



Лекция 2

Строение атома



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Суть планетарной модели строения атома (Э.Резерфорд, 1911 г.) можно свести к следующим утверждениям:

- ⊙ В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее ничтожную часть пространства внутри атома.
- ⊙ Весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в его ядре (масса электрона равна $1/1823$ а.е.м.).
- ⊙ Вокруг ядра вращаются электроны. Их число равно положительному заряду ядра.





СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В 1913 г. датский физик Н.Бор предложил свою теорию строения атома. Как и Резерфорд, он считал, что электроны двигаются вокруг ядра подобно планетам, движущимся вокруг Солнца. Однако к этому времени Дж.Франк и Г.Герц (1912 г.) доказали дискретность энергии электрона в атоме и это позволило Бору положить в основу новой теории два необычных предположения (постулата):



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Электрон может вращаться вокруг ядра не по произвольным, а только по строго определенным (стационарным) круговым орбитам.

Радиус орбиты r и скорость электрона v связаны квантовым соотношением Бора: $mr_v = n\hbar$

где m — масса электрона,
 n — номер орбиты,
 $\hbar$ — постоянная Планка



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

При движении по стационарным орбитам электрон не излучает и не поглощает энергии.

Таким образом, Бор предположил, что электрон в атоме не подчиняется законам классической физики. Согласно Бору, излучение или поглощение энергии определяется переходом из одного состояния, например с энергией E_1 , в другое — с энергией E_2 , что соответствует переходу электрона с одной стационарной орбиты на другую. При таком переходе излучается или поглощается энергия ΔE , величина которой определяется соотношением

$$\Delta E = E_1 - E_2 = h\nu,$$

где ν — частота излучения, $h = 2\pi$



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В последующие годы некоторые положения теории Бора были переосмыслены и дополнены. Наиболее существенным нововведением явилось понятие об **электронном облаке**, которое пришло на смену понятию об электроне только как частице. Теорию Бора сменила квантовая теория, которая учитывает **волновые свойства электрона и других элементарных частиц, образующих атом.**



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



В ОСНОВЕ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ
СТРОЕНИЯ АТОМА ЛЕЖАТ СЛЕДУЮЩИЕ
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ:





СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Атом – это частица, состоящая из ядра и, вращающихся вокруг него электронов.

Ядро состоит из протонов (p) и нейтронов (n), которые составляют основную массу атома: $m_p = 1,0073 \text{ a.e.m.}$ $z_p = +1$

$$m_n = 1,0087 \text{ a.e.m.} \quad z_n = 0$$

Сумма протонов и нейтронов составляет массу ядра и его заряд.

Электроны внешних слоев определяют реакционную способность вещества.



Квантово-механическая модель атома

В 1905 году А. Эйнштейн обосновал гипотезу двойственной природы света, т.е. любое излучение представляет собой поток квантов энергии, названных фотонами (корпускулярно-волновой дуализм).

В 1924 году Луи де Бройлем было установлено, что любые микрочастицы (в том числе и электроны) так же имеют двойственную природу: это частица и волна.

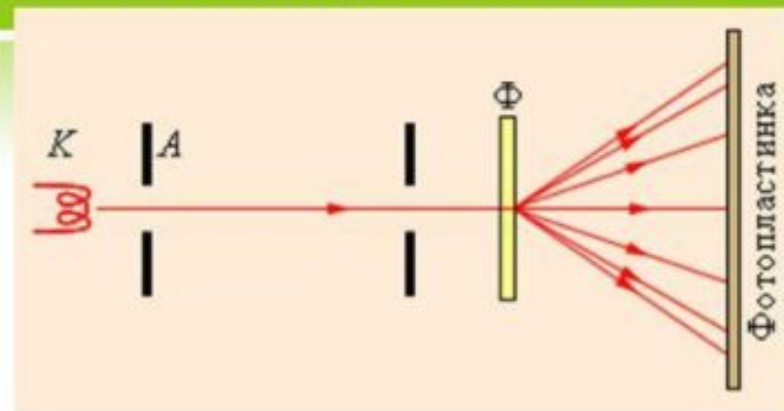


СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ ДЕ БРОЙЛЯ

1927 г. - американские физики К. Девиссон и Л. Джермер:

пучок электронов, рассеивающийся на кристалле никеля, дает отчетливую дифракционную картину, подобную той, которая возникает при рассеянии на кристалле коротковолнового рентгеновского излучения. В этих экспериментах кристалл играл роль естественной дифракционной решетки.



1928 г. английский физик Дж. П. Томсон: наблюдение дифракционной картины, возникающей при прохождении пучка электронов через тонкую поликристаллическую фольгу из золота.



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Позднее это было доказано опытным путем по дифракции α -частиц на кристаллах золота.

В 1926 году австрийский физик Шредингер, используя представления о двойственной природе электрона и его стационарных состояниях, описанных Бором, дал математическое описание поведения электрона в атоме, рассматривая его как стоячую волну. При этом положение электрона в пространстве атома рассматривалось как вероятность его пребывания в определенном месте атома.

Т.о., электрону с определенной массой, зарядом и потенциальной энергией в атоме соответствует трехмерная стоячая волна, которая не меняется во времени.





СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Все эти условия учтены в уравнении Шредингера: $\Psi H = \Psi E$, где
 Ψ (пси) – волновая функция, определяющая амплитуду стоячей электронной волны;
 H - гаммильтониана;
 E - энергия.

Величина волновой функции (Ψ пси) была определена только для атома водорода, который содержит один электрон. Было установлено, что энергия электронов дискретна, т.е. характеризуется квантами, которые можно описать уравнением Планка: $E = h \cdot \nu$

- постоянная Планка ;

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

- частота.



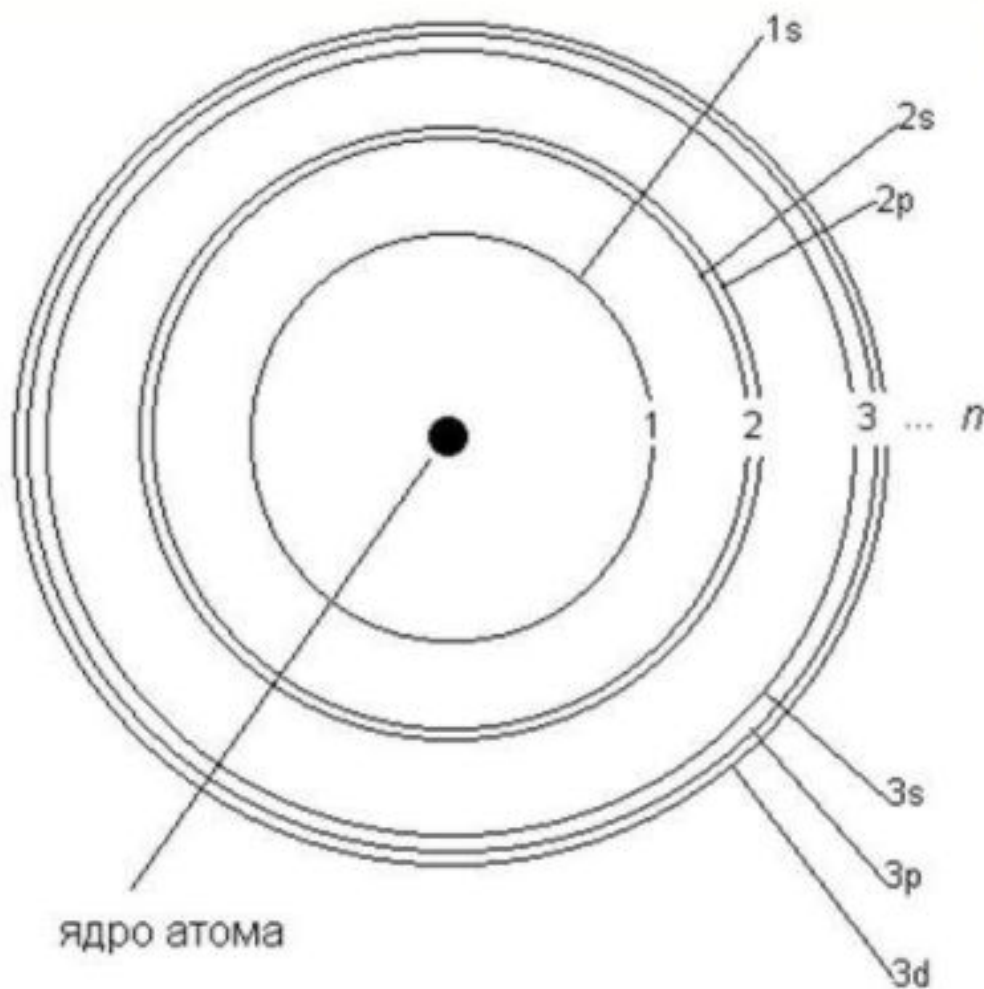


СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

- ⊙ **Главное квантовое число (n).** Определяет энергетический уровень электрона, удаленность уровня от ядра, размер электронного облака. Принимает целые значения ($n = 1, 2, 3 \dots$) и соответствует номеру периода. Из периодической системы для любого элемента по номеру периода можно определить число энергетических уровней атома и какой энергетический уровень является внешним.
- ⊙ **Пример:** Элемент кадмий Cd расположен в пятом периоде, значит $n = 5$. В его атоме электроны распределены по пяти энергетическим уровням ($n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = 5$); внешним будет пятый уровень ($n = 5$).
- ⊙ Под главным квантовым числом, равным ∞ , подразумевают, что электрону сообщена энергия, достаточная для его полного отделения от ядра (ионизация атома).



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Электроны в атоме заселяют ближайшие к ядру уровни и подуровни, потому что в этом случае их энергия меньше, чем если бы они заселяли более удаленные уровни. На каждом уровне и подуровне может помещаться только определенное количество электронов.

Подуровни, в свою очередь, состоят из одинаковых по энергии *орбиталей*



СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Значит, еще раз: в пределах определенных уровней энергии электроны могут отличаться своими энергетическими подуровнями. Существование различий в энергетическом состоянии электронов, принадлежащих к различным подуровням данного энергетического уровня, отражается побочным (иногда его называют **орбитальным**) **квантовым числом l** т.е. оно характеризует геометрическую форму орбитали.

Это квантовое число может принимать целочисленные значения от 0 до $n - 1$

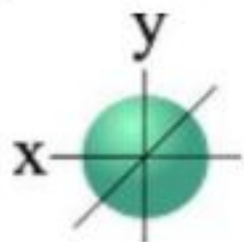
($l = 0, 1, \dots, n - 1$). Обычно численные значения l принято обозначать следующими буквенными символами:

Значение l	0	1	2	3	4
Буквенное обозначение	s	p	d	f	g

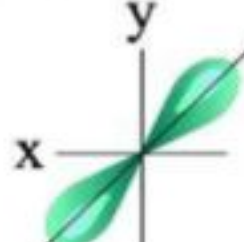
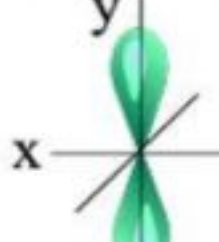
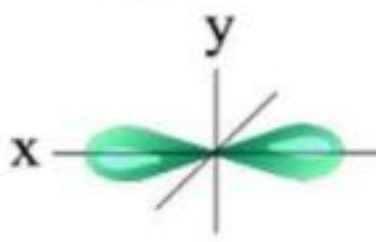


СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

$l=0$ s- подуровень, s- орбиталь – орбиталь сфера
 $l=1$ p- подуровень, p- орбиталь – орбиталь гантель
 $l=2$ d- подуровень, d- орбиталь – орбиталь сложной формы
f-подуровень, f-орбиталь – орбиталь еще более сложной
формы



S - орбиталь



Три p – орбитали



Пять d – орбиталей



Магнитное квантовое число (m) характеризует положение электронной орбитали в пространстве и принимает целочисленные значения от $-l$ до $+l$, включая 0. Это означает, что для каждой формы орбитали существует $(2l + 1)$ энергетически равноценных ориентации в пространстве.

Для s -орбитали ($l = 0$) такое положение одно и соответствует $m = 0$. Сфера не может иметь разные ориентации в пространстве.

Для p -орбитали ($l = 1$) - три равноценные ориентации в пространстве ($2l + 1 = 3$): $m = -1, 0, +1$.

Для d -орбитали ($l = 2$) - пять равноценных ориентаций в пространстве ($2l + 1 = 5$): $m = -2, -1, 0, +1, +2$.

Таким образом, на s -подуровне - одна, на p -подуровне - три, на d -подуровне - пять и т. д.



Спиновое квантовое число (s) характеризует магнитный момент, возникающий при вращении электрона вокруг своей оси. Принимает только два значения $+1/2$ и $-1/2$ соответствующие противоположным направлениям вращения.



Принцип запрета Паули

В одном атоме не может быть 2х
электронов с одинаковыми значениями
всех квантовых чисел.

Вывод: Электроны заполняют уровни
начиная с меньших энергий





СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ





СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Спасибо за внимание!

