Молекулярная физика

часть 2

Интегрированный урок физики и химии

Учитель физики: Яковлева Т. Ю.
Учитель химии: Григорьева И.И.
Школа № 285
Санкт — Петербург

Молекулярная физика

Химия есть правая рука физики, математика – глаза.

М.В. Ломоносов

Закон сохранения массы

Русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов (1711-65) в 1748 г. создал при Петербургской Академии наук первую в России химическую лабораторию. Тогда же он впервые сформулировал, а в 1756 г. экспериментально подтвердил на примере обжигания металлов в запаянных сосудах **закон сохранения массы (веса)**:

Общая масса (вес) веществ, вступивших в химическую реакцию, равна общей массе (весу) веществ, образующихся в результате реакции.

Русский учёный

Михаил Васильевич Ломоно́сов

(19.11.1711–15.04.1765)

Закон сохранения массы

В 1789 г. (через 41 год после Ломоносова) более строгий вариант закона сохранения массы был установлен французским химиком Антуаном Лораном Лавуазье (1743-94), который показал, что при химических реакциях сохраняется не только общая масса веществ, но и масса каждого из элементов, входящих в состав взаимодействующих веществ.

Французский химик

Антуан Лоран Лавуазье́
(Antoine-Laurent Lavoisier)
(26.08.1743–8.05.1794)

Связь массы и энергии

В 1905 г. немецкий физик Альберт Эйнштейн (Albert Einstein, 1879-1955) показал, что между массой тела (m) и его энергией (E) существует связь, выражаемая уравнением Эйнштейна:

$$E = mc_0^2$$

где c_0 – скорость света в вакууме ($3 \cdot 10^8$ м/с).

Немецкий (американский) физик

Альберт Эйнштéйн (Albert Einstein)

(14.03.1879–18.04.1955)

Размеры и массы атомов и молекул

Размер молекулы настолько мал, что представить его можно только с помощью сравнений.

Например, молекула воды во столько раз меньше крупного яблока, во сколько раз яблоко меньше земного шара.

Линейные размеры простых атомов и молекул составляют около 10^{-10} м.

Масса атома водорода составляет $1{,}674 \cdot 10^{-27}$ кг, кислорода — $2{,}667 \cdot 10^{-26}$ кг, углерода — $1{,}993 \cdot 10^{-26}$ кг.

Атомная единица массы вещества

Атомная масса измеряется в атомных единицах массы.

Атомная единица массы (а.е.м.) или **да́льтон** (Да) – единица массы, равная 1/12 массы изотопа углерода ^{12}C (нуклида углерода с атомной массой 12), что в единицах системы СИ составляет $(1{,}6605655 \pm 0{,}0000086)\cdot 10^{-27}$ кг (на 1980 год).

$$\boldsymbol{m_{ед} = 1 \text{ а.е.м.} = (\text{масса } ^{12}C)/12 \approx 1{,}66\cdot 10^{-27} \text{ кг}}$$

Гаевлева

Относительная молекулярная (атомная) масса вещества

Относительная молекулярная (или атомная) масса вещества — отношение массы молекулы (или атома) данного вещества к 1/12 массы атома углерода ^{12}C (1 а.е.м.)

$$M_r = m_0 / (m_{0C} /12)$$

$$M_r = m_0 / 1 \text{ а.е.м.}$$

где m_0 – масса молекулы (или атома) данного вещества, m_{0C} – масса атома углерода.

Относительная молекулярная (атомная) масса выражается в атомных единицах массы.

Опыты, позволившие открыть закон Авогадро. Закон объёмных отношений.

Измеряя объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, французский физик Жозеф Луи Гей-Люсса́к (1778-1850) 31 декабря 1808 г. пришёл к установлению **закона простых объёмных отношений («химическому» закона Гей-Люссака)**:

Объёмы вступающих в реакцию газов относятся друг к другу и к объёмам образующихся газообразных продуктов реакции как небольшие целые числа

Французский физик
Жозеф Луи Гей-Люсса́к
(Joseph Louis Gay-Lussac)
(6.12.1778-9.05.1850)

Закон Авогадро

В равных объёмах различных газов при одинаковых условиях (одинаковых температурах и давлениях) содержится одинаковое число молекул.

Итальянский физик и химик

Амедео Авога́дро (Amedeo Avogadro)

(9.08.1776-9.07.1856)

Закон Авогадро открыт А.Авогадро в 1811 году, однако только с 1860 года стал широко применяться в физике и химии.

Моль

Слово «**моль**» придумал в начале 20 века немецкий физико-химик лауреат Нобелевской премии Вильгельм Оствальд (1853–1932); оно содержит тот же корень, что и слово «молекула» и происходит от латинского moles – громада, масса с уменьшительным суффиксом.

Моль – единица количества вещества ν в системе СИ.

Моль – это количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в 0,012 кг изотопа углерода ^{12}C.

При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц. Другими словами, в 1 моле содержится столько молекул (атомов, ионов и каких-либо других структурных элементов вещества), сколько атомов содержится в 0,012 кг изотопа углерода ^{12}C.

Раньше **молем** или **грамм-молекулой** называли **количество вещества, численно равное относительной молекулярной массе, но выраженное в граммах.**

Постоянная Авогадро

Число молекул (число структурных единиц) в одном моле любого вещества называется **постоянной Авогадро**

$$N = 6{,}0221367 \cdot 10^{23}$$

ЛПОЗ.ru

Молярная масса

Массу одного моля вещества (количество вещества ν = 1 моль) называют **молярной массой** и обозначают **μ** или ***M***:

Молярная масса — величина, равная отношению массы вещества ***m*** к количеству вещества ***ν***.

$$M = m / \nu.$$

В общем случае молярная масса вещества, выраженная в г/моль, численно равна относительной атомной или относительной молекулярной массе этого вещества:

$$M = M_r \text{ (г/моль)}, \quad M = M_r \cdot 10^{-3} \text{ (кг/моль)},$$

Яковлева 18

Количество вещества

$$\boldsymbol{\nu = N/N_A = m/M}$$

ν — количество вещества, $[\nu]$ = моль,

N - общее число молекул,

N_A - число Авогадро, $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ (1/моль),

m — общая масса вещества,

M — молярная масса, $[M]$ = кг/моль,

Следствие из закона Авогадро

При одинаковых условиях равные количества различных газов занимают равные объёмы.

В частности, при **нормальных условиях** (н. у.)
[температуре $\mathbf{T_0}$ = 273,15 K = 0 °C и
давлении $\mathbf{p_0}$ = 1,01325 · 10^5 Па =1 атм = 760 мм. рт. ст.]

1 моль любого газа (близкого по свойствам к идеальному газу), занимает один и тот же объём V_M = 22,4 л.

Эта физическая постоянная V_M называется молярный (мольный) объём газа при нормальных условиях. Точное значение молярного объёма газа 22.4135 ± 0.0006 л/моль.

Следствие из закона Авогадро

Плотности ρ_2 и ρ_1 двух идеальных газов при одних и тех же давлении и температуре прямо пропорциональны их молярным массам M_2 и M_1 :

$$\rho_2 / \rho_1 = M_2 / M_1$$

Следствие из закона Авогадро

Третье следствие закона Авогадро относится к реакциям с участием газов, его часто называют **законом объемных отношений:**

Объемы реагирующих и образующихся в результате реакции газов, если они измерены при одинаковых условиях, относятся так же, как и коэффициенты в уравнении реакции.

Например, для реакции горения метана $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

на основании этого закона можно утверждать, что с одним объемом метана прореагирует два объема кислорода, в результате получится один объем углекислого газа, если все объемы измерены при одинаковых условиях.

Яковлева 22

Атомная единица массы вещества (а.е.м.)

$$m_{ед} = \frac{\text{масса атома } C_{12}}{12} \approx 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,\text{кг}$$

Относительная молекулярная (атомная) масса вещества - отношение массы молекулы (атома) m_0 к а.е.м.

$$M_r = \frac{m_0}{m_{ед}}$$

вещество	M_r
C	12
O	16
N	14
H	1

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

Моль любого вещества содержит одно и тоже число молекул - **число Авогадро**

$$N_A = \frac{0{,}012\,\text{кг/моль}}{1{,}66 \cdot 10^{-27} \cdot 12} = 6{,}023 \cdot 10^{23}\,\text{моль}^{-1}$$

Молярная масса есть масса моля вещества

$$M = m_0 N_A = M_r m_{ед} N_A$$
$$M = M_r \cdot 10^{-3}\,(\text{кг/моль})$$

Количество вещества

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

Закон Авогадро

Моль любого идеального газа при нормальных условиях занимает объем

$p = 760$ *мм рт.ст.* $= 1{,}013\ 10^5$ *Па*,
$T = 273$ *К*
$V = 22{,}4 \cdot 10^{-3}\,\text{м}^3$

Вопросы

- Каковы порядковые величины диаметра и массы молекул?
- Что называют относительной молекулярной массой?
- Что называют количеством вещества?
- Какова единица количества вещества? Дайте определение этой единицы.
- Что такое молярная масса вещества?
- Что называют постоянной Авогадро?
- Чему равна постоянная Авогадро?

Домашнее задание

Повторите:

- Что такое молекула?
- Что такое атом?
- Количество вещества.
- Число Авогадро.
- Закон Авогадро.
- Молярная масса вещества.

Спасибо за внимание!