Тема 2. Микромир. Молекулы, атомы, элементарные частицы.

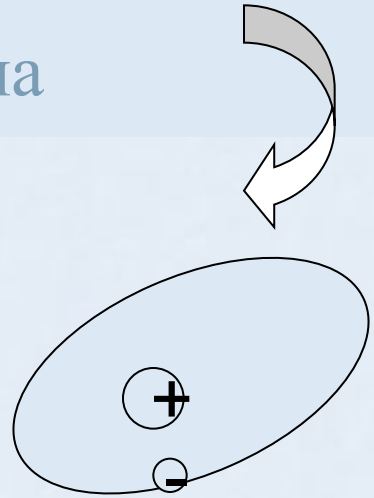
- **Греческие философы (Демокрит, Левкипп) – представления о бесконечной Вселенной, заполненной бесконечным множеством частиц или «неуничтожимых атомов»**
- **Анг. физик и химик Дж.Дальтон (1766 -1844) - автор теории по химической атомистике: каждому химическому элементу придавал определенный атомный вес.**

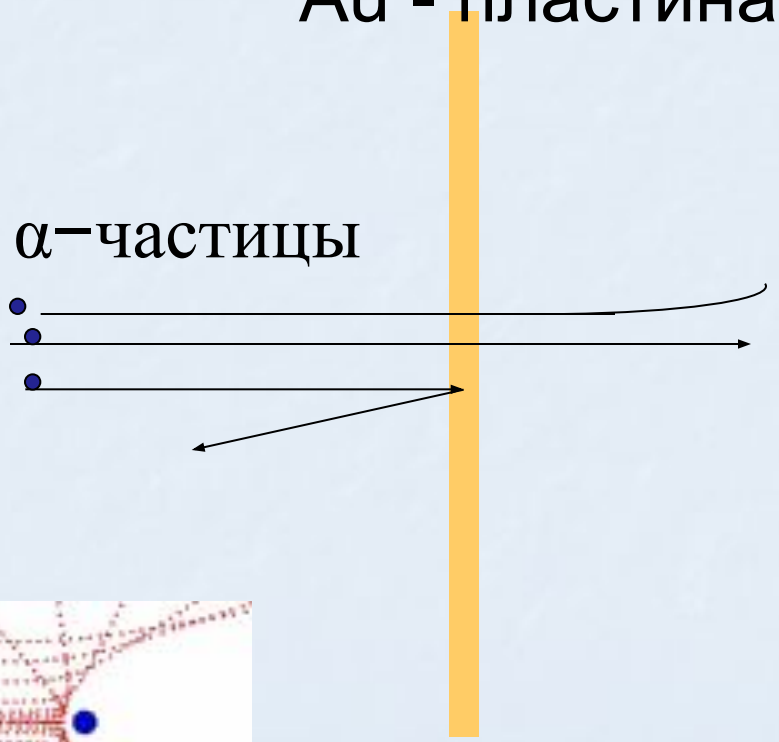
Текст слайда

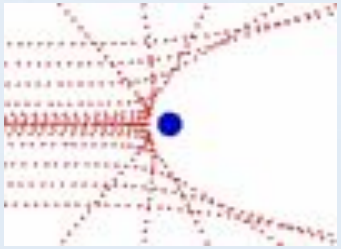
- **Анг.физик Дж.Томсон (1856 -1940) – открытие электрона в 1895 г.**
- **Фр. физик А.Беккерель (1852 – 1908) – открытие в 1896 г. радиоактивности (превращение атомов различных элементов друг в друга, наличие сложной структуры атома и его частей, возникновение в результате реакции различных частиц с высокой энергией (α -частица))**
- **Опыты Резерфорда (анг.физик, 1871 -1937) по рассеянию**

α –частиц в фольге показали, что основная масса атома сосредоточена в положительно заряженном ядре-ант

Опыт Резерфорда по рассеянию **α-частицы** и планетарная модель атома

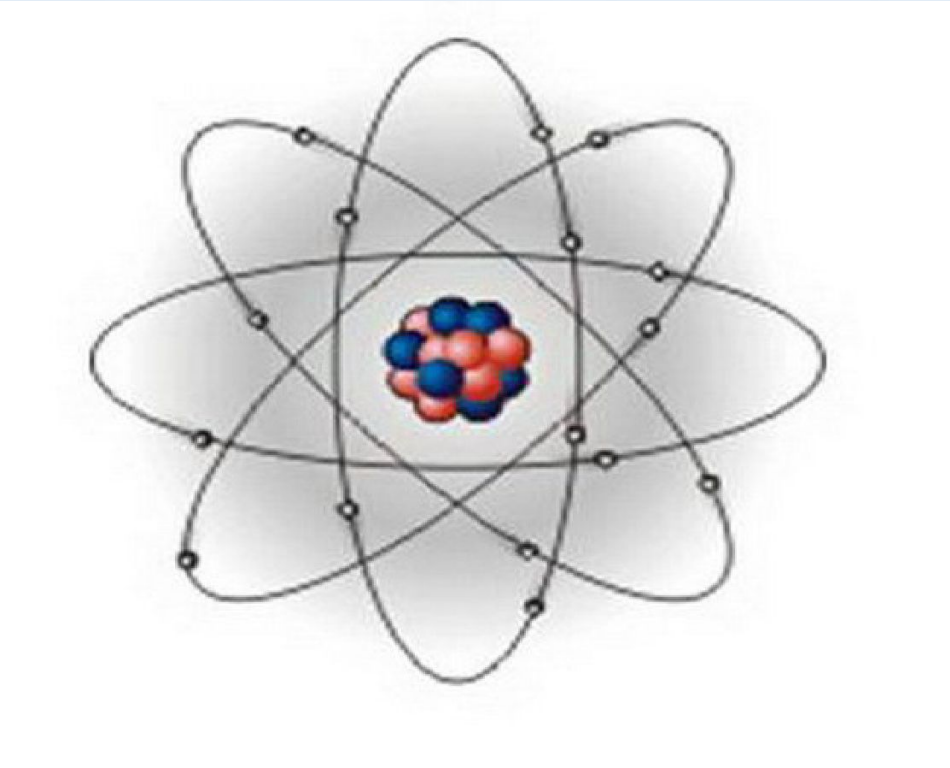






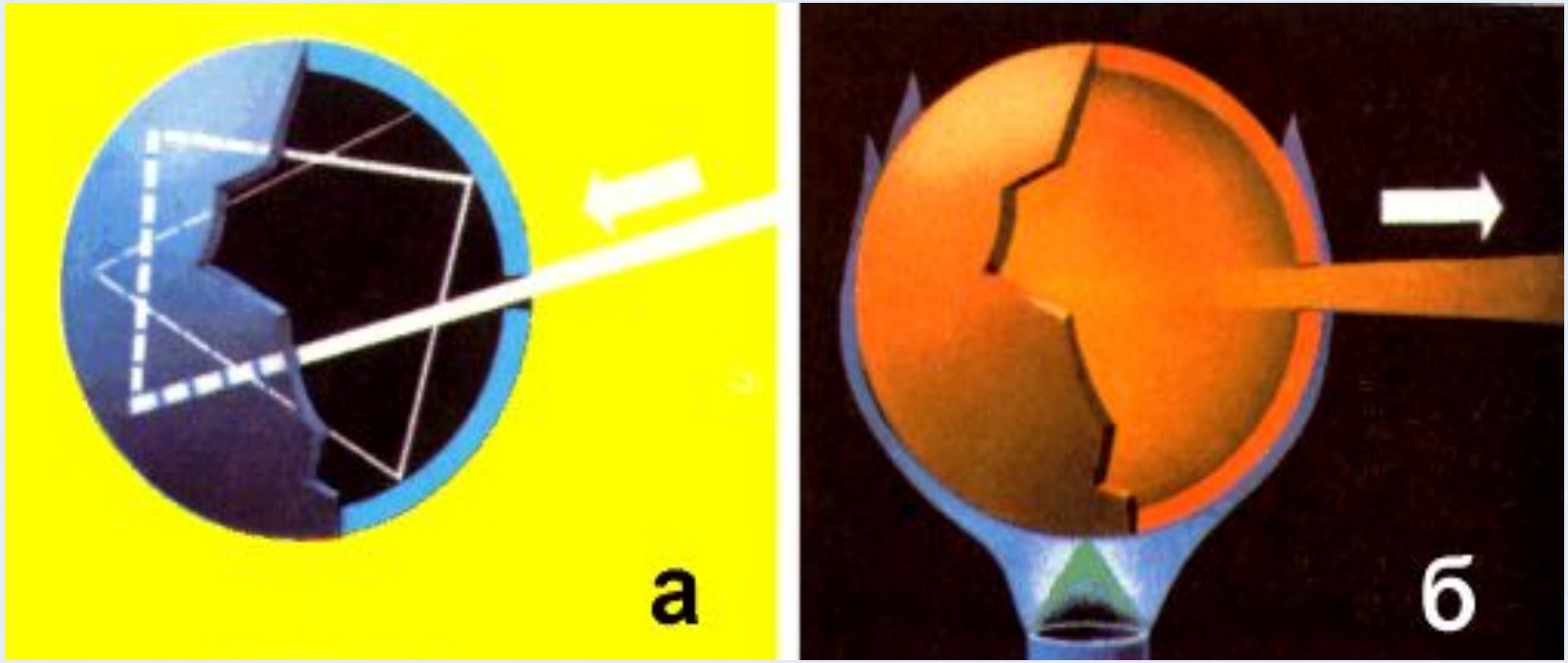
Парадокс: планетарная модель несовместима с электродинамикой Максвелла

Схематическое изображение атома

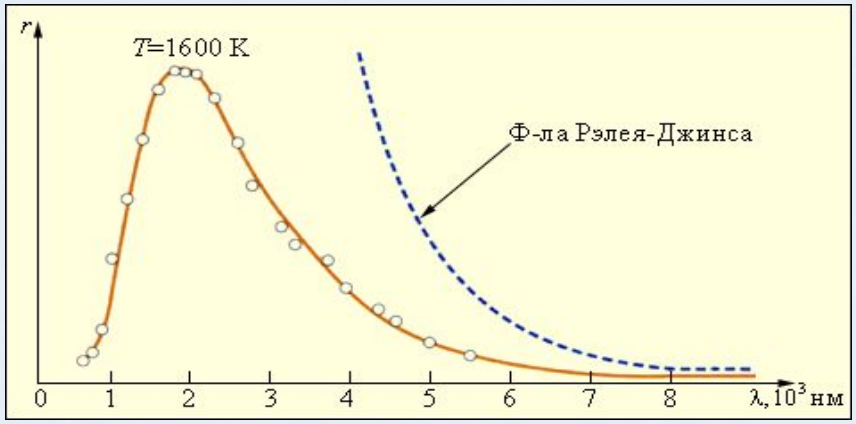


Центральное ядро имеет вид шара, состоящего из сильно связанных протонов и нейтронов и окруженного облаком, обращающихся вокруг него электронов. Почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Из-за квантовых эффектов орбиты электронов на самом деле не соответствуют четко определенным траекториям, показанным на рисунке.

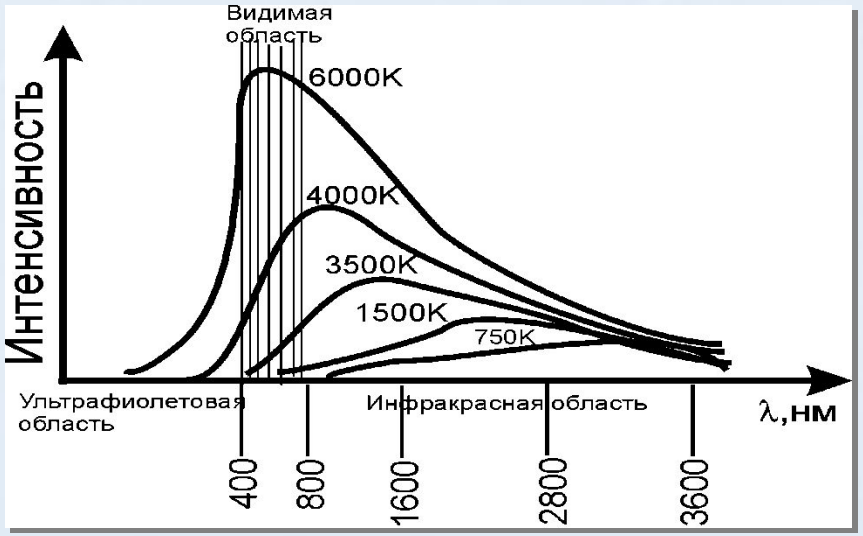
Что такое равновесное тепловое излучение ? Т.излучение совершается за счет энергии теплового движения атомов или молекул в веществе. Модель «абсолютно черного» тела или (тело поглощает столько фотонов, сколько их излучает, т.е. *все*).



«Ультрафиолетовая катастрофа» - каждое тело, обладающее энергией для излучения, должно излучать ее практически полностью в ультрафиолетовой области и короче (при любой температуре)

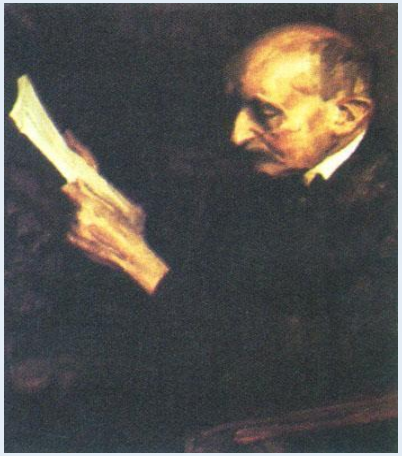


«УФК» – ошибочный вывод, предсказывающий гибель атомов в результате падения электронов на ядро атома и сопровождающийся УФ-излучением



Проблема в объяснении излучения электромагнитных волн нагретыми телами: несоответствие теории электромагнетизма с опытными данными.

Квантовая гипотеза М.Планка. 1900 г.



(1858-1947 г.г.)

Световая энергия испускается и поглощается дискретными «порциями», квантами, причем каждый квант излучения несет определенное количество энергии, которое тем больше, чем больше частота света

Энергия кванта $E = h\upsilon$, где

υ - **частота света**,

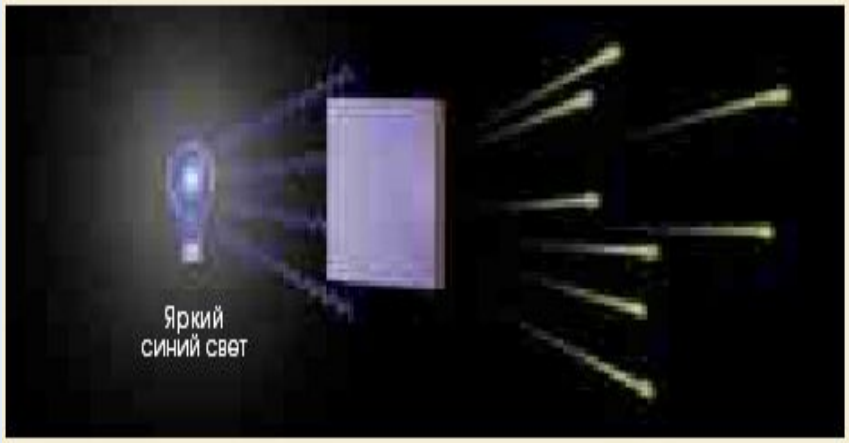
$h = 6.62 \times 10^{-34}$ **Дж*с** - **постоянная Планка**

Фотоэлектрический эффект – явление выбивания светом электронов с поверхности проводника (Эйнштейн, 1921 г.)

1.

2.

3.



4.

Принцип неопределенности Гейзенберга:

Невозможно одновременно точно определить положение и скорость частицы

Соотношения неопределенности:

$$\Delta p_{*}\Delta x \geq h/2\pi$$

$$\Delta v_{*}\Delta x \geq h/2\pi_{*}m$$

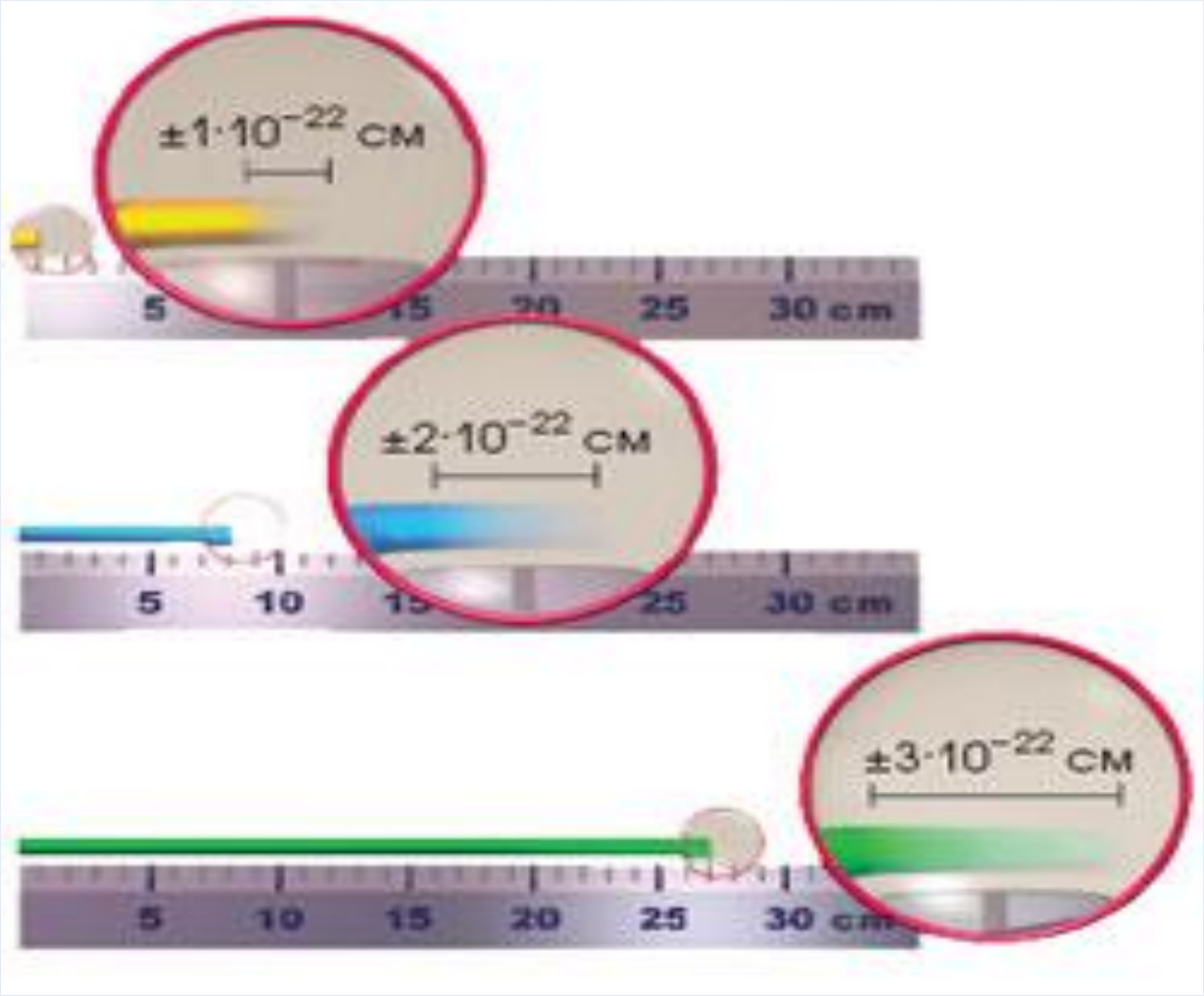
$$\Delta E_{*}\Delta t \geq h/2\pi$$

где точности определения Δx – координаты, Δp- импульса, ΔE- энергии состояния, Δt – время существования данного состояния.

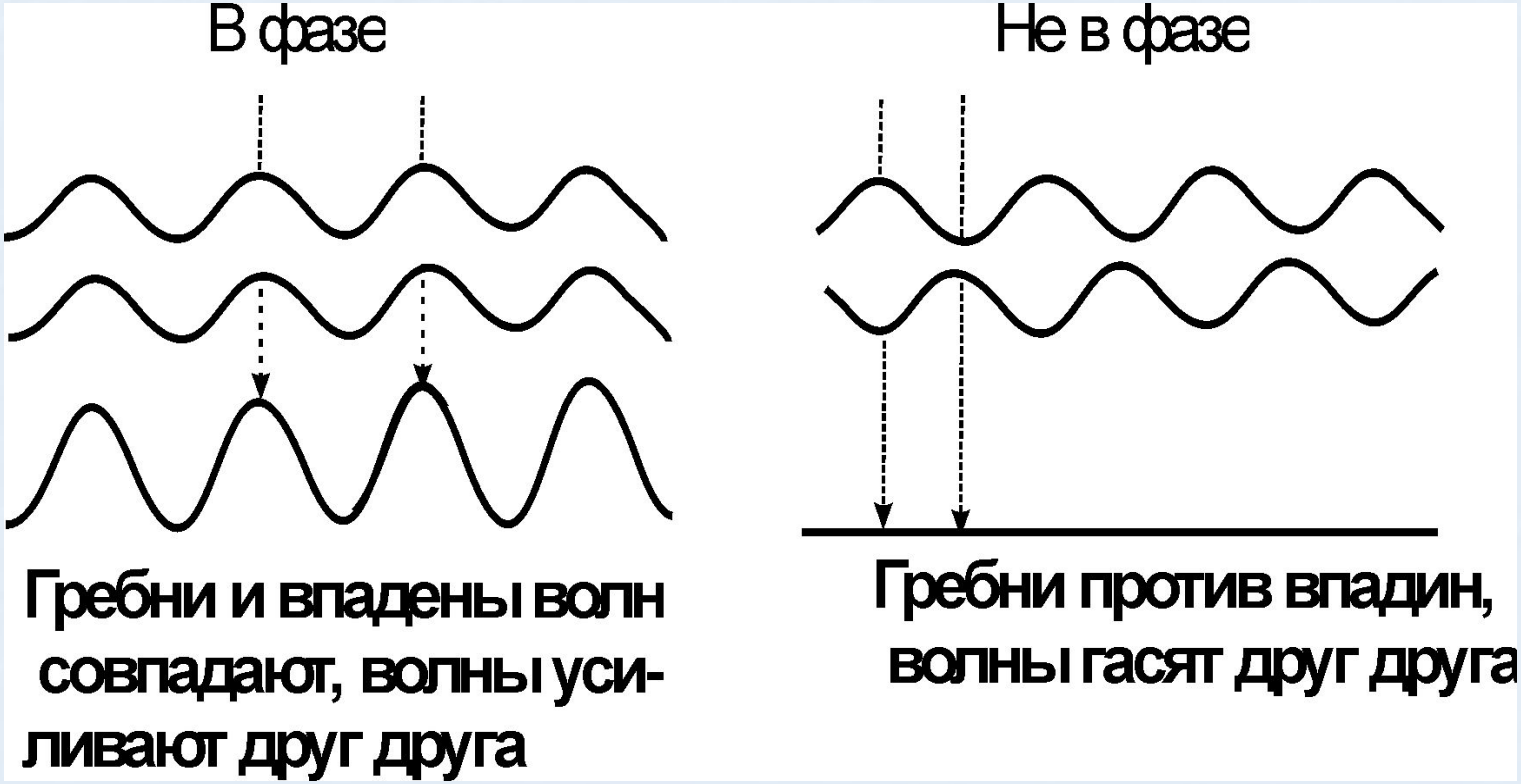
Если Δx □ 0, тогда Δp или Δv □ ∞

Если Δv, Δp□ 0, тогда Δx □ ∞

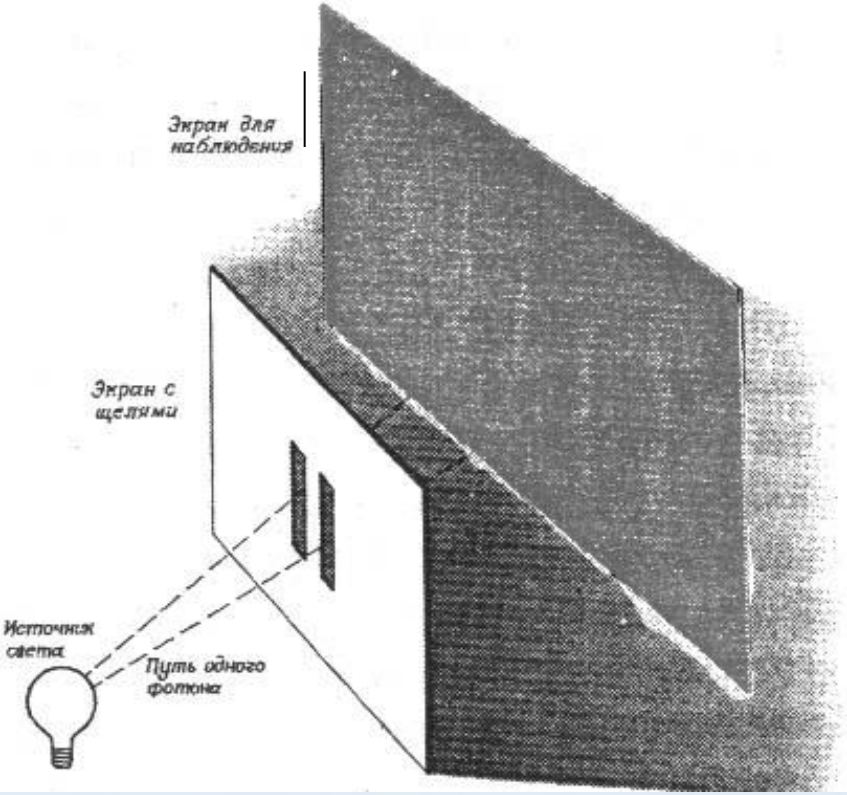
Погрешность (неопределенность) в классической физике

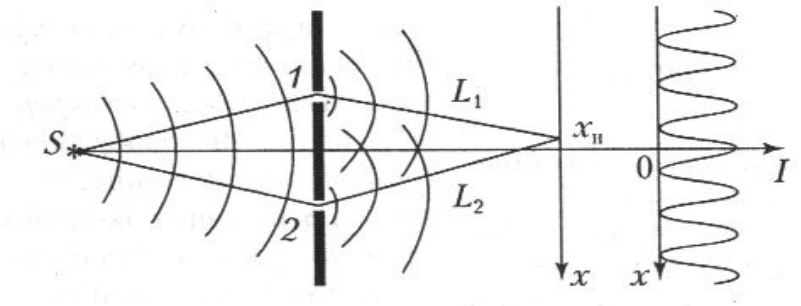


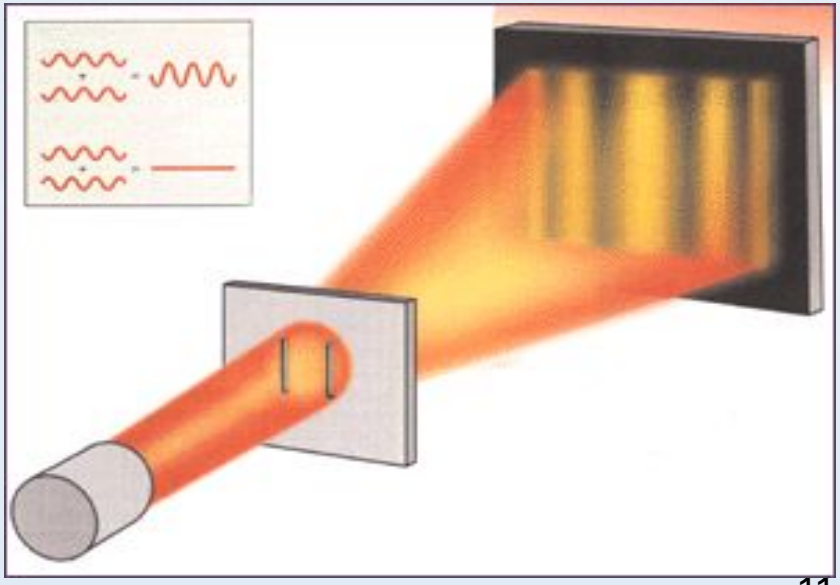
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ



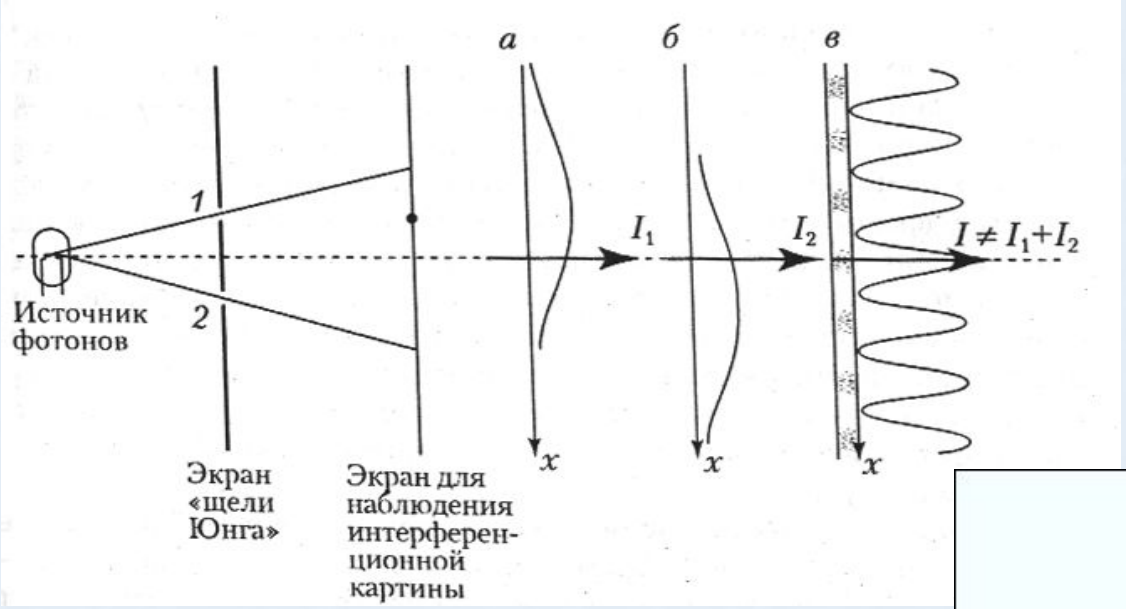
Опыт Юнга и график распределения интенсивности света, возникающей в результате интерференции, демонстрирующий волновую природу света



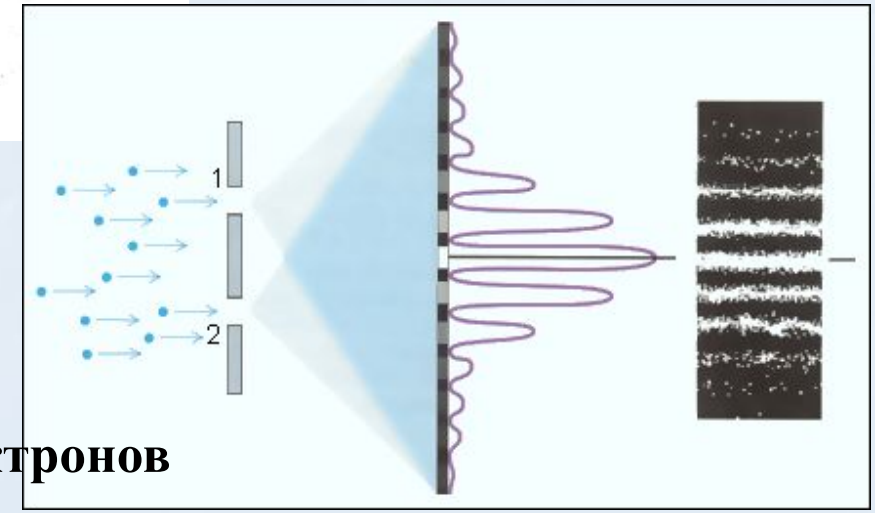




Опыт Юнга с точки зрения квантовой теории



***а* и *б* – случай открытия одной из щелей; *в* – двух открытых щелей**



Дифракция электронов на двух щелях

Вероятностное описание в квантовой механике

- **При падении одной световой волны вероятность попадания фотона через одну щель в различные точки экрана одинакова.**
- **При прохождении света через две щели вероятность попадания фотона резко увеличивается в местах интерференционных максимумов, а в местах минимумов - уменьшается**

Существенные отличия квантовой механики от классической:

- **Квантование:**

  все физические величины, характеризующие систему (энергия, импульс и т.д.) меняются дискретно, порциями или квантами.

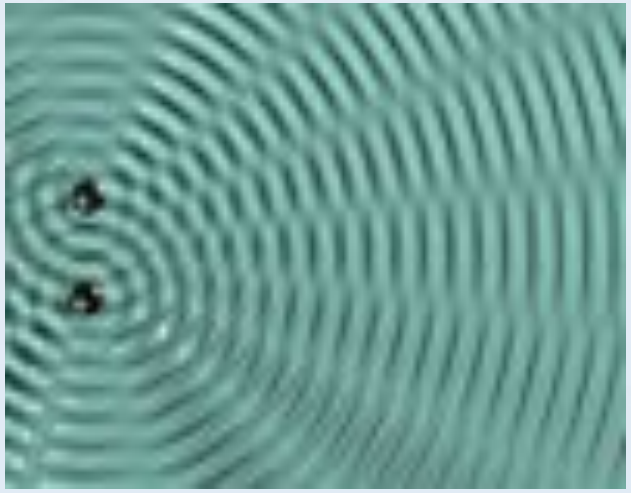
- **Корпускулярно - волновой дуализм:**

  квантово – механические объекты (электроны, фотоны и т.д.) ведут себя и как частицы и как волны, в зависимости от условий.

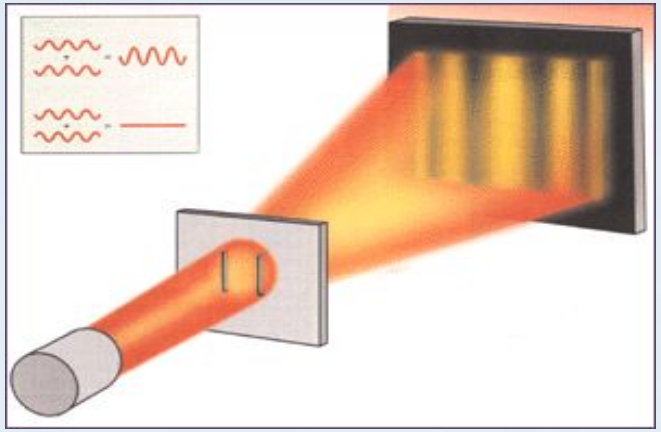
В классической физике частицы и волны – разные объекты

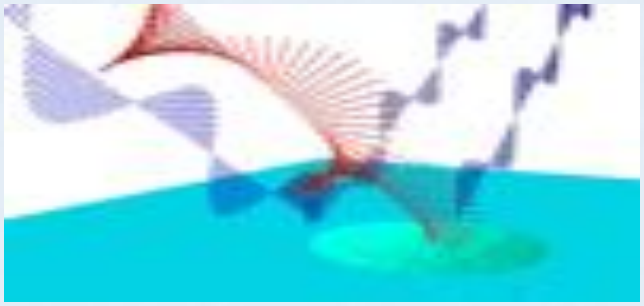
- **Частица (тело): – локализована в пространстве. Можно указать скорость, положение, найти траекторию движения. Она переносит энергию и импульс.**

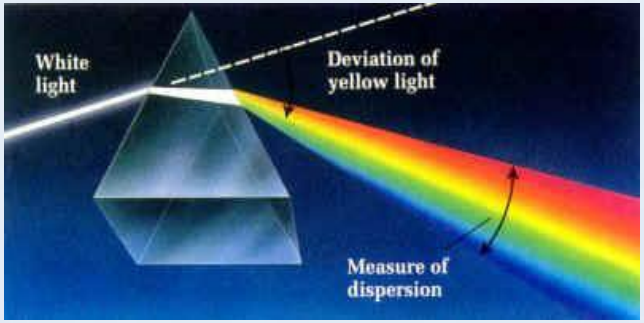
- **Волна: не локализована в пространстве (она везде.) Переносит энергию и импульс. При перемещении волн в средах не происходит перемещения самой среды, а распространяется только возмущение среды.**



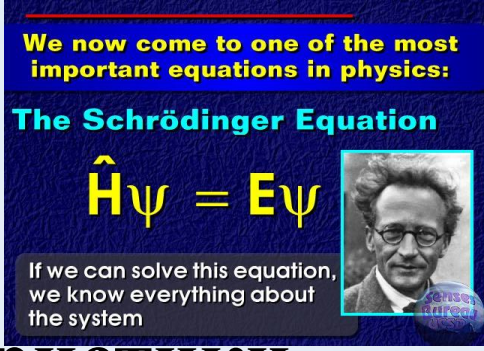
- **Волны(в отличие от частиц) способны огибать препятствие *(дифракция)***
- **Проявлять пространственное перераспределение интенсивности волн в зависимости от их разности фаз *(интерференция)***
- **При взаимодействии света с веществом способны менять плоскость поляризации света (направления колебаний вектора электрического поля в световой волне)*(поляцуризация)*.**
- **С помощью стеклянной призмы могут быть разложены в спектр. *(дисперсия)***







УРАВНЕНИЕ ШРЁДИНГЕРА



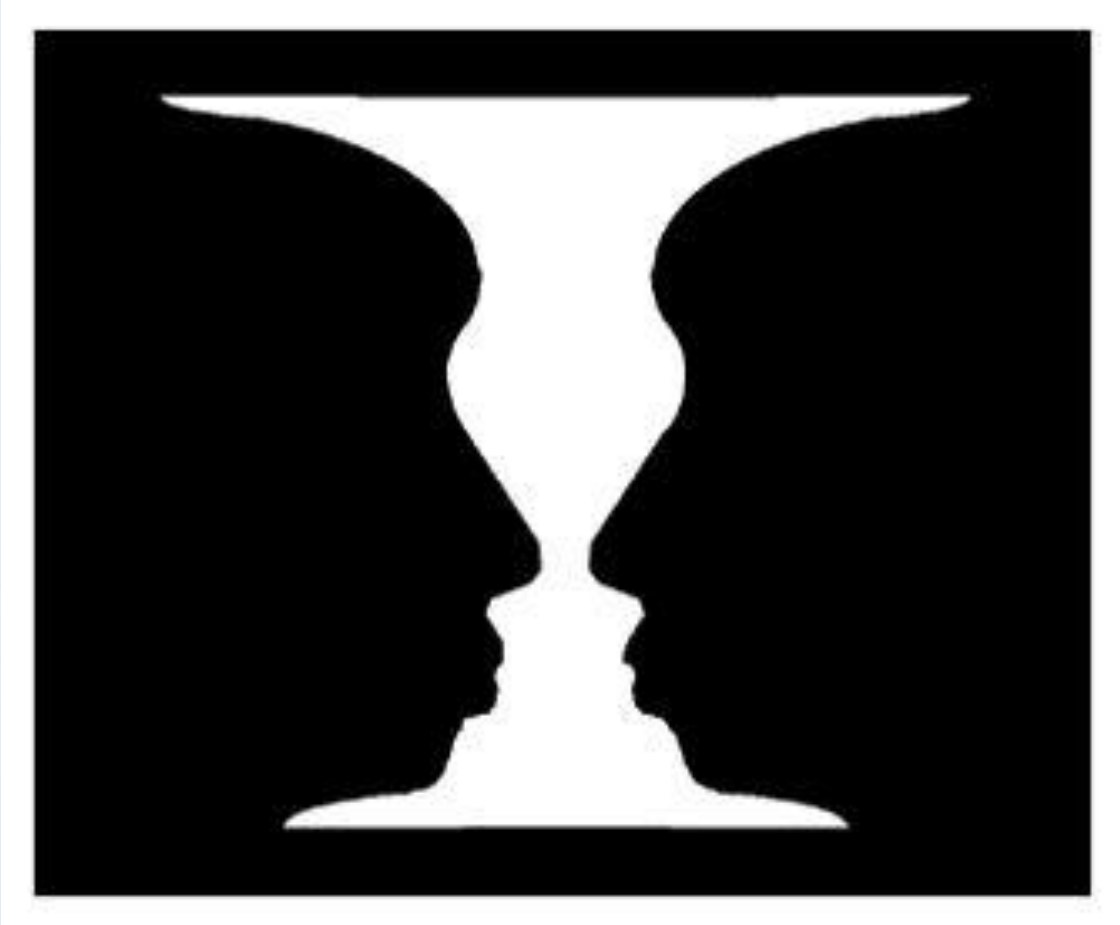
- **В квантовой механике для характеристики состояний объектов в микромире вводится понятие волновой функции Ψ (пси-функции).**
- **Волновая функция описывает изменение во времени состояния квантовых объектов.**
- **Квадрат модуля волновой функции $|\Psi|^2$ пропорционален вероятности нахождения микрочастицы в единичном объеме пространства.**

В результате решения уравнения Шредингера находится распределение **Ψ** -функции в различных точках пространства , квадрат волновой функции $|\Psi|^2$ в какой-то точке пространства дает вероятность нахождения частицы в данный момент времени в данной точке пространства.

Т.о. в один и тот же момент времени в пространстве возможно сосуществование частицы в различных его точках, правда, с разной вероятностью.

Движение фотона и других частиц подчиняется статистическим вероятностным законам.

Как представить себе объект, обладающий взаимоисключающими свойствами? Как такие свойства могут объединяться и дополнять друг друга?



Принцип соответствия (Н.Бор 1923):

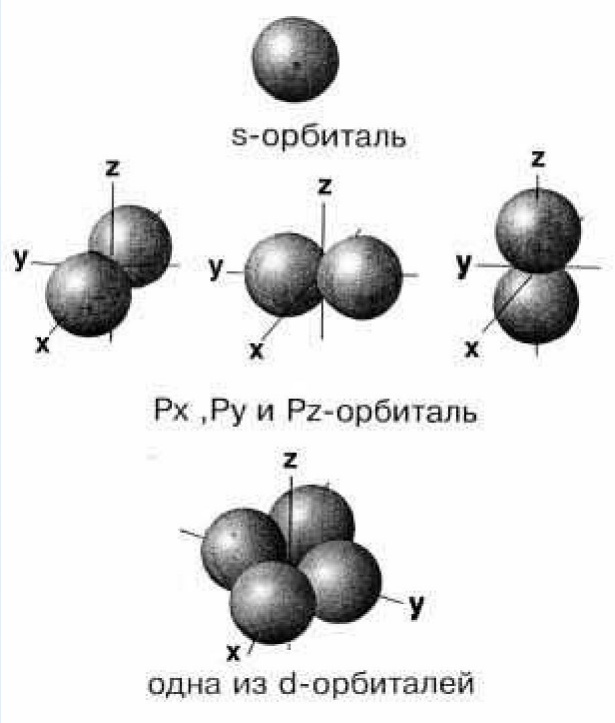
соотношения неопределенностей (Гейзенберга) указывают границу, за которой квантовая система становится все более похожей на классическую и наоборот.

Принцип соответствия - **это постулат квантовой механики, требующий совпадения ее физических следствий в предельном случае больших квантовых чисел с результатами классической механики.**

Принцип соответствия отражает общее положение –

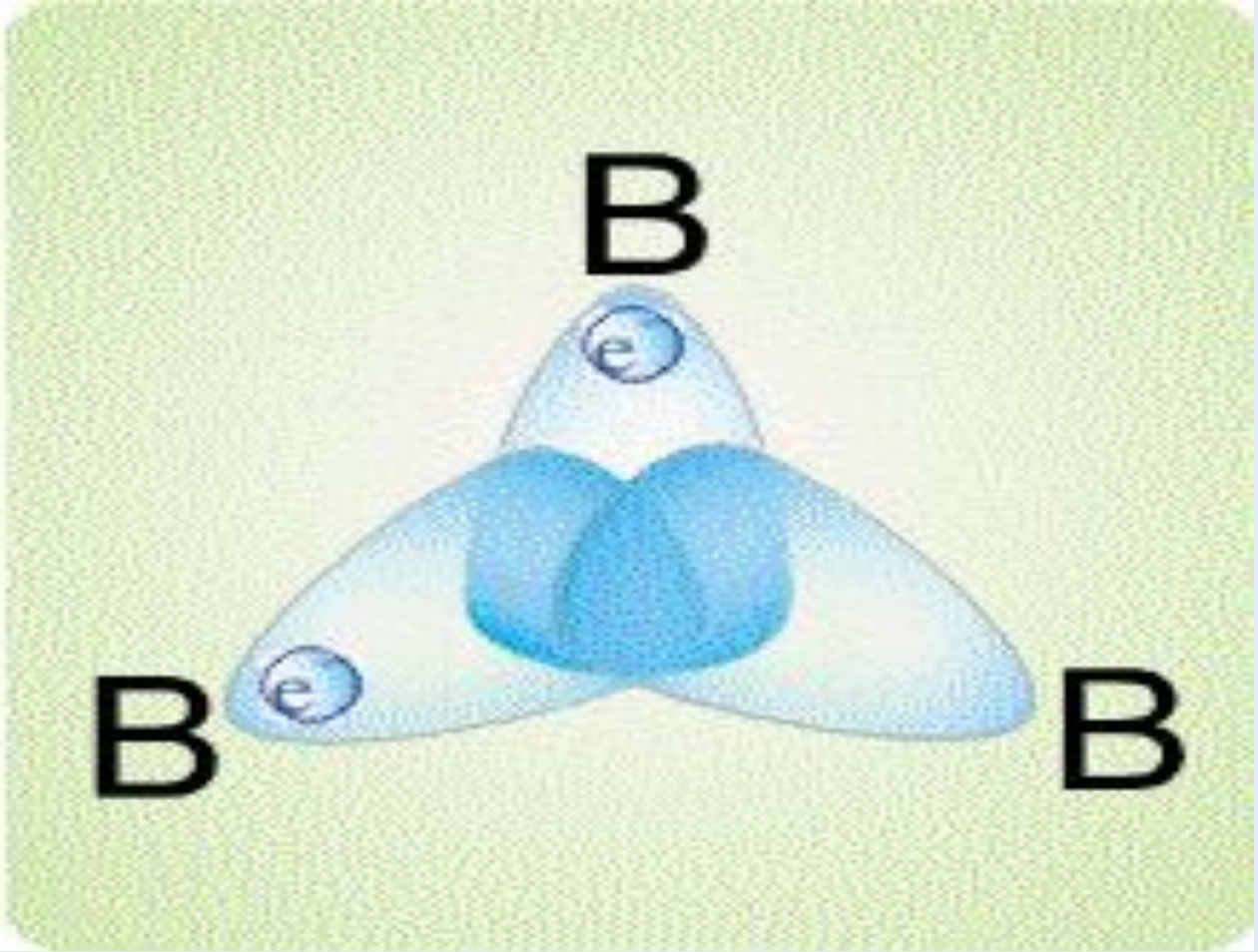
соотношение абсолютной и относительной истины. Смена теорий (относительных истин) есть шаг на пути приближения к абсолютной истине

В квантовой механике *притяжение* и *отталкивание* описывается как «обменное взаимодействие»



В волновой модели атома имеются "области вероятности" существования электронов: s-, p-, и d-орбитали. Ядро атома находится в точке пересечения координат

Пример условных границ областей, где высока вероятность нахождения электрона в молекуле бора: химическая связь в молекуле бора осуществляется двумя электронами



«Стоячие волны Де – Бройля»

Электрон, вращающийся вокруг ядра, можно представить как волну, длина которой зависит от скорости. В волновом представлении – это «стоячие волны Де – Бройля». На «длине орбиты» укладывается целое число длин волн для частицы с импульсом p :

$$\lambda = h/2\pi p$$

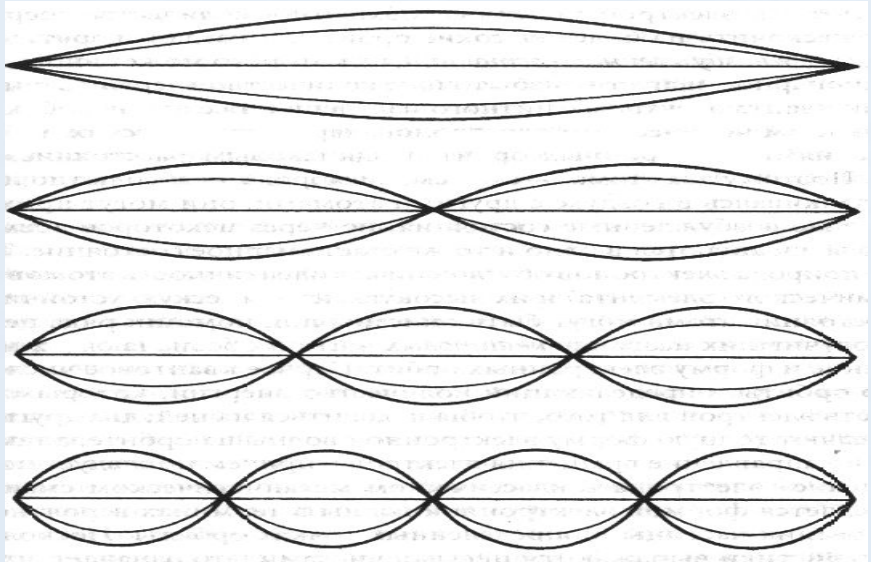
Стоячие волны в вибрирующей струне:

1

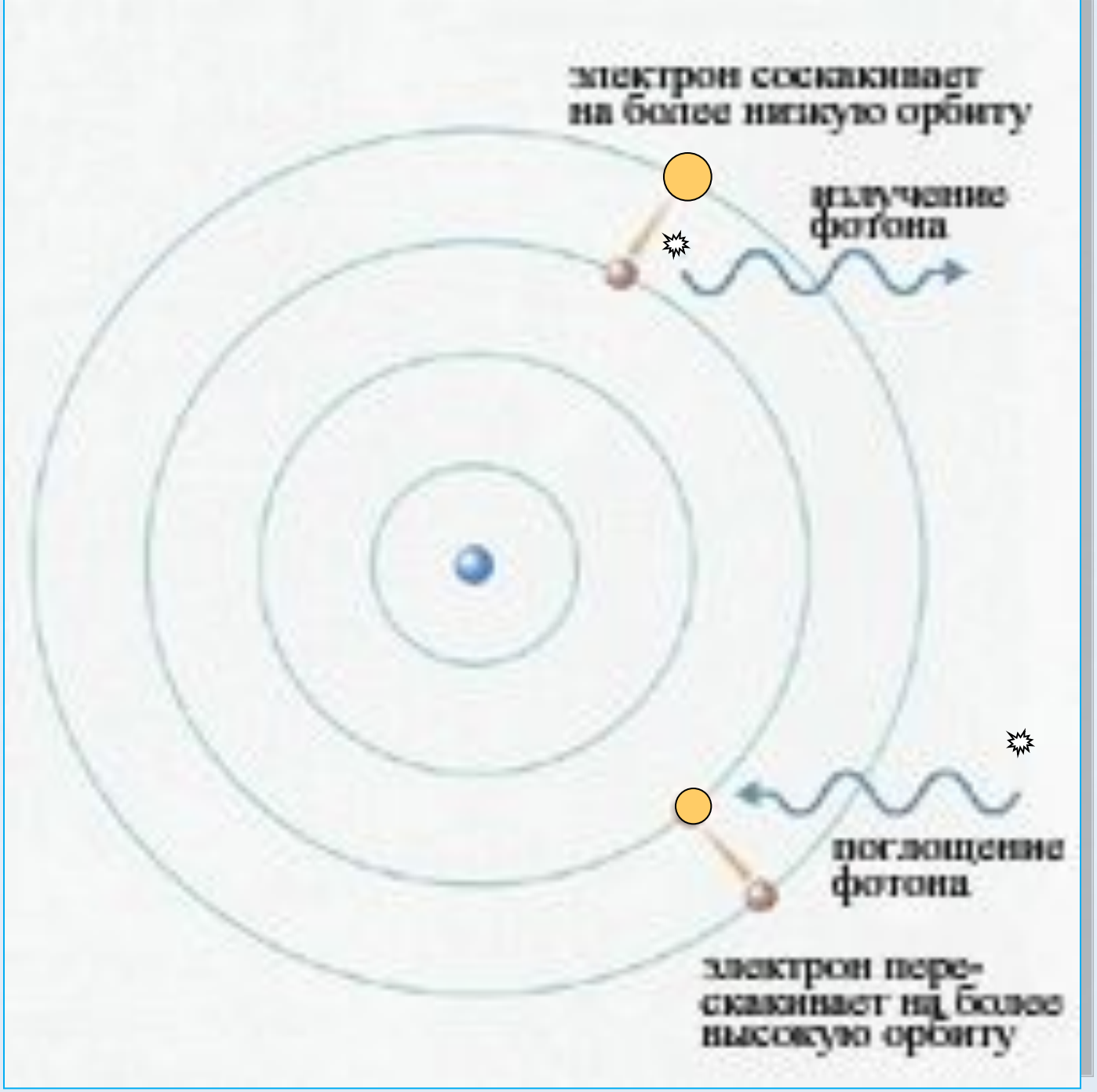
2

3

4



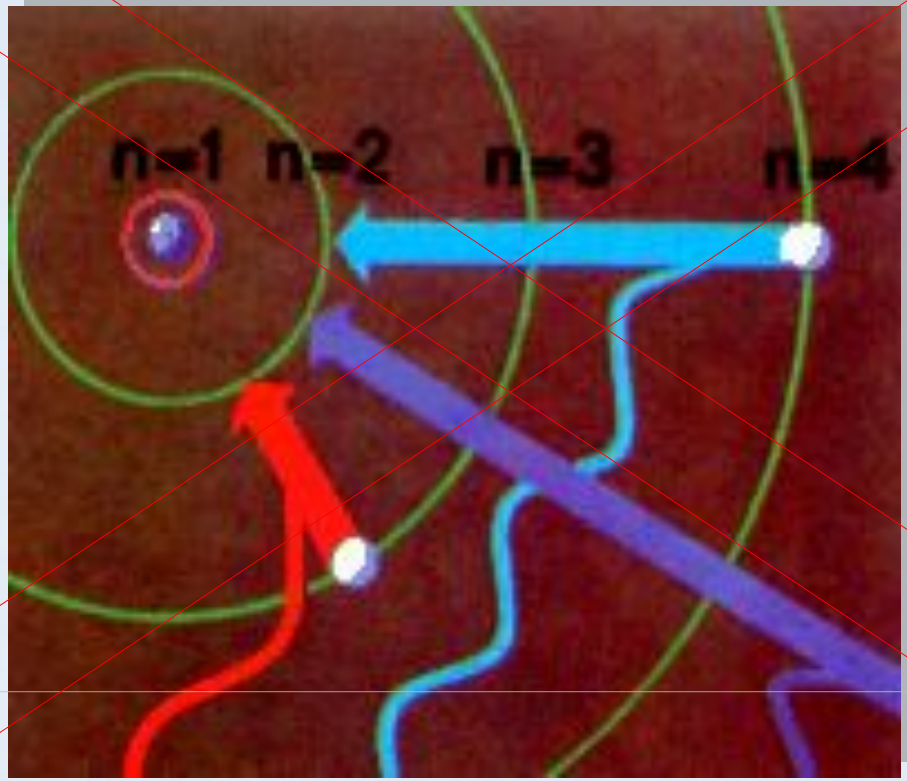
$\lambda/2$


электрон соскакивает
на более низкую орбиту
излучение
фотона
поглощение
фотона
электрон пере-
скакивает на более
высокую орбиту

Постулаты Бора:

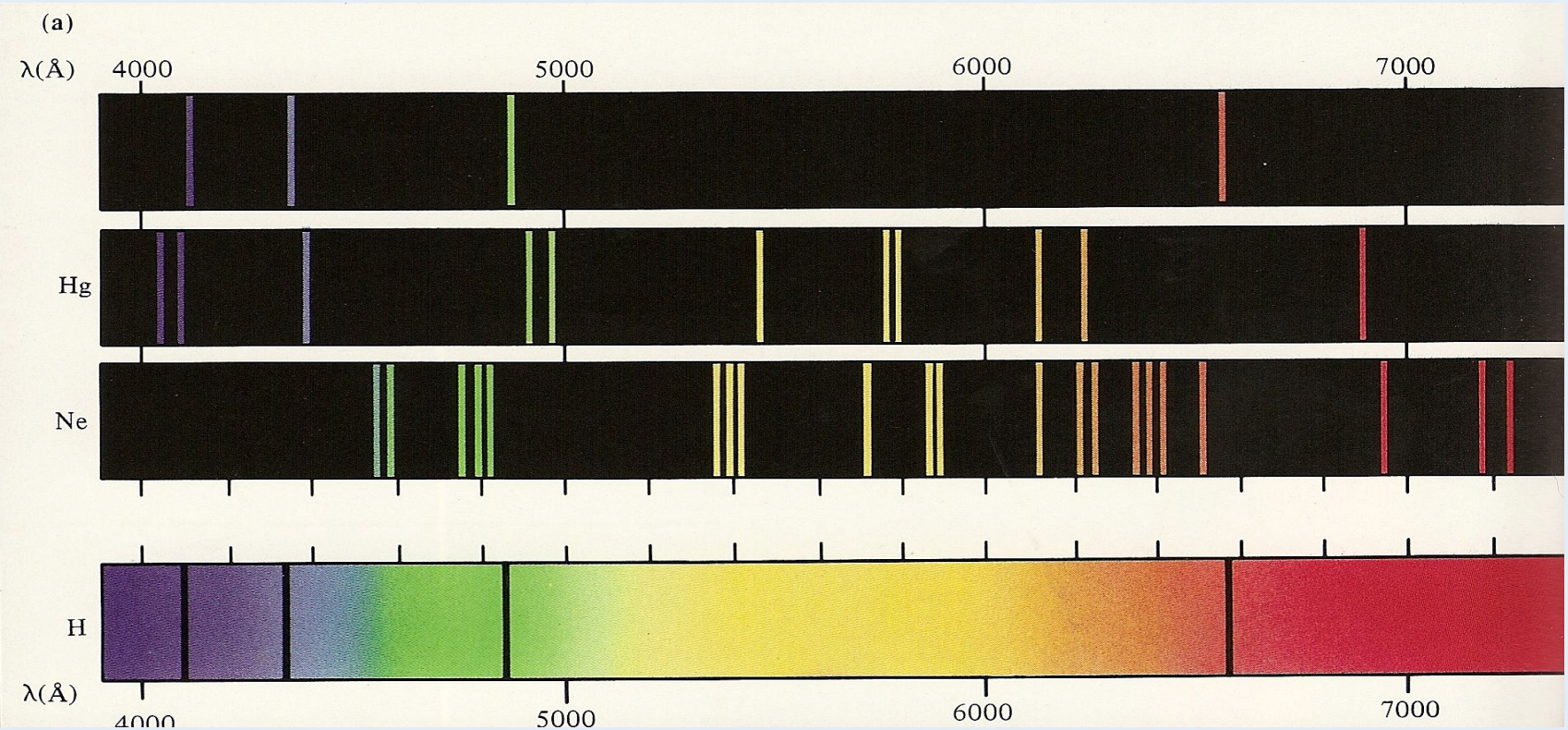
- **1.** ***Постулат стационарных состояний:*** **в атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, в которых он не излучает энергии. Стационарным состояниям соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. Движение электронов по стационарным орбитам не сопровождается излучением электромагнитных волн.**

$$h\nu = E_n - E_m$$



- **2.** ***Правило частот:*** **при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) один фотон с энергией равной разности энергий соответствующих стационарных состояний до и после излучения (поглощения)**

Линейчатые спектры атомов



Состояния квантово-механического объекта

Состояния атома описываются с помощью квантовых чисел - целых или полуцелых

Главное квантовое число (*n*) определяет значения энергии, которое может принимать движущаяся частица;

n = 1, 2, 3, ….(фиксированный набор энергетических состояний)

Азимутальное (орбитальное) квантовое число (*l*).

Состояния с различным *l* отличаются величиной момента импульса.

l = 1, 2, 3,…

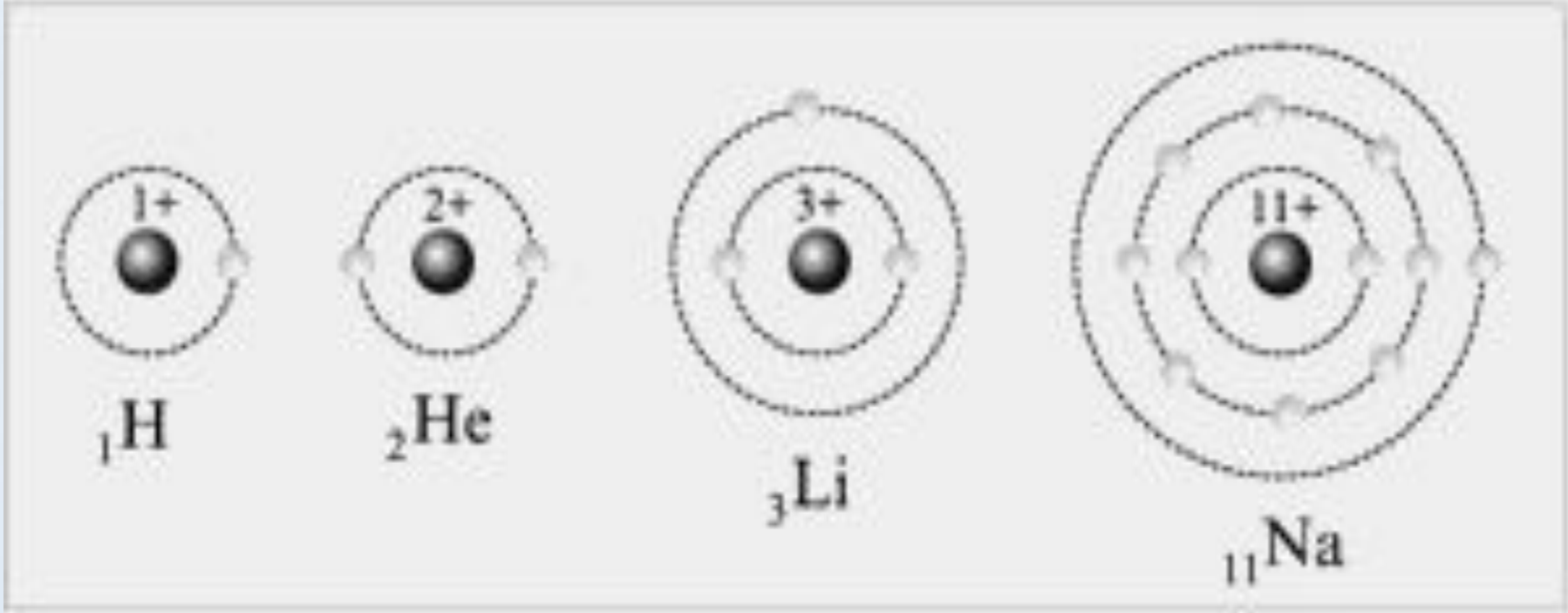
Спиновое квантовое число - это собственный момент импульса электрона, не зависящий от движения электрона в пространстве

Спин электрона принимает два значения ±1/2 в единицах h/2π.

Принцип запрета Паули* : *в произвольной физической системе не может быть двух электронов, находящихся в одном и том же квантовом состоянии

Число электронов в нейтральном атоме должно равняться порядковому номеру элемента, определяемому зарядом ядра.

Порядок заполнения «вакантных» мест на энергетических уровнях атома электронами определяется стремлением системы к минимуму энергии и запретом Паули



Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	1	H 1 1,00794 водород						(H)	2 He 4,002602 гелий		
2	2	Li 3 6,941 литий	Be 4 9,01218 бериллий	5 B 10,811 бор	6 C 12,011 углерод	7 N 14,0067 азот	8 O 15,9994 кислород	9 F 18,998403 фтор	10 Ne 20,179 неон		
3	3	Na 11 22,98977 натрий	Mg 12 24,305 магний	13 Al 26,98154 алюминий	14 Si 28,0855 кремний	15 P 30,97376 фосфор	16 S 32,066 сера	17 Cl 35,453 хлор	18 Ar 39,948 аргон		
4	4	K 19 39,0983 калий	Ca 20 40,078 кальций	Sc 21 44,95591 скандий	Ti 22 47,88 титан	V 23 50,9415 ванадий	Cr 24 51,9961 хром	Mn 25 54,9380 марганец	Fe 26 55,847 железо	Co 27 58,9332 кобальт	Ni 28 58,69 никель
	5	29 Cu 63,546 медь	30 Zn 65,39 цинк	31 Ga 69,723 галлий	32 Ge 72,59 германий	33 As 74,9216 мышьяк	34 Se 78,96 селен	35 Br 79,904 бром	36 Kr 83,80 криптон		
5	6	Rb 37 85,4678 рубидий	Sr 38 87,62 стронций	Y 39 88,9059 иттрий	Zr 40 91,224 цирконий	Nb 41 92,9064 ниобий	Mo 42 95,94 молибден	Tc 43 [98] технеций	Ru 44 101,07 рутений	Rh 45 102,9055 родий	Pd 46 106,42 палладий
	7	47 Ag 107,8682 серебро	48 Cd 112,41 кадмий	49 In 114,82 индий	50 Sn 118,710 олово	51 Sb 121,75 сурьма	52 Te 127,60 теллур	53 I 126,9045 йод	54 Xe 131,29 ксенон		
6	8	Cs 55 132,9054 цезий	Ba 56 137,33 барий	La* 57 138,9055 лантан	Hf 72 178,49 гафний	Ta 73 180,9479 тантал	W 74 183,85 вольфрам	Re 75 186,207 рений	Os 76 190,2 осмий	Ir 77 192,22 иридий	Pt 78 195,08 платина
	9	79 Au 196,9665 золото	80 Hg 200,59 ртуть	81 Tl 204,383 таллий	82 Pb 207,2 свинец	83 Bi 208,9804 висмут	84 Po [209] полоний	85 At [210] астат	86 Rn [222] радон		
7	10	Fr 87 [223] франций	Ra 88 [226] радий	Ac** 89 [227] актиний	Rf 104 [261] резерфордий	Db 105 [262] дубний	Sg 106 [263] сиборгий	Bh 107 [262] борий	Hs 108 [265] гасий	Mt 109 [266] майтнерий	Ds 110 [271] дармштадтий
	11	111 Rg [272] рентгений	112 Uub [285] унунбий	113 (Uut) [ ] унунтрий	114 Uuq [287] унунквадий	115(Uup) [ ] унунпентий	116 Uuh [292] унунгексий	117 (Uus) [ ] унунсептий	118 Uuo [293] унуноктий		

Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.

* Лантаноиды

Ce 58 140,12 церий	Pr 59 140,9077 празеодим	Nd 60 144,24 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,36 самарий	Eu 63 151,96 европий	Gd 64 157,25 гадолиний	Tb 65 158,9254 тербий	Dy 66 162,50 диспрозий	Ho 67 164,9304 гольмий	Er 68 167,26 эрбий	Tm 69 168,9342 тулий	Yb 70 173,04 иттербий	Lu 71 174,9667 лютеций

** Актиноиды

Th 90 232,0381 торий	Pa 91 [231] протактиний	U 92 238,0289 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] америций	Cm 96 [247] кюрий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калифорний	Es 99 [252] эйнштейний	Fm 100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобелий	Lr 103 [260] лоуренсий

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

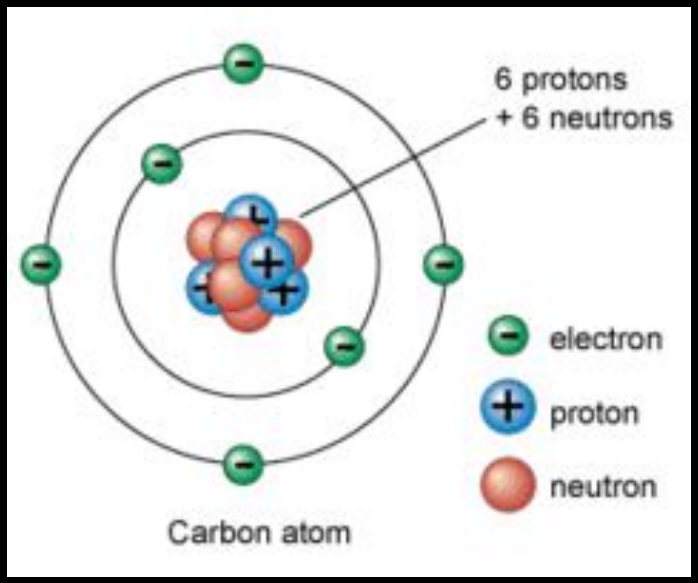
Ядро атома

Протон и нейтрон - **нуклоны**

Ядро с зарядовым числом **Z** и массовым числом **M** содержит:

N_p=**Z** протонов и N_n=**M-Z** нейтронов.

В легких ядрах число нейтронов ~ равно числу протонов ($_6C^{12}$, $_2He^4$), тяжелые ядра имеют избыток нейтронов ($_{92}U^{238}$)



Группа→ / ↓Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Лантаноиды				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Актиноиды				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr