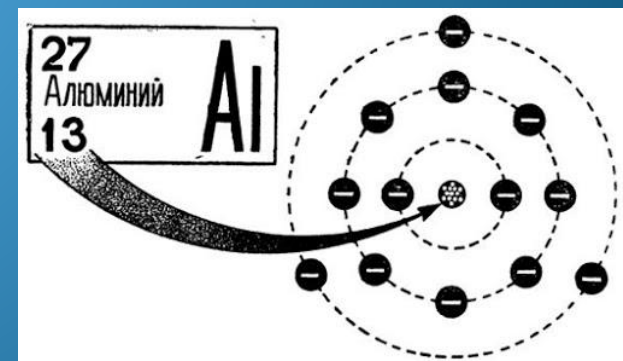
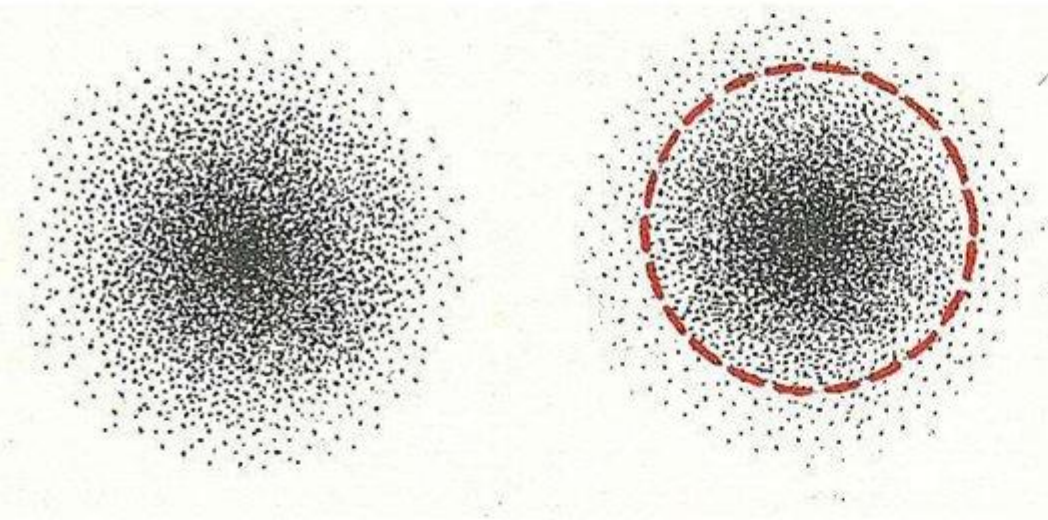


# 2.4.2. «Квантовая и квантово-механическая модель строения атома. Квантовые числа. Электронное строение атома. Периодический закон в свете современной теории строения атома»



# Квантовая и квантово-механическая модель атома

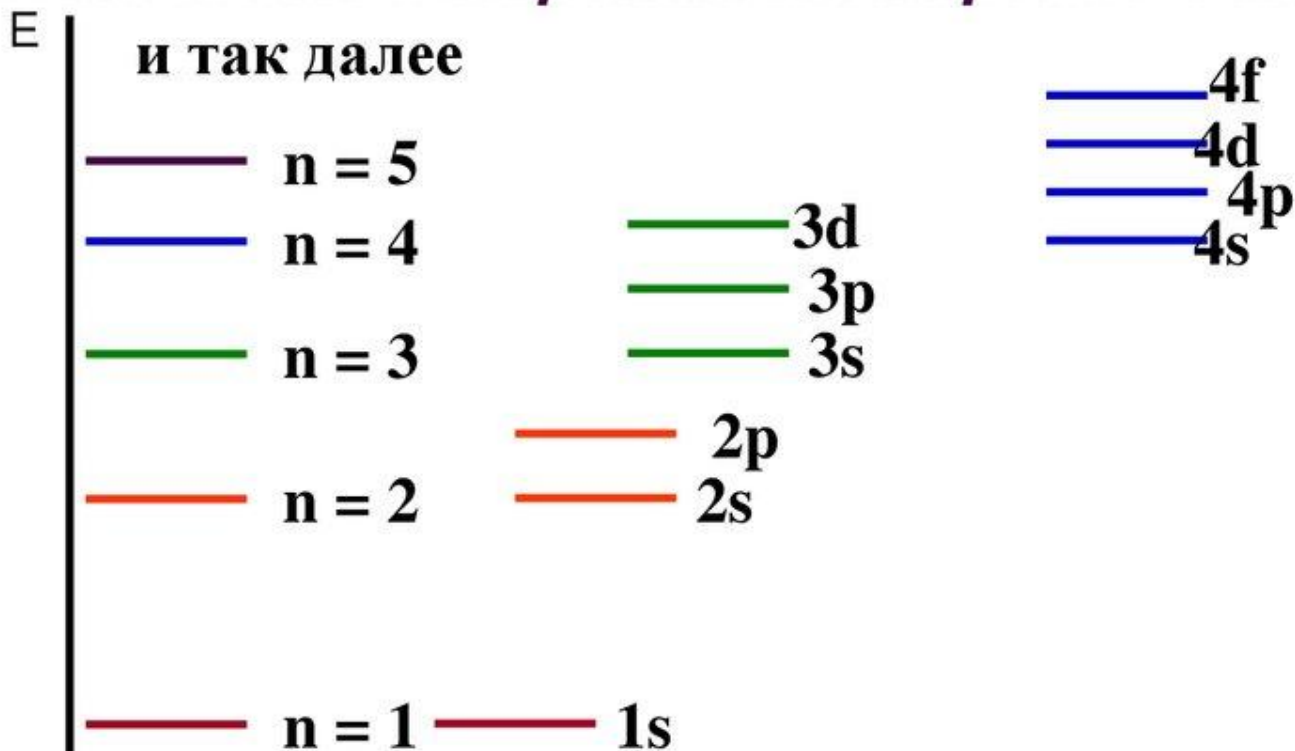


- В качестве модели состояния электрона в атоме принято представление об **электронном облаке**, плотность соответствующих участков которого пропорциональна вероятности нахождения там электрона. Область максимальной вероятности пребывания электрона в атоме называется **орбиталью**.

*В 1926 г. Шредингер предложил математическую модель, описывающую положение электронов в атоме.*

- $d^2\psi/dx^2 + d^2\psi/dy^2 + d^2\psi/dz^2 + (8\pi^2m_e/h^2)[E-V(x,y,z)]\psi = 0$
- Каждому решению уравнения Шредингера отвечает одна электронная орбиталь, которая определяет энергию и распределение электрона в пространстве.
- Для решения уравнения Шредингера приходится ввести три постоянные:  $n$ ,  $l$  и  $m$ , которые получили название **квантовых чисел**. Каждому набору квантовых чисел соответствует одно решение уравнения Шредингера и соответственно одна орбиталь.

# Энергетическая диаграмма электронов в атоме

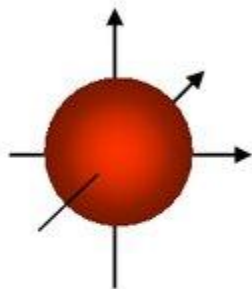


$n$  – **главное квантовое число**; в основном характеризует Энергетический уровень электрона в атоме. Принимает **положительные целочисленные значения от 1 до бесконечности**.

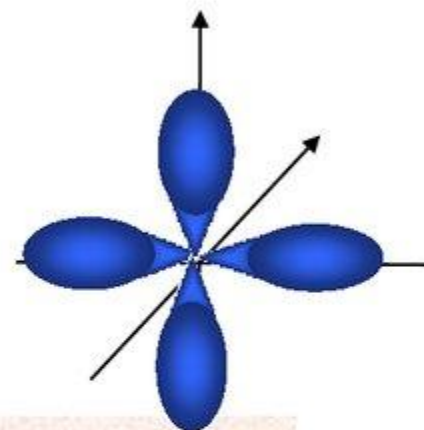
Число заполняемых энергетических уровней в атоме численно равно номеру периода, в котором находится элемент

**$l$  – орбитальное квантовое число**, определяет форму электронного облака. Принимает значения положительных целых чисел **от 0 до  $n-1$** .

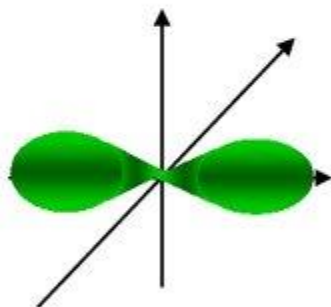
$l=0$  (S-орбиталь)



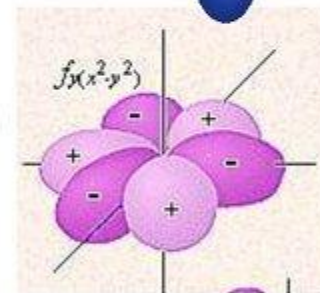
$l=2$  (d-орбитали)



$l=1$  (p-орбитали)



$l=3$  (f-орбитали)

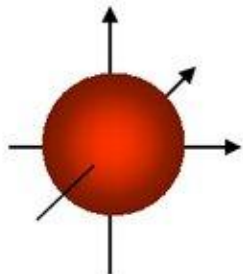


Различные значения  $l$  характеризуют энергетические подуровни в пределах каждого энергетического уровня. Энергия s-, p-, d- и f-подуровней последовательно возрастает

**$m$  – магнитное квантовое число**, характеризует разрешенные ориентации электронного облака в пространстве (его положение). Принимает целочисленные значения в пределах от  $-l$  до  $+l$  включительно.

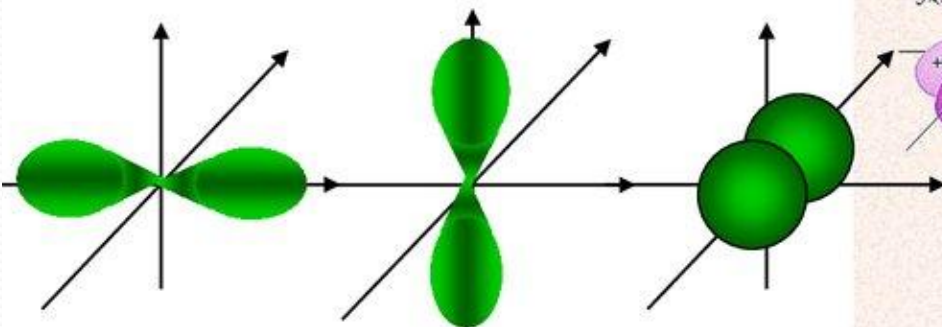
**$l=0, m=0$**

**$s$ -орбиталей - 1 на каждом уровне**

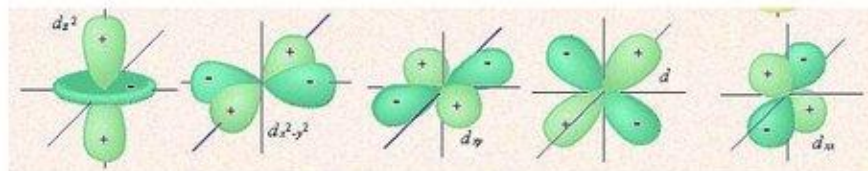


**$l=1, m = -1, 0, +1$**

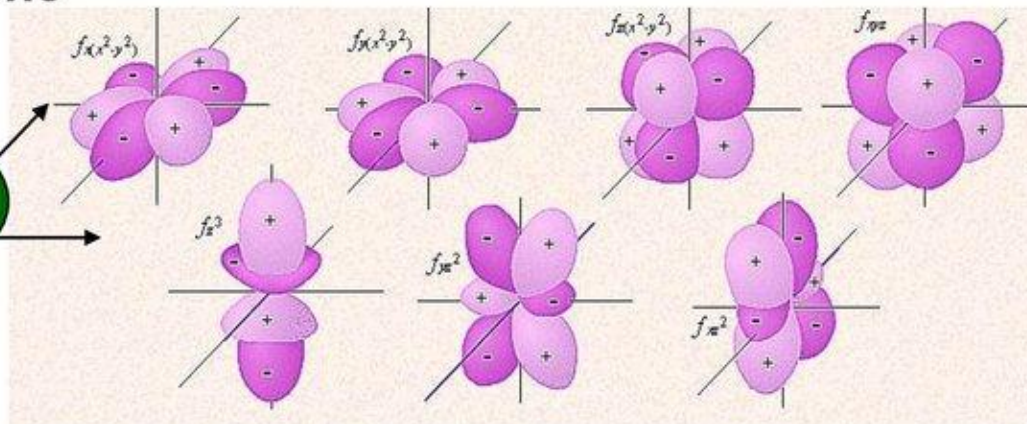
**$p$ -орбиталей - 3 на каждом уровне**



**$l=2, m = -2, -1, 0, +1, +2$**   
 **$d$ -орбиталей - 5 на каждом уровне**



**$l=3, m = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$**   
 **$f$ -орбиталей - 7 на каждом уровне**

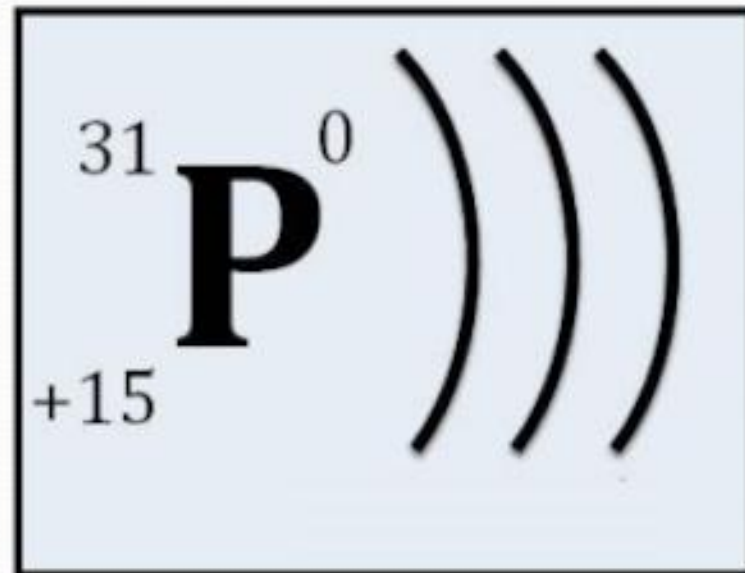




# Строение электронной оболочки атомов

- Энергетический уровень

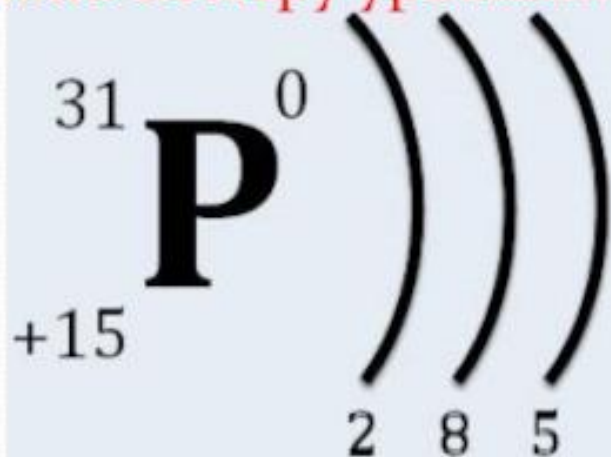
Число энергетических уровней в атоме равно номеру периода, в котором находится элемент!!!





- Энергетический подуровень

Число подуровней на каждом энергетическом уровне равно номеру уровня!!!



- Число орбиталей на подуровнях:

s-подуровень:

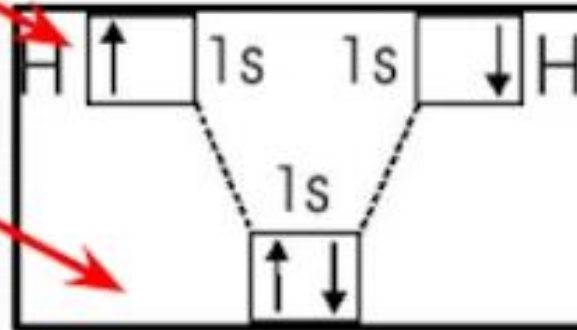
p-подуровень:

d-подуровень:

- Два электрона, которые находятся на одной орбитали называются спаренными.

Неспаренные электроны

Спаренные электроны



Энергетический уровень	Энергетический подуровень	Обозначение подуровней	Число орбиталей на подуровне	Число электронов на подуровне
1	1	1s	1	2
2	2	2s 2p	1 3	2 6
3	3	3s 3p 3d	1 3 5	2 6 10

# Заполнение орбиталей электронами

- Порядок заполнения электронами атомных орбиталей определяет принцип наименьшей энергии.

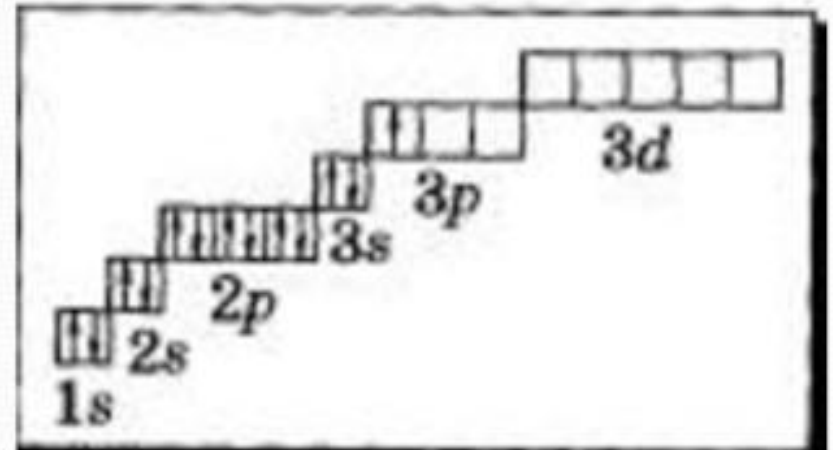
**Основное (устойчивое) состояние атома — это такое состояние, которое характеризуется минимальной энергией. Поэтому электроны заполняют орбитали в порядке увеличения их энергии.**

- Орбитали одного подуровня имеют одинаковую энергию.



- Принцип наименьшей энергии определяет

порядок заполнения энергетических подуровней – электроны заполняют подуровни в порядке увеличения их энергии!



- Правило Гунда

На одном подуровне электроны располагаются так, чтобы абсолютное значение суммы спиновых квантовых чисел (суммарного спина) было максимальным. Это соответствует устойчивому состоянию атома.

- 1)  $\uparrow\downarrow\uparrow$  2)  $\uparrow\uparrow\uparrow$  3)  $\uparrow\uparrow\downarrow$  4)  $\uparrow\downarrow\downarrow$  5)  $\downarrow\downarrow\downarrow$  ?

# Электронные конфигурации атомов

Чтобы правильно изображать электронные конфигурации атомов, нужно знать:

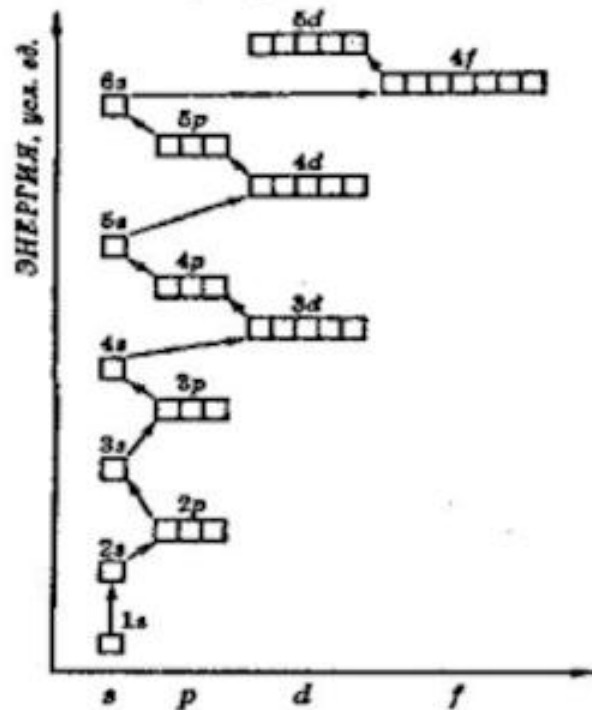
- Число электронов в атоме (равно порядковому номеру).
- Максимальное число электронов на уровнях и подуровнях.
- Порядок заполнения подуровней и орбиталей.



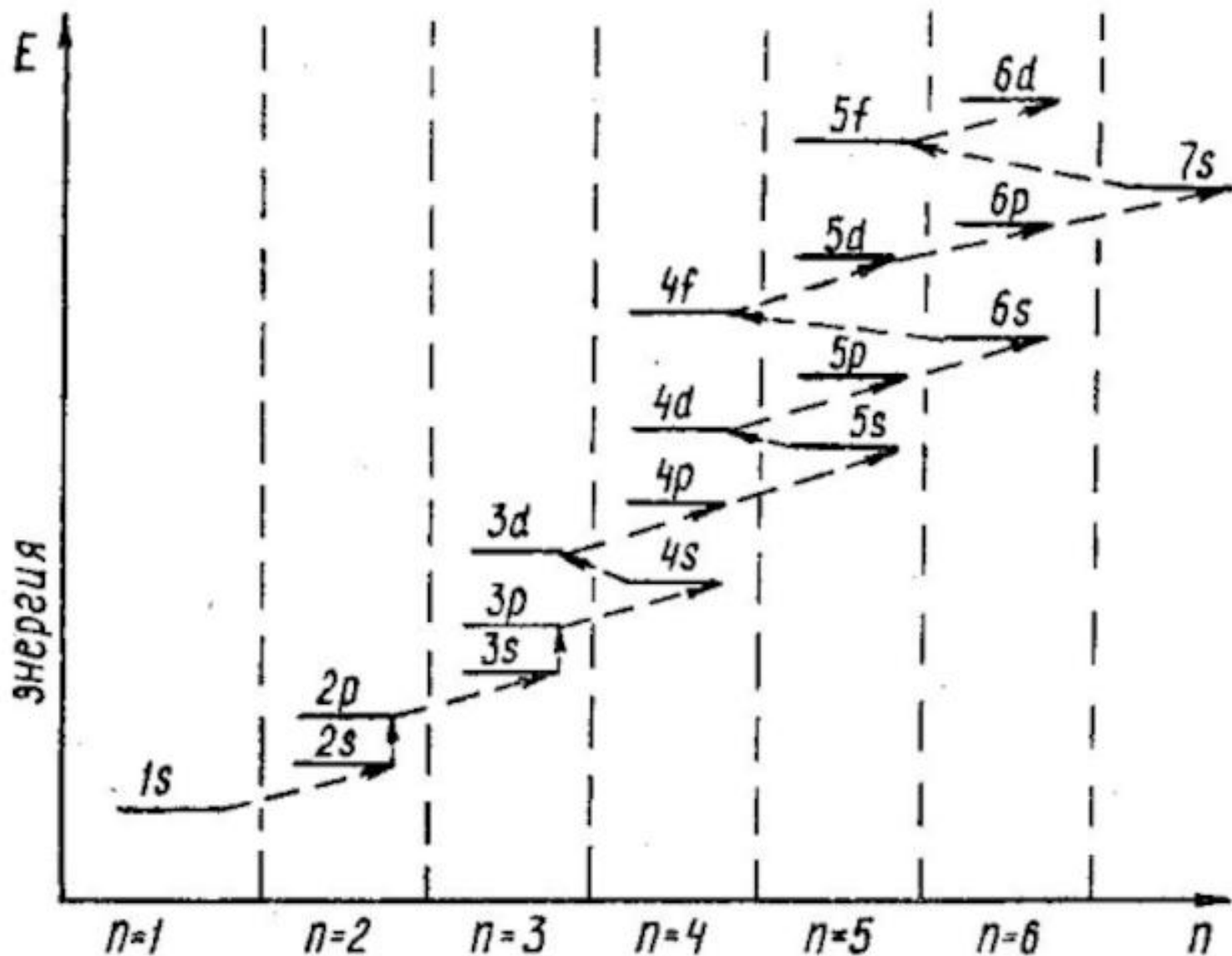
В том случае, когда для двух подуровней суммы значений  $n$  и  $l$  равны, сначала идет заполнение подуровня с меньшим значением  $n$ . Например, на подуровнях  $3d$ ,  $4p$ ,  $5s$  сумма значений  $n$  и  $l$  равна 5. В этом случае происходит сначала заполнение подуровней с меньшими значениями  $n$ , то есть  $3d$ ,  $4p$ ,  $5s$  и т. д.

### Заполнение подуровней

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



# Заполнение орбиталей электронами



## Семейства элементов

Элементы делятся на семейства, в зависимости от того, какой подуровень у них заполняется последним.

### *s-, p-, d-, f-элементы*

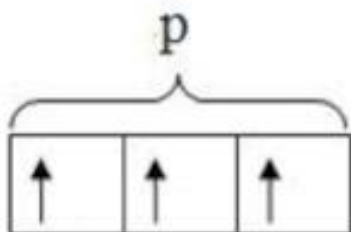
*s-элементы – последним заполняется s-подуровень*

*p-элементы – последним заполняется p-подуровень*

*d-элементы – последним заполняется d-подуровень*

*f-элементы – последним заполняется f-подуровень*

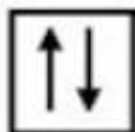
3. Правило Гунда (Хунда). При данном значении  $l$  (т. е. в пределах определенного подуровня) электроны располагаются таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.



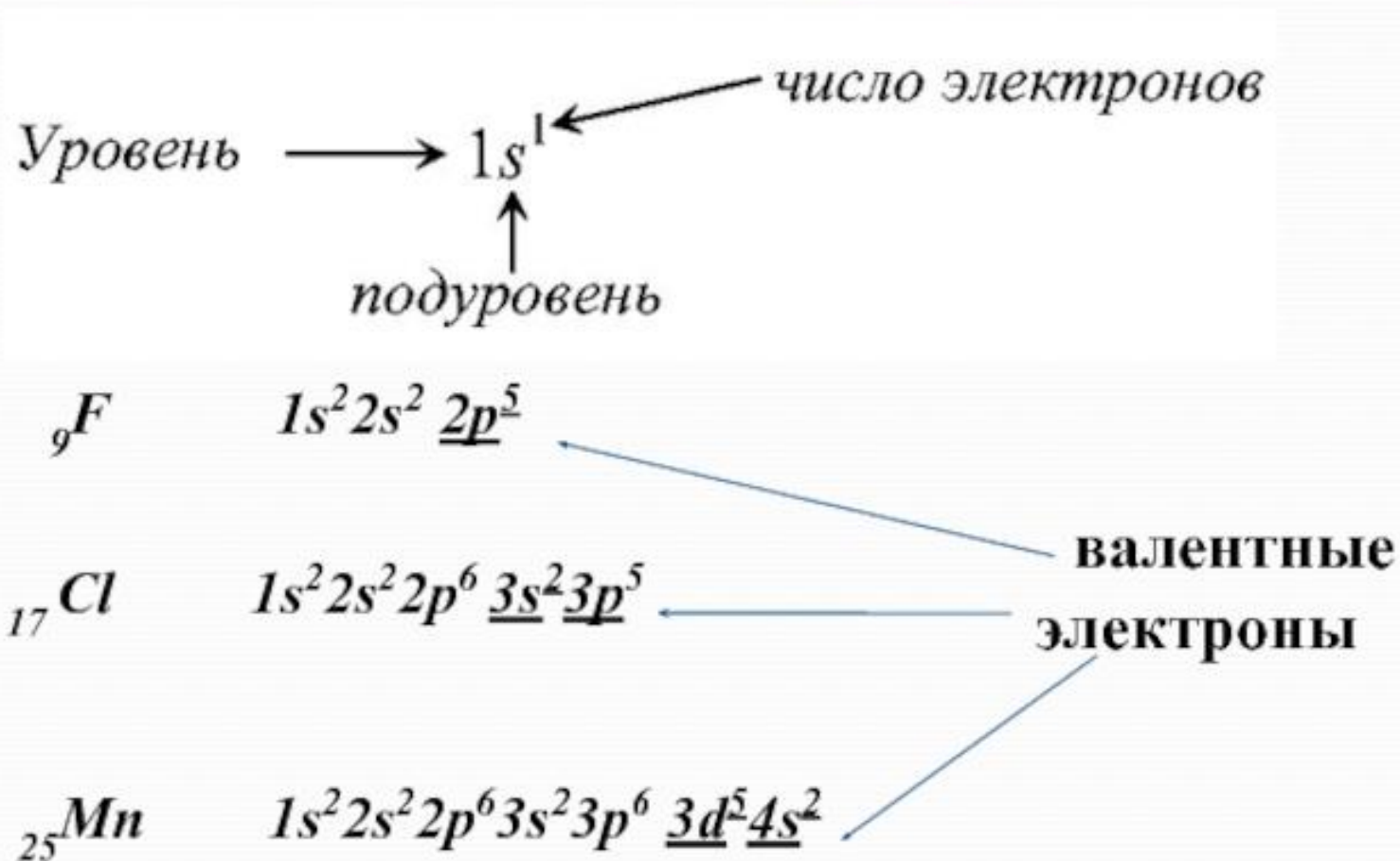
4. Принцип Паули. В атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа были бы одинаковы.



Каждая орбиталь вмещает только два электрона с противоположными (антипараллельными) спинами.



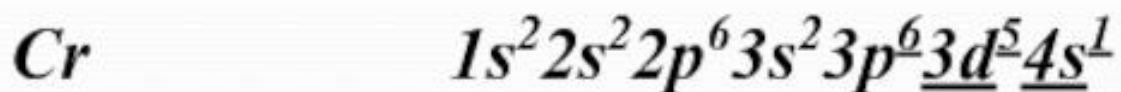
# Составление электронной конфигурации атома



*Валентные электроны* – электроны внешнего и предвнешнего энергетических подуровней.

## «Проскок» электрона

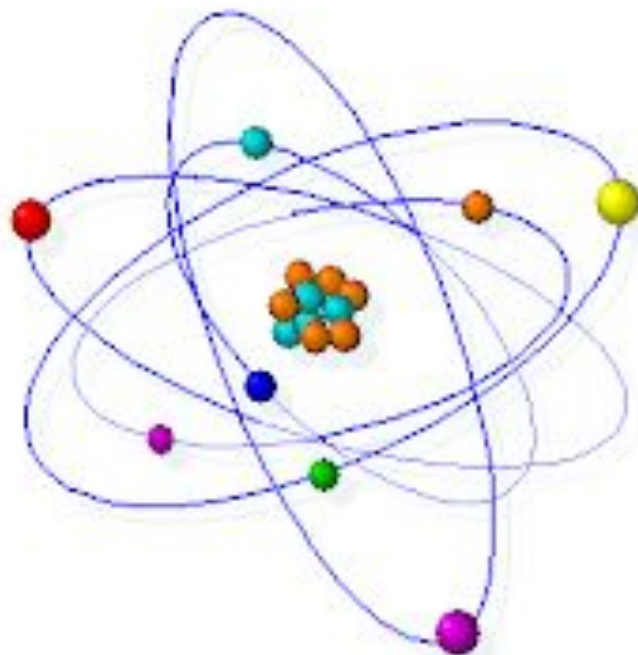
*Внешние оболочки с конфигурациями  $d^4$  и  $d^9$  нестабильны и стремятся перейти в устойчивые заполненные  $d^5$ - и  $d^{10}$ -конфигурации.*



«Проскок» электрона имеет место у  
*Cr, Cu, Ag, Tl, Mo, Nb, Tc, Ru, Rh, Pt, и Au*

# Распределение электронов по уровням

- ▶  $N=2n^2$  формула для вычисления количества электронов на энергетических **уровнях**.
- ▶ **1<sup>й</sup>** уровень - **2** электрона.
- ▶ **2<sup>й</sup>** уровень - **8** электронов.
- ▶ **3<sup>й</sup>** уровень - **18** электронов.
- ▶ **4<sup>й</sup>** уровень - **32** электрона.



# Периодический закон Д.И. Менделеева

1869 г., Д.И. Менделеев

*Свойства химических элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от их атомного веса.*

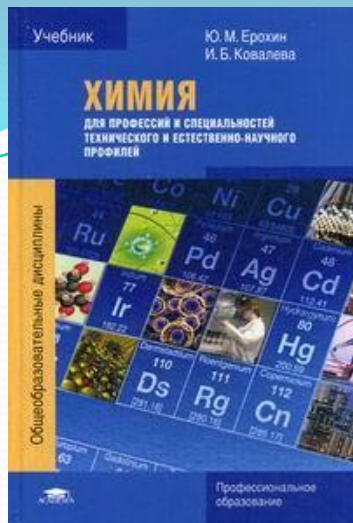
Периодичность – это повторяемость свойств химических и некоторых физических свойств у простых веществ и их соединений.

## Современная формулировка периодического закона

*Свойства химических элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от заряда ядра их атомов.*

Физический смысл периодического закона: *свойства химических элементов периодически повторяются, потому что происходит периодическое изменение электронных конфигураций атомов.*





# Домашнее задание

- Ерохин, Ю. М. Химия для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для СПО / Ю. М. Ерохин, И. Б. Ковалева. - 5-е изд., стер. - Москва: Академия, 2018, 2019 - 496 с. - (Профессиональное образование. Гр. ФИРО).
- §2.4.2.«Квантовая и квантово-механическая модель строения атома. Квантовые числа. Электронное строение атома. Периодический закон в свете современной теории строения атома», стр.59-70,
- Конспект, записать 3 этапа развития теории о строении атома, таблица «Состав элементарных частиц»