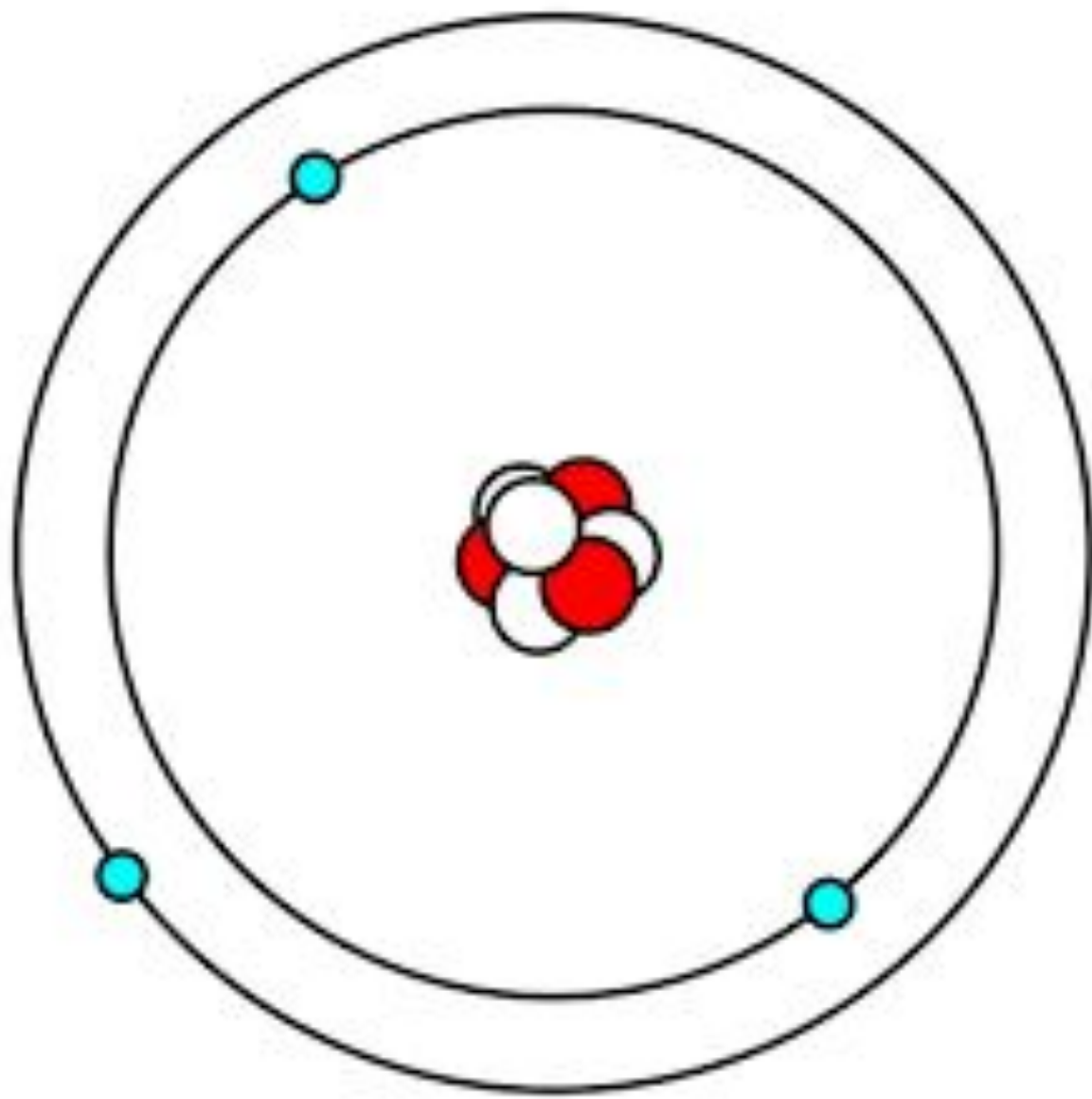


# **Состояние электронов в атоме**

*11 класс*

*Базовый уровень*

**Какое место в атоме  
занимают электроны  
согласно модели  
Резерфорда?**



**В чем основной недостаток  
этой модели с точки зрения  
классической  
электродинамики?**

# Постулаты Бора (1913)

- Атом в стационарных состояниях не излучает и не поглощает энергию
- Излучение (поглощение) энергии происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое

**Энергия излучается дискретно  
(квантами)!**



**Нильс Бор**  
**(1885 – 1962)**

**Квантовая механика – это наука,  
изучающая движение микрочастиц  
(в частности электронов) в силовых  
полях**

# Индивидуальные задания

- Сообщение на тему «Корпускулярно-волновой дуализм электрона»
  - Сообщение на тему «Принцип неопределенности Гейзенберга»



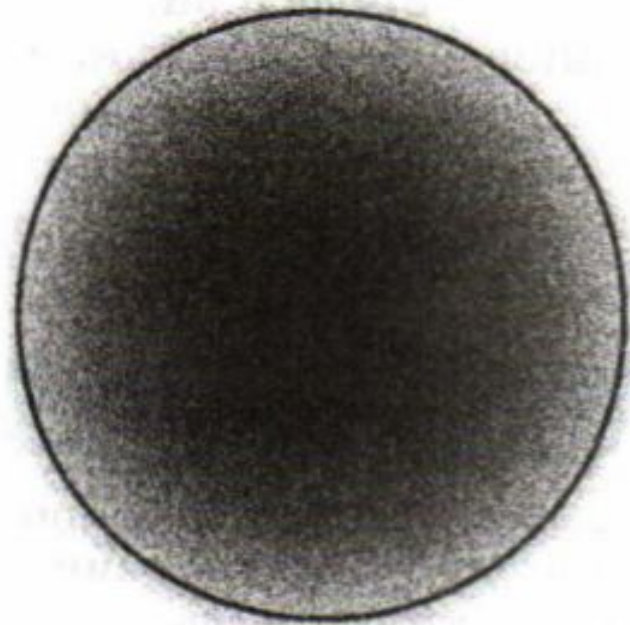
## Основной недостаток модели Бора:

удовлетворительно описывает состояние электрона только в атоме H и других одноэлектронных системах (например, ионе  $\text{He}^+$ , молекулярном ионе  $\text{H}_2^+$ )

**Современные  
представления о состоянии  
электронов в атоме**

Согласно представлениям квантовой механики, невозможно проследить траекторию движения электронов в атоме, можно оценить лишь вероятность его нахождения в той или иной точке пространства

**Электронная орбиталь**  
**(электронное облако)** – область  
околоядерного пространства,  
вероятность нахождения электрона в  
которой больше 95%





**Эрвин Шрёдингер**  
**(1887 – 1961)**

# **Квантовые числа электронов**

- **Главное квантовое число ( $n$ )** характеризует энергию электрона данного энергетического уровня и определяет размеры электронного облака (орбитали); оно принимает целые значения от 1 до бесконечности
- **Энергетический уровень** составляют орбитали и электроны с одинаковым значением главного квантового числа

- Количество энергетических уровней равно номеру периода (соответственно, максимальное количество - 7)
- Для каждого энергетического уровня главное квантовое число равно его номеру (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Чем меньше главное квантовое число, тем меньше энергия электрона и прочнее его связь с ядром
- С увеличением значения главного квантового числа, возрастает энергия электронов, увеличивается размер орбиталей
  - Максимальное количество электронов на энергетическом уровне вычисляется по формуле  $N_{\text{max}} = 2n^2$ . Число орбиталей на уровне  $N_{\text{орбиталей}} = n^2$



## Орбитальное (побочное, азимутальное)

квантовое число ( $l$ ) характеризует энергию электрона данного подуровня и определяет форму электронного облака; оно принимает целочисленные значения

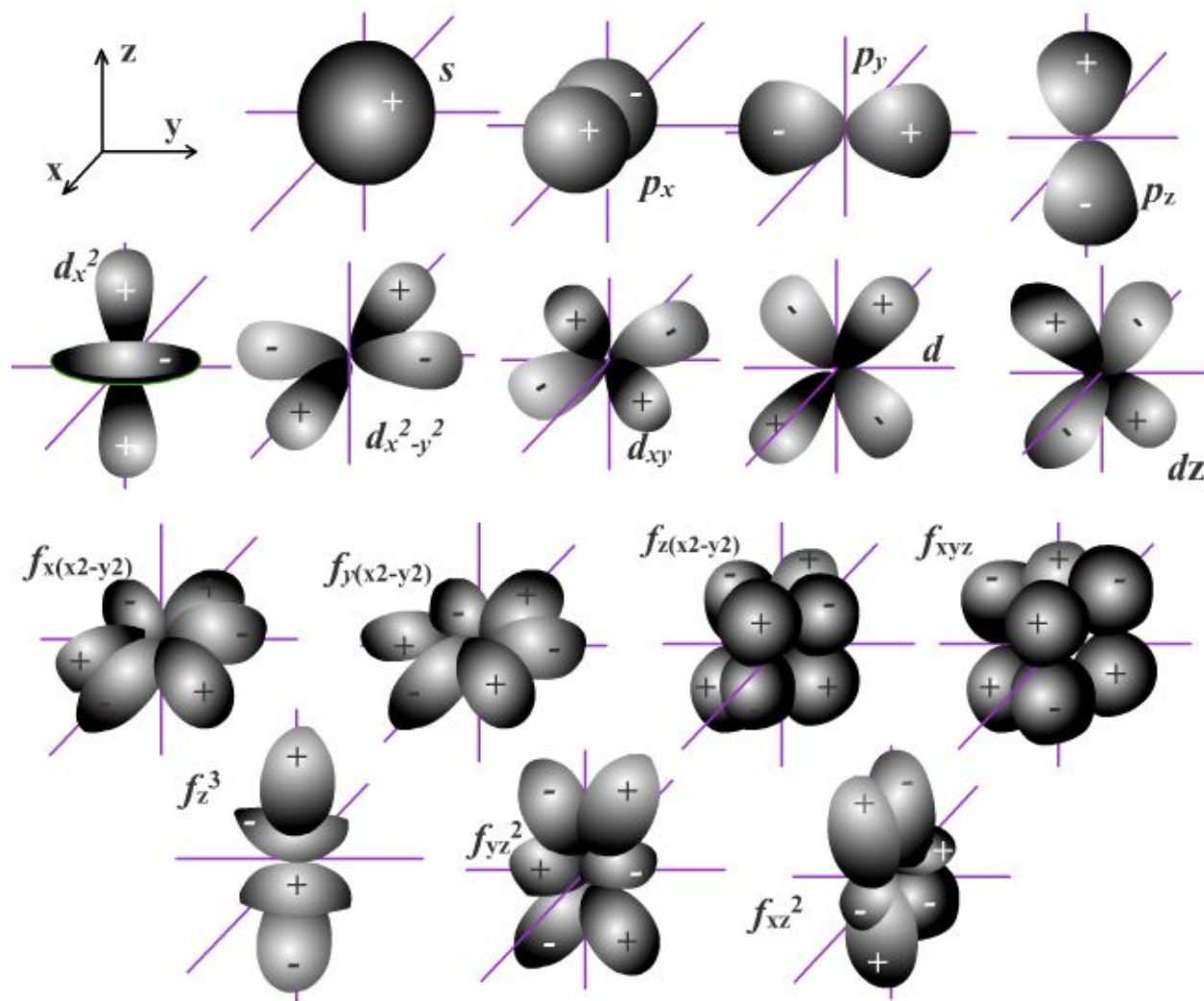
от 0 до  $(n-1)$ ,

где  $n$  – главное квантовое число

- Энергетический подуровень образуют орбитали и электроны с одинаковыми значениями орбитального квантового числа
- Число подуровней на уровне равно значению главного квантового числа (например, третий электронный энергетический уровень при  $n=3$  имеет три подуровня – s-, p- и d- соответственно)
- Электроны s-подуровня называют s-электронами, электроны p-подуровня – p-электронами и т.д.
- Наименьшей энергией обладают s-электроны, затем p-, d- и f-электроны соответственно

Энергетический уровень	Значения n	Значения l	Энергетический подуровень (формы орбиталей)
1	1	0	s
2	2	0 1	s p
3	3	0 1 2	s p d
4	4	0 1 2 3	s p d f

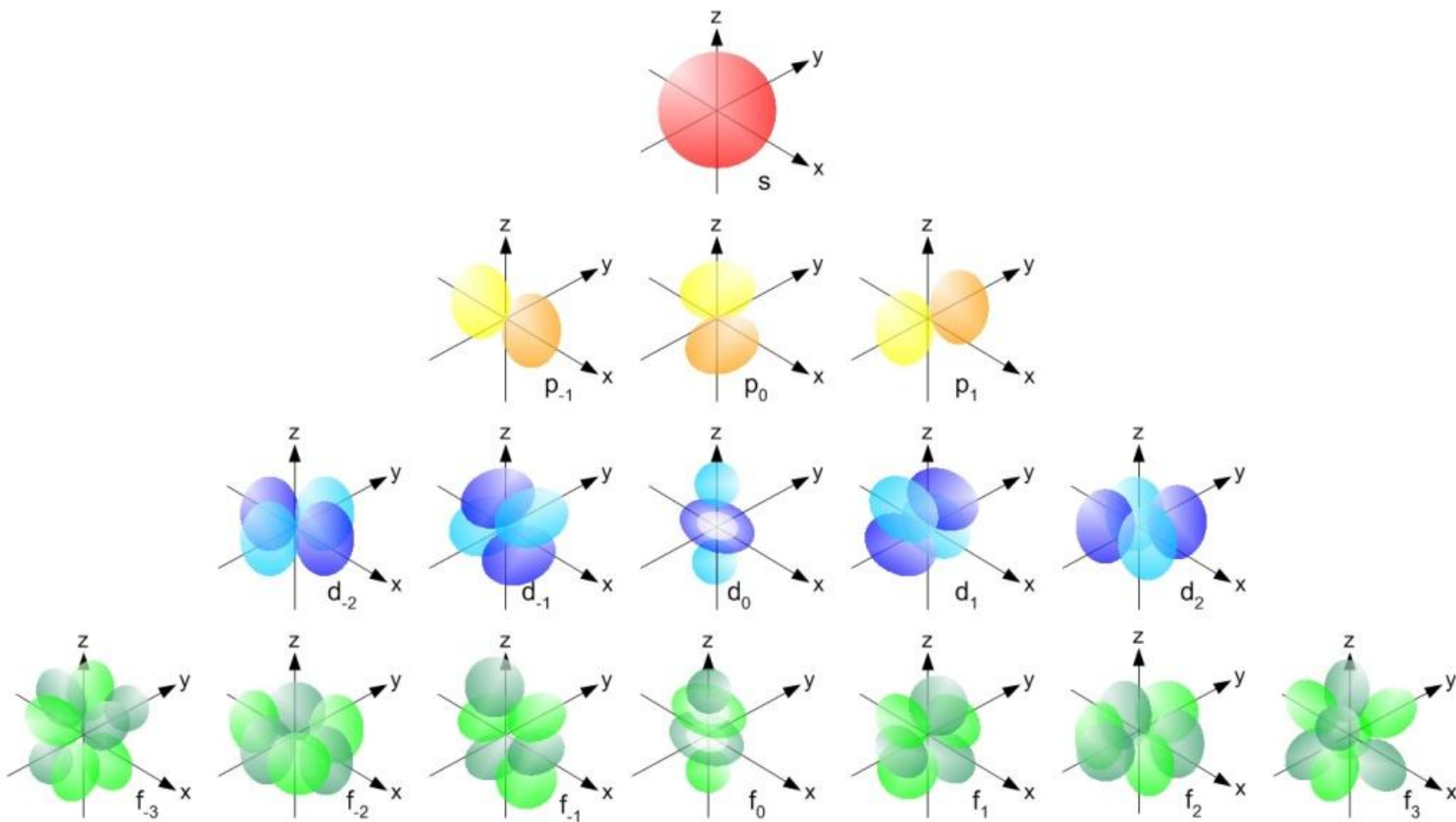
# Формы электронных облаков



**Магнитное квантовое число ( $m_l$ )** характеризует ориентацию орбитали в пространстве относительно внешнего магнитного или электрического поля. Например, для s-орбитали возможна единственная ориентация в пространстве, p-орбитали расположены под прямым углом друг к другу вдоль трех осей координат (x, y, z), для d- и f-орбиталей характерно пять и семь положений в пространстве соответственно

Магнитное квантовое число связано с орбитальным квантовым числом, оно принимает целочисленные значения – положительные и отрицательные – в пределах от  $-l$  до  $+l$ , всего  $(2l+1)$  значений

# Ориентация электронных облаков в пространстве



- Число значений магнитного квантового числа определяет количество атомных орбиталей данного подуровня. Для s-подуровня – 1 орбиталь, для p-, d- и f-подуровней – 3, 5 и 7 орбиталей
- Условное обозначение атомной орбитали – квантовая ячейка ( $\square$ ), либо черточка (–)



<b>Значения <math>l</math></b>	<b>Значения <math>m_l</math></b>
0(s)	0
1(p)	-1, 0, 1
2(d)	-2, -1, 0, 1, 2
3(f)	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3

Таким образом, каждая орбиталь и электрон, находящийся на этой орбитали, характеризуется тремя квантовыми числами. Они определяют размер, форму и ориентацию орбиталей в пространстве

- **Спиновое квантовое число ( $m_s$ )**
  - Кроме размеров орбиталей, их формы и расположения, электроны различаются спином
  - **Спин** – собственный магнитный момент электрона (упрощенно спин можно представить как собственное вращение электрона вокруг своей оси)

- Для характеристики спина введено спиновое квантовое число, которое принимает только два значения:  $+1/2$  и  $-1/2$ , что позволяет различать электроны, занимающие одну и ту же орбиталь. Электроны с противоположными спинами обозначают стрелками, направленными в разные стороны ( $\uparrow$  и  $\downarrow$ )
- Если на атомной орбитали находится один электрон, то его называют неспаренным и обозначают  $\uparrow$  или  $\downarrow$ , если два, то это спаренные электроны, их обозначают  $\uparrow\downarrow$

# Принцип Паули

В атоме не может быть двух электронов с одинаковыми значениями всех четырех квантовых чисел

## **СЛЕДСТВИЕ**

На одной орбитали может находиться лишь два электрона, обладающих противоположными (антипараллельными) спинами



**Вольфганг Паули**  
**(1900 – 1958)**

# Правило Клечковского

Орбитали заполняются электронами согласно принципу наименьшей энергии.

Первым заполняется тот подуровень, для которого сумма  $n$  и  $l$  является наименьшей.

В случае, если для двух подуровней эта сумма одинакова, первым заполняется подуровень с наименьшим значением  $n$



**Всеволод Маврикиевич Клечковский**  
**(1900 – 1972)**





# **«Проскок» электрона**

# Правило Хунда

Суммарный спин электронов данного подуровня должен быть максимальным



**Фридрих Хунд**  
**(1896 – 1997)**

Опишите состав ядра, распределение электронов по энергетическим уровням, напишите электронную формулу, электронно-графическую формулу внешнего слоя атома, укажите возможную валентность для атомов C, Br, Ga, Cr



# ***Домашнее задание***

- §3
- Записи в тетради
- Хомченко: №№6.26 (б, г, д), 6.28, 6.29, 6.30

# ***Заполнение таблицы «И.Т. О.Г.»***

<b>Интересно</b>	
<b>Трудно</b>	
<b>Освоено</b>	
<b>Главные выводы</b>	