**4. Молекулярно-кинетическая теория.**

**Лекция № 4.1**

1. Основные положение МКТ. Факты, свидетельствующие о справедливости МКТ. Применение МКТ для объяснения природных явлений.
2. Температура – мера средней кинетической энергии молекул. Шкала Кельвина.
3. Строение твердых, жидких и газообразных веществ.

***Основные положения МКТ.***

Мы начинаем новый раздел физики – Молекулярная физика, который изучает процессы и явления связанные с внутренним строением вещества. Основа молекулярной физики – Молекулярно-кинетическая теория (МКТ). Основные положения МКТ состоят в следующем:

1. Все вещества состоят из мельчайших частиц.
2. Частицы находятся в непрерывном хаотическом движении.
3. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Существует множество прямых и косвенных свидетельств, подтверждающих эти положения. МКТ формировалась на протяжении многих веков: предположение о том, что вещества состоят из атомов выдвинул еще Демокрит, окончательное же развитие МКТ получила в конце 19 начале 20 веков.

***Молекулы и атомы.***

В это время стало понятно, что мельчайшими частицами вещества являются молекулы и атомы.

Атом: мельчайшая, химически неделимая, частица вещества.

Молекула: мельчайшая частица данного вещества.

К концу 19 века стало понятно, что все вещества состоят из сравнительно небольшого количества (чуть более 100) частиц, которые назвали **атомы**. Атомы могут комбинироваться между собой, создавая значительно большее количество **молекул**. Хотя в дальнейшем было выяснено, что атомы также имеют внутреннюю структуру (состоят из ядра и вращающихся вокруг него электронов) и возможно одни атомы превратить в другие, но процесс этот крайне сложен, требует сложнейшей аппаратуры. Именно в этом контексте атомы называются мельчайшими частицами вещества, т.е. мельчайшими частицами, которые можно получить достаточно простым и доступным химическим путем.

Молекулы (определенные комбинации атомов), определяют химические свойства данного вещества. Например вода состоит из двух атомов водорода и одного кислорода. Разделив молекулы воды на составляющие мы получим уже другое вещество. Т.е. молекула – мельчайшая частица именно данного вещества.

В настоящее время наиболее бесспорное свидетельство существования молекул и атомов дают снимки сделанные с помощью электронного и туннельного микроскопов, которые позволяют увидеть их (обычный световой микроскоп для этого не годится, он не дает необходимого увеличения).

Выясненно, что размер атомов составляет порядок 10-10 м или 0.1 нм, таким образом, небольшие группы молекул и атомов составляют объекты порядка нескольких нанометров.

Некоторые вещества состоят из молекул, другие же составляются непосредственно из атомов.

***Движение молекул и атомов.***

Главная особенность движения молекул и атомов вещества в том, что оно является хаотическим. В каждый момент любая частица вещества может иметь практически любую скорость и направление движения. Но если движение каждой конкретной частицы непредсказуемо, то средние значения скорости подчиняются строгим законам, о которых мы будем говорить в дальнейшем.

Характер движения частицы зависит от агрегатного состояния вещества. Мы знаем что вещества могут находится в твердом, жидком и газообразном состоянии.

В случае **твердого** состояния частицы вещества совершают лишь небольшие хаотические **колебания**, в **жидкости** частицы **колеблются** но иногда способны **перескакивать** с одного места на другое, в **газе** частицы двигаются **свободно**, лишь иногда сталкиваясь друг с другом.

***Диффузия и Броуновское движение.***

Два явления наиболее ярко свидетельствуют о непрестанном хаотическом движении частиц вещества: диффузия и Броуновское движение.

Диффузия: явление взаимного проникновения веществ друг в друга. Диффузия может идти и в твердом и в жидком и в газообразном веществах, хотя скорость ее в твердом теле крайне мала (мм/г), в жидкости она существенно больше (см/ч), а в газе самая большая (м/с). Скорость диффузии увеличивается при увеличении температуры, что говорит о том, что при увеличении температуры, увеличивается и скорость движения молекул.

Броуновское движение: хаотическое движение небольших (видных в световой микроскоп) частиц взвешенных в жидкости или газе. Такие частицы двигаются потому, что количество молекул жидкости или газа, налетающих на них с разных сторон неодинаково. Удары этих молекул и создают движение самой частицы. Хотя мы не можем увидеть в световой микроскоп сами молекулы, но можем судить о их движении по поведению броуновских частиц.

***Температура – мера средней энергии молекул. Шкала Кельвина.***

К концу 19 века было выяснено, что средняя скорость хаотического движения молекул зависит только от температуры вещества. Уильям Томсон (лорд Кельвин) ввел новую шкалу температур – один градус в этой шкале был такой же, как в шкале Цельсия, а ноль был сдвинут на 273 градуса ниже (позже эта шкала была названа шкалой Кельвина). Томсон доказал, что температура является мерой средней кинетической энергии молекул вещества: чем выше температура – тем больше средняя энергия молекул, а, значит, и средняя скорость. Абсолютный 0 температур (0оК) – это температура, при которой молекулы остаются неподвижными.

***Силы взаимодействия между молекулами. Энергия связи.***

Чтобы понять особенности структуры тверды, жидких и газообразных веществ нужно понять как взаимодействуют друг с другом отдельные молекулы и атомы.

В первом приближении каждый атом можно считать твердым шариком. Если шарики находятся на расстоянии соизмеримым с их размерами между ними возникает сила **притяжения**. Шарики стремятся слипнуться друг с другом. Если мы при этом пытаемся сжать их еще сильнее, между ними возникают силы отталкивания. Если же шарики находятся на расстояниях много большем их размеров – шарики перестают взаимодействовать. Также важно понимать, что если шарики уже слиплись, чтобы оторвать один из них – необходимо затратить определенную энергию. Будем называть эту энергию **энергией связи**.

***Строение твердых, жидких и газообразных веществ.***

**Твердые вещества** делятся на **кристаллические** и **аморфные**.

В кристаллическом веществе частицы (атомы или молекулы) располагаются в строгом порядке вплотную друг к другу, в аморфном веществе – такого порядка нет. Кинетическая энергия частиц значительно меньше энергии связи, поэтому частицы не могут оторваться и улететь в другое место.

В жидкости частицы располагаются почти вплотную друг к другу, но не имеют строгой упорядоченной структуры. Хотя некоторый порядок у молекул жидкости есть. Говорят что жидкость имеет ближний порядок (т.е. большинство соседних частиц остается рядом).

Кинетическая энергия частиц жидкости уже соизмерима с энергией связи, поэтому частицы могут иногда отрываться от соседей и перелетать на другое место.

В газах расстояние между отдельными частицами велико (на порядок больше их размеров) поэтому они практически не взаимодействуют.

Дополнительные материалы: Броуновское дижение и Диффузия:

<http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=1HU6IRMX6aI>

<http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=4mdZoy-ZDtk>

**Лекция № 4.2**

1. Понятие количества вещества. Молярная Масса. Число Авогадро.
2. Плотность и концентрация.
3. Масса и размер молекул.
4. Модель идеального газа. Давление в газе.

***Моль. Число Авогадро. Молярная масса.***

Так как молекулы и атомы очень малы, а количество их очень велико, необходимо выбрать удобные единицы для работы с атомами.

Единица моль – это единица в которой удобно считать количество молекул или атомов. (их можно считать в единицах, в тысячах, в квадрильонах, а можно в молях).

Моль - это количество единиц, равное количеству единиц атомов содержащихся в 12 г углерода. Когда эта единица только была введена, никто не знал сколько конкретно единиц содержится в одном моле. Лишь позже, путем сложнейших опытов это число было посчитано и оказалось равным 6\*1023. Это число назвали числом Авогадро Na=6\*1023 1/моль.

Итак, физическая величина: количество вещества ***ν*** показывает, сколько молей, т.е. сколько раз по числу Авогадро молекул или атомов содержится в данном веществе.

Из вышесказанного следует формула, связывающая число частиц N и число молей ***ν***

***N=Naν***

Молярная масса вещества ***(М)*** – масса одного моля (измеряется в г/моль или кг/моль). Из определение моля следует, что молярная масса углерода равна 12 г/моль.

Сравнивая массы веществ, вступивших в реакцию с 12 г углерода (с 1 молем) химикам-аналитикам удалось рассчитать массу одного моля других атомов. Эти значения сейчас занесены в таблицу Менделеева. Зная молярную массу вещества **М** и количество молей ***ν*** можно легко рассчитать массу вещества **m**:

***m=Mν***

Молярная масса каждого атома численно равна его относительной атомной массе, которая по определению равна одной двенадцатой массы атома углерода. Как мы видим для описания массы частиц наиболее удобная величина – относительная атомная масса.

Как уже говорилось раньше, удобная единица для описание размеров атомов и молекул: нм=10-9 м. Размеры самых маленьких атомов порядка 0,1 нм.

Чтобы рассчитать массу одного атома **mo**в привычных единицах мы можем разделить массу всех атомов в одном моле, на количество атомов в моле, т.е. на число Авогадро:  
 ***m0=M/Na***

***Плотность и концентрация. Оценка размеров молекул.***

Как мы плотность вещества **ρ** – это масса единицы объема (**V)**. В микромире связанная с плотностью единица называется концентрация **n** – количество частиц в единице объема (V).

Легко понять что:

***ρ=m/V n=N/V***

Зная плотность вещества, мы можем оценить размер молекул вещества и расстояние между ними. Возьмем для начало твердое вещество, например железо. Плотность железа составляет 7800 кг/м3. Будем считать что атомы железа находятся вплотную друг ко другу, тогда найдем какой объем приходится на один атом железа.

Для этого:

- Найдем количество атомов в 1 м3 железа. Масса 1 м3 железа равна m=7800 кг, следовательно N=m/M \*Na=8,3 1028

- Разделим 1 м3 на количество атомов содержащихся в нем.

Итак, мы нашли объем кубика, в котором находится один атом железа. Если извлечь кубический корень из этого объема, мы найдем сторону кубика, которая будет приблизительно равна размеру атома. Получаем размер атома: а==2.28 10-10 м=0.3 нм.

Если мы возьмем газообразное вещество, например воздух, плотность которого составляет 1.3 кг/м3 мы увидим, что плотность газа более чем в 1000 раз меньше чем плотность твердого тела. Это значит, что объем который занимают молекулы газа в 1000 раз больше объема, который они занимают в твердом теле.

***Модель идеального газа.***

Для описания самого простого по поведению молекул состояния вещества – газообразного, вводится понятие модели идеального газа.

Идеальный газ это газ в котором можно пренебречь размером молекул и взаимодействием между ними.

Большинство реальных газов подходят под модель идеального газа если они не слишком сильно и температура не слишком мала.

В модели идеального газа отдельные молекулы представляются в виде материальных точек свободно хаотически двигающихся во всем объеме, предоставленному газу, взаимодействующему только со стенками его ограничивающими.

***Давление в газе.***

Мы помним. что давление показывает какая сила приходится на единицу площади ***p=F/S.***

Давление в газе возникает из-за того, что на стенки налетает огромное число молекул. Из-за статистических законов, в среднем за единицу времени суммарное давление этих молекул является практически постоянной величиной.

**Задания для самостоятельного выполнения.**

**4.1 Основные положения МКТ. Температура – мера средней энергии хаотического движения молекул.**

1. Заполните таблицу: Характеристики твердых жидких и газообразных тел.

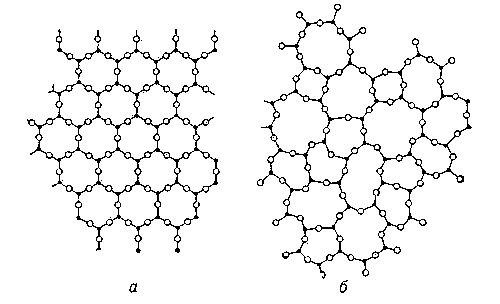
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Расстояния, на которых расположены молекулы и атомы | Характер движения молекул и атомов | Упорядоченность структуры | Средняя кинетическая энергия, которой обладают молекулы и атомы по сравнению с энергией связи. |
| Твердое кристаллическое вещество |  |  |  |  |
| Твердое аморфное вещество |  |  |  |  |
| Жидкость |  |  |  |  |
| Газ |  |  |  |  |

1. Свяжите каждое положение МКТ с опытными фактами, которые его подтверждают.

а. Все вещества состоят из мельчайших частиц. а. Существование твердых тел.

б. Частицы находятся в непрестанном движении. б. Явление испарения.

г. Частицы взаимодействуют между собой. в. Замерзание льда.

г. Фотографии атомов в электронном микроскопе.

д. Броуновское движение.  
е. Диффузия.

3. Какая из представленных картинок изображает модель твердого кристаллического вещества\_\_\_\_, а какое - аморфного\_\_\_? (впишите букву рисунка)

Что на данных картинках символизирует черточка, связывающая белые и черные кружочки? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Почему одни кружочки белые, а другие черные \_\_\_\_\_\_\_\_

Нарисуйте в этом же стиле рисунок, характеризующий особенности жидкого и газообразного веществ.

1. Может ли быть температура быть равна:  
   а) -200 оС?\_\_\_\_  
   б) -400 оС?\_\_\_\_
2. Заполните таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t, oC | 0 |  | 27 | 227 |  |  |
| T, oK |  | 0 |  |  | 100 | 400 |

1. Какая характеристика всегда увеличивается в веществе при увеличении температуры **(подчеркните)**: масса молекулы, среднее расстояние между молекулами, средняя скорость между молекулами, скорость молекулы, средняя кинетическая энергия молекул.
2. Почему невозможно достигнуть температуры меньше абсолютного нуля?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Почему невозможно достигнуть температуры абсолютного нуля.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

* 1. **Работа в интернете. Строение вещества. Нано технологии**:

***Весь найденный материал добавьте к материалу лекции.***

1. Подберите по 2 картинки изображающие строение твердого (кристаллического и аморфного), жидкого и газообразного вещества.
2. Найдите информацию: какого размера тела можно увидеть в световом микроскопе?
3. - Найдите изображение электронного и (или) туннельного микроскопов.   
   - Найдите информацию: какого размера тела можно увидеть в электронном и туннельном микроскопах.   
   - Найдите фотографии атомной структуры вещества полученной в туннельном или в электронном микроскопе.
4. Найдете информацию о средней скорости движения молекул газа в нормальных условиях.
5. - Найдите формулу связывающую скорость движения молекул газа и ее температуру.

- Выясните что значат все входящие в нее буквы.

1. Найдите информацию о порядке величины энергии связи между молекулами,
2. Найдете в интернете пост, посвященный одной из нано технологий. Сделайте копирайтинг, содержащий информацию:

* В чем суть технологии?
* Как осуществляется?
* Какие преимущества дает?

**4.3. Моль. Молярная масса. Число Авогадро.**

1. Моль это:

- числовая характеристика показывающая сколько молекул содержится в веществе.

- специфическое понятие, применимое только к молекулам и атомам.

- значение которое показывает во сколько раз количество молекул в веществе больше числа Авогадро.

- это 12 грамм углерода.

1. Проводится химическая реакция окисления углерода. Формула реакции С+О2=СО2. Для реакции взяли 12 г углерода и 20 г кислорода. После того, как реакция полностью прошла, выяснилось, что не весь углерод прореагировал, а свободного кислорода не осталось. **Выберите правильные утверждения:**

-В реакции участвовало меньше моля кислорода.

-В реакции участовал ровно моль кислорода.  
-В реакции участвовало больше моля кислорода.

-Выяснив какая часть углерода в реакции не прореогировала, возможно определить количество молей кислорода, учавстовавшего в реакции.

1. Число Авогадро это (выберите правильные утверждения):  
   - число, которое показывает сколько атомов в молекуле  
   - специфическая характеристика атомов и молекул.   
   - величина, показывающая сколько единиц в одном моле.
2. Пользуясь таблицей Менделеева определите молярную массу:

|  |  |
| --- | --- |
| Вещество | Молярная масса г/моль |
| Вода |  |
| оксид кремния (SiO2), |  |
| серная кислота (H2SO4). |  |

1. Определите количество молекул содержащихся в

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Масса вещества | Количество молей | Количество молекул |
| Вода | 3,6 кг |  |  |
| Оксид кремния | 600 г |  |  |
| Серная кислота | 4,9 кг |  |  |

Напишите формулу для расчета количества молекул:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. - Определите сколько молей содержится в 3 1023 частиц.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
   - Определите население Земли в молях (7 млрд. чел.)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

- Определите размер ВВП США в молях (16 трлн. USD)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7. - Определите массу 105 молекул водорода.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
 - Определите массу 1014 молекул кремния\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
 - Определите массу 1023 молекул серной кислоты\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8. Заполните таблицу:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название вещества | Плотность, кг/м3 | Объем | Масса, кг | Количество молей | Количество молекул |
| Формула для расчета | \_ | \_ |  |  |  |
| Вода |  |  |  |  |  |
| Олово |  |  |  |  |  |
| Воздух |  |  |  |  |  |

**4.4. Практическое занятие. Изучение модели движения броуновской частицы.**

***Цель работы: изучение работы законов случайных чисел для больших и маленьких броуновских частиц.***

Для создания модели мы будем использовать электронную таблицу Excel.

Мы будем моделировать удары молекул по Броуновской частице при промощи функции генерации случайных чисел от -10 до 10. [=СЛУЧМЕЖДУ(-10;10) ]

Расчет будет проводиться для 5 последовательных моментов времени. (каждый момент времени свой столбец в электронной таблице)

Будем моделировать две броуновские частицы: большую и маленькую. (маленькая будет испытывать 10 ударов в момент времени, а большая 100 ударов)

***Проведение расчета:***  
1) Подготовте столбец из 10 ячеек, в каждой из которых находится функция генерации случайных чисел.

2) Под столбцом напишите функцию суммирования 10 ячеек и деления их на 10. Таким образом мы будем рассчитывать смещение частицы.

3) Копируем столбец с формулами 4 раза, получаем еще 4 момента времени (в итоге у нас получается таблица 11 на 5 ячеек)

4) Под первым столбцом пишем координату частицы равную 0. Под вторым и последующими пишем формулу: предыдущее значение координаты+смещение частицы. Таким образом получаем значения координаты Броуновской частицы за 5 последовательных моментов времени.



Повторяем все расчеты для Большой частицы (столбец из 100 ячеек).

Скрываем значения всех ячеек, кроме значений координат для первой и второй частицы.

Строим графики зависимости координыт от момет времени.

**Делаем вывод.**

* 1. **Плотность. Концентрация. Расчет массы молекулы. Модель идеального газа.**

1. - Определите количество молекул в 10 г воды. Напишите формулу и ответ: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

- Определите объем воды массой 10 г. Напишите формулу и ответ: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
- Определите концентрацию молекул в воде. Напишите формулу и ответ:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Определите массу (напишите формулы и ответ)

молекулы водорода:

молекулы кислорода:

молекулы воды:

1. Концентрация молекул водорода составляет 4 1014 1/м3. Определите массу водорода в 10 м3.

Напишите формулы и решение в общем виде и ответ.

1. - В водоем площадью 100 км2 и средней глубиной 10 м бросили кристалик поваренной соли NaCl массой 2 мг. Определите концентрацию этой соли в водоеме, если она равномерно распределиться по всему объему.

- Определите сколько молекул соли попадет в стакам объемом 200 мл, если зачерпнуть воду из водоема.

1. Два газа водород и кислород имеют одинаковую концентрацию. Какой из газов имеет большую плотность: кислород, водород, плотность одинакова (нужное подчеркните).
2. Нарисуйте схематично связь давления газа и столкновения отдельных частиц газа со стенками сосуда.
3. Свяжите логически понятия указанные ниже (нарисуйте схему связей):

увеличение силы ударов молекул, увеличение температуры, увеличение скорости движения молекул, увеличение количества уаров молекул, увеличение давления.