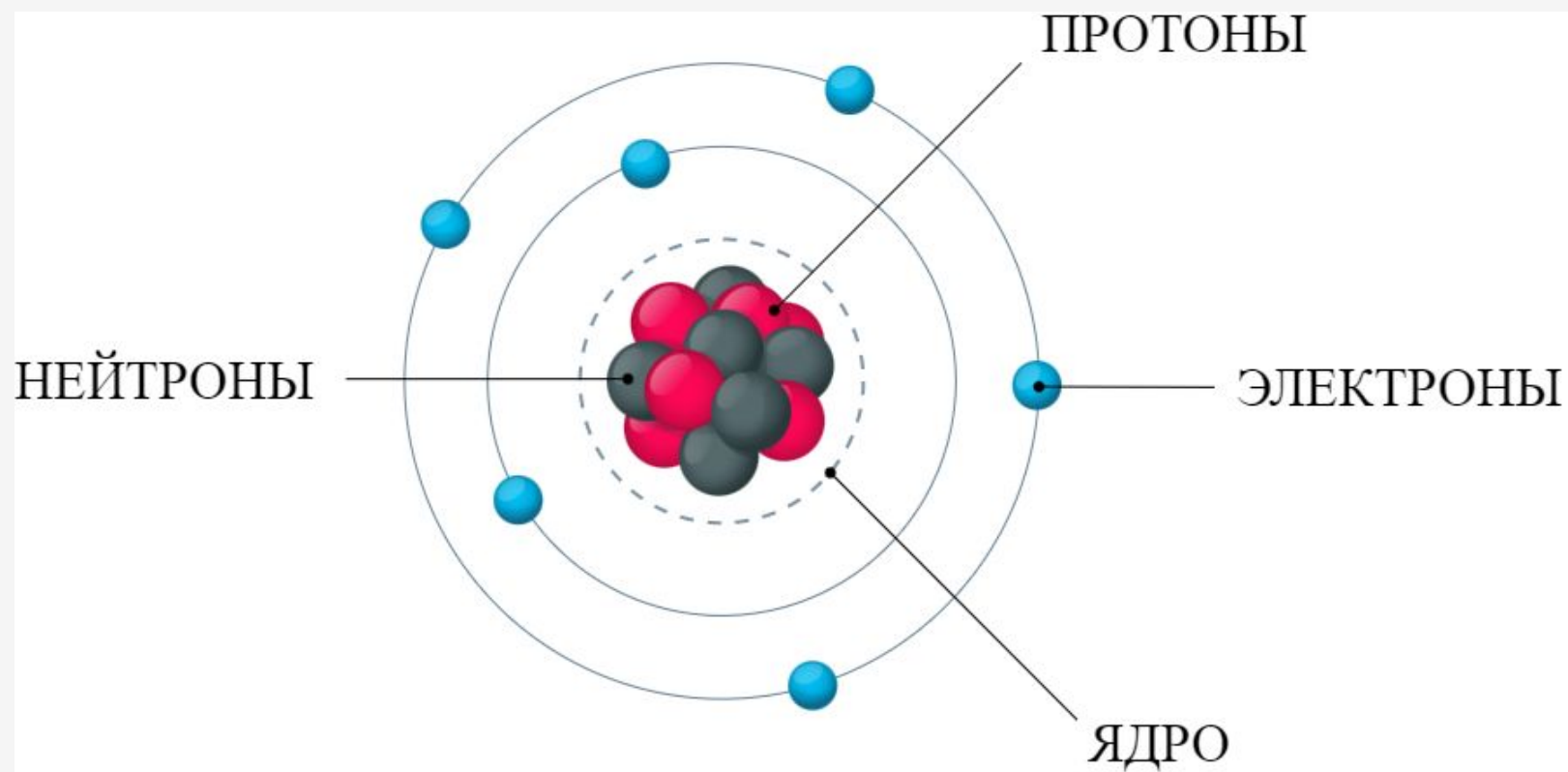


**Строение атома.  
Строение  
электронной  
оболочки атома**

---



# 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  $l$ .

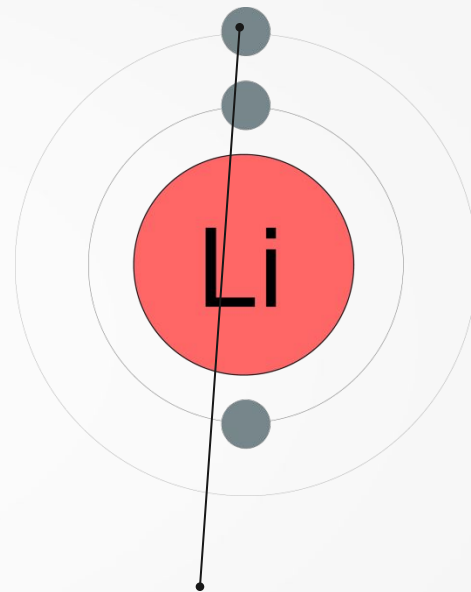
Орбитальное число зависит от главного квантового числа и принимает значения  $l = 0, 1, 2, 3 \dots n - 1$ .

Число подуровней соответствует главному квантовому числу.

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

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

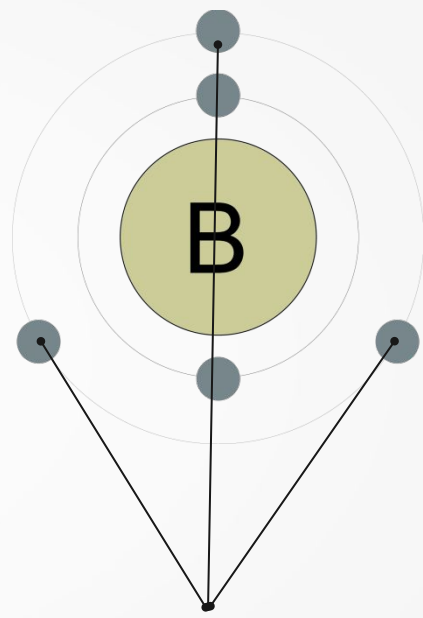
ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																		
	A I B	A II B		A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	VIII		B								
1	<b>H</b> Hydrogenium Водород																	<b>(H)</b>	<b>He</b> Helium Гелий
2	<b>Li</b> Lithium Литий	<b>Be</b> Beryllium Бериллий	<b>B</b> Bor Бор	<b>C</b> Carbonum Углерод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



Один электрон на внешнем уровне

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

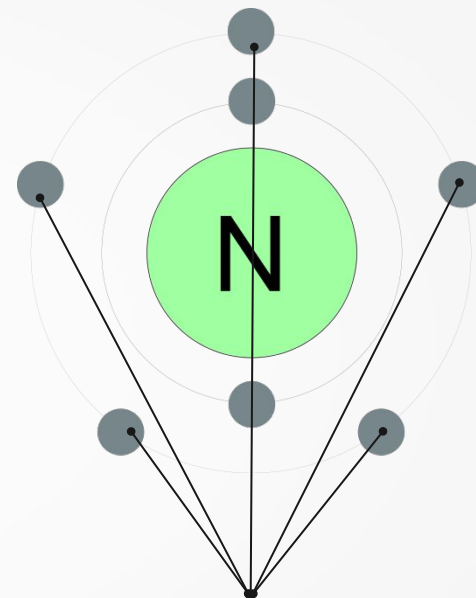
ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
	A I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	B									
1	<b>H</b> Hydrogenium Водород						(H)	<b>He</b> Helium Гелий										
2	<b>Li</b> Lithium Литий	<b>Be</b> Beryllium Бериллий	<b>B</b> Borium Бор	<b>C</b> Carbonium Углерод	<b>N</b> Nitrogenium Азот	<b>O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



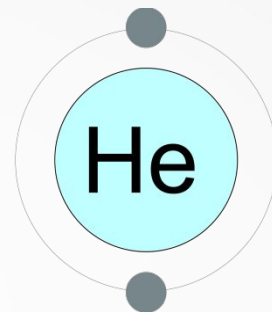


# Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

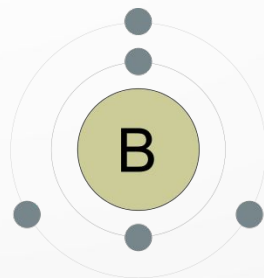
Определим число заполняемых электронами энергетических уровней в электронной оболочке по номеру периода:

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

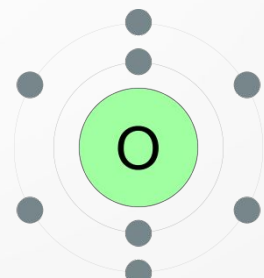
бор (**B**), кислород (**O**) и фтор (**F**) – два энергетических уровня, заполненных свойственным им количеством электронов.



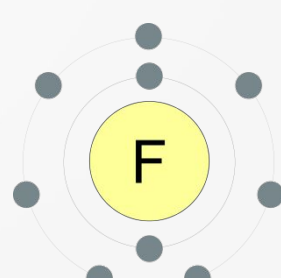
Гелий



Бор



Кислород

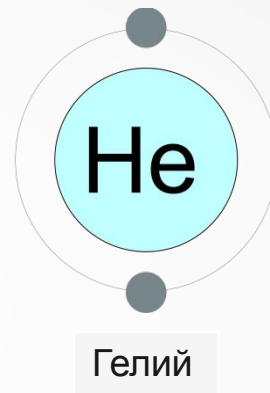


Фтор

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

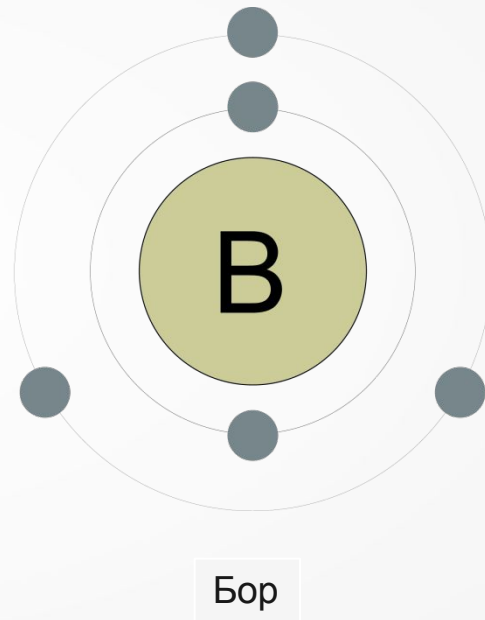
А теперь определим число электронов на каждом энергетическом уровне на наших примерах:

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



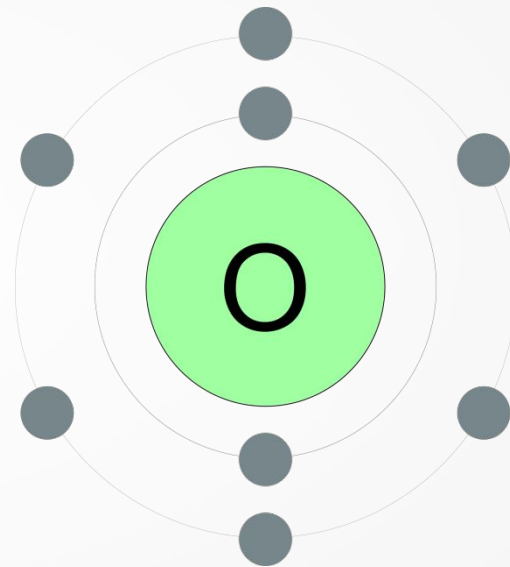
## Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (В), кислорода (О), фтора (F)

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)

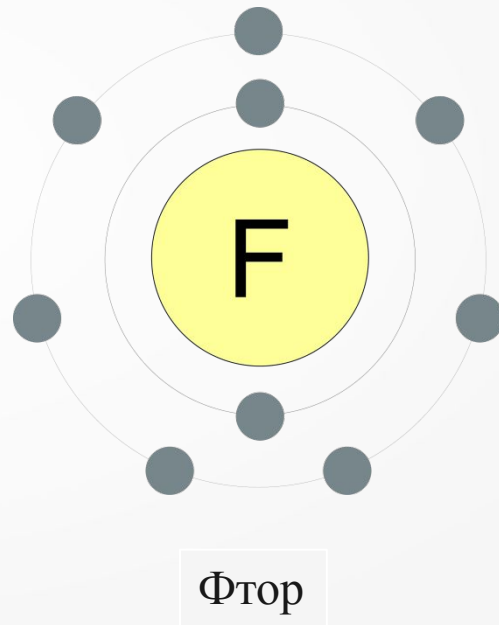
Кислород (O) – восемь электронов, из которых два располагаются на первом энергетическом уровне, максимально заполнив его, а оставшиеся шесть на внешнем, втором энергетическом уровне, что соответствует номеру группы кислорода.



Кислород

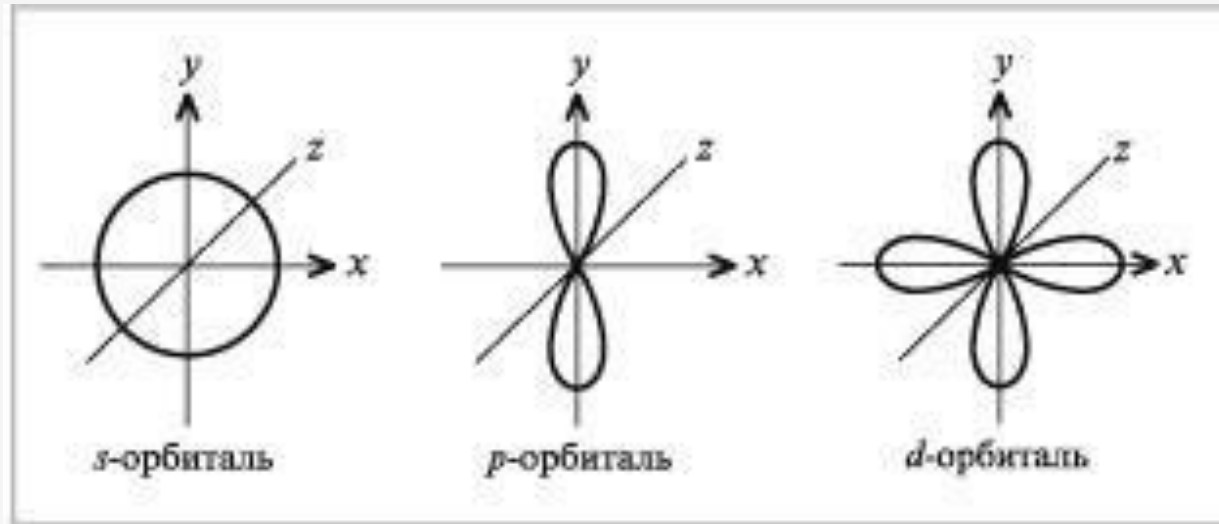
## Построение схемы строения электронных оболочек на примере гелия (He), бора (B), кислорода (O), фтора (F)

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:

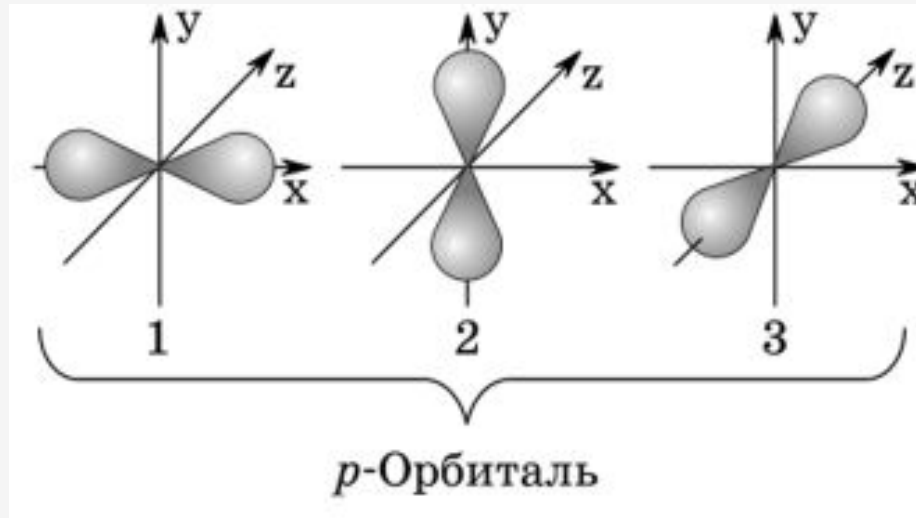
на s-подуровне,  $l = 0, m = 0$ , одна s-орбиталь;

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  $E_{3d} < E_{4p}$ .

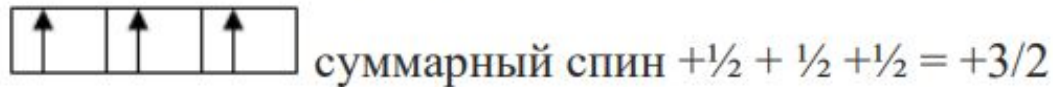
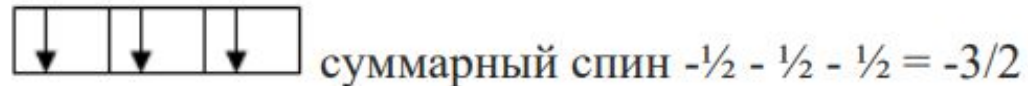
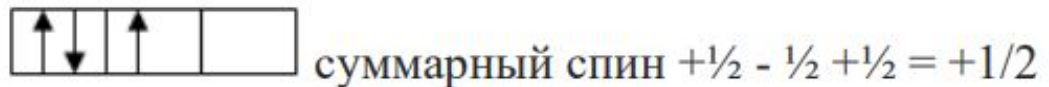
Поэтому заполняется 3d-, затем 4p-подуровень, так как  $3 < 4$ .

# 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:

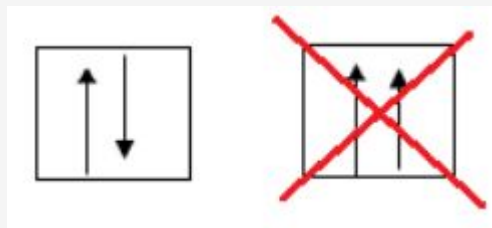


Третий способ является более энергетически выгодным.

# 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:

