

ГОУ ВПО «Донбасская Национальная академия строительства и архитектуры»,

кафедра «Прикладная химия»

Курс лекций по дисциплине «Химия»

для студентов 1 курса

Направление подготовки – 08.03.01 Строительство

«Современная теория строения атома.

Периодический закон и

периодическая система элементов Д.

И. Менделеева»



Макеевка, 2021

Составил:
Ташкинов Ю.А.



Состав вещества.



Атом – наименьшая химическая частица вещества.

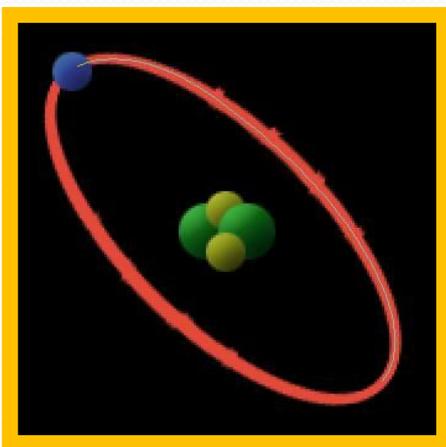
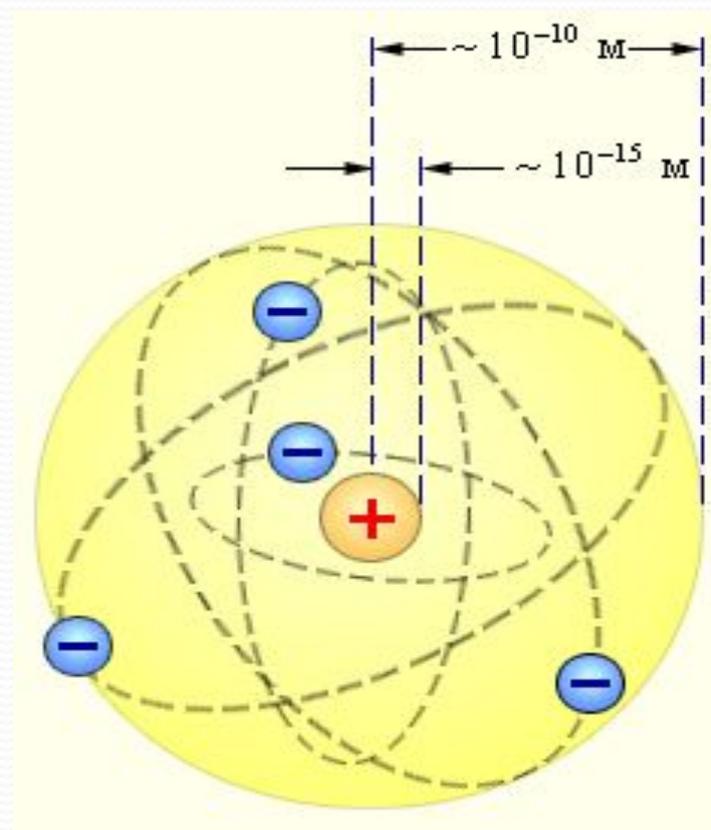
При разрушении атом распадается на более мелкие физические частицы:

e^- – электрон;

p^+ – протон;

n^0 – нейтрон;

число этих частиц у разных атомов различное.

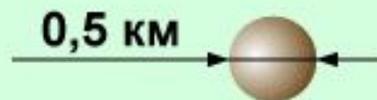


МАССА ПРОТОНА ИЛИ НЕЙТРОНА
В 1840 РАЗ БОЛЬШЕ МАССЫ ЭЛЕКТРОНА



ПОЭТОМУ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЯ МАССА
АТОМА СОСРЕДОТОЧЕНА В ЕГО ЯДРЕ

ПЛОТНОСТЬ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА
ОГРОМНА - 100×10^6 ТОНН В 1 см^3

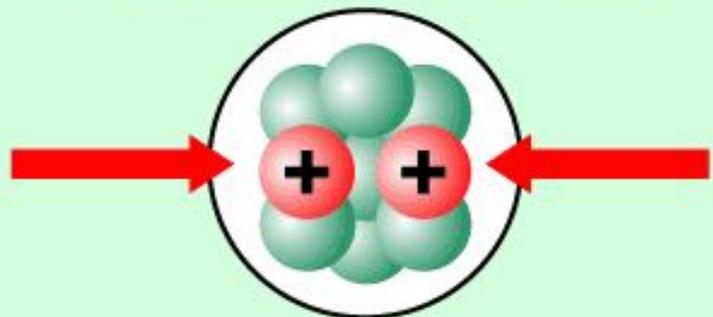


ШАР, СОСТОЯЩИЙ ИЗ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА,
ДИАМЕТРОМ 0,5 км РАВЕН ПО ВЕСУ ЗЕМНОМУ ШАРУ

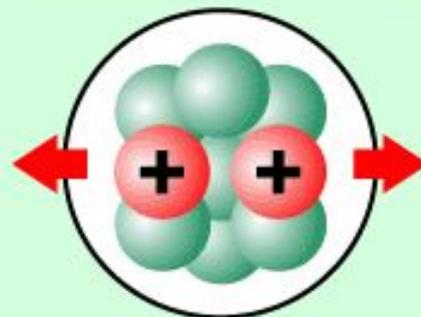


СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ЯДРЕ

МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ, ВХОДЯЩИМИ В ЯДРО,
ДЕЙСТВУЮТ ОСОБЫЕ СИЛЫ ВЗАИМНОГО
ПРИТЯЖЕНИЯ - ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ



МЕЖДУ ПРОТОНАМИ ЯДРА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИ
ОДНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ,
ДЕЙСТВУЮТ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ОТТАЛКИВАНИЯ



ПО СВОЕЙ ВЕЛИЧИНЕ ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ ОГРОМНЫ
И ЗНАЧИТЕЛЬНО ПРЕВОСХОДЯТ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ОТТАЛКИВАНИЯ ПРОТОНОВ



Строение электронной оболочки атома

- **Атомная орбиталь** - состояние электрона в атоме. Каждой орбитали соответствует электронное облако.
- Орбитали реальных атомов в основном (невозбужденном) состоянии бывают четырех типов: s, p, d и f.
- **Электронное облако** - часть пространства, в которой электрон можно обнаружить с вероятностью 90 (или более) процентов.



Квантовые числа:



- 1) Главное квантовое число n определяет уровень энергии, которому отвечает данная орбита, и ее удаленность от ядра.
- имеет значения ряда целых чисел от 1 до ∞ . $n_{\max} = 7$ максимальное значение n в электронной структуре атома любого элемента соответствует номеру периода в Периодической системе
 - Значение главного квантового числа n : 1234567...
 - Обозначение энергетического уровня: KLMNOPQ

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

| Периоды | Ряды | ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ | | | | | | | | | | | | | | | | Энергетические уровни | |
|---------|------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|---|-----|--|------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| | | I | | II | | III | | IV | | V | | VI | | VII | | VIII | | | a |
| | | a | б | a | б | a | б | a | б | a | б | a | б | б | | б | | a | |
| 1 | 1 | H 1 водород 1.008 | | | | | | | | | | | | | | | | He 2 гелий 4.003 | |
| 2 | 2 | Li 3 литий 6.941 | Be 4 бериллий 9.0122 | B 5 бор 10.811 | C 6 углерод 12.011 | N 7 азот 14.007 | O 8 кислород 15.999 | F 9 фтор 18.998 | | | | | | | | | | Ne 10 неон 20.179 | |
| 3 | 3 | Na 11 натрий 22.99 | Mg 12 магний 24.312 | Al 13 алюминий 26.982 | Si 14 кремний 28.086 | P 15 фосфор 30.974 | S 16 сера 32.064 | Cl 17 хлор 35.453 | | | | | | | | | | Ar 18 аргон 39.948 | |
| 4 | 4 | K 19 калий 39.102 | Ca 20 кальций 22.99 | Sc 21 скандий 44.956 | Ti 22 титан 47.867 | V 23 ванадий 50.941 | Cr 24 хром 51.996 | Mn 25 марганец 54.938 | Fe 26 железо 55.849 | Co 27 кобальт 58.933 | Ni 28 никель 58.693 | | | | | | | | |
| | 5 | Cu 29 медь 63.546 | Zn 30 цинк 65.38 | Ga 31 галлий 69.72 | Ge 32 германий 72.59 | As 33 мышьяк 74.922 | Se 34 селен 78.96 | Br 35 бром 79.904 | | | | | | | | | | | Kr 36 криптон 83.8 |
| 5 | 6 | Rb 37 рубидий 85.468 | Sr 38 стронций 87.62 | Y 39 иттрий 88.906 | Zr 40 цирконий 91.224 | Nb 41 ниобий 92.906 | Mo 42 молибден 95.94 | Tc 43 технеций 97.907 | Ru 44 рутений 101.07 | Rh 45 родий 102.906 | Pd 46 палладий 106.42 | | | | | | | | |
| | 7 | Ag 47 серебро 107.868 | Cd 48 кадмий 112.411 | In 49 индий 114.82 | Sn 50 олово 118.69 | Sb 51 сурьма 121.75 | Te 52 теллур 127.6 | I 53 йод 126.905 | | | | | | | | | | | Xe 54 ксенон 131.3 |
| 6 | 8 | Cs 55 цезий 132.905 | Ba 56 барий 137.34 | 57-71 лантаноиды | | Hf 72 гафний 178.49 | Ta 73 тантал 180.948 | W 74 вольфрам 183.84 | Re 75 рений 186.207 | Os 76 осмий 190.23 | Ir 77 иридий 192.217 | Pt 78 платина 195.084 | | | | | | | |
| | 9 | Au 79 золото 196.967 | Hg 80 ртуть 200.59 | Tl 81 таллий 204.37 | Pb 82 свинец 207.19 | Bi 83 висмут 208.98 | Po 84 полоний [210] | At 85 астат [210] | | | | | | | | | | | Rn 86 радон [222] |
| 7 | 10 | Fr 87 франций [223] | Ra 88 радий [226] | 89-103 актиноиды | | Rf 104 резерфордий [261] | Db 105 дубний [262] | Sg 106 сиборгий [263] | Bh 107 борий [262] | Hs 108 хассий [265] | Mt 109 мейтнерий [268] | Ds 110 дармштадтий [281] | | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| ВЫСШИЕ ОКСИДЫ | R_2O | RO | R_2O_3 | RO_2 | R_2O_5 | RO_3 | R_2O_7 | RO_4 |
| ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ | | | | RH_4 | RH_3 | H_2R | RH | |

ЛАНТАНОИДЫ

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Pr 59 примидий 140.908 | Nd 60 неодим 144.242 | Pm 61 прометий [145] | Sm 62 самарий 150.36 | Eu 63 европий 151.96 | Gd 64 гадолиний 157.25 | Tb 65 тербий 158.926 | Dy 66 диспрозий 162.5 | Ho 67 гольмий 164.93 | Er 68 эрбий 167.26 | Tm 69 тулий 168.934 | Yb 70 иттербий 173.04 | Lu 71 лютеций 174.97 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|

АКТИНОИДЫ

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| Ra 88 радий [226] | U 92 уран 238.29 | Np 93 нептуний [237] | Pu 94 нептуний [237] | Am 95 амерций [243] | Cm 96 кюрий [247] | Bk 97 берклий [247] | Cf 98 калifornий [251] | Es 99 эйнштейний [254] | Fm 100 фермий [257] | Md 101 менделевий [258] | No 102 нобелий [259] | Lr 103 лоуренсий 260.10 |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|



Квантовые числа:

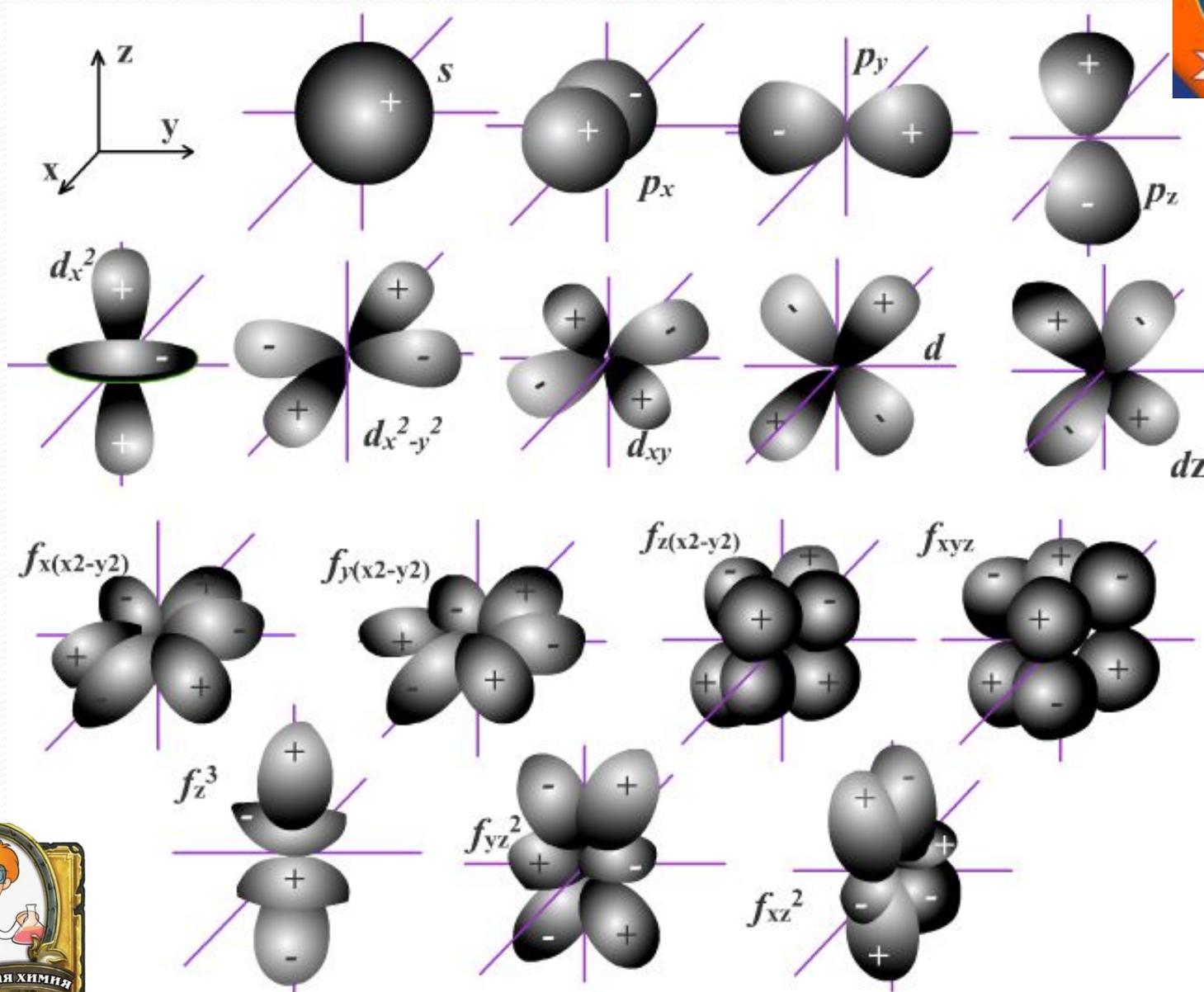


2) Орбитальное, побочное или азимутальное квантовое число l характеризует момент количества движения электрона относительно центра орбиты.

● может иметь значения: $l =$ от 0 до $(n - 1)$

| Подуровень | s | p | d | f |
|-----------------|---|---|---|---|
| Число орбиталей | 1 | 3 | 5 | 7 |
| $l =$ | 0 | 1 | 2 | 3 |

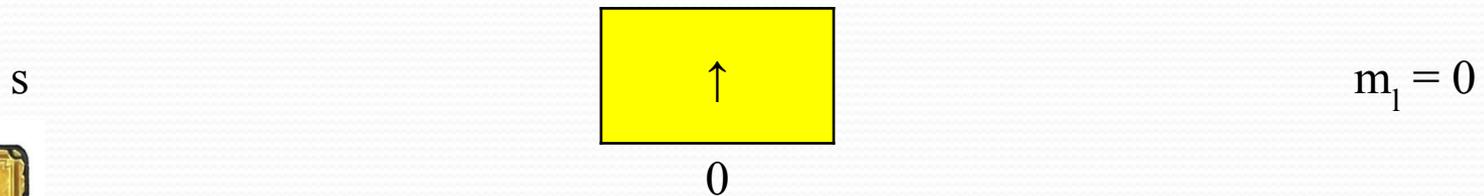
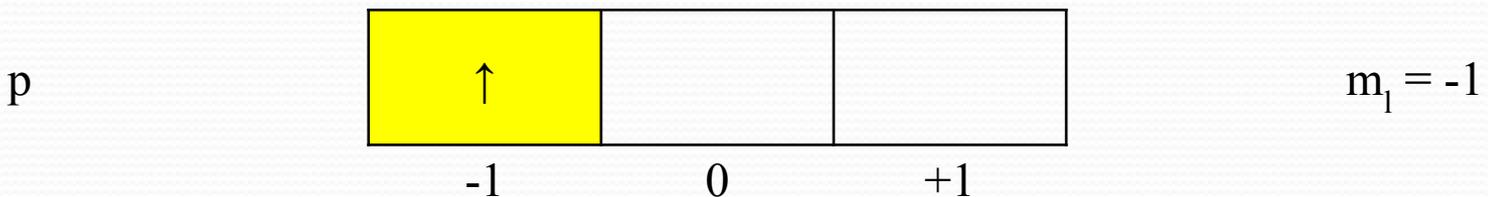
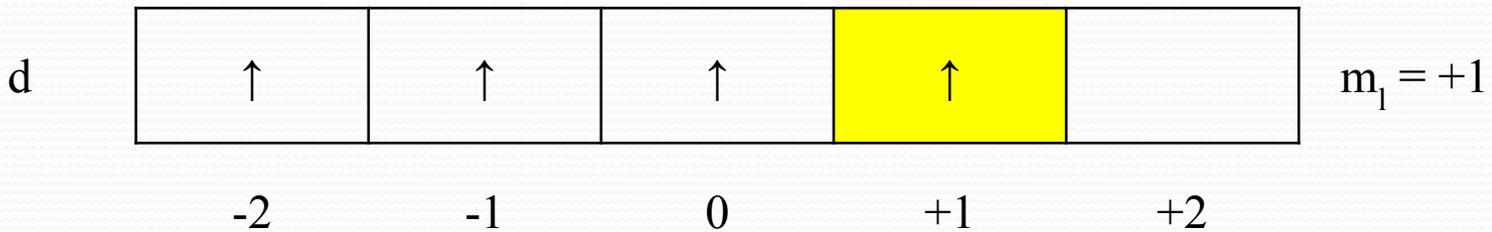
Типы АО





Квантовые числа: $m_l = 2l + 1$

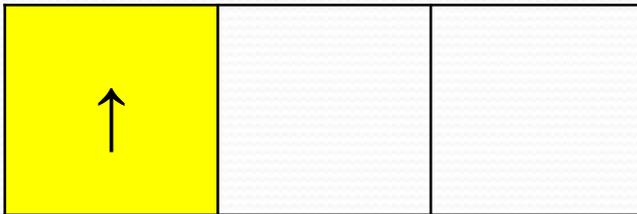
3) Магнитное квантовое число m определяет положение плоскости орбиты электрона в пространстве.



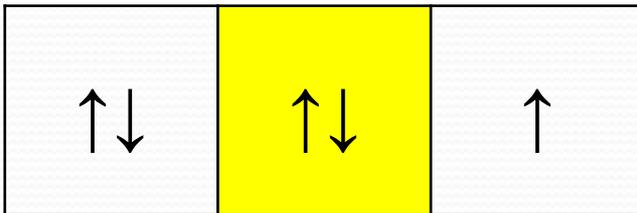


Квантовые числа:

- 4) Спиновое квантовое число s определяет направление вращения электрона, может принимать только два значения:



$$m_s = +\frac{1}{2}$$



$$m_s = -\frac{1}{2}$$



Принцип наименьшей энергии

- Электроны заполняют орбитали в порядке возрастания энергии орбиталей.





Принцип Паули

- В атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа были бы одинаковыми.
- В одной квантовой ячейке могут находиться максимум два электрона с антипараллельными спинами.
- Число электронов на уровнях: $N_e = 2n^2$

$$n = 1 \Rightarrow N_e = 2$$

$$n = 2 \Rightarrow N_e = 8$$

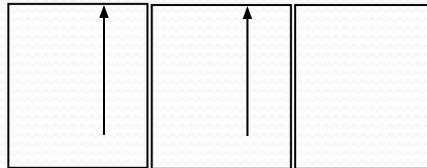
$$n = 3 \Rightarrow N_e = 18$$

$$n = 4 \Rightarrow N_e = 32$$



Правило Хунда

- Заполнение орбиталей с одинаковым значением l (подуровни) отвечают принципу максимальной мультиплетности – одному из правил Гунда: электроны в данном энергетическом подуровне стремятся занять энергетические состояния таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.



$$\Sigma S = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1$$



Правила Клечковського

1. Первым заполняется тот подуровень, для которого сумма главного квантового числа (n) и орбитального (l) минимальна:

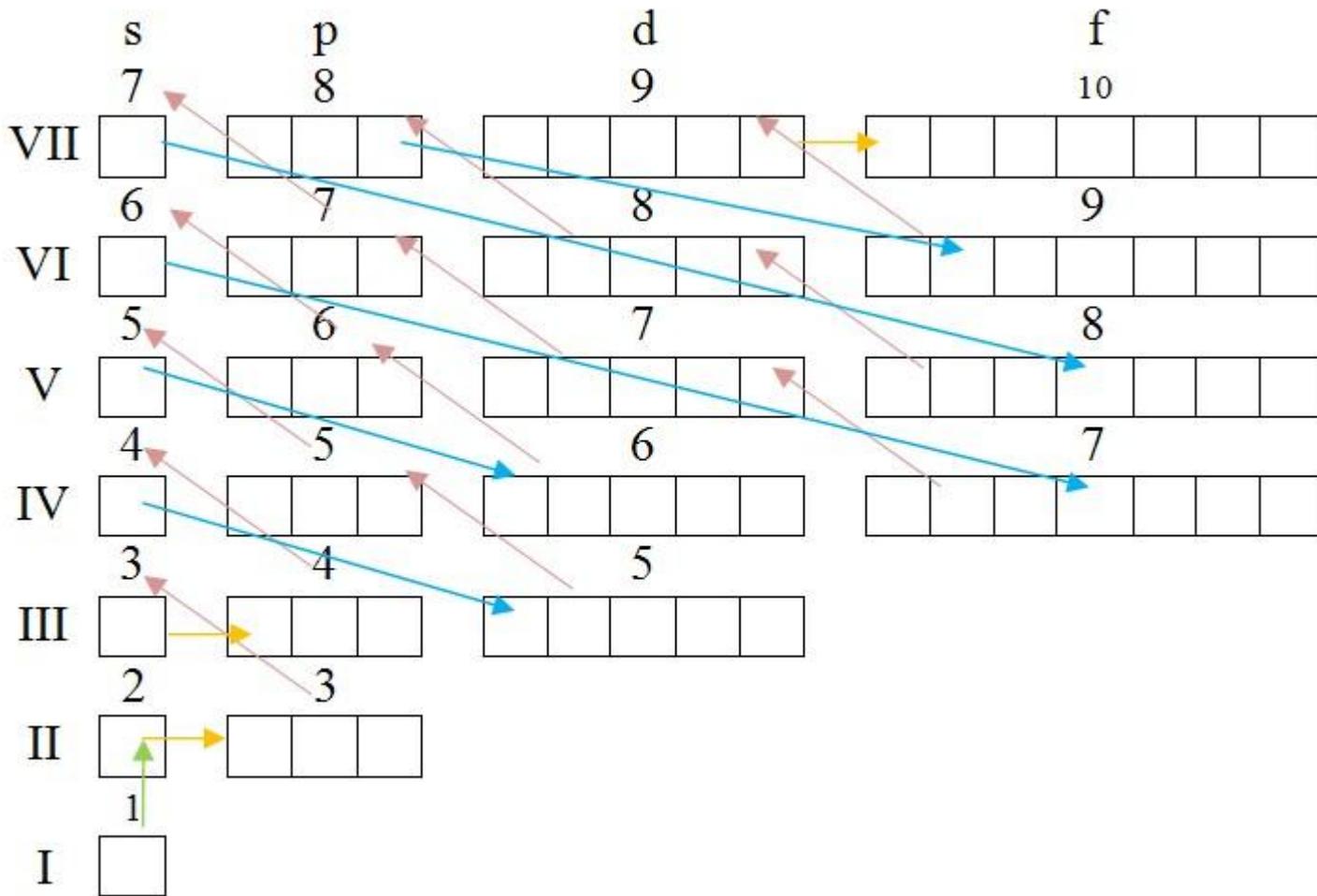
$$n_1 + l_1 < n_2 + l_2$$

2. Если суммы ($n_1 + l_1$) и ($n_2 + l_2$) равны, то первым заполняется тот подуровень, для которого значение главного квантового числа минимально:

$$\begin{aligned} n_1 + l_1 &= n_2 + l_2 \\ n_1 &< n_2 \end{aligned}$$



Правила заполнения электронами энергетических уровней

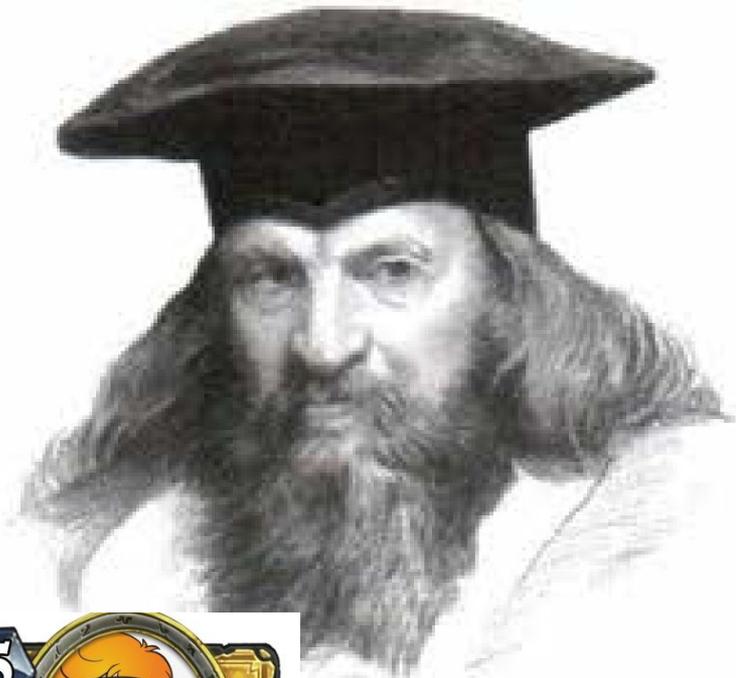


1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p ...



Периодический закон

- Свойства элементов (физические и химические), а также их простых соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома (1869 год)





Структура «короткопериодной» периодической системы элементов

Период – горизонтальный ряд элементов, начинающийся щелочным металлом и заканчивающийся инертным газом. **Малые** периоды состоят из одного ряда элементов (I, II, III периоды). **Большие периоды** содержат по два (IV, V) и три ряда элементов (VI, VII периоды). Всего 7 периодов на данный момент.

Группа – вертикальный столбец элементов, имеющих хотя бы одну общую валентность. **Главная подгруппа** – подгруппа, начинающаяся элементом малого периода, **побочная подгруппа** - подгруппа, начинающаяся элементом большого периода.



1. Порядковый номер элемента равен заряду ядра атома, а значит равен числу протонов в ядре и числу электронов в атоме.
2. Номер периода, в котором находится элемент, показывает количество электронных слоёв в атоме.
3. Номер группы показывает количество электронов на внешнем уровне (для элементов главных подгрупп).
4. Свойства элементов определяются их строением. Элементы, имеющие на последнем слое 1 – 3 электрона являются *металлическими*, 4 – 8 электронов – *неметаллическими*.



Количество электронов на внешнем энергетическом уровне

- Для элементов главных подгрупп: равно номеру группы
- Для элементов побочных подгрупп: как правило = 2
- Исключения:
Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Pt, Au = 1;
Pd = 0



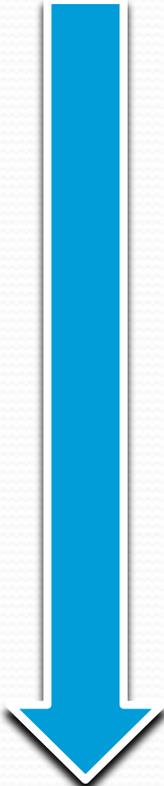
Закономерности изменения свойств химических элементов и образованных ими простых веществ в периоде



- ✓ радиус атомов уменьшается;
- ✓ восстановительные свойства элементов и образованных ими простых соединений ослабевают, окислительные свойства усиливаются;
- ✓ металлические свойства простых веществ ослабевают, неметаллические усиливаются;
- ✓ кислотный характер оксидов и гидроксидов усиливается, основной ослабевает;
- ✓ электроотрицательность увеличивается;
- ✓ количество электронов на внешнем уровне увеличивается;
- ✓ заряд ядер атомов увеличивается;
- ✓ атомные массы элементов увеличиваются;
- ✓ число электронных слоёв в атоме не изменяется.

Закономерности изменения свойств химических элементов и образованных ими простых веществ в группе

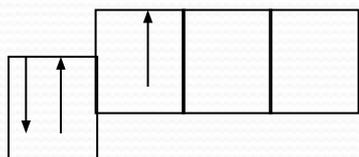


- 
- ✓ радиус атомов увеличивается;
 - ✓ восстановительные свойства элементов и образованных ими простых соединений усиливаются, окислительные свойства ослабевают;
 - ✓ металлические свойства простых веществ усиливаются, неметаллические ослабевают;
 - ✓ основной характер оксидов и гидроксидов усиливается, кислотный ослабевает;
 - ✓ электроотрицательность уменьшается;
 - ✓ количество электронов на внешнем уровне не изменяется;
 - ✓ заряд ядер атомов увеличивается;
 - ✓ атомные массы элементов увеличиваются;
 - ✓ число электронных слоёв в атоме увеличивается.

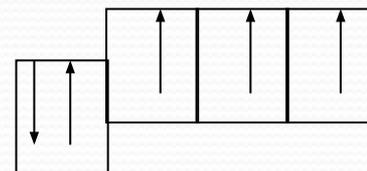




- Способность атома данного элемента образовывать химическую связь или соединения определенного состава называется **валентностью (V)**.
- **Спинвалентность (СВ)** равна числу неспаренных валентных электронов



Алюминий
 $V = 3, СВ = 1$



Фосфор
 $V = 5, СВ = 3$

Энергетические характеристики атомов



- Энергия ионизации (ионизационный потенциал, I) – это минимальная энергия, необходимая для отрыва одного, двух или более электронов от нейтрального (невозбужденного) атома. кДж/моль или в эВ/атом. Может служить мерой большей или меньшей «металличности» элемента.
- Средством к электрону называется энергия, которая выделяется при присоединении электрона к атому. Она обозначается $E_{\text{ср}}$ и измеряется в тех же единицах, что и энергия ионизации.
- Электроотрицательность (ЭО)

$$\chi = \frac{I + E_{\text{ср}}}{2}$$

Таблица Полинга (ЭО)



| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| H 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | He n.a. |
| Li 0.98 | Be 1.57 | | | | | | | | | | | B 2.04 | C 2.55 | N 3.04 | O 3.44 | F 3.98 | Ne n.a. |
| Na 0.93 | Mg 1.31 | | | | | | | | | | | Al 1.61 | Si 1.90 | P 2.19 | S 2.58 | Cl 3.16 | Ar n.a. |
| K 0.82 | Ca 1.00 | Sc 1.36 | Ti 1.54 | V 1.63 | Cr 1.66 | Mn 1.55 | Fe 1.83 | Co 1.88 | Ni 1.91 | Cu 1.90 | Zn 1.65 | Ga 1.81 | Ge 2.01 | As 2.18 | Se 2.55 | Br 2.96 | Kr 3.00 |
| Rb 0.82 | Sr 0.95 | Y 1.22 | Zr 1.33 | Nb 1.60 | Mo 2.16 | Tc 1.90 | Ru 2.20 | Rh 2.28 | Pd 2.20 | Ag 1.93 | Cd 1.69 | In 1.78 | Sn 1.96 | Sb 2.05 | Te 2.10 | I 2.66 | Xe 2.60 |
| Cs 0.79 | Ba 0.89 | La 1.10 | Hf 1.30 | Ta 1.50 | W 2.36 | Re 1.90 | Os 2.20 | Ir 2.20 | Pt 2.28 | Au 2.54 | Hg 2.00 | Tl 1.62 | Pb 2.33 | Bi 2.02 | Po 2.00 | At 2.20 | Rn n.a. |
| Fr 0.70 | Ra 0.89 | Ac 1.10 | Rf n.a. | Db n.a. | Sg n.a. | Bh n.a. | Hs n.a. | Mt n.a. | Ds n.a. | Rg n.a. | Uub n.a. | — | Uuq n.a. | — | — | — | — |



План характеристики элемента (1)



1. Название элемента
2. Положение в таблице
3. Заряд ядра
4. Общее число электронов
5. Число валентных электронов. Назвать электронные аналоги.
6. Количество энергетических уровней
7. Распределение электронов по энергетическому уровню
 - а. графическая формула,
 - б. электронная формула

План характеристики элемента (2)



8. Электронное семейство
9. Валентность, спинвалентность.
10. Поведение в химических реакциях.
11. Сравнение активности с соседями в таблице.
12. Суммарный спин. Валентность. Спинвалентность
13. ВСО. Привести пример оксида и гидроксида.
14. НСО. Привести пример оксида и гидроксида.
(только неметаллы)
15. Охарактеризовать 4-мя квантовыми числами.



Спасибо за
ВНИМАНИЕ

