данные рентгеноструктурного анализа показывают, что наибольший линейный размер двухатомной молекулы кислорода порядка $4 \cdot 10^{-10}$ м, такой же размер имеют молекулы азота.

Приближенная оценка размеров и массы молекулы может быть выполнена с помощью достаточно простых опытов.

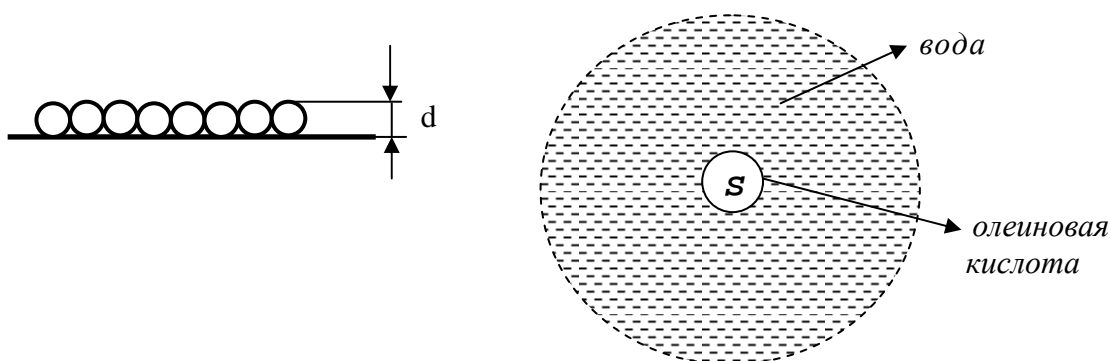
Самый простой способ приблизительной оценки основан на измерениях тонкой пленки жидкости. Опыт показывает, что если на поверхность воды капнуть небольшую каплю нерастворимого в воде вещества (масла, керосина или кислоты и др.), то эта капля растекается по поверхности воды не беспредельно.

Основная трудность этого способа заключается в том, что надо взять очень мало маслянистого вещества. В противном случае оно покроет всю поверхность воды в несколько слоев молекул.

Так, одна капля олеиновой кислоты, растекаясь, может покрыть всю поверхность воды в плавательном бассейне. Поэтому обычно берут слабый раствор масла в какой-либо летучей жидкости.

В большую кювету наливают воду. На поверхность воды пускают каплю 0,5%-ого раствора олеиновой кислоты в спирте. Капля быстро растекается, образовав на поверхности воды пятно, имеющее форму почти правильного круга. Размеры этого пятна сначала растут, а затем немного уменьшаются (спирт испаряется, и молекулы кислоты сближаются).

При объеме 2 мм^3 на поверхности воды образуется круглое пятно диаметром около 20 см.



Объем определяется так:

$$V = 0,005 (0,5\%) * 2 * 10^{-9} \text{ м}^3 = 10^{-11} \text{ м}^3$$

Площадь кругового пятна равна:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} (0,2 \text{ м})^2 = 3,14 * 10^{-2} \text{ м}^2$$

Толщина слоя, а следовательно диаметра молекулы будет равна

$$D = \frac{V}{S} = \frac{10^{-11} \text{ м}^3}{3,14 * 10^{-2} \text{ м}^2} = 3 * 10^{-10} \text{ м}$$

Зная диаметр молекулы и плотность олеиновой кислоты ($\rho = 9 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

$$V_0 = D^3 = 2,7 * 10^{-29} \text{ м}^3$$

$$m_0 = \rho * V_0 = 0,9 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 2,7 * 10^{-29} \text{ м}^3 = 2,4 * 10^{-26} \text{ кг}$$

Приведенные расчеты являются приблизительными и позволяют судить лишь о порядке величин.

- водород – $3,34 * 10^{-27} \text{ кг}$
- кислород – $5,52 * 10^{-26} \text{ кг}$
- углерод – $7,3 * 10^{-26} \text{ кг}$

Чтобы как-то представить размеры молекул, назовем еще одну цифру: в 1 куб.см.воздуха при нормальном давлении и комнатной температуре находится примерно 10^{20} молекул!

Чтобы представить эту цифру, скажем, что, если каждую секунду специальным "черпаком" вычерпывать по 1млн. молекул, нам понадобилось бы несколько миллионов лет.

8.Строение и свойства газообразных, жидких и твердых тел.

Газообразные

- расстояние между молекулами много больше размера молекул;
- силы отталкивания малы;
- молекулы движутся от столкновения до столкновения;
- неограниченно расширяются, легко сжимаются;
- занимают весь предоставленный им объем.

Жидкие

- расстояние между молекулами меньше, чем в газах;
- силы взаимодействия между молекулами достаточно велики, поэтому молекулы жидкости совершают колебания около средних положений равновесия;
- сохраняют свой объем, но легко меняют свою форму.

Твердые

- расстояние между молекулами меньше, чем в жидкостях;
- силы взаимодействия, энергия – велики;
- потенциальная энергия больше кинетической, поэтому молекулы совершают малые колебания около положения равновесия- узла кристаллической решетки;
- силы притяжения и отталкивания молекул уравновешены, если тело не деформировано.