

В.В.Загорский
под редакцией С.Ф.Дунаева

Химия для психологов

Введение
Наш мир с точки зрения химика

В нашем вещественном мире знания о свойствах и превращениях вещества являются чрезвычайно важными. Поэтому химию можно назвать главной наукой, влияющей на все аспекты жизни общества.

Химическое видение мира

Давно уже замечено – химики-профессионалы отличаются широтой своих взглядов и открытым отношением ко всему происходящему вокруг. Это легко объяснить тем, что все наше современное материальное окружение – продукция промышленного химического синтеза. Но главная причина – не только в "химии вокруг нас".

Настоящий химик, даже если он не занимается непосредственно синтезом, всегда "чувствует вещество". Это чувство вещества проявляется и в умении отмыть "насмёрть" пригоревшую кастрюлю, и в способности найти на свалке всевозможные редкие металлы в невзрачных предметах, и в точном определении способа ремонта пластмассового изделия (сварить или склеить, а если склеить, то чем и как).

До сих пор среди профессионалов-химиков наиболее ценятся не те коллеги, которые умеют вычислить "с определенным приближением" свойства новой молекулы, а синтетика, способные "чувствовать вещество" и эту самую молекулу "сварить" изящным путем из неожиданных на первый взгляд веществ-предшественников.

Химию можно "ненаучно" определить как то, чем занимаются люди, называющие себя химиками. Лауреат Нобелевской премии 1996 г. американец Гарольд Крото (Университет Сассекса) предложил интересный «образ химика». Свою премию он получил совместно с Ричардом Смолли и Робертом Керлом за открытие фуллеренов в 1985 г. Фуллерены – это новая форма элементарного углерода; среди них есть, например, фуллерен C_{60} с шарообразными молекулами, "сшитыми" из пяти- и шестиугольников, как футбольный мяч.

Г.Крото писал [1]:

"Химики, по-моему, страдают особой формой "шизофрении". В самом деле, их мышление – это причудливая смесь самых абстрактных и совсем наглядных представлений. Они знают о тонких квантово-механических закономерностях, определяющих свойства молекул, которые, в свою очередь, ответственны за все многообразие окружающего нас мира. Эта взаимосвязь микро- и макромира остается скрытой от ученых других специальностей. Кроме того, никто не сделал так много для улучшения условий жизни людей, как химики, но их заслуги в должной мере не оценены".

Выдающийся русский духовный писатель и священник XIX века святитель Игнатий Кавказский (Дмитрий Александрович Брянчанинов; 1807-1867) подчеркивал важность изучения самой материальной из наук – химии [2]:

¹. "Новости науки" Химия и жизнь-XXI век, 1997, № 2, с.5

“Кажется, говорил нам красноречивый и умный профессор Соловьев (проф. СПб ун-та Михаил Феодорович Соловьев читал физику и химию в офицерских классах главного Инженерного училища), произнося введение в химию, мы для того и изучаем эту науку, чтоб узнать, что мы ничего не знаем и не можем ничего знать; такое необъятное поприще познаний открывает она пред взорами ума! Так приобретенные нами познания на этом поприще ничтожны! Она с осязательною ясностью доказывает и убеждает, что вещество, хотя оно, как вещество, должно иметь свои границы, не может быть постигнуто и определено человеком и по обширности своей, и по многим другим причинам. Химия следит за постепенным утончением вещества, доводит его до тонкости, едва доступной для чувств человеческих, в этом тонком состоянии вещества еще усматривает сложность и способность к разложению на составные части, более тонкие, хотя самое разложение уже невозможно. Человек не видит конца утончению вещества, так же как и увеличению чисел и меры. Он постигает, что бесконечное должно быть и невещественным; напротив того, все конечное должно по необходимости быть и вещественным. Но это – идея неопределенная; определено ее существование. Затем физика и химия вращаются в одном веществе, расширяют познания об употреблении его для временных, земных нужд человека и человеческого общества.”

Химический синтез все-таки ближе к искусству, чем к науке. Ведь это управление поведением атомов и молекул, которые человек без приборов не может видеть в принципе.

1. Основные понятия химии

Современное определение:

Химия – наука о превращениях веществ, связанных с изменением электронного окружения атомных ядер.

Современная наука-естествознание – способ познания реального мира, включающего в себя как ощущаемую органами чувств человека реальность, так и *реальность невидимую*, способ познания, основанный на построении *проверяемых моделей* этой реальности

Конец XIX века:

Д.И.Менделеев [³]: "Ближайший предмет химии составляет изучение однородных веществ, из сложения которых составлены все тела мира, превращений их друг в друга и явлений, сопровождающих такие превращения."

Определения из Химической энциклопедии [⁴]:

Вещество – вид материи, которая обладает массой покоя. Состоит из элементарных частиц: электронов, протонов, нейтронов, мезонов и других. Химия изучает главным образом вещество, организованное в атомы, молекулы, ионы и радикалы. Такие вещества принято подразделять на простые и сложные (химические соединения).

Элементы химические (Э.Х.), совокупности атомов с определенным зарядом ядра Z. Д.И.Менделеев определял Э.Х. так: "материальные части простых или сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств".

Формами существования Э.Х. в свободном виде являются простые вещества.

Простые вещества образованы атомами одного химического элемента и потому являются формой его существования в свободном состоянии, например сера, железо, озон, алмаз. **Сложные вещества** образованы разными элементами и могут иметь состав

². Святитель Игнатий Брянчанинов. Странник – М., СПб., "Лествица", "Диоптра", 1998. – 286 с. (Серия "Русская духовная проза")

³. Менделеев Д. Основы Химии 6-е издание С-Пб, тип. В.Демакова, 1895. – 780 с., с.2

⁴. Химическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Большая Российская энцикл., 1998. – 623 с. (т.1)

постоянный (стехиометрические соединения или *дальтони́ды*) или меняющийся в некоторых пределах (нестехиометрические соединения или *бертоллиды*).

Примеры простых веществ: кислород, азот – основные газы, из которых состоит воздух; медь, железо – чистые металлы.

Примеры сложных веществ: вода – состоит из элементов водорода и кислорода; мел – состоит из элементов кальция, углерода и кислорода.

Атом (от греч. atomos – неделимый), наименьшая частица химического элемента, носитель его свойств. Каждому химическому элементу соответствует совокупность определенных атомов.

Некоторые химические элементы могут существовать в виде нескольких простых веществ. Такие разные простые вещества, соответствующие одному и тому же элементу, называются **аллотропными модификациями**. У кислорода их две – кислород O_2 и озон O_3 , а углерода – много.

Атомы с одинаковым количеством протонов и электронов, но с разным количеством нейтронов называют **изотопами** данного элемента.

Например, у водорода есть три изотопа — протий, дейтерий и тритий. Их атомы имеют один протон и один электрон, но, соответственно, 0, 1 и 2 нейтрона. При обозначении изотопа перед символом химического элемента верхним индексом указывают массовое число, а нижним — атомный номер, например, протий ${}^1_1\text{H}$, дейтерий ${}^2_1\text{H}$.

Единицей **атомной массы** является $1/12$ массы нейтрального атома наиболее распространенного в природе изотопа углерода, ядро которого содержит 6 протонов и 6 нейтронов.

Средние атомные массы химических элементов (с учетом природных изотопов) приведены в Периодической таблице.

Основные закономерности изменения свойств химических элементов отражены в **Периодическом законе** (современная формулировка):

Свойства простых веществ и их соединений находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов элементов.

В 1869 г. Д.И.Менделеев сформулировал Периодический закон следующим образом:

Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов.

Наглядно Периодический закон выражен в **Периодической системе**, представляющей собой таблицу. В этой таблице элементы расположены в горизонтальных строках – периодах и вертикальных столбцах – группах. Обычно используют две версии таблицы – короткопериодную и длиннопериодную (см. Приложение 1).

Молекула (новолат. *molecula*, уменьшит. от лат. *moles* – масса), микрочастица, образованная из двух или большего числа атомов и способная к самостоятельному существованию. Имеет постоянный состав (качественный и количественный) входящих в нее атомных ядер и фиксированное число электронов и обладает совокупностью свойств, позволяющих отличать одну молекулу от других, в т.ч. от молекул того же состава.

Ионы (от греч. *ion* – идущий), одноатомные или многоатомные частицы, несущие электрический заряд. Положительные ионы называют *катионами* (от греч. *kation*, буквально – идущий вниз), отрицательные – анионами (от греч. *anion*, буквально идущий вверх). В свободном состоянии существуют в газовой фазе (в плазме).

Моль — это такое количество вещества, которое содержит столько же структурных единиц, сколько атомов содержится в 12 г изотопа углерода ${}^{12}_6\text{C}$. Структурными единицами могут быть атомы, молекулы, ионы, электроны или любые другие частицы.

В 1 моле количество частиц постоянно и равно **числу Авогадро** [⁵] (N_A). Точное значение N_A равно числу атомов углерода в 12 г чистого изотопа $^{12}_6\text{C}$.
Приблизительное число — **$6,022 \cdot 10^{23}$**

Масса одного моля любого вещества, выраженная в граммах, называется **молярной массой**. Численно она равна атомной или молекулярной массе этого вещества.

Газы подчиняются **закону Авогадро**: При давлениях около 1 атм и температурах вблизи комнатной равные объемы газов содержат равные количества молекул.

В соответствии с этим законом при «нормальных условиях» (1 атм и 0°C или 273 К) 1 моль любого газа занимает приблизительно 22,4 л.

Валентность (от лат. *valentia* – сила), способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи. Количественной мерой валентности атома элемента Э служит число атомов водорода или кислорода (эти элементы принято считать соответственно одно- и двухвалентными), которые Э присоединяет, образуя гидрид ЭH_x или оксид $\text{Э}_n\text{O}_m$. Валентность элемента может быть определена и по другим атомам с известной валентностью.

В рамках электронной теории химической связи валентность атома определяется числом его неспаренных электронов в основном или возбужденном состоянии, участвующих в образовании общих электронных пар с электронами других атомов.

Реакции химические (от лат. *ge-* – приставка, означающая обратное действие, и *actio* – действие), превращения одних веществ (исходных соединений) в другие (продукты реакции) при неизменяемости ядер атомов.

Исходные вещества иногда называют реагентами, однако чаще (особенно в органической химии) термин “реагент” используют по отношению к одному, наиболее активному исходному соединению, определяющему направление химической реакции.

2. Язык химии

Химические элементы обозначают **буквенными символами**, состоящими из одной или двух букв. Эти буквы берут из греческого названия химического элемента. Например, элемент углерод обозначают С, от греческого *Carboneum*; водород – Н, от греческого *Hydrogenium* (рождающий воду); кислород – О, от греческого *Oxygenium* (рождающий кислоты).

В каждой клетке Периодической таблицы обычно можно найти: символ химического элемента, его название, среднюю атомную массу, а также порядковый номер и некоторые другие данные, например, электронное строение.

Состав веществ указывают **химической формулой**. Для веществ, состоящих из атомов, например, железа, просто указывают символ Fe. Для молекулярных веществ указывают состав молекулы, причем число атомов элемента в молекуле указывают индексом внизу справа от символа элемента. Примеры простых веществ: водород H_2 , кислород O_2 , озон O_3 . Сложные вещества: вода H_2O , этиловый спирт $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ или правильнее $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Порядок соединения атомов в молекулах отражается структурными формулами. В них чертой отражают связи, образованные одной парой электронов (одинарные). Двойные связи, образованные двумя электронными парами, обозначают двойной чертой, тройные связи – тройной чертой.

⁵ Амедео Авогадро (итал. *Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregna e Cerreto*) (1776 — 1856), итальянский физик и химик.

Примеры:
 Водород H_2 $H-N$ Кислород O_2 $O=O$ Азот N_2 $N\equiv N$

Вода H_2O $H-O-N$ $\begin{matrix} H & H \\ | & | \\ H-C & -C-O-H \\ | & | \\ H & H \end{matrix}$
 Этиловый спирт C_2H_5OH

Для описания химического процесса используют схемы и уравнения химических реакций. В схемах указывают только формулы исходных веществ и образующихся продуктов. В уравнениях химической реакции число атомов каждого элемента в исходных веществах и продуктах должно быть одинаково. В записи для этого используют коэффициенты перед формулами веществ:

Пример – уравнение горения пропана (газа из зажигалки):
 $C_3H_8 + 5 O_2 = 3 CO_2 + 4 H_2O$

2.1. Задача

На газовой плите открыли кран. Куда устремится газ метан – вниз, к полу, или вверх к потолку?

При решении пользуйтесь данными Периодической таблицы, а также примите, что воздух содержит по объему 80% азота N_2 и 20% кислорода O_2 .

Приложение 1

Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева
 («короткопериодный» вариант)

| Период | Ряд | ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | | | | |
| I | 1 | (H) | | | | | | H 1,00797 Водород | He 4,0026 Гелий | Обозначение элемента Атомный номер Li 6,939 Литий | | | | | |
| II | 2 | Li 6,939 Литий | Be 9,0122 Бериллий | B 10,811 Бор | C 12,01115 Углерод | N 14,0067 Азот | O 15,9994 Кислород | F 18,9984 Фтор | Ne 20,179 Неон | Относительная атомная масса | | | | | |
| III | 3 | Na 22,9898 Натрий | Mg 24,305 Магний | Al 26,9815 Алюминий | Si 28,086 Кремний | P 30,9738 Фосфор | S 32,064 Сера | Cl 35,453 Хлор | Ar 39,948 Аргон | | | | | | |
| IV | 4 | K 39,102 Калий | Ca 40,08 Кальций | Sc 44,956 Скандий | Ti 47,90 Титан | V 50,942 Ванадий | Cr 51,996 Хром | Mn 54,9380 Марганец | Fe 55,847 Железо | Co 58,9330 Кобальт | Ni 58,71 Никель | | | | |
| | 5 | Cu 63,546 Медь | Zn 65,37 Цинк | Ga 69,72 Галлий | Ge 72,59 Германий | As 74,9216 Мышьяк | Se 78,96 Селен | Br 79,904 Бром | Kr 83,80 Криптон | | | | | | |
| V | 6 | Rb 85,47 Рубидий | Sr 87,62 Стронций | Y 88,905 Иттрий | Zr 91,22 Цирконий | Nb 92,906 Ниобий | Mo 95,94 Молибден | Tc [99] Технеций | Ru 101,07 Рутений | Rh 102,905 Родий | Pd 106,4 Палладий | | | | |
| | 7 | Ag 107,868 Серебро | Cd 112,40 Кадмий | In 114,82 Индий | Sn 118,69 Олово | Sb 121,75 Сурьма | Te 127,60 Теллур | I 126,9044 Иод | Xe 131,30 Ксенон | | | | | | |
| VI | 8 | Cs 132,905 Цезий | Ba 137,34 Барий | La* 138,91 Лантан | Hf 178,49 Гафний | Ta 180,948 Тантал | W 183,85 Вольфрам | Re 186,2 Рений | Os 190,2 Осмий | Ir 192,2 Иридий | Pt 195,09 Платина | | | | |
| | 9 | Au 196,967 Золото | Hg 200,59 Ртуть | Tl 204,37 Таллий | Pb 207,19 Свинец | Bi 208,980 Висмут | Po [210]* Полоний | At [210] Астат | Rn [222] Радон | | | | | | |
| VII | 10 | Fr [223] Франций | Ra [226] Радий | Ac** [227] Актиний | Rf [261] Резерфордий | Db [262] Дубний | Sg [263] Сиборгий | Bh [264] Борий | Hs [265] Хассий | Mt [266] Мейтнерий | 110 | | | | |
| Лантаноиды* | | 58 Ce 140,12 Церий | 59 Pr 140,907 Прозеродим | 60 Nd 144,24 Неодим | 61 Pm [147]* Прометий | 62 Sm 150,35 Самарий | 63 Eu 151,96 Европий | 64 Gd 157,25 Гадолиний | 65 Tb 158,924 Тербий | 66 Dy 162,50 Диспрозий | 67 Ho 164,930 Гольмий | 68 Er 167,26 Эрбий | 69 Tm 168,934 Тулий | 70 Yb 173,04 Иттербий | 71 Lu 174,97 Лютеций |
| Актиноиды** | | 90 Th 232,038 Торий | 91 Pa [231] Протактиний | 92 U 238,03 Уран | 93 Np [237] Нептуний | 94 Pu [244] Плутоний | 95 Am [243] Америций | 96 Cm [247] Кюрий | 97 Bk [247] Берклий | 98 Cf [251]* Калифорний | 99 Es [254] Эйнштейний | 100 Fm [257] Фермий | 101 Md [257] Менделевий | 102 No [259] Нобелий | 103 Lr [260] Лоуренсий |

Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева
(«длиннопериодный» вариант)

| Ia | | | | | | | | | | | | VIIIa | | | | | |
|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|------|----|
| 1 | | | | | | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 2 |
| H | IIa | | | | | | | | | | | IIIa | IVa | Va | VIa | VIIa | He |
| 3 | 4 | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | 10 |
| Li | Be | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 11 | 12 | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| Na | Mg | IIIb | IVb | Vb | VIb | VIIb | VIIIb | | | IB | IIB | | | | | | |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| 55 | 56 | 57 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| 87 | 88 | 89 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | | | | | |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Uun | Uuu | Uub | Uut | | | | | |
| | | | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | |
| | | | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | |
| | | | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | |
| | | | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | |