**4. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВ.**

Все вещества имеют определённый состав, строение и характерные свойства. Различают **физические свойства:** агрегатное состояние при обычных условиях, температуры плавления и кипения, плотность, тепло- и электропроводность, магнитные свойства, цвет, запах, растворимость… и **химические свойства:** способность взаимодействовать с другими веществами или превращаться в другие вещества при определённых условиях.

Об особенностях расположения и поведения частиц в различных агрегатных состояниях вы знаете из курса физики. Наиболее значительные взаимодействия между структурными единицами наблюдаются в твёрдом агрегатном состоянии. Практически любое вещество за счёт понижения температуры и повышения давления можно перевести в твёрдое состояние (пока это не удалось только для гелия). Твёрдое состояние может быть аморфным (частицы расположены разупорядочено), или кристаллическим (строго упорядоченно). Упорядоченное расположение частиц (атомов, ионов, молекул) называется кристаллической решёткой, а точки их размещения - узлами кристаллической решётки. В зависимости от типа структурных единиц вещества и природы связи различают ковалентные (атомные), металлические, ионные и молекулярные кристаллические решётки.

**ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ.**

Состав любого вещества выражают химической формулой. Формула показывает из атомов каких элементов состоит вещество и соотношение этих атомов в структурной единице вещества (молекуле, кристалле). Число атомов каждого элемента – **индекс** указывается справа от знака элемента. Рассмотренные ранее структурные единицы веществ: водорода, кислорода и азота – это молекулы, которые образованы двумя атомами соответствующих элементов и это показывают их химические формулы: Н2, O2, N2.

Различают простые вещества (Н2, Fe, Na, P4, S, Si, …) и сложные (H2O, CO2, H2SO4, NaCl…). **Простые вещества** образованы атомами только одного химического элемента. **Сложные** – атомами нескольких элементов.

**Простые вещества.** **Формулы простых веществ.**

Каждому элементу соответствует хотя бы одно простое вещество.

**Элементы-металлы** образуют соответствующие простые вещества за счёт металлической связи.

и их формулы записываются символами элементов, из атомов которых они и состоят: Fe, Na, Cu, Ag,… Атомы металлов в твёрдом состоянии расположены упорядоченно, в строго определённых точках пространства. Кристаллические решётки металлов называются металлическими, поскольку между частицами вещества в решётке действует металлическая связь («электронный газ»).

**Простые вещества -неметаллы**

В простых веществах **элементов – неметаллов** связь ковалентная неполярная. В этом случае образуютсялибо молекулы, либо ковалентные (атомные)кристаллы.

**Молекулярного строения**.

Молекулы водорода - H2, кислорода - О2, азота - N2 и элементов VIIA группы: фтора - F2,хлора - Cl2, брома - Br2, йода – I2 состоят из двух атомов. Сера состоит из молекул состава S8, фосфор -Р4, озон -О3.Их формулы нужно запомнить. Вещества молекулярного строения легко летучи. При обычных условиях это газы, жидкости, реже твёрдые вещества с низкими температурами плавления или возгонки (*возгонка - переход твердого состояния в газообразное*). Причина в том, что при изменении агрегатного состояния молекулы сохраняются, а разрушения слабых межмолекулярных взаимодействий не требует больших энергетических затрат.

При обычных условиях H2, О2, N2, F2, Cl2, О3, -газы, Br2-жидкость, I2, S8, Р4 -твёрдые вещества.

При низких температурах все они кристаллизуются, образуя молекулярные кристаллические решётки.

**Немолекулярного строения**

Когда большое число атомов элемента-неметалла связано с несколькими соседними атомами, то образуется атомный кристалл – **атомная (ковалентная) кристаллическая решётка.** Здесь нельзя выделить отдельные группировки частиц, которые можно было бы назвать молекулами. Весь кристалл можно рассматривать как одну гигантскую молекулу. Атомные кристаллические решётки образуют углерод (алмаз, графит), кремний, бор. Формулы таких веществ записываются без индексов: С, Si, B. Это всегда твёрдые вещества с высокими температурами плавления. Расплавить такой кристалл означает разрушить множество ковалентных связей, а разрыв связей всегда энергозатратный процесс.

**Аллотропия.**  Некоторые элементы образуют несколько простых веществ разного состава и строения. Например, элемент кислород образует молекулы состава О2(кислород) и О3(озон). Элемент фосфор – молекулы Р4 (белый фосфор) и атомные кристаллы Р (красный фосфор). Несколько простых веществ образует углерод.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С60 – С120 (фуллерены) | Фуллерен — Википедия | С(графит) | УГЛЕРОД | Энциклопедия Кругосвет | С(алмаз) | модели решеток алмаза и графита |

Углерод существует в виде сферических молекул фуллеренов разного состава и ряда веществ немолекулярного строения, наиболее известные из которых - графит и алмаз. В структуре графита каждый атом углерода образует три ковалентные ***σ***-связи, лежащие в одной плоскости. В алмазе связей четыре, а в результате… другой тип решётки, другие свойства и, соответственно, другое вещество. Интересно, что простого вещества с названием «углерод» нет. Это единственный случай для всей таблицы Менделеева!

Явление существования [химического элемента](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82) в виде нескольких простых веществ называется **аллотропией**, а сами вещества – **аллотропными модификациями** данного элемента. Аллотропия характерна для элементов: O, S, P, C, Sn и обусловлена:

* разным составом молекул (О2,О3);
* разной структурой кристаллов (графит и алмаз);
* наличием аморфной и кристаллической форм (серое и белое олово)

Применительно к элементам-металлам, чаще используют термины **полиморфизм**  и **полиморфные модификации** (πολύμορφος -«многообразный» - греч.).

Названия простых веществ, как правило, совпадают с названием соответствующих элементов, кроме некоторых аллотропных модификаций (О3 – озон, все модификации углерода).

Ковалентная связь характерна для всех простых веществ-неметаллов. Исключение составляют только инертные газы. Электронная оболочка их атомов завершена и очень устойчива. Связь между ними не образуется, эти вещества состоит из отдельных атомов. Они химически неактивны, имеют низкие температуры конденсации (*конденсация - переход газа в жидкость*). Формулы простых веществ -инертных газов совпадают с символами соответствующих элементов: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. В образовании простых веществ участвуют атомы одного элемента, поэтому степень окисления всегда равна нулю.

**Сложные вещества. Формулы сложных веществ.**

В сложных веществах между атомами возможно образование либо ионной, либо ковалентной связи. Вещества с ионной связью образуют ионные кристаллические решётки, с ковалентной -молекулярные и атомные. При смещении электронов к атомам более электроотрицательных элементов их степень окисления становится отрицательной, а у атомов элементов менее электроотрицательных – положительной. Единственный неметалл с постоянной степенью окисления «–1»- фтор, поскольку у него максимальная электроотрицательность, а значит нет таких атомов, которые могли бы оттянуть его электроны.

Металлы в сложных веществах, отдавая внешние электроны проявляют только положительные степени окисления. Постоянную степень окисления, равную номеру группы (см. таблицу) имеют металлы главных подгрупп I-II групп, Al, Zn и Cd. Степень окисления калия, например всегда «+1», а кальция – «+2».

**Металлы, имеющие в соединениях постоянную степень окисления:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** |
|  |  |  |
| **Li** **3**  литий | **Be** 4  бериллий |  |
| **Na** 11  натрий | **Mg** 12  магний | **Al** 13  алюминий |
| **K** 19  калий | **Ca** 20  кальций |
|  | 30 **Zn**  цинк |
| **Rb** 37  рубидий | **Sr** 38  стронций |
|  | 48 **Cd**  кадмий |
| **Cs** 55  цезий | **Ba** 56  барий |

Атомы элементов-неметаллов (кроме фтора) могут проявлять как положительные, так и отрицательные степени окисления – от высшей до низшей, соответственно. Например, азот и фосфор – от +5 до -3; углерод и кремний – от +4 до -4; сера – от +6 до -2…

В целом соединения электронейтральны, следовательно суммы положительных и отрицательных степеней окисления должны быть равны. Зная степени окисления, можно составлять формулы соединений и наоборот, по формулам определять степени окисления каждого атома.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формула | CaCl2 | NaН | SiF4 | К**2**S | P**2**O5 |
| Степень окисления более ЭО элемента | -1 | -1 | -1 | -2 | -2 |
| Общее число электронов, смещённых к атомам более ЭО элемента | 1·2=2 | 1·1=1 | 1·4=4 | 2·1=2 | 2·5=10 |
| Степень окисления менее ЭО элемента | +2 | +1 | +4 | +1 | +5 |
| Общее число электронов, смещённых от атомов менее ЭО элемента | 2·1=2 | 1·1=1 | 4·1=4 | 1·2=2 | 5·2=10 |

Более электроотрицательные элементы в формуле стоят, как правило, последними. Они оттягивают на себя электроны от соседних атомов до завершения слоя, приобретая отрицательные степени окисления: Cl-1, Н-1, F-1, S-2 и О-2. От электроположительных элементов внешние электроны оттянуты и их степени окисления положительны: Cа+2, Na+, Si+4, К+, P+5.

Составим формулы нескольких **оксидов** - бинарных соединений кислорода, в которых он, как более электроотрицательный элемент, проявляет низшую степень окисления –«-2». Для каждого элемента с постоянной степенью окисления возможно образование только одного оксида составов: Li2O, Na2O, K2O, …ВеО, CaO,…, Al2O3.

Элементы с переменной степенью окисления образуют оксиды разного состава: N2O, NO,N2O3, NO2, N2O5, SO2,SO3,… Оксиды, в которых у электроположительного элемента высшая степень окисления (оттянуты все внешние электроны), называют высшими. Примеры высших оксидов: B**2**O3,CO**2**, SiO**2**, N**2**O5, SO**3**, Cl**2**O**7.**

**Названия бинарных соединений.**

В названии **окс**идов мы использовали корень латинского названия более электроотрицательного элемента, кислорода – **Ox**ygenium. Суффикс **ид** показывает, что более электроотрицательный элемент находится в низшей степени окисления: О-2 – оксид; S-2 – cульфид; Н- – гидрид; Cl- – хлорид; N-3 – карбид и т.д. Далее идёт русское название электроположительного элемента в родительном падеже: NaH -гидрид натрия, Al2S3 -сульфид алюминия,… Если степень окисления элемента переменная, то её величина указывается в конце: N2O- оксид азота (I) , NO2 - оксид азота (IV), FeS -сульфид железа (II). Сложные вещества могут состоять из атомов трёх, четырёх и более элементов. Закономерности составления формул и названий будут рассмотрены в следующем разделе.

**Задания:**

1. Составьте формулы следующих веществ:

водород, оксид меди(II), железо, сульфид натрия, силицид калия, бромид алюминия, озон, оксид азота(III), xлор, оксид хрома (VI), карбид алюминия.

1. Назовите вещества и определите степени окисления всех атомов и тип связи.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| KН | Са3Р2 | SO2 | FeCl3 |
| AlCl3 | ZnS | SO3 | Na2O |
| СO | Li | BaO | Na2O2 |
| CO2 | CuO | NaCl | CrO3 |
| I2 | Cu | P2O3 | HBr |
| Р4 | SO2 | P2O5 | PbO2 |
| Na2SO3 | HCl | K2О | KBr |

1. Составьте формулы высших оксидов элементов с порядковыми номерами 1-11 и 21-25.
2. Составьте формулы соединений серы с калием, водородом, фтором и назовите эти соединения. Какой тип связи в каждом из этих веществ?