



Электронное строение
атома

The electronic structure of the
atom

Положение электронов в ядре

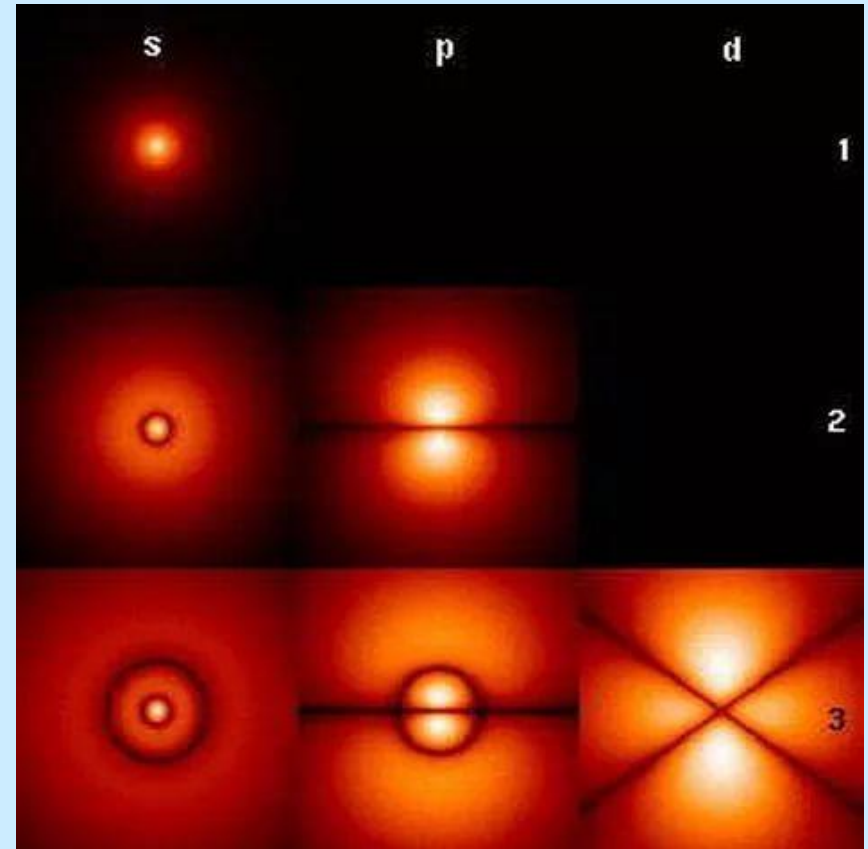
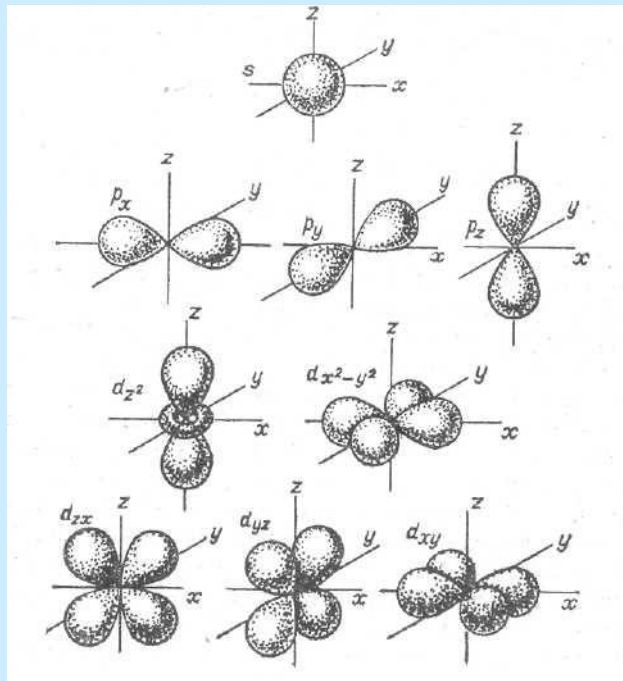
(The position of the electrons in the nucleus)

- Стационарные орбиты в настоящее время называют уровнями
- Уровни нумеруются от ядра как целые числа
- Уровни состоят из подуровней
- На каждом подуровне может быть несколько орбиталей
- Орбиталь – это зона атома, где теоретически может находиться один электрон
- Из всех орбиталей и электронов на них состоит зона электронной плотности или электронное облако атома
- A stationary orbit is currently referred to as levels
- The levels are numbered from the nucleus as integers
- Levels consist of sublevels
- Each sublevel can have multiple orbitals
- Orbital is the area of the atom where it is possible is one electron
- Of all the orbitals and electrons in them is area of electron density or electron cloud of an atom

Орбиталь

- s-орбиталь сферической формы
 - p-орбиталь – вытянутые восьмерки (гантелеобразная форма)
 - d-орбиталь
 - f-орбиталь
- s-orbital spherical shape
 - the p-orbital is elongated eight (dumbbell shape)
 - d-orbital
 - f-orbital

Электронная модель атома Шредингера (The electronic model of the atom E. Schrodinger)



Квантовые числа

- В атоме нет ни одного электрона с одинаковым набором квантовых чисел
- In the atom there is no electron with the same set of quantum numbers

Quantum numbers describe the electronic characteristics of the atom

Квантовые числа

Квантовые числа описывают состояние электрона в атоме

главное квантовое число	n
орбитальное квантовое число	l
магнитное квантовое число	m_l
спиновое квантовое число	m_s

Матрица для написания электронной диаграммы атома (The matrix for writing electronic diagram of an atom)

КВАНТОВЫЕ ЯЧЕЙКИ (ОРБИТАЛИ)

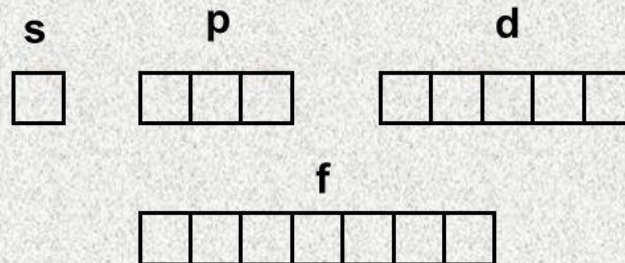
Каждую орбиталь принято изображать прямоугольником, который также называют квантовой ячейкой.

s – подуровень состоит из 1 ячейки

p – подуровень состоит из 3 ячеек

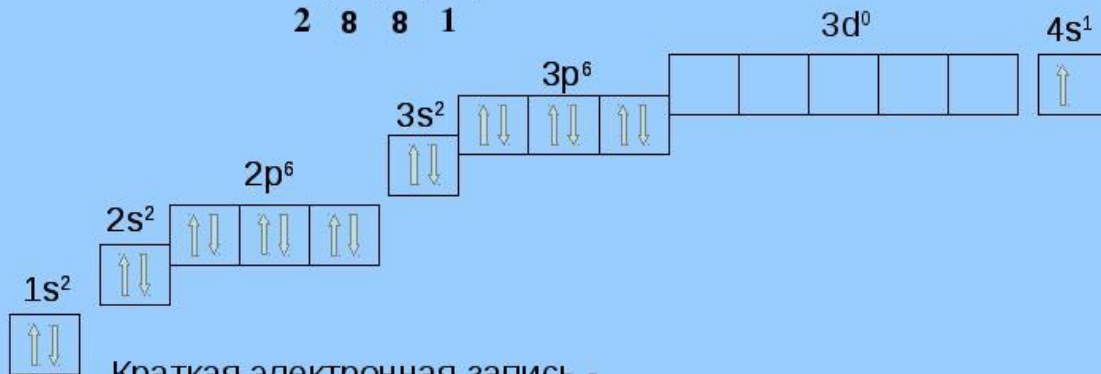
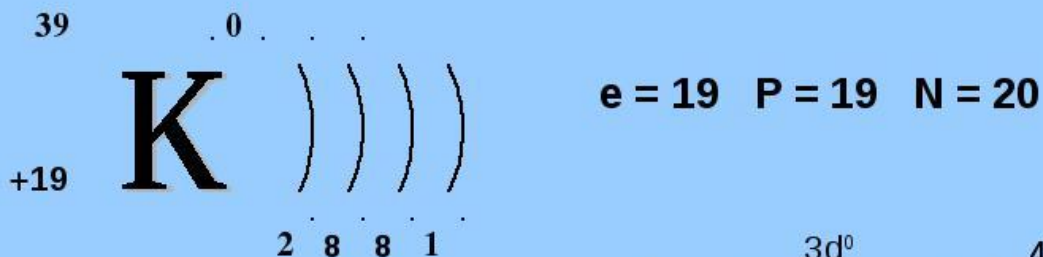
d – подуровень состоит из 5 ячеек

f – подуровень состоит из 7 ячеек



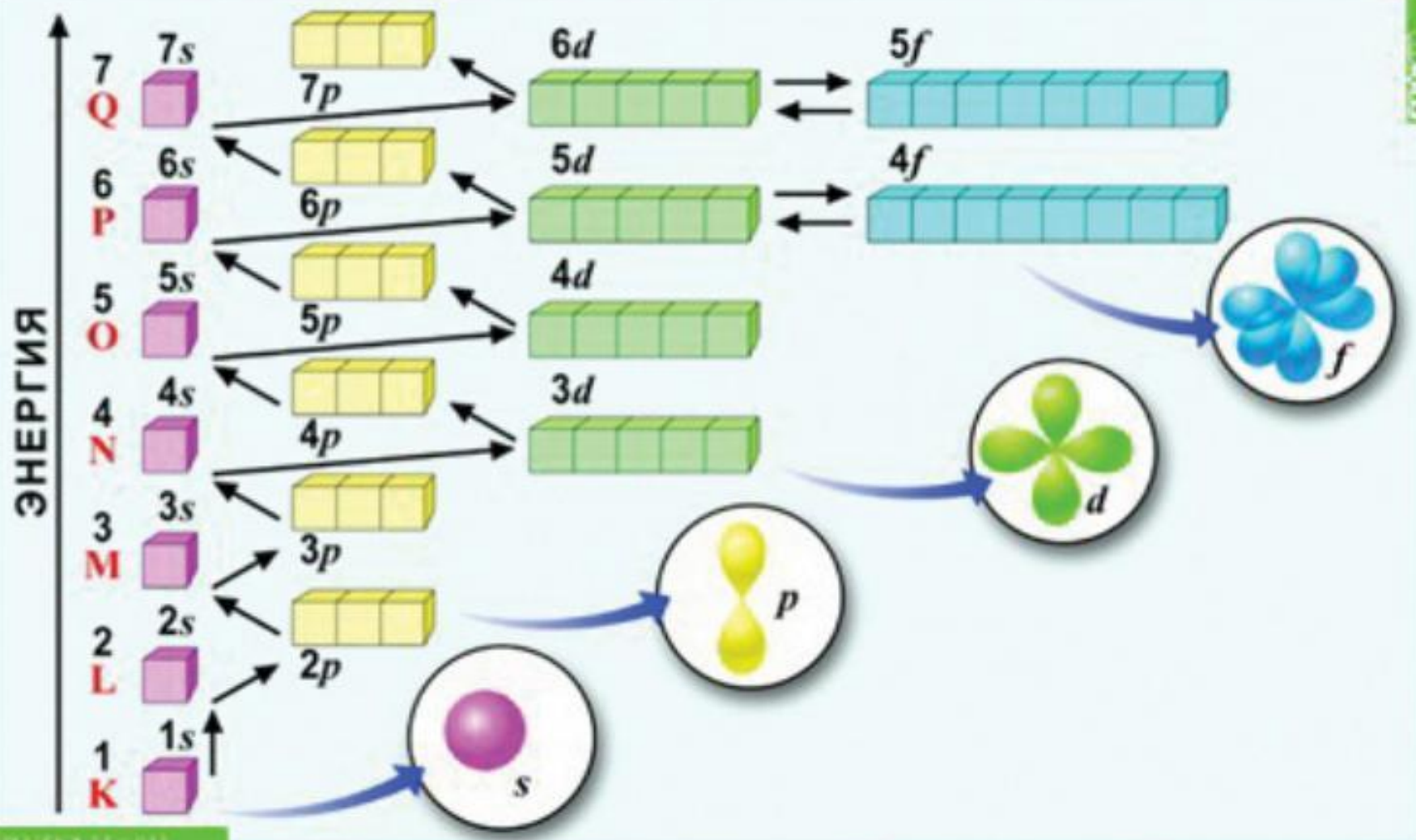
Пример построения орбитальной диаграммы (Вариант I)

Калий



Краткая электронная запись - _____

1. ФОРМА ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛАКОВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОДУРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОНАМИ



Примеры записи электронной формулы и орбитальных диаграмм для некоторых элементов

Examples of recording electronic formula and orbital diagrams for some elements

Символ элемента, порядковый номер, название	Схема электронного строения	Электронные формулы	Графическая электронная формула
¹⁹ K Калий	$\begin{matrix} KLMN \\ (+19) \text{))))) \\ 2881 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	
²⁰ Ca Кальций	$\begin{matrix} KLMN \\ (+20) \text{))))) \\ 2882 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	
²¹ Sc Скандий	$\begin{matrix} KLMN \\ (+21) \text{))))) \\ 2892 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	
²² Ti Титан	$\begin{matrix} KLMN \\ (+22) \text{))))) \\ 28102 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$	
²³ V Ванадий	$\begin{matrix} KLMN \\ (+23) \text{))))) \\ 28112 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$	
²⁴ Cr Хром	$\begin{matrix} KLMN \\ (+24) \text{))))) \\ 28131 \end{matrix}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	

и т. д.

Матрица для записи характеристики электрона с помощью квантовых чисел (Matrix for recording the quantum characteristics of electrons)

Заполняется *предпредвнешний* уровень у атомов семейств лантаноидов и актиноидов (*f*-элементы).

Заполняется *предвнешний* уровень у атомов элементов побочных подгрупп (*d*-элементы).

Заполняется *внешний* уровень у атомов элементов главных подгрупп (*s*- и *p*-элементы).

Наибольшее число электронов на энергетическом уровне определяется по формуле:

$$N = 2n^2,$$

где N – максимальное число электронов; n – номер уровня.

	$l=0$ <i>s</i>	$l=1$ <i>p</i>	$l=2$ <i>d</i>			$l=3$ <i>f</i>			
$n=4$									
$n=3$						-3	-2	-1	0
$n=2$			2	1	0	+1	+2	m_s	
$n=1$		-1	0	+1	m_s				
	$m_s = 0$	m_s							

Главное квантовое число (n) указывает номер уровня и число подуровней.

Побочное (орбитальное) квантовое число (l) характеризует подуровень.

Магнитное квантовое число (m_l) характеризует положение.

Спиновое квантовое число (m_s) характеризует собственный момент импульса электрона ($[\uparrow] m_s = -\frac{1}{2}$;
 $[\downarrow] m_s = +\frac{1}{2}$).

Таблица квантовых чисел

Таблица 1. Значение квантовых чисел и максимальное число электронов на квантовых уровнях и подуровнях

Энергетический уровень	Энергетический подуровень	Возможные значения магнитного квантового числа m	Число орбиталей		Максимальное число электронов	
			в подуровне $(2l+1)$	в уровне n^2	на подуровне $2(2l+1)$	на уровне $2n^2$
K ($n=1$)	$s (l=0)$	0	1	1	2	2
L ($n=2$)	$s (l=0)$	0	1	4	2	8
	$p (l=1)$	-1; 0; +1	3		6	
M ($n=3$)	$s (l=0)$	0	1	9	2	18
	$p (l=1)$	-1; 0; +1	3		6	
	$d (l=2)$	-2; -1; 0; +1; +2	5		10	
N ($n=4$)	$s (l=0)$	0	1	16	2	32
	$p (l=1)$	-1; 0; +1	3		6	
	$d (l=2)$	-2; -1; 0; +1; +2	5		10	
	$f (l=3)$	-3; -2; -1; 0; +1; +2; +3	7		14	

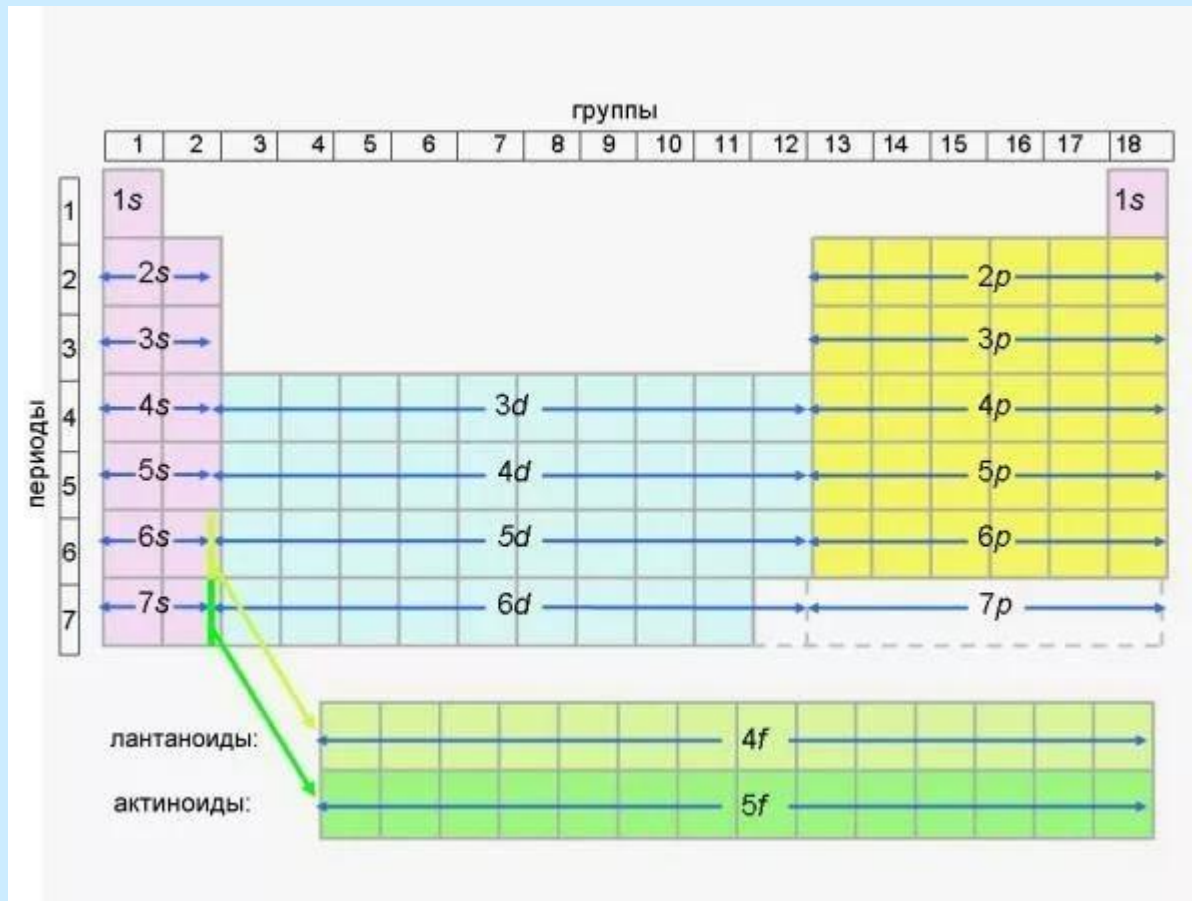
Таблица квантовых чисел или энергетическая характеристика электронов в атоме

(Table of quantum numbers or energy characteristics of electrons in the atom)

Главное квантовое число	1		2			3			4			5			
Символ оболочки	<i>K</i>		<i>L</i>			<i>M</i>			<i>N</i>			<i>O</i>			
Максимальное число электронов в оболочке	2		8			18			32			50			
Орбитальное квантовое число <i>l</i>	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
Символ подоболочки	<i>1s</i>	<i>2s</i>	<i>2p</i>	<i>3s</i>	<i>3p</i>	<i>3d</i>	<i>4s</i>	<i>4p</i>	<i>4d</i>	<i>4f</i>	<i>5s</i>	<i>5p</i>	<i>5d</i>	<i>5f</i>	<i>5g</i>
Максимальное число электронов в подоболочке	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	18

Порядок заполнения электронных орбиталей можно взять из
длинной формы Периодической Таблицы
(The order of filling of electronic orbitals can be taken from the long
form of the Periodic Table)

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



Полный вариант длинной формы Периодической таблицы.

Этот вариант наиболее удобен для изучения распределения электронов в атоме и классификации элементов на основании строения последнего электронного уровня.

Full version the long form of the Periodic table. This option is most convenient to study the distribution of electrons in the atom, classification elements based on electronic structure the last level.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H Водород	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> s-подуровень p-подуровень d-подуровень f-подуровень </div>																2 He Гелий
2	3 Li Литий	4 Be Бериллий											5 B Бор	6 C Углерод	7 N Азот	8 O Кислород	9 F Фтор	10 Ne Неон
3	11 Na Натрий	12 Mg Магний											13 Al Алюминий	14 Si Кремний	15 P Фосфор	16 S Сера	17 Cl Хлор	18 Ar Аргон
4	19 K Калий	20 Ca Кальций	21 Sc Скандий	22 Ti Титан	23 V Ванадий	24 Cr Хром	25 Mn Марганец	26 Fe Железо	27 Co Кобальт	28 Ni Никель	29 Cu Медь	30 Zn Цинк	31 Ga Галлий	32 Ge Германий	33 As Мышьяк	34 Se Селен	35 Br Бром	36 Kr Криптон
5	37 Rb Рубидий	38 Sr Стронций	39 Y Иттрий	40 Zr Цирконий	41 Nb Ниобий	42 Mo Молибден	43 Tc Технеций	44 Ru Рутений	45 Rh Родий	46 Pd Палладий	47 Ag Серебро	48 Cd Кадмий	49 In Индий	50 Sn Олово	51 Sb Сурьма	52 Te Теллур	53 I Иод	54 Xe Ксенон
6	55 Cs Цезий	56 Ba Барий	Лантаноиды	72 Hf Гафний	73 Ta Тантал	74 W Вольфрам	75 Re Рений	76 Os Осмий	77 Ir Иридий	78 Pt Платина	79 Au Золото	80 Hg Ртуть	81 Tl Таллий	82 Pb Свинец	83 Bi Висмут	84 Po Полоний	85 At Астат	86 Rn Радон
7	87 Fr Франций	88 Ra Радий	Актинοиды	104 Rf Резерфордий	105 Db Дубний	106 Sg Сибогий	107 Bh Борий	108 Hs Хассий	109 Mt Мейтнерий	110 Ds Дармштадтий	111 Rg Рентгений	112 Uub Унунбий	113 Uut Унунтрий	114 Uuq Унунквадий	115 Uup Унунпентий	116 Uuh Унунгексий	117 Uus Унунseptий	118 Uuo Унуноктий
	57 La Лантан	58 Ce Церий	59 Pr Прометий	60 Nd Неодим	61 Pm Прометий	62 Sm Самарий	63 Eu Европий	64 Gd Гадолиний	65 Tb Тербий	66 Dy Диспрозий	67 Ho Гольмий	68 Er Эрбий	69 Tm Тулий	70 Yb Иттербий	71 Lu Лютеций			
	89 Ac Актиний	90 Th Торий	91 Pa Протактиний	92 U Уран	93 Np Нептуний	94 Pu Плутоний	95 Am Америций	96 Cm Кюрий	97 Bk Берклий	98 Cf Калифорний	99 Es Эйнштейний	100 Fm Фермий	101 Md Менделеевий	102 No Нобелий	103 Lr Лоуренсий			

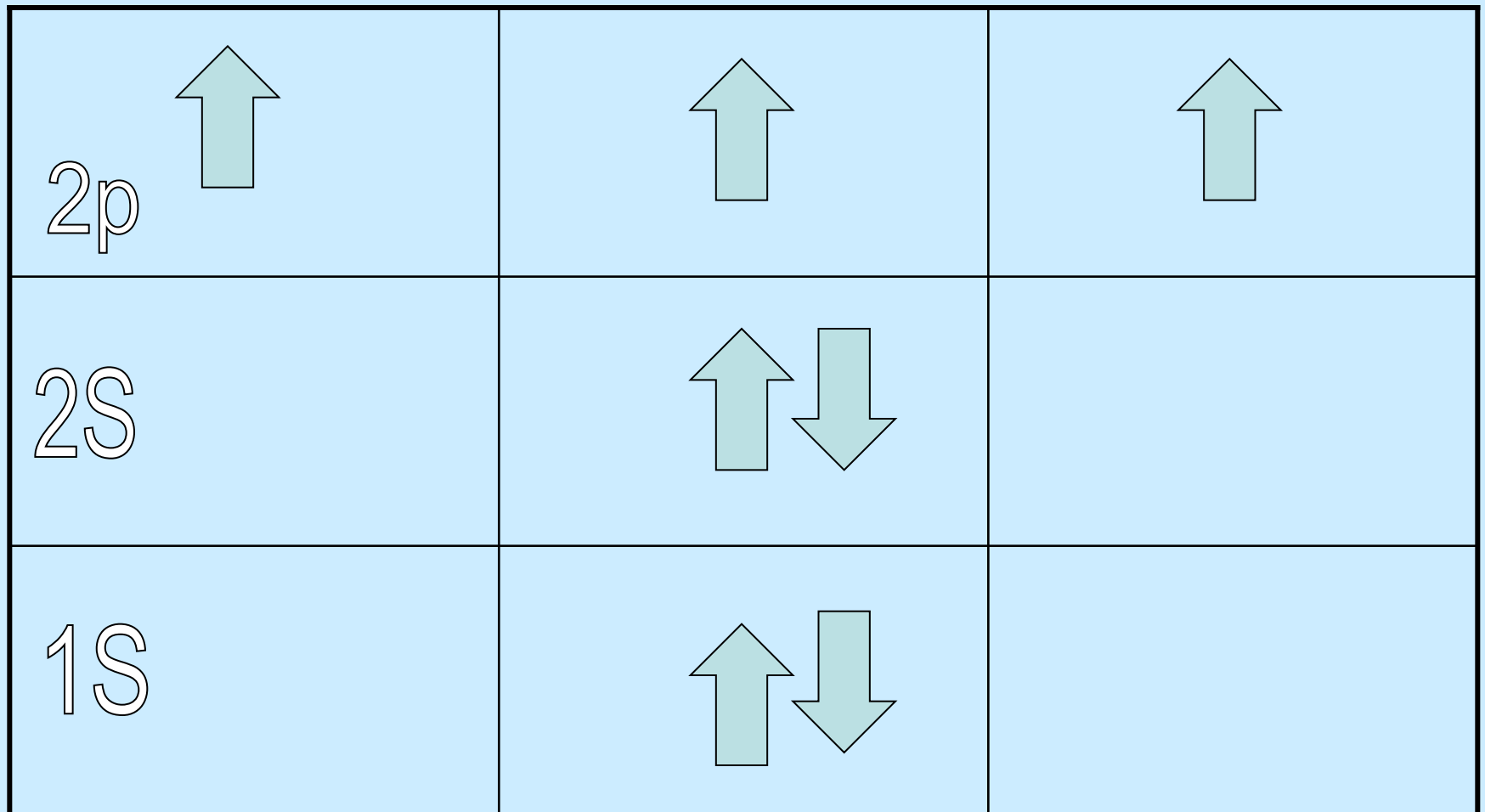
Основные правила заполнения электронами электронных уровней

- На одной орбитали не может находиться одновременно больше двух электронов (Правило Паули)
- Электроны заполняют свои орбитали вначале по одиночке, а только потом образуют пары (Правило Гунда)
- Принцип минимума энергии: при заполнении электронных оболочек в первую очередь заполняются оболочки с минимальной энергией (ближайшие к ядру уровни и подуровни)
- Правило «октета - дублета» Все атомы стремятся к завершению своего внешнего уровня до двух или восьми электронов.
- Правило Клечковского – Меделунга. Заполнение электронами орбиталей в атоме происходит в порядке возрастания суммы главного Правила Клечковского – Меделунга. Заполнение электронами орбиталей в атоме происходит в порядке возрастания суммы главного и орбитального Правила Клечковского – Меделунга. Заполнение электронами орбиталей в атоме происходит в порядке возрастания суммы главного и орбитального квантовых чисел . При одинаковой сумме раньше заполняется орбиталь с меньшим значением .
- On one orbital is not at the same time more than two electrons (Pauli Rule)
- Electrons fill their orbitals in the beginning alone and then form pairs (Rule Gund)
- The principle of minimum energy: when filling the electron shells first shell filled with a minimum of energy (closest to nucleus levels and sub-levels)
- The rule of "octet - doublet" All the atoms tend to complete their outer level to two or eight electrons.
- The Rule Kleczkowska – Madelung. The filling of the electron orbitals in the atom occurs in ascending order of the sum of the main and orbital quantum numbers . For the same amount ahead is filled orbital with a lower value .

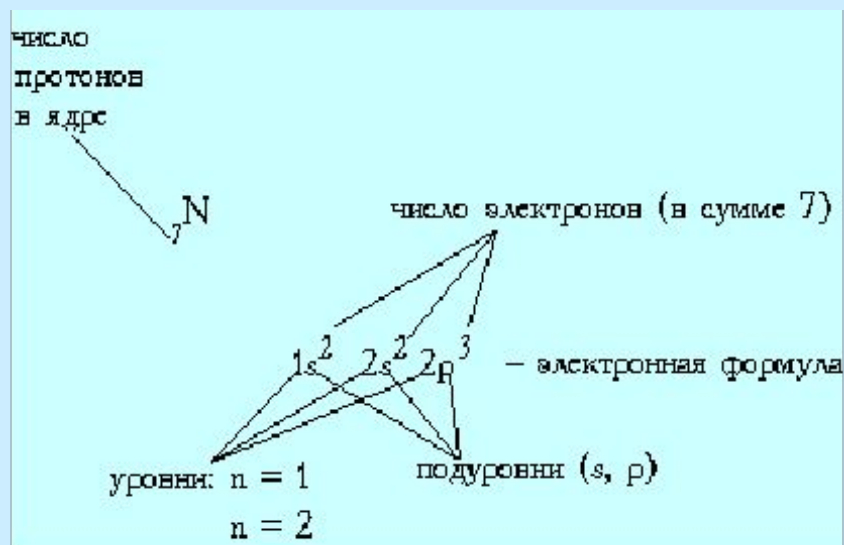
Как электроны характеризуют элементы? (As the electrons characterize the elements?)

- Элементы называют по последнему подуровню, который они заполняют:
 - s-элементы,
 - p-элементы,
 - d-элементы,
 - f-элементы
- А их последние электроны называют:
 - s-электроны,
 - p-электроны,
 - d-электроны,
 - f-электроны
 - **Внешним уровнем** атома называют самый далекий от ядра уровень на котором есть электроны
 - **Завершенным уровнем** называется уровень на котором находится полный комплект электронов. Это значит у этого уровня максимально заполнены все орбитали
- The elements referred to by the last sublevel, which they fill:
 - s-elements
 - p-elements,
 - d-elements,
 - f-elements
- And their last electrons is called:
 - s-electrons,
 - p-electrons,
 - d-electrons,
 - f-electrons
- **The outer level** of an atom is called the most distant from the nucleus the level at which there are electrons
- **Completed level** is the level at which there is a complete set of electrons. This means this level is completely filled all orbitals

Орбитальная диаграмма атома Азота



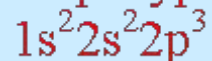
Переведите текст
самостоятельно



$7N$ – элемент Азот

Электронная формула Азота

Электронная конфигурация элемента:



цифры 1, 2, 2 – электронные уровни (символ n – квантовое число);

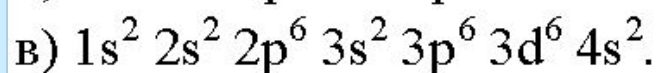
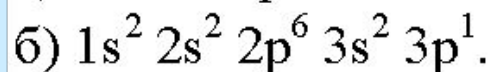
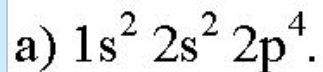
буквы s, s, p – тип орбитали;

цифры 2, 2, 3 – фактическое количество электронов на каждом уровне.

Вывод: Азот имеет порядковый номер 7. Это значит, что у него 7 протонов и 7 нейтронов и заряд ядра равен +7. На первом уровне он содержит одну орбиталь и она заполнена полностью (два электрона). Второй уровень (внешний уровень) содержит 2 вида орбиталей: одну s-орбиталь, которая заполнена полностью и три p-орбитали. На каждой p-орбитале по одному неспаренному (без пары, одиночному) электрону – всего 3 электрона. Эти электроны определяют название элемента. Азот p-элемент. Его внешний уровень не завершен. Завершенный уровень должен содержать 8 электронов, а у азота электронов на внешнем уровне только 5

1. Напишите электронные формулы для следующих элементов: ${}_6\text{C}$, ${}_{12}\text{Mg}$, ${}_{16}\text{S}$, ${}_{21}\text{Sc}$.

2. Элементы имеют следующие электронные формулы:



Какие это элементы? Напишите их латинские символы и названия на латинском и русском языках.

3. Элемент имеет внешний электронный уровень такого строения: $\dots 3p^3$. Что это за элемент?

4. Напишите электронную формулу для элемента с зарядом ядра $Z = 12$.

5. Какие из перечисленных атомов и ионов имеют электронные конфигурации, одинаковые с атомом ${}_{18}\text{Ar}$: Ca^{2+} , Cl^- , K , Na^+ , S^{2-} , As^{3-} , Al^{3+} ?

1. Какие из перечисленных подуровней не существуют: $2s$, $4f$, $2p$, $3d$, $1p$, $2d$, $1s$, $3f$?

2. Сколько электронов и протонов содержит молекула аммиака NH_3 ?

3. Даны элементы с зарядами ядер $Z = 3$ и $Z = 19$. Какой из них лучший донор электронов?

4. Перечисленные элементы разделите на доноры и акцепторы электронов. Сколько электронов нужно отдать или принять каждому из них, чтобы приобрести электронную оболочку благородного газа неона? Напишите

5. Атом превращается в ион, если принимает или отдает электроны с внешней оболочки. Напишите электронные формулы элементов с зарядами ядер $Z = 3$ и $Z = 9$. Руководствуясь правилом октета, ответьте на вопрос: какой из этих элементов склонен образовывать отрицательно заряженные, а какой - положительно заряженные ионы?
6. Даны элементы с зарядами ядер $Z = 7$ и $Z = 15$. Какой из них лучший акцептор электронов?
7. Напишите электронную формулу элемента с зарядом ядра $Z = 24$. Нарисуйте орбитальную диаграмму последней (внешней) электронной оболочки.
8. Даны два элемента - с зарядами ядер $Z = 17$ и $Z = 18$. Один из них - ядовитый газ с резким запахом. Другой - не ядовит, лишен запаха, не поддерживает дыхания. Напишите электронные формулы обоих элементов. Какой из них ядовит?
9. Нарисуйте орбитальную диаграмму для углерода (заряд ядра $Z = 6$). Сколько неспаренных электронов на внешней электронной оболочке углерода?
10. Сокращенная электронная формула элемента изображена в виде: $\dots 5p^3$. Какой это элемент? Напишите полную электронную формулу и набор квантовых чисел для "последнего" электрона на внешнем электронном уровне.
11. Сокращенная электронная формула элемента изображена в виде: $\dots 3d^8$. Какой это элемент? Напишите полную электронную формулу и набор квантовых чисел для 8-го электрона на d-подуровне.
12. Напишите полную электронную формулу и нарисуйте орбитальную диаграмму для элемента ${}_{19}\text{K}$. Запишите набор квантовых чисел для последнего (наиболее далекого от ядра) электрона этого элемента.

