

Лекция 3

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева и электронная структура атомов. Периодическое изменение физико-химических свойств элементов и их соединений

ПЛАН

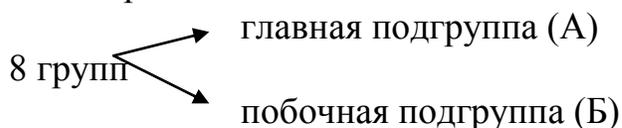
1. Структура Периодической Системы. Связь с электронным строением атомов.
2. Периодический закон.
3. Периодическое изменение физико-химических свойств элементов.
4. Изменение физико-химических свойств элементов и их соединений вдоль по периоду и сверху вниз по группе.

Структура Периодической Системы однозначно определена электронным строением атомов элементов.

- Порядковый номер элемента N – совпадает с зарядом ядра и числом электронов в атоме данного элемента. Элементы располагаются в ПС в порядке возрастания заряда их ядер.
- *Номер периода* $N_{пер}$ – совпадает со значением n (гл.квантового числа) внешнего энергетического уровня атома.
- *Номер группы* $N_{гр}$ – совпадает с максимальным числом валентных электронов в атоме.
- В главных подгруппах находятся элементы, у которых заполняется s - или p - подуровень.
- В побочных подгруппах находятся элементы, у которых формируется d -подуровень.
- В одной подгруппе находятся *элементы-аналоги*, обладающие *аналогичной валентной формулой*. Их свойства – сходные.

Периодическая таблица состоит:

Из 7 периодов

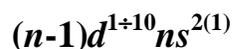


В ПСЭ различают 4 группы элементов, называемых по формирующему электрону s -, p -, d -, f - элементы:

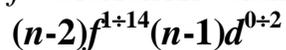
- s -элементы - расположены в 1А, 2А -подгруппах, H, He; их краткая электронная формула ns^{1+2}

- p -элементы расположены в 3А - 8А-подгруппах; их краткая электронная формула ns^2np^{1+6}

d -элементы расположены в В-подгруппах; их краткая электронная формула



f –элементы - лантаниды и актиниды; их краткая электронная формула



Формирование периодов в соответствии с правилами заполнения

| | | | |
|---------|--------|---------------|-----------------------------|
| I | $1s^2$ | | |
| II, III | ns^2 | | np^6 |
| IV, V | ns^2 | $(n-1)d^{10}$ | np^6 |
| VI, VII | ns^2 | $(n-1)d$ | $(n-2)f^{14} (n-1)d^9 np^6$ |

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

- формулировка Д.И.Менделеева (1869 г.)

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

- современная формулировка

Свойства химических элементов, а также свойства и формы образуемых ими соединений находятся в периодической зависимости от величины **заряда их ядер**

Физический смысл периодического закона:

за счет периодически повторяющейся конфигурации электронных оболочек атомов происходит периодическое повторение химических свойств их элементов

Периодически изменяются: **атомные и ионные радиусы, потенциалы ионизации и сродства к электрону, электроотрицательность, валентные, оптические и магнитные свойства** элементов и **кислотно-основные свойства соединений**.

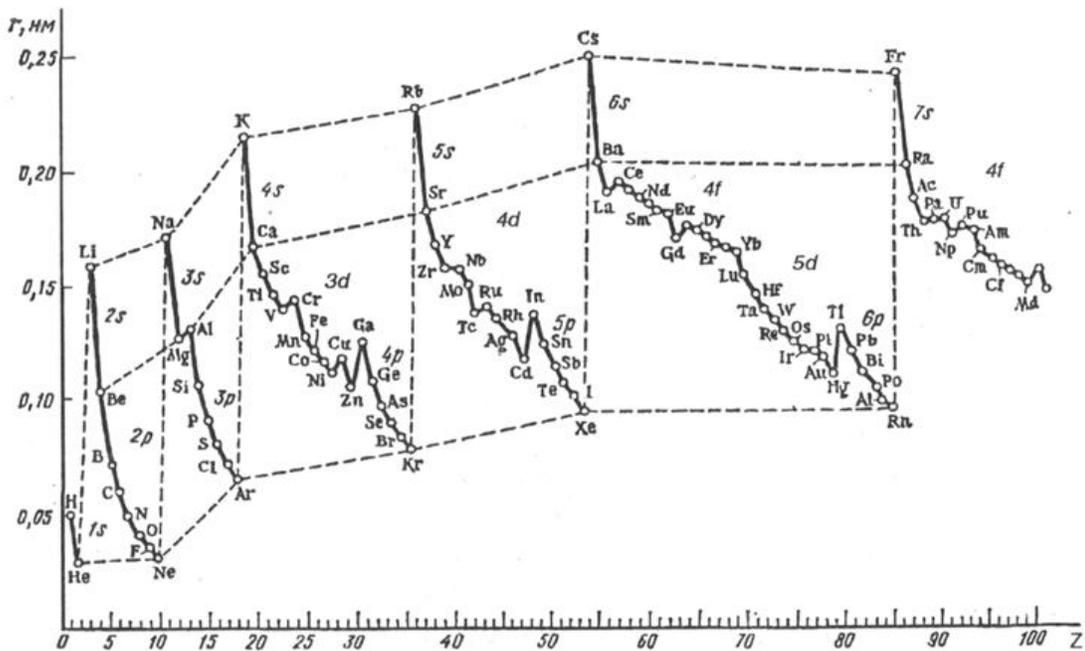


Рис.1. Периодическое изменение атомных радиусов

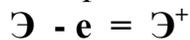
Радиус атомов:

За радиус атома (орбитальный) принимают теоретически рассчитанное расстояние от ядра до наиболее удаленного максимума электронной плотности.

В периодах наблюдается тенденция к уменьшению радиуса атомов.

В группах с ростом заряда ядра и числа электронных слоев радиус атомов увеличивается.

Энергия ионизации $E_{и}$ - энергия, необходимая для отрыва электрона от атома и образования положительно заряженного иона – катиона:



Вдоль по периоду $E_{и}$ в основном возрастает.

В группе сверху вниз $E_{и}$ несколько уменьшается.

Сродство к электрону $E_{ср}$ - энергия, выделяемая при присоединении электрона к атому



При этом образуются отрицательно заряженные ионы – **анионы**.

Наибольшее значение $E_{ср}$ имеют галогены, кислород, сера.

Электроотрицательность ЭО - относительная величина, характеризующая способность элементов смещать к себе электроны при взаимодействии атомов друг с другом.

Чем больше ЭО, тем сильнее атом притягивает электроны при образовании химической связи.

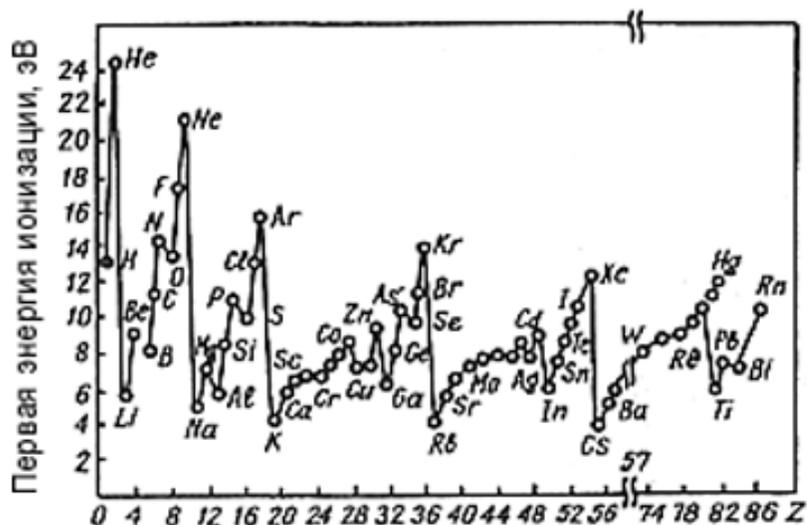


Рис. 2. Зависимость первой энергии ионизации от порядкового номера элемента

Окислительно-восстановительные свойства элементов.

Восстановительная активность элементов определяется способностью атомов *отдавать электроны*. Частицы, отдающие электроны, называют *восстановителями*.

Окислительная способность элементов определяется способностью их атомов *присоединять электроны*, вещества – *окислители*.

Наиболее сильные окислители – вещества с большой ЭО.

Таблица 1.

Электроотрицательность элементов по Полингу

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Н 2,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Li 1,0 | Be 1,5 | | | | | | | | | | | B 2,0 | C 2,5 | N 3,0 | O 3,5 | F 4,0 |
| Na 0,9 | Mg 1,2 | | | | | | | | | | | Al 1,5 | Si 1,8 | P 2,1 | S 2,5 | Cl 3,0 |
| K 0,8 | Ca 1,0 | Sc 1,3 | Ti 1,5 | V 1,6 | Cr 1,6 | Mn 1,5 | Fe 1,8 | Co 1,9 | Ni 1,9 | Cu 1,9 | Zn 1,6 | Ga 1,6 | Ge 1,8 | As 2,0 | Se 2,1 | Br 2,8 |
| Rb 0,8 | Sr 1,0 | Y 1,2 | Zr 1,4 | Nb 1,6 | Mo 1,8 | Te 1,9 | Ru 2,2 | Rh 2,2 | Pd 2,2 | Ag 1,9 | Cd 1,7 | In 1,7 | Sn 1,8 | Sb 1,9 | Te 2,0 | I 2,5 |
| Cs 0,7 | Ba 0,9 | La-Lu 1,0-1,2 | Hf 1,3 | Ta 1,5 | W 1,7 | Re 1,9 | Os 2,2 | Ir 2,2 | Pt 2,2 | Au 2,4 | Hg 1,9 | Tl 1,8 | Pb 1,9 | Bi 1,9 | Po 2,0 | At 2,2 |

Изменение физико-химических свойств элементов и их соединений

Вдоль по периоду.

У элементов **одного периода** число квантовых *слоев* одинаково, а **заряд ядра** возрастает *слева направо*.

В этом же направлении - вдоль по периоду *слева направо*:

- **радиус** атома уменьшается ↓
- E_n увеличивается ↑
- $E_{ср}$ увеличивается ↑
- **ЭО** увеличивается ↑
- **окислительные** свойства простых веществ увеличиваются ↑,
- **восстановительные** свойства – уменьшаются ↓
- **неметаллический** характер простых веществ увеличивается ↑,
- **металлический** – уменьшается ↓
- **кислотный** характер **гидроксидов** усиливается ↑,
- **основной** – уменьшается ↓

Сверху вниз по группе.

Сверху вниз по группе у атомов растёт заряд ядра, одновременно растёт число квантовых слоев.

Эти факторы **противоположным образом** действуют на *внешние электроны*.

Решающую роль имеет **степень экранирования** заряда ядра предыдущими слоями.

У *s*- и *p*- элементов экранирование сильное, следовательно:

- **радиус** атома увеличивается ↑
- E_n уменьшается ↓
- $E_{ср}$ уменьшается ↓
- **ЭО** уменьшается ↓
- **окислительные** свойства простых веществ уменьшаются ↓,
- **восстановительные** свойства – увеличиваются ↑
- **неметаллический** характер простых веществ уменьшается ↓,
- **металлический** – увеличивается ↑
- **кислотный** характер **гидроксидов** уменьшается ↓,
- **основной** – увеличивается ↑

У атомов *d*- и *f*-элементов имеются **особенности** в изменении ЭО и окислительно-восстановительных свойств в зависимости от положения в ПС (см. Таблицу 1).

Причина: более слабое экранирование *d*- и *f*-электронами электронов внешней оболочки и *лантанидное сжатие*.

Таким образом:

Самые сильные восстановители, имеющие **наименьшие ЭО**, расположены *в нижней левой* части ПСЭ - **Fr, Cs, Rb, Ra**.

Самые сильные окислители, имеющие **наибольшие ЭО**, расположены *в верхней правой* части ПСЭ - **F, Cl, O**.