**Лекция №7**

**“Молекулярная физика”**

**План лекции:**

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории газов. Идеальный газ и его параметры.
2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
3. Экспериментальные газовые законы. Изопроцессы.
4. Понятие абсолютного нуля.

**1.Основные положения молекулярно-кинетической теории газов.**

**Идеальный газ и его параметры**

Представление о том, что все тела построены из мельчайших частиц – атомов, возникло еще в древности и было высказано греческим философом Демокритом (V в. до н. э.). Однако в дальнейшем эти представления были забыты, и лишь во второй половине XVII в. были разработаны в качестве научной теории, получившей название ***классической молекулярно-кинетической теории****.*

***Молекулярная физика*** *– раздел физики, изучающий строение и свойства вещества исходя из так называемых молекулярно-кинетических представлений.*

Она основана на следующих положениях.

***1. Все вещества состоят из очень маленьких частиц – молекул.***

Каждое вещество состоит из одинаковых молекул. Сколько веществ в природе, столько и видов молекул. Молекулы состоят из еще более мелких частиц – атомов. Число атомов равно числу химических элементов и их изотопов (109 хим. элементов и более 1500 изотопов известно в наше время).

Молекулы – различные комбинации из атомов (молекулярно-кинетическая теория не рассматривает строение атома).

***2. Между молекулами тела одновременно действуют силы взаимного притяжения (сцепления) и силы взаимного отталкивания***, причем силы отталкивания с увеличением расстояния убывают быстрее, чем силы сцепления. Поэтому на определенном расстоянии друг от друга молекулы могут находиться в устойчивом равновесии. Согласно современным исследованиям, положение устойчивого равновесия соответствует *минимуму их потенциальной энергии.*

***3. Молекулы, образующие тело, находятся в состоянии непрерывного беспорядочного движения.***

*Скорость движения молекул возрастает с увеличением температуры, поэтому движение называется* ***тепловым движением.***

По мере увеличения интенсивности теплового движения, среднее расстояние между молекулами возрастает, следовательно, тело переходит из твердого состояния в жидкое. При дальнейшем нагреве расстояние между молекулами увеличивается настолько, что силы сцепления исчезают, следовательно, тело переходит в газообразное состояние.



Рис.4.1. Траектория броуновской

частицы

**Идеальный газ. Его параметры**

***Идеальным газом*** *называется газ, между частицами которого отсутствуют силы взаимного притяжения.* При соударениях между собой, частицы газа ведут себя как упругие шарики крайне малого размера.

Существующие в действительности газы при не слишком низких температурах и достаточно малых давлениях называются разряженными газами и по своим свойствам близки к идеальному газу.

Состояние газа определяется тремя параметрами: давлением *р* [Па]=[Н/м2], объемом *V* [м3], термодинамической температурой *Т* [К].

***Давление*** – *физическая величина, равная модулю силы, действующей на единичную площадку поверхности тела перпендикулярно к ней*

, (4.1)

если p = const

 (4.2)

[p]=[]=[Па].

Наряду с объемом газа V часто используется также удельный объем v.

***Удельным объемом*** *называется объем одного килограмма вещества*

, (4.3)

где ρ – плотность вещества.

, (4.4)

где V – объем вещества;

М – масса вещества.

Термодинамическая температура

Т = 273,16 + t, [К]. (4.5)

Т = 0К = – 273,16°С – абсолютный нуль.

Измеряется температура по нескольким шкалам.

**Шкала Цельсия:** точка плавления льда – 0 0С; точка кипения воды – 100 0С (при нормальном атмосферном давлении).

**Шкала Кельвина** или абсолютная шкала температур (Т = t + 273); точка плавления льда – 273 К; точка кипения воды – 373 К (при нормальном атмосферном давлении).

**Шкала Фаренгейта:** точка таяния льда равна +32 °F, а точка кипения воды +212 °F (при [нормальном атмосферном давлении](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)).

**2.Основное уравнение МКТ**

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов устанавливает зависимость между давлением (р); объемом (V) и кинетической энергией поступательного движения его молекул.

Для вывода формулы рассмотрим одноатомный идеальный газ, находящийся в цилиндрическом сосуде с площадью основания ∆S.

Молекулы движутся хаотически и беспорядочно, их количество N. Определим давление, оказываемое газом на площадку ∆S.



Рис. 4.2. К основному уравнению МКТ

 (4.6)

p - давление;

Так как ; (4.7)

Подставим 4.7 в формулу 4.6 получим

, (4.8)

изменение импульса одной молекулы; p - давление;

, (4.9)

импульс;

импульс, сообщенный одной молекулой площадки .

Найдем общее число молекул *n* в объеме цилиндра 

 (4.10)

Вследствие хаотического движения молекул в цилиндре треть их будет двигаться вдоль оси Х, треть вдоль оси У и треть вдоль оси Z.

К площадке дойдем 1/6 от общего числа молекул.

 (4.11)

где концентрация молекул, число молекул в единице объема. Для того чтобы найти импульс сообщаемый площадке , молекулами  умножим правую часть 4.9 уравнения на 

 (4.12)

Подставим правую часть уравнения 4.11 в уравнение 4.8

p= (4.13)

Молекулы газа обладают различными скоростями поэтому вводят понятия средней квадратичной скорости.

- средняя квадратичная скорость молекул

– **основное уравнение МКТ (первый вид)** (4.14)

Известно, что кинетическая энергия поступательного движения определяется по формуле: .

Умножим и разделим правую часть уравнения 4.14 на 2, получим:

 **– основное уравнение МКТ (второй вид)**(4.15)

Так как кинетическая энергия определяется по формуле:

, **то**  (4.16)

где *k* – постоянная Больцмана, *k =1,38 ·10- 23Дж/К.*

Известно, что n, подставим  в формулу 4.16 получим:

 или **– основное уравнение МКТ (третий вид)** (4.17)

где *р*– давление, V – объем, N – число молекул,k - постоянная Больцмана, Т – абсолютная температура.

**3. Экспериментальные газовые законы. Изопроцессы**

*Всякое изменение состояния тела или системы тел называется* ***термодинамическим процессом.***

***Изопроцессы*** *– термодинамические процессы, протекающие в системе с неизменной массой при постоянном значении одного из параметров состояния системы.*

***Изотермический процесс***

|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 4.3. Семейство изотерм на плоскости  (*p*, *V*). *T*3 > *T*2 > *T*1. | Подчиняется закону Бойля-Мариотта. Протекает при неизменной температуре *(Т=const).*  Уравнение данного процесса имеет вид:  (4.18)  *Для данной массы газа при неизменной температуре произведение значений давления и объема есть величина постоянная.*  В координатах *P-V* изотермический процесс изображается кривой – ***изотермой.*** |

***Изобарический (изобарный) процесс***

Подчиняется закону Гей-Люссака. Протекает при постоянном давлении *(Р=const).* Уравнения данного процесса имеют вид:



Рис. 4.4. Семейство изобар на плоскости

(*V*, *T*). *p*3 > *p*2 > *p*1.

1). , (4.19)

2). , (4.20)

3). , (4.21)

4). , (4.22)

5). , (4.23)

где *t* – температура, °С; *V0* – объем идеального газа при температуре Т0 = 273,16 К.

Термический коэффициент объемного расширения (одинаков для всех идеальных газов)

. (4.24)

характеристика относительного увеличения объема газа при изменении температуры на 1 град. В координатах *V-Т* изобарический процесс изображается кривой – ***изобарой.***

***Изохорный процесс***



Рис. 4.5. Семейство изохор на плоскости (*p*, *T*).

*V*3 > *V*2 > *V*1

Описывается законом Шарля. Протекает при постоянном объеме *(V=const).* Уравнения данного процесса имеет вид:

 (4.25)

или

, (4.26)

, (4.27)

где αр = 1/Т0 – термический коэффициент повышения давления.

 – характеризует относительное увеличение давления газа при нагревании его на один градус.

В координатах *P-Т* изохорический процесс изображается кривой – ***изохорой***.

***Адиабатный процесс***

***Адиабатным называется процесс****, осуществляющий без теплообмена с окружающей средой*. Подчиняется уравнению Пуассона

, (4.28)

. (4.29)

|  |  |
| --- | --- |
| http://konspekta.net/studopediaorg/baza1/2466304651896.files/image686.jpg  Рис. 4.6.Адиабата | В координатах *P-V* адиабатный процесс изображается кривой – ***адиабатой***. |

***Закон Авогадро***

*При одинаковых давлениях и одинаковых температурах в равных объемах различных газов содержится одинаковое число частиц*, иными словами:

*при одинаковых давлениях и температурах моли различных идеальных газов занимают одинаковые объемы*.

***Закон Дальтона***

*Парциальным давлением газа, входящего в газовую смесь, называется давление, которое имел бы этот газ, если бы он один занимал весь объем, предоставленный газовой смеси*

. (4.30)

Давление газовой смеси равно сумме давлений, входящих в нее газов.

**4. Понятие абсолютного нуля**

**Абсолютный нуль** – *это температура, при которой прекращается поступательное движение молекул, и давление, производимое газом, становится равным нулю.*

*При температуре 0К*

т. е.

=0;

, 1+;

1= -;

t= -;

t= -273 - абсолютный нуль.

. (4.31)

Это говорит о том, что экспериментальные газовые законы неприменимы в области низких температур.

Действительно, при низких температурах газы переходят в жидкое состояние ( - жидкое состояние).

Кельвин в 1852 г. установил, что 0 К – самая низкая из возможных температур вещества. При 0 К полностью прекращается хаотическое движение молекул, однако сохраняется движение электронов в атоме.

В настоящее время удается охлаждать малые объемы вещества до температур, не достигающих нескольких тысячных долей до 0К.