

ГОУ ВПО «Донбасская Национальная академия строительства и архитектуры»,

кафедра «Прикладная химия»

Курс лекций по дисциплине «Химия»

для студентов 1 курса

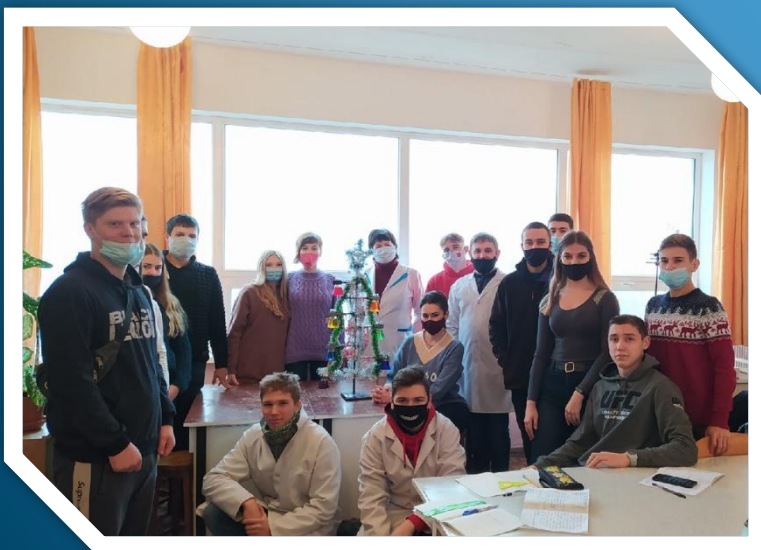
Направление подготовки – 08.03.01 Строительство

«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.

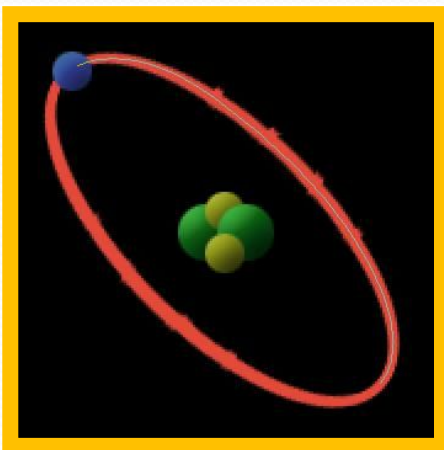
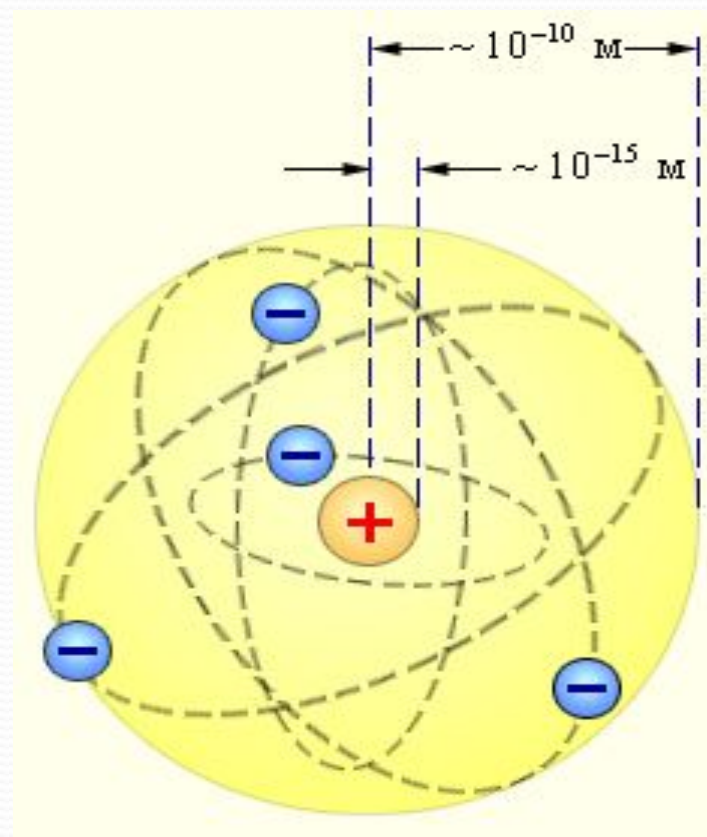
При разрушении атом распадается на более мелкие физические частицы:

e^- – электрон;

p^+ – протон;

n^0 – нейтрон;

число этих частиц у разных атомов различное.

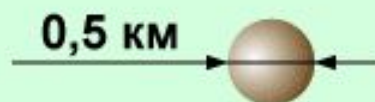


МАССА ПРОТОНА ИЛИ НЕЙТРОНА
В 1840 РАЗ БОЛЬШЕ МАССЫ ЭЛЕКТРОНА



ПОЭТОМУ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЯ МАССА
АТОМА СОСРЕДОТОЧЕНА В ЕГО ЯДРЕ

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

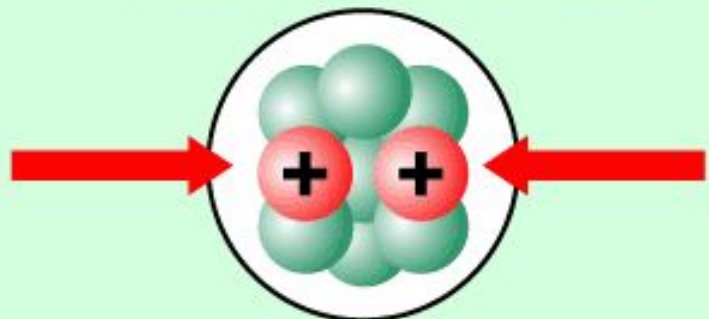


ШАР, СОСТОЯЩИЙ ИЗ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА,
ДИАМЕТРОМ 0,5 км РАВЕН ПО ВЕСУ ЗЕМНОМУ ШАРУ

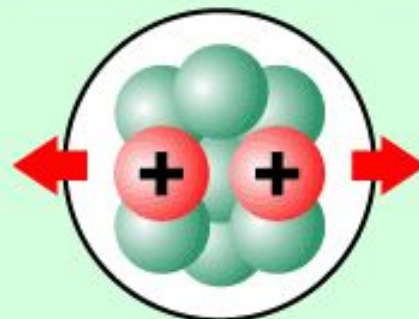


СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ЯДРЕ

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



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

АКТИНОИДЫ

Pa пактиний [231]	92U уран 238.29	93Np нептуний [237]	94Pu нептуний [237]	95Am амерций [243]	96Cm кюрий [247]	97Bk берклий [247]	98Cf калifornий [251]	99Es эйнштейний [254]	100Fm фермий [257]	101Md менделевий [258]	102No нобелий [259]	103Lr лоуренсий 260.10
--------------------------------	------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------



Прикладная химия

Квантовые числа:

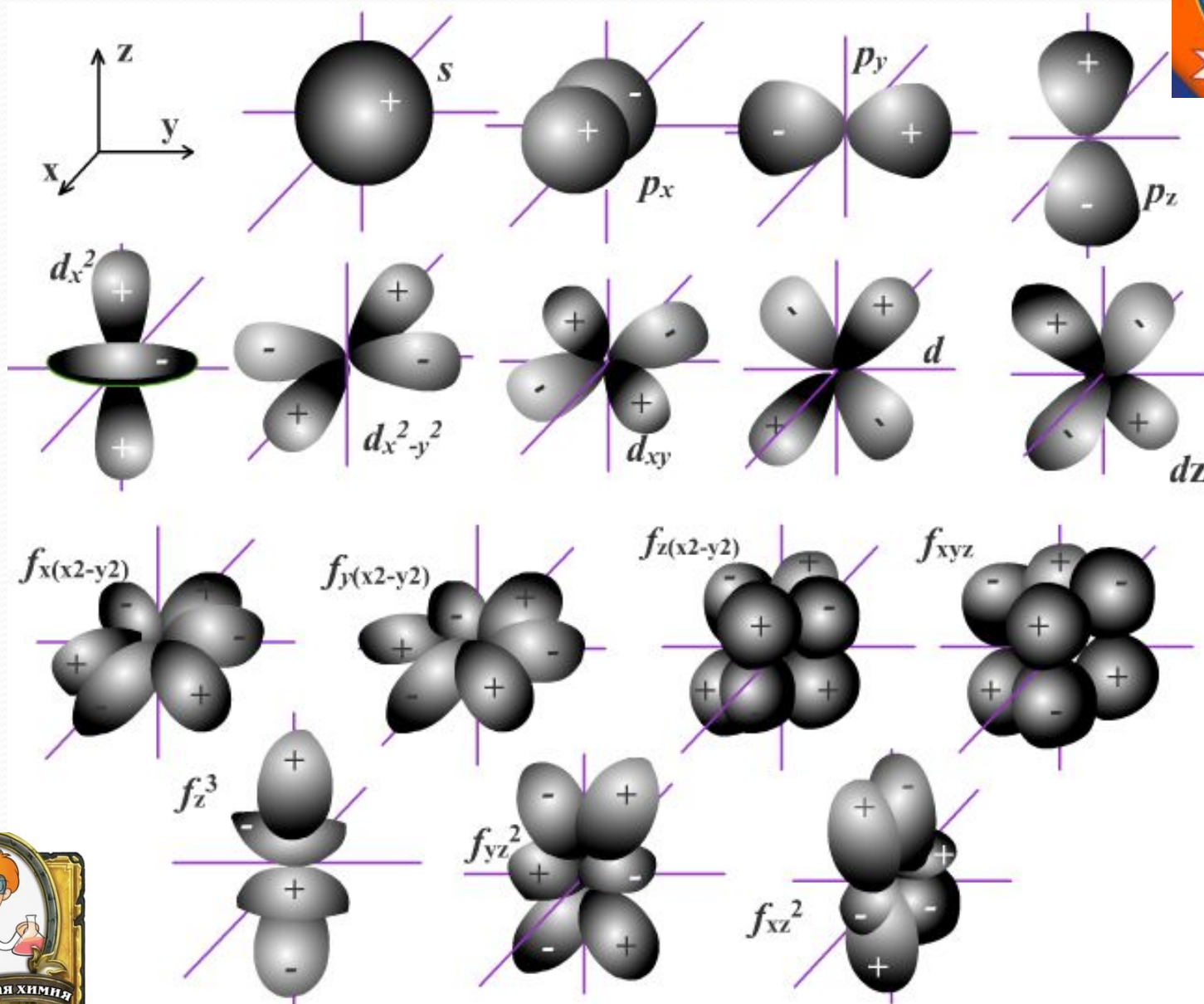


2) Орбитальное, побочное или азимутальное квантовое число l характеризует момент количества движения электрона относительно центра орбиты.

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

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

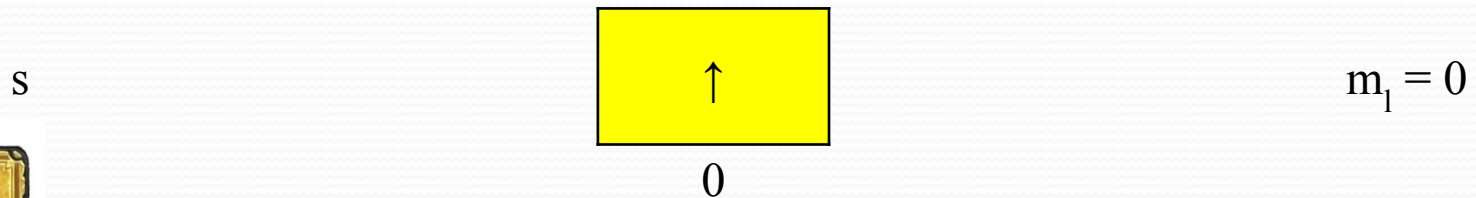
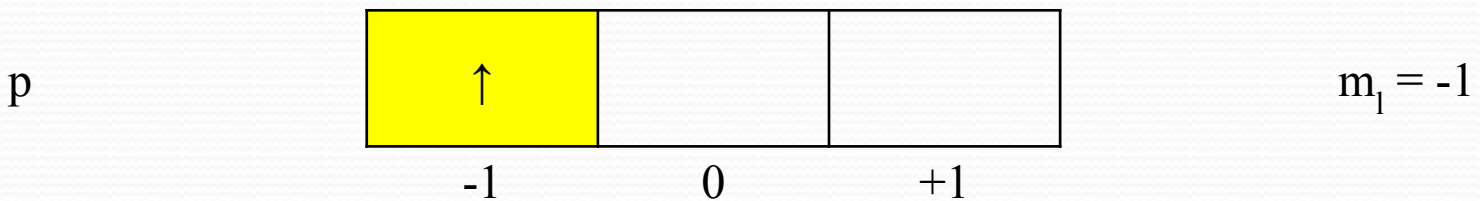
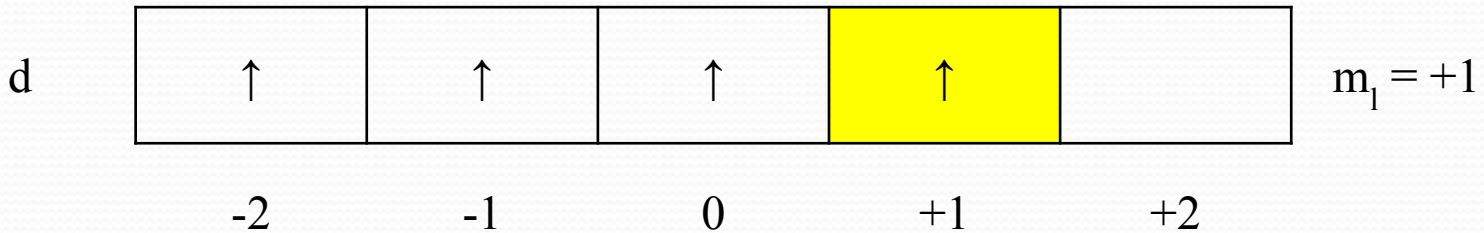
Типы АО





Квантовые числа: $m_l = 2l + 1$

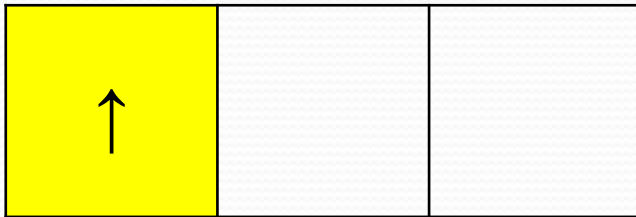
3) Магнитное квантовое число m определяет положение плоскости орбиты электрона в пространстве.



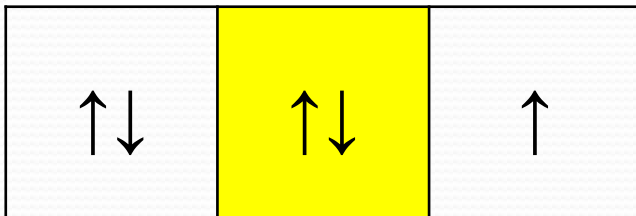


Квантовые числа:

- 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: $Ne = 2n^2$

$$n = 1 \Rightarrow Ne = 2$$

$$n = 2 \Rightarrow Ne = 8$$

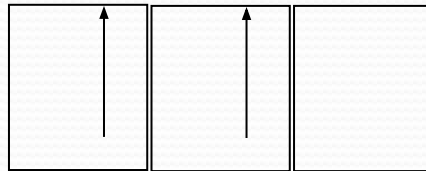
$$n = 3 \Rightarrow Ne = 18$$

$$n = 4 \Rightarrow Ne = 32$$



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 Клечковского

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

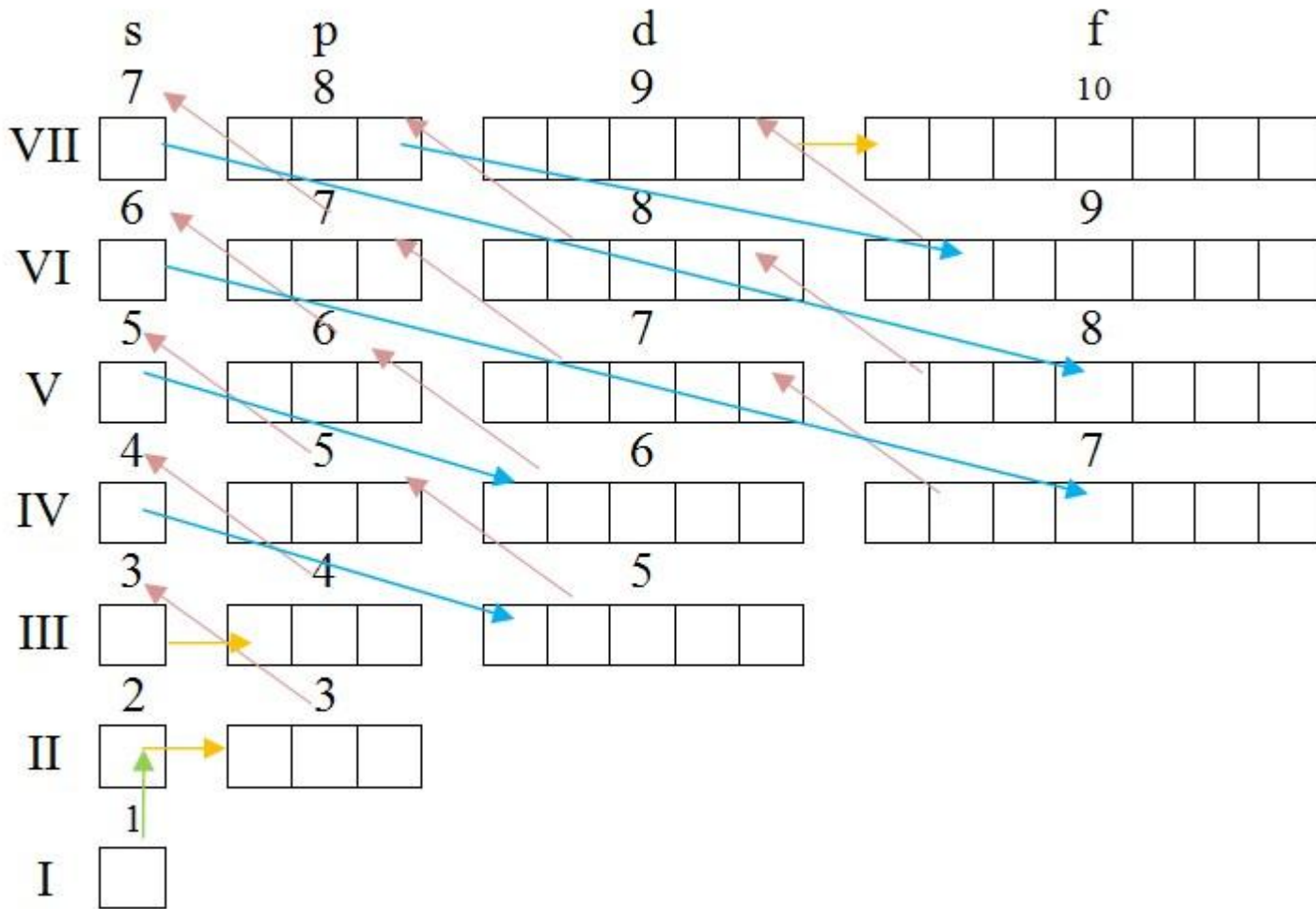
$$n_1 + l_1 < n_2 + l_2$$

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)



Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

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



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

ЛАНТАНОИДЫ

57 La лантан 138.906	58 Ce церий 140.116	59 Pr празеодим 140.908	60 Nd неодим 144.242	61 Pm прометий [145]	62 Sm самарий 150.36	63 Eu европий 151.96	64 Gd гадолиний 157.25	65 Tb тербий 158.926	66 Dy диспрозий 162.5	67 Ho гольмий 164.93	68 Er эрбий 167.26	69 Tm тулий 168.934	70 Yb иттербий 173.04	71 Lu лютеций 174.97
-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

АКТИНОИДЫ

89 Ac актиний [227]	90 Th торий 232.038	91 Pa протактиний [231]	92 U уран 238.29	93 Np нептуний [237]	94 Pu нептуний [237]	95 Am амерций [243]	96 Cm курий [247]	97 Bk берклий [247]	98 Cf калifornий [251]	99 Es эйнштейний [254]	100 Fm фермий [257]	101 Md менделевий [258]	102 No нобелий [259]	103 Lr лоуренсий 260.10
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------



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*.

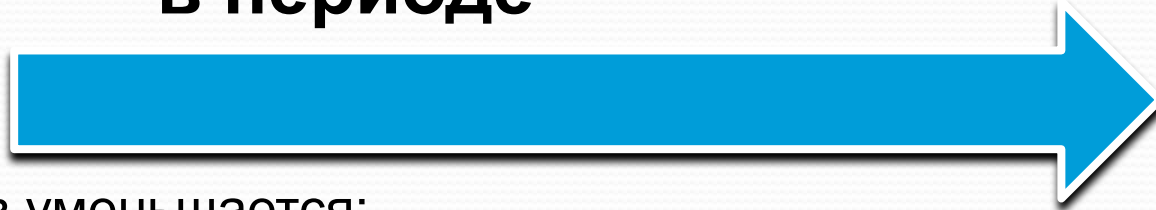


Количество электронов на внешнем энергетическом уровне

- 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

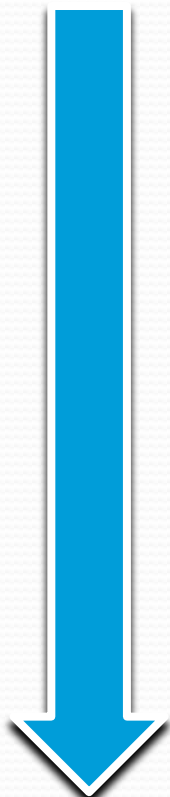


- ✓ радиус атомов уменьшается;
- ✓ восстановительные свойства элементов и образованных ими простых соединений ослабевают, окислительные свойства усиливаются;
- ✓ металлические свойства простых веществ ослабевают, неметаллические усиливаются;
- ✓ кислотный характер оксидов и гидроксидов усиливается, основной 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

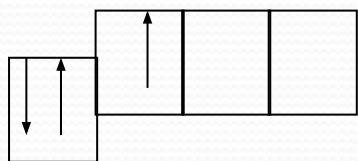


- ✓ радиус атомов увеличивается;
- ✓ восстановительные свойства элементов и образованных ими простых соединений усиливаются, окислительные свойства ослабевают;
- ✓ металлические свойства простых веществ усиливаются, неметаллические ослабевают;
- ✓ основной характер оксидов и гидроксидов усиливается, 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.

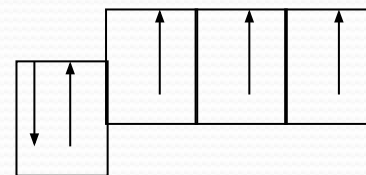




- Способность атома данного элемента образовывать химическую связь или соединения определенного состава называется **валентностью (V)**.
- **Спинвалентность (СВ)** равна числу неспаренных валентных электронов



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

