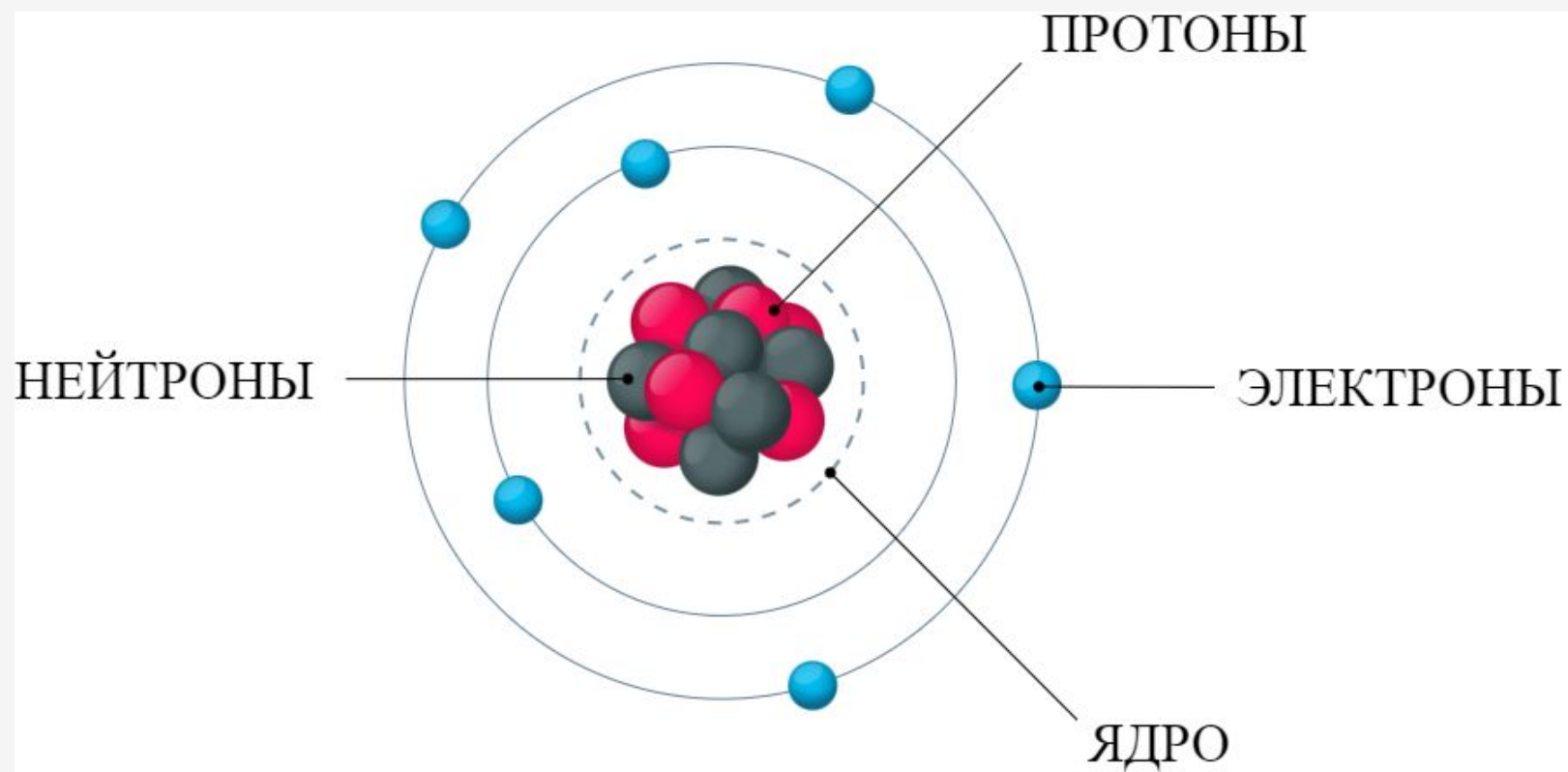


**Строение атома.
Строение
электронной
оболочки атома**



Квантовые числа электронов

Первое квантовое число называется *главным квантовым числом*. Оно характеризует энергию электрона, обозначается буквой **n**.

Общее число электронов на энергетическом уровне определяется по формуле:

$$2n^2$$

номер энергетического уровня

Если $n = 1$, то число электронов $N = 2 \cdot 1^2 = 2$

Если $n = 2$, то число электронов $N = 2 \cdot 2^2 = 8$

Если $n = 3$, то число электронов $N = 2 \cdot 3^2 = 18$

Если $n = 4$, то число электронов $N = 2 \cdot 4^2 = 32$

Квантовые числа электронов

Для описания энергии электронов на подуровнях ввели второе квантовое число, которое называется *побочным или орбитальным квантовым числом*, обозначается символом l .

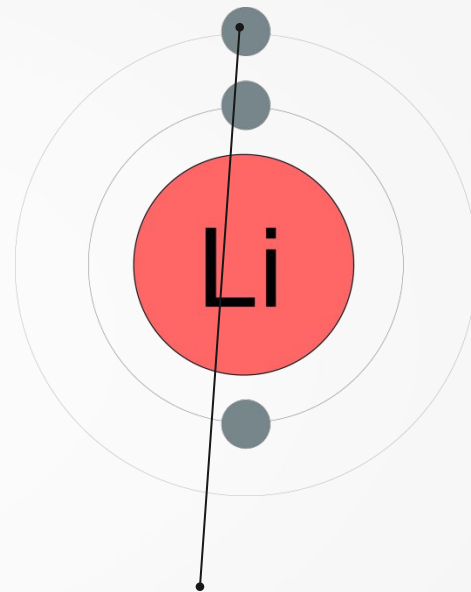
Орбитальное число зависит от главного квантового числа и принимает значения $l = 0, 1, 2, 3 \dots n - 1$.

Число подуровней соответствует главному квантовому числу.

<u>При $n = 1$</u> , $l = 0$,	один подуровень (s-подуровень);
<u>При $n = 2$</u> , $l = 0, 1$,	два подуровня (s и p);
<u>При $n = 3$</u> , $l = 0, 1, 2$,	три подуровня (s, p, d);
<u>При $n = 4$</u> , $l = 0, 1, 2, 3$,	четыре подуровня (s, p, d, f)

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

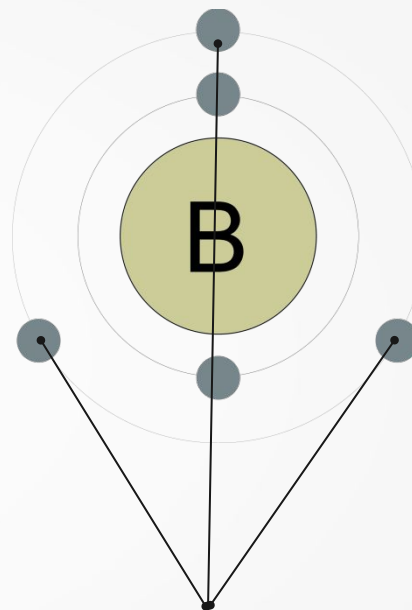
ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																		
	A I B	A II B		A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	VIII		B								
1	H Hydrogenium Водород																	(H)	He Helium Гелий
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Bor Бор	C Carbonum Углерод	N Nitrogenum Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorium Фтор	Ne Neon Неон			Ar Argon Аргон								
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон			Ar Argon Аргон								
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо	Co Cobaltum Кобальт	Ni Niccolum Никель									
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий									
6	Cs Cesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframum Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмиум	Ir Iridium Иридий	Pt Platinum Платина									
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Ферфердий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий										
	R ₂ O		RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄										
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Celtium Цезий	Pr Praseodymium Прасодим	Nd Neodymium Неодиум	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолий	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Ербий	Tm Thulium Тулий	Yb Ytterbium Иттербий	Lu Lutetium Лютеций					
АКТИНОИДЫ**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Беркелий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделеевий	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лавренсвий					



Один электрон на внешнем уровне

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

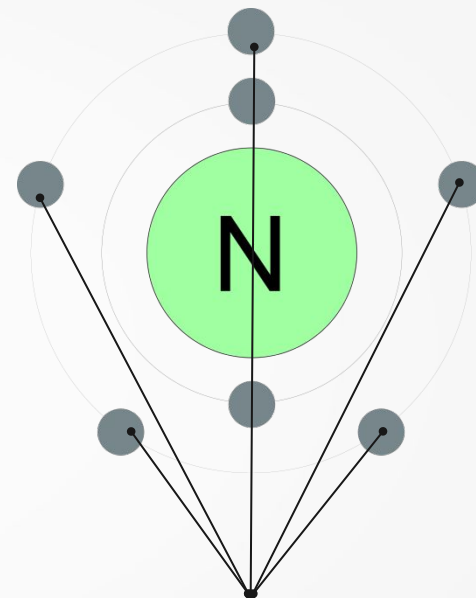
ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
	A I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	B									
1	H Hydrogenium Водород						(H)	He Helium Гелий										
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borium Бор	C Carbonum Углерод	N Nitrogenum Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorium Фтор	Ne Neon Неон										
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон										
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо	Co Cobaltum Кобальт	Ni Niccolum Никель								
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий								
6	Cs Caesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframum Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмиум	Ir Iridium Иридий	Pt Platinum Платина								
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Ферзербордий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий									
	формулы высших оксидов																	
	формулы летучих соединений																	
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Caesium Цезий	Pr Praseodymium Прасодим	Nd Neodymium Неодим	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолиний	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Ербий	Tm Thulium Тулий	Yb Ytterbium Иттербий	Lu Lutetium Лютеций				
АКТИНОИДЫ**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Берклий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделевий	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лавренсий				



Три электрона на внешнем уровне

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
	A I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII									
1	H Hydrogenium Водород						(H)	He Helium Гелий										
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borium Бор	C Carboneum Углерод	N Nitrogenum Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorium Фтор	Ne Neon Неон										
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон										
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо	Co Cobaltum Кобальт	Ni Niccolum Никель								
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий								
6	Cs Cesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframum Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмий	Ir Iridium Иридий	Pt Platinum Платина								
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Ферзберфорий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Фезерборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий									
	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4										
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Celtium Цезий	Pr Praseodymium Протезий	Nd Neodymium Неодиум	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолий	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Ербий	Tm Thulium Тулий	Yb Ytterbium Иттербий	Lu Lutetium Лютеций				
АКТИНОИДЫ**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Беркелий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделеевий	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лавренсий				



Пять электронов на внешнем уровне

Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

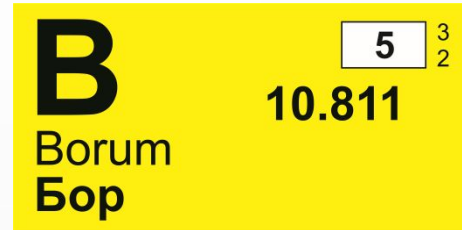
1. Определим общее число электронов в электронной оболочке по порядковому номеру элемента в Периодической таблице:

гелий (He) – имеет два электрона,

бор (B) – имеет пять электронов,

кислород (O) – имеет восемь электронов,

фтор (F) – имеет девять электронов.

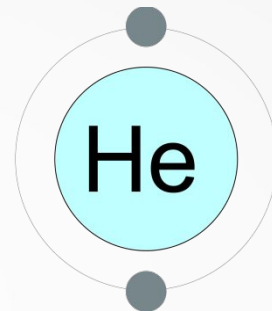


Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

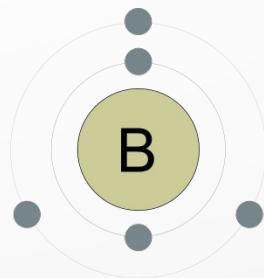
Определим число заполняемых электронами энергетических уровней в электронной оболочке по номеру периода:

гелий (**He**) – один энергетический уровень, заполненный двумя электронами,

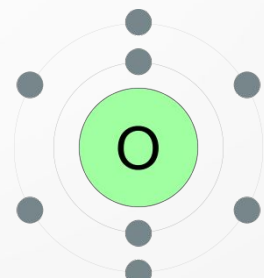
бор (**B**), кислород (**O**) и фтор (**F**) – два энергетических уровня, заполненных свойственным им количеством электронов.



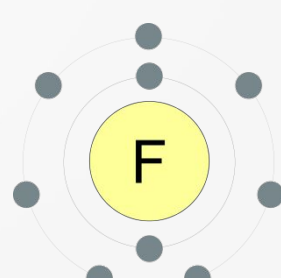
Гелий



Бор



Кислород

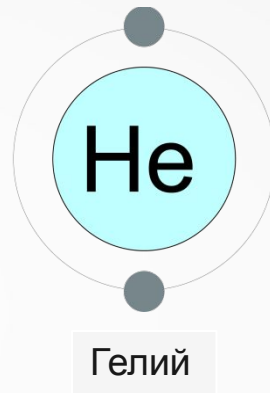


Фтор

Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

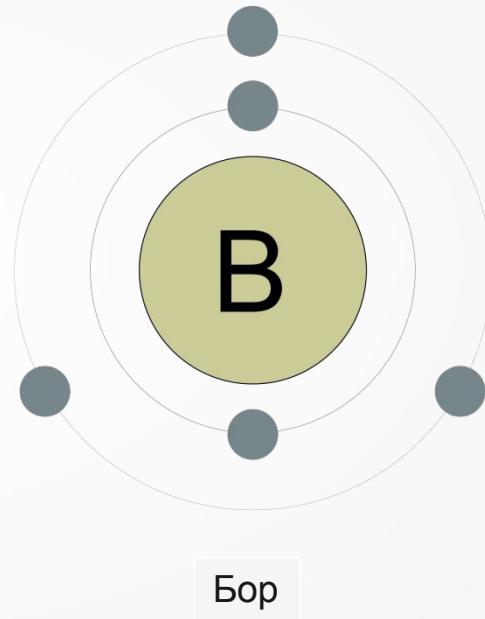
А теперь определим число электронов на каждом энергетическом уровне на наших примерах:

Гелий (**He**) – два электрона на единственном энергетическом уровне.



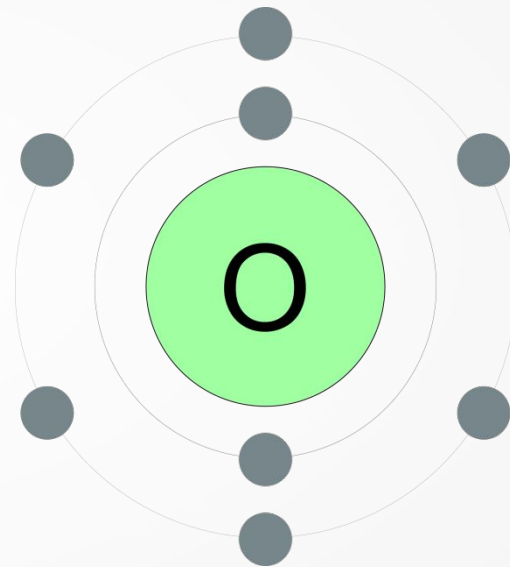
Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (В), кислорода (О), фтора (F)

Бор (В) – пять электронов, из которых два располагаются на первом энергетическом уровне, максимально заполнив его, а оставшиеся три на внешнем, втором энергетическом уровне, что соответствует номеру группы бора.



Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

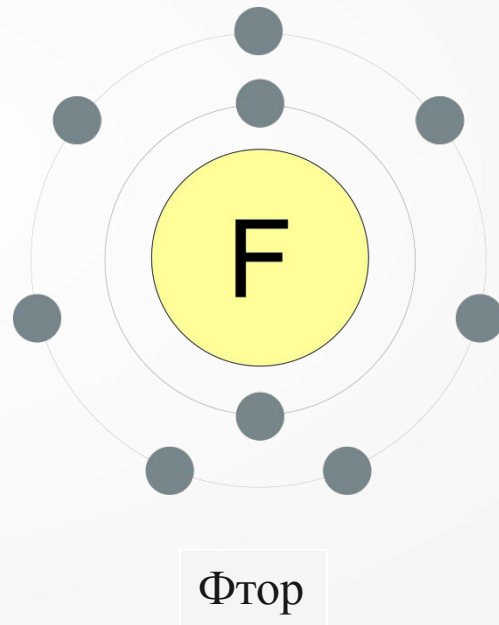
Кислород (O) – восемь электронов, из которых два располагаются на первом энергетическом уровне, максимально заполнив его, а оставшиеся шесть на внешнем, втором энергетическом уровне, что соответствует номеру группы кислорода.



Кислород

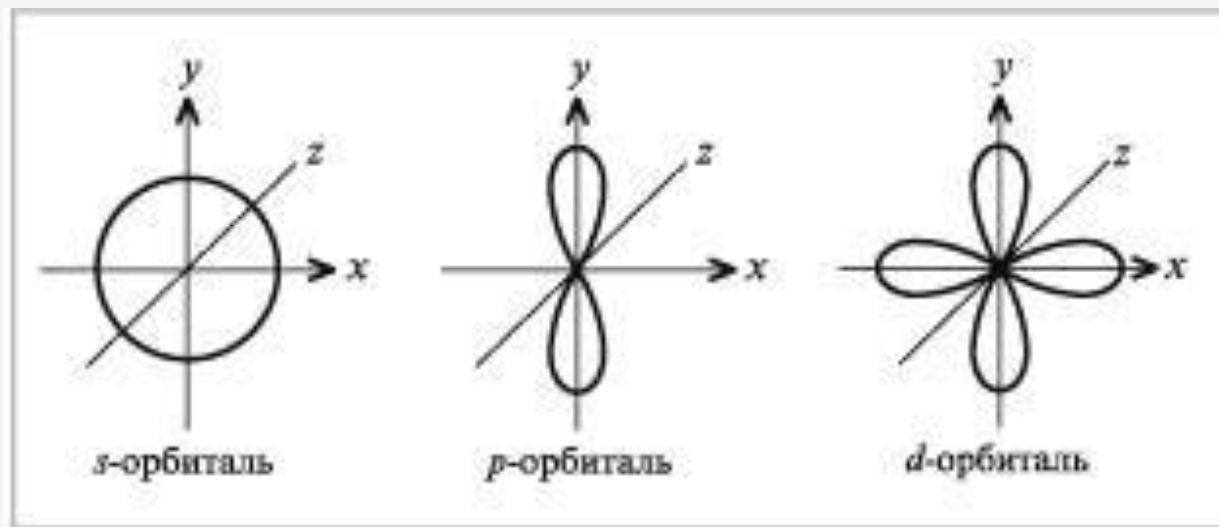
Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

Фтор (F) – девять электронов, из которых два располагаются на первом энергетическом уровне, максимально заполнив его, а оставшиеся семь на внешнем, втором энергетическом уровне, что соответствует номеру группы фтора.



На подуровнях электроны находятся на орбиталях, которые также обозначают, как и подуровни, буквами: **s, p, d, f**.

S, p, d, f-орбитали отличаются не только по энергии, но и по форме. *S-орбиталь* имеет сферическую форму, *p-орбиталь* – форму гантели (или правильной восьмерки), *d-орбиталь* – четырехлепестковую форму



Квантовые числа электронов

Электроны обладают магнитными свойствами и во внешнем магнитном поле могут менять ориентацию. Поэтому ввели третье квантовое число – *магнитное*. Оно определяет направление орбитали в пространстве.

Магнитное квантовое число принимает значения: $m = +1, 0, -1$ и показывает число орбиталей на подуровне:

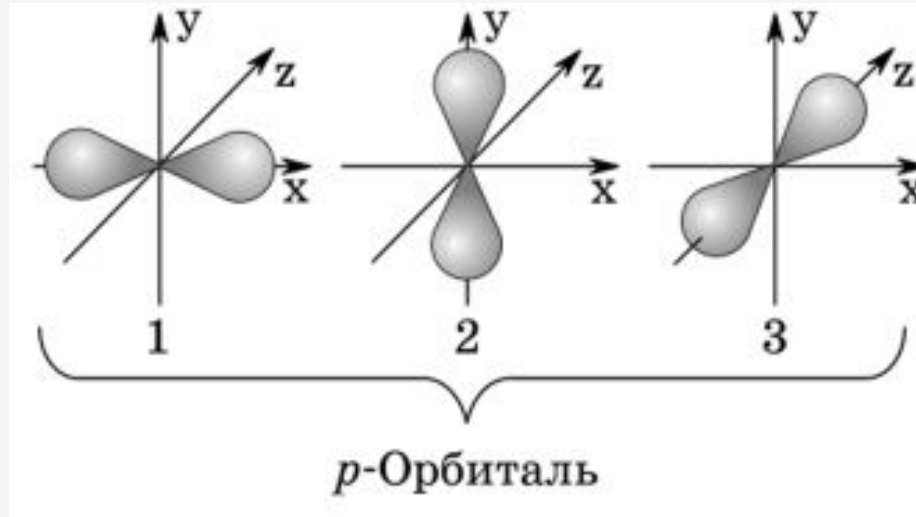
на s-подуровне, $l = 0, m = 0$, одна s-орбиталь;

на p-подуровне, $l = 1, m = +1, 0, -1$, три p-орбитали;

на d-подуровне, $l = 2, m = +2, +1, 0, -1, -2$, пять d-орбиталей;

на f-подуровне, $l = 3, m = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$, семь f-орбиталей.

Например, три p -орбитали направлены вдоль осей пространственных координат x , y , z . Различают p_x , p_y , p_z - орбитали.



Квантовые числа электронов

Четвертое квантовое число - *спиновое*, которое обозначается буквой s и характеризует собственный момент движения электрона.

Спиновое число принимает два значения: $+ \frac{1}{2}$ и $- \frac{1}{2}$. Электроны, имеющие $s = + \frac{1}{2}$, графически изображают стрелкой вверх \uparrow , а электроны, имеющие $s = - \frac{1}{2}$, — стрелкой вниз \downarrow .

Два электрона с *одинаковыми (параллельными)* спинами обозначают $\uparrow\uparrow$ (или $\downarrow\downarrow$). Электроны с *противоположными (антипараллельными)* спинами обозначают $\uparrow\downarrow$.

Строение электронной оболочки атома. Порядок заполнения электронами уровней и подуровней.

1. Принцип наименьшей энергии.

Заполнение уровней и подуровней происходит в порядке увеличения их энергии. По энергии уровни и подуровни образуют следующий ряд:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d$$

Т.е. заполнение уровней и подуровней происходит в порядке увеличения суммы главного и побочного квантовых чисел. Это первое правило В.М. Клечковского

Например, для 4s-подуровня сумма $n+l = 4+0 = 4$;
для 3d-подуровня сумма $n+l = 3+2 = 5$,
поэтому $E_{4s} < E_{3d}$.

Строение электронной оболочки атома. Порядок заполнения электронами уровней и подуровней.

Если сумма главного и побочного квантовых чисел для разных подуровней одинаковая, то заполняется первым тот подуровень, у которого меньше главное квантовое число. Это второе правило В.М. Клечковского.

Например, для 3d-подуровня $n+l = 3+2 = 5$ и для 4p-подуровня $n+l = 4+1 = 5$, однако $E_{3d} < E_{4p}$.

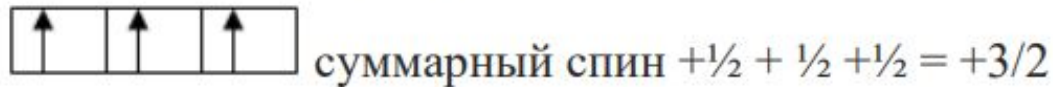
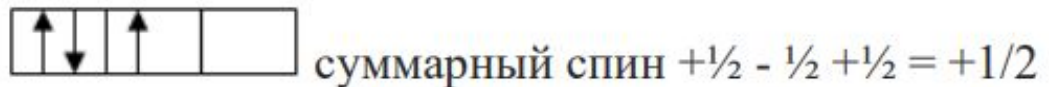
Поэтому заполняется 3d-, затем 4p-подуровень, так как $3 < 4$.

Строение электронной оболочки атома. Порядок заполнения электронами уровней и подуровней.

2. Правило Гунда.

В основном состоянии атома электроны заполняют подуровни таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.

Например, на p-подуровне три электрона могут разместиться тремя способами:

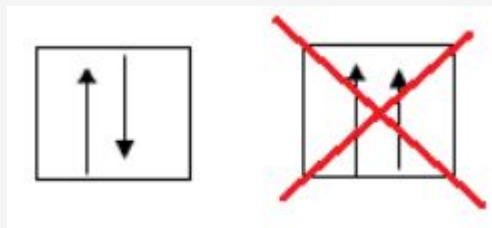


Третий способ является более энергетически выгодным.

Строение электронной оболочки атома. Порядок заполнения электронами уровней и подуровней.

3. Принцип Паули.

В атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа одинаковые. Из квантовых чисел хотя бы одно должно обязательно различаться. Если в атоме два электрона имеют одинаковые числа n , l , m , то они должны отличаться спинами. Один из них имеет спин $s = +1/2$, другой $s = -1/2$.



Домашнее задание:

Расписать строение атома следующих химических элементов: литий, кислород, азот, алюминий, цинк, бром, кремний.

- атомная масса, порядковый номер
- заряд ядра, количество энергетических уровней, распределение по ним электронов
- число электронов, протонов и нейтронов

Пример:

