

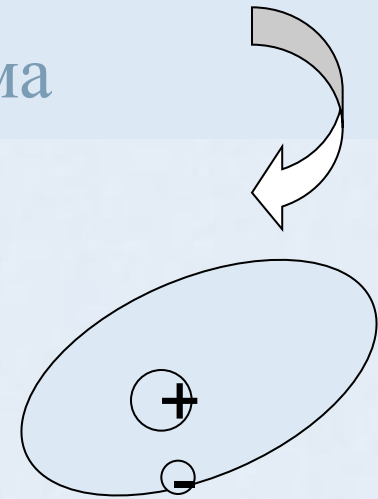
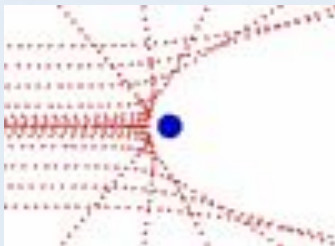
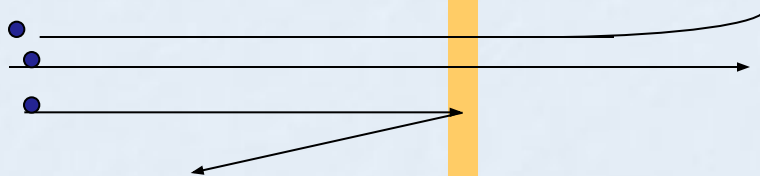
# Тема 2. Микромир. Молекулы, атомы, элементарные частицы.

- Греческие философы (Демокрит, Левкипп) – представления о бесконечной Вселенной, заполненной бесконечным множеством частиц или «неуничтожимых атомов»
- Англ. физик и химик Дж. Дальтон (1766 -1844) - автор теории по химической атомистике: каждому химическому элементу придавал определенный атомный вес.
- Англ. 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 ( $\alpha$ -частица))
- Опыты Резерфорда (англ. физик, 1871 -1937) по рассеянию  $\alpha$ -частиц в фольге показали, что основная масса атома сосредоточена в положительно заряженном ядре-ант

# Опыт Резерфорда по рассеянию $\alpha$ -частицы и планетарная модель атома

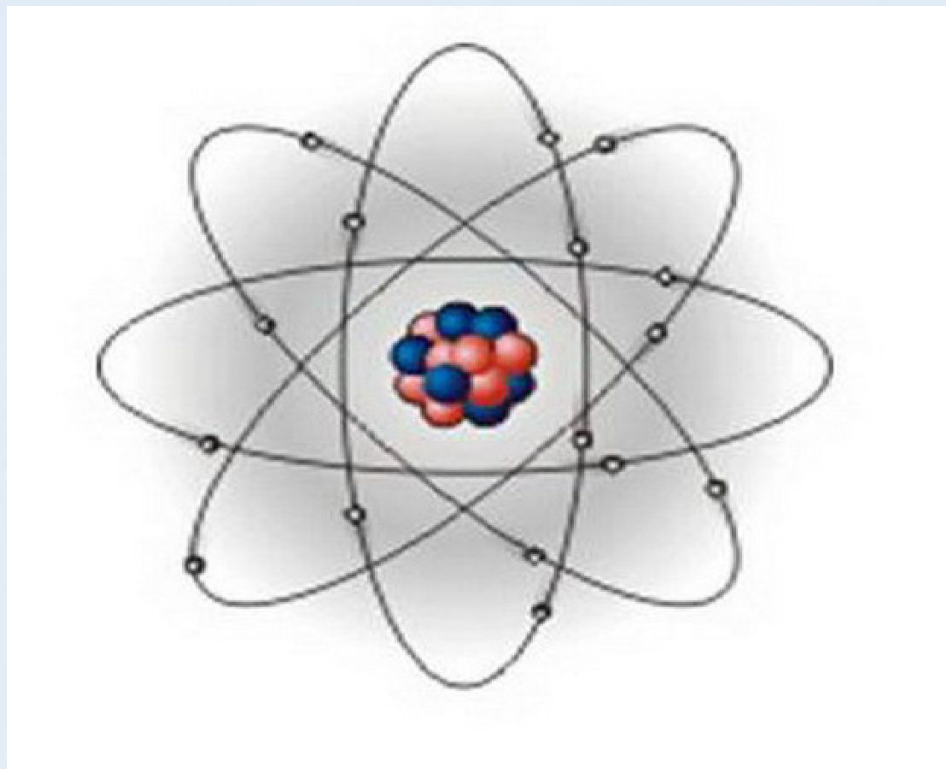
Au - пластина

$\alpha$ -частицы



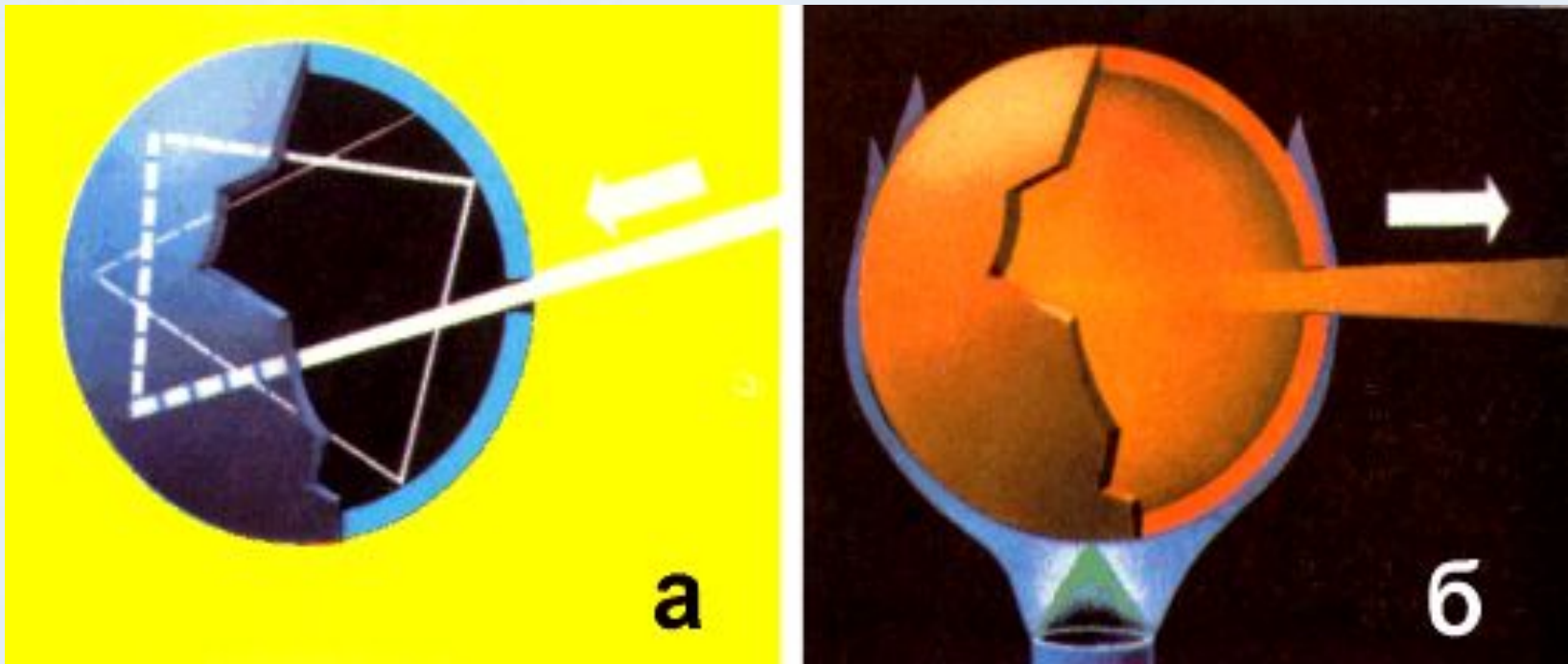
**Парадокс:**  
планетарная модель  
несовместима с  
электродинамикой  
Максвелла

## ***Схематическое изображение атома***

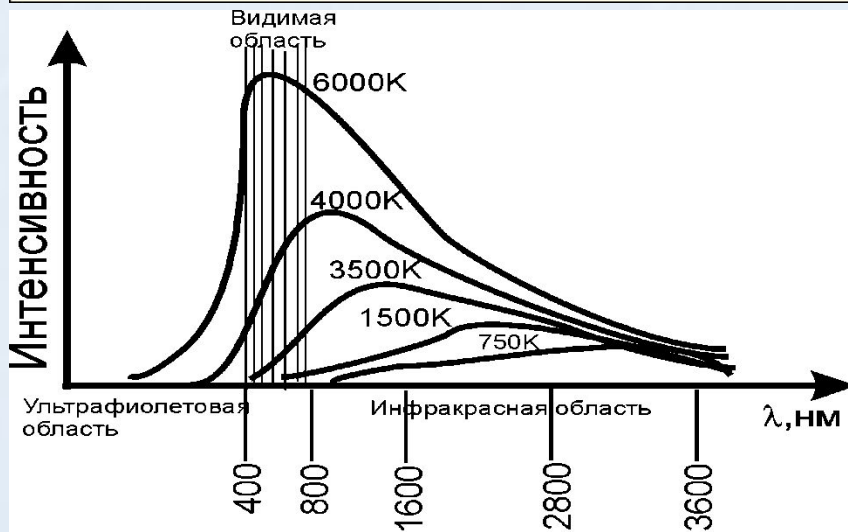
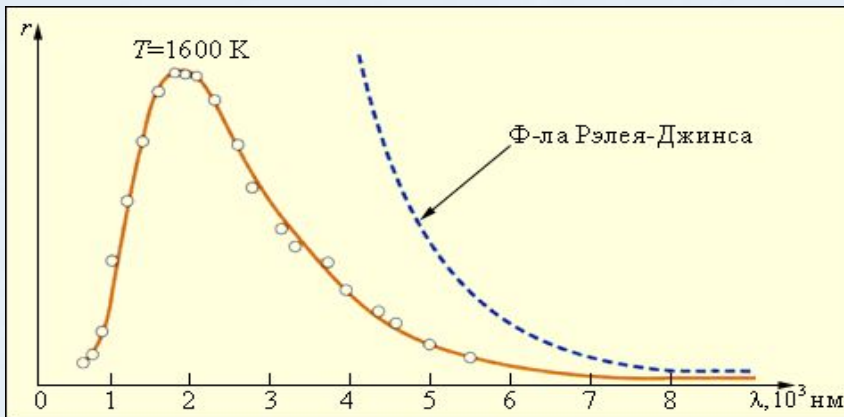


**Центральное ядро имеет вид шара, состоящего из сильно связанных протонов и нейтронов и окруженного облаком, обращающихся вокруг него электронов. Почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Из-за квантовых эффектов орбиты электронов на самом деле не соответствуют четко определенным траекториям, показанным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

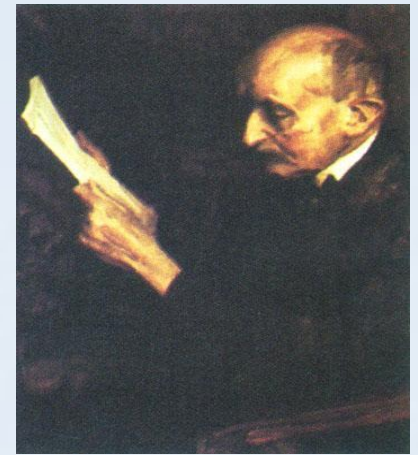


«УФК» – ошибочный вывод, предсказывающий гибель атомов в результате падения электронов на ядро атома и сопровождающийся УФ-излучением

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

# Квантовая гипотеза М.Планка. 1900 г.

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



(1858-1947 г.г.)

Энергия кванта  $E = h\nu$ , где

$\nu$  - 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:

$$\Delta p_x \Delta x \geq h/2\pi$$

$$\Delta v_x \Delta x \geq h/2\pi \cdot m$$

$$\Delta E \Delta t \geq h/2\pi$$

где точности определения

$\Delta x$  – координаты,  $\Delta p_x$  –

импульса,  $\Delta E$  – энергии

состояния,  $\Delta t$  – время

существования данного

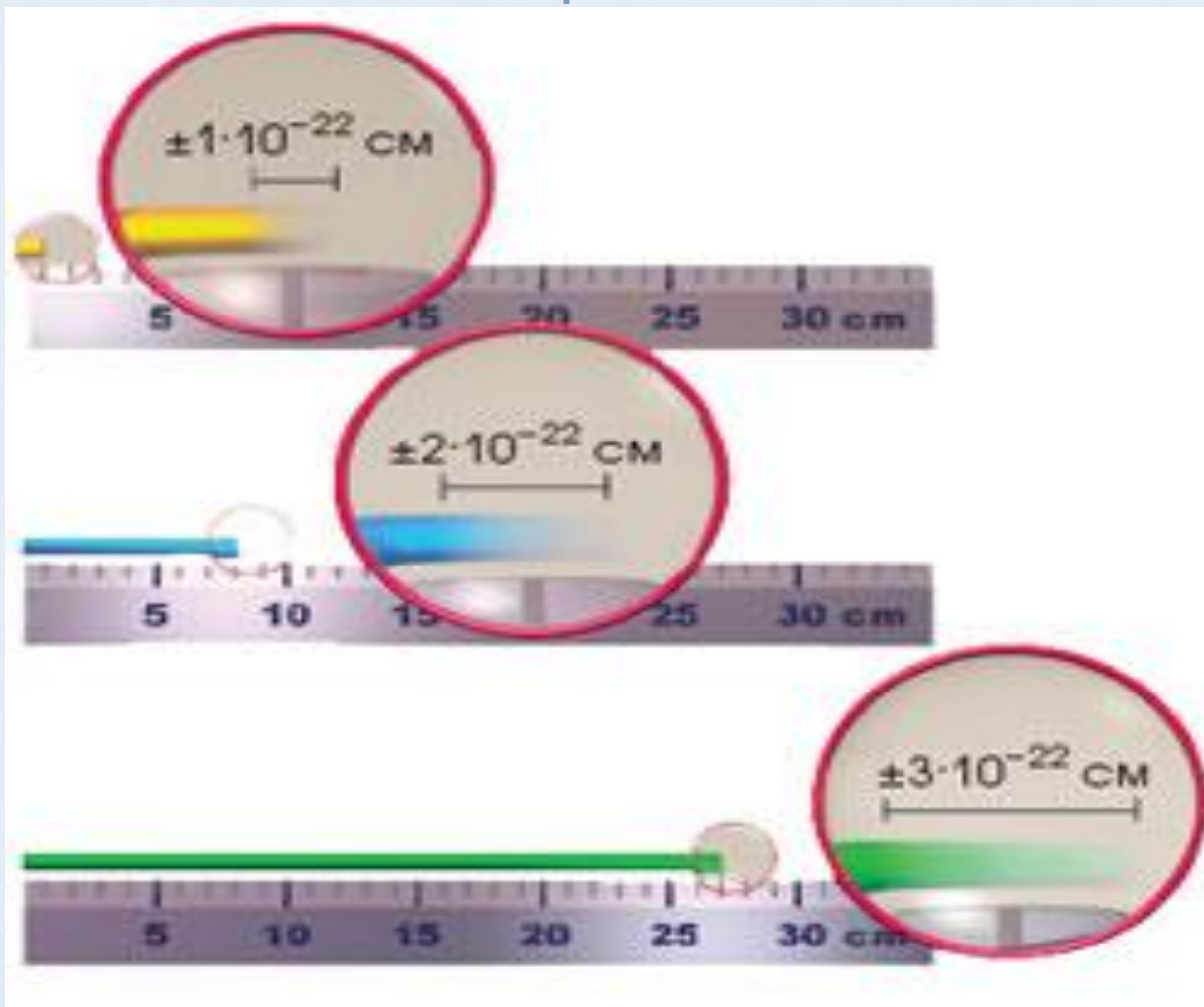
состояния.

Если  $\Delta x \rightarrow 0$ , тогда  $\Delta p_x$  или  $\Delta v_x \rightarrow \infty$

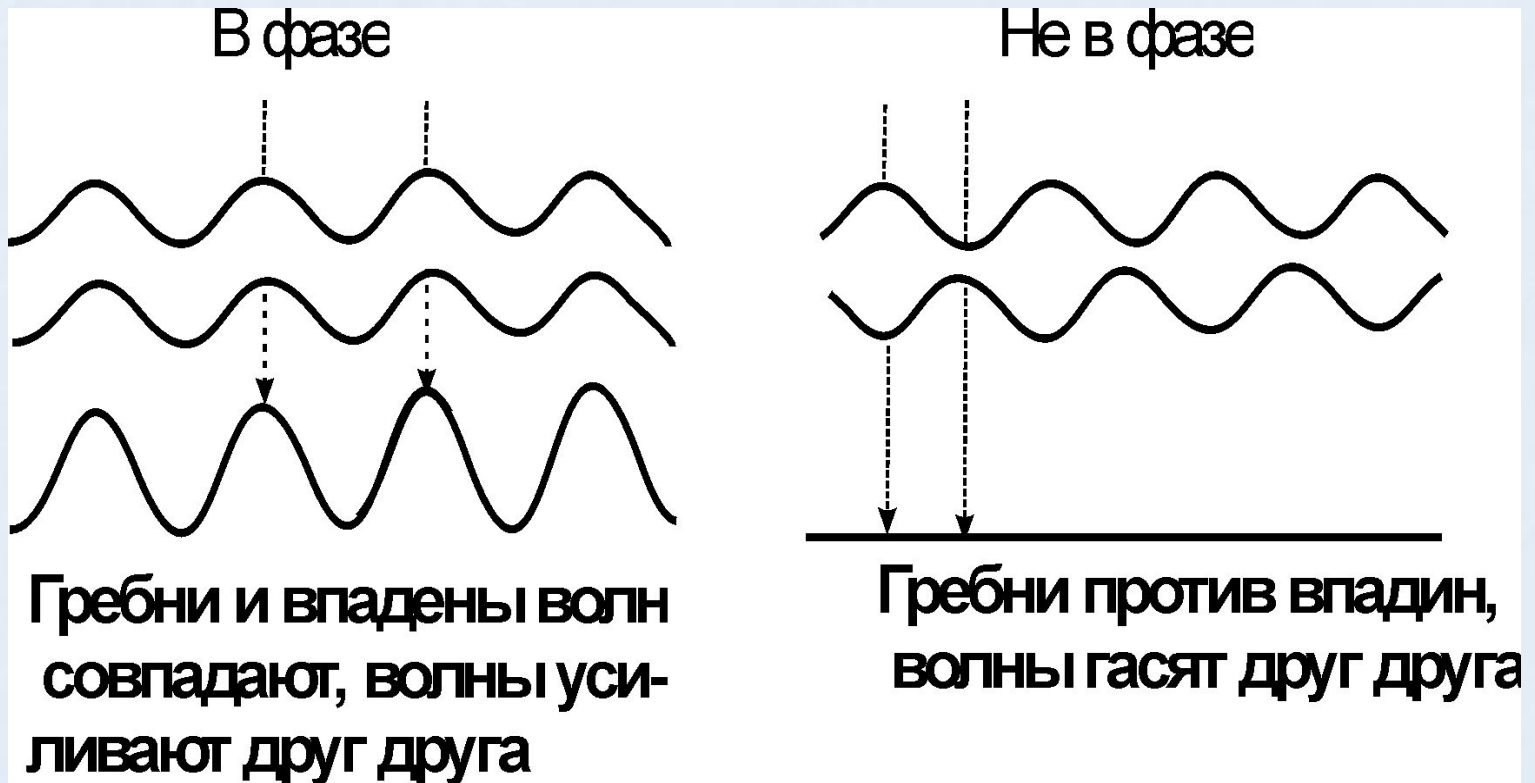
Если  $\Delta v_x, \Delta p_x \rightarrow 0$ , тогда  $\Delta x \rightarrow \infty$



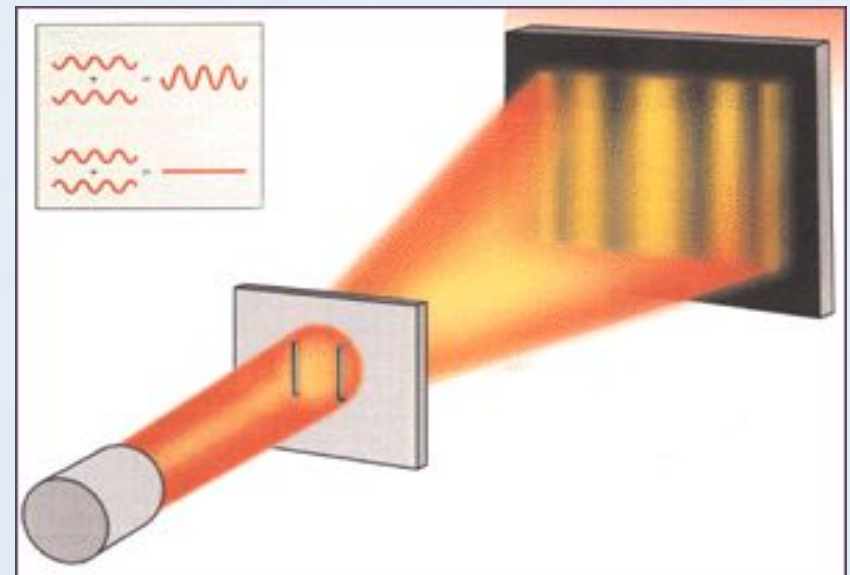
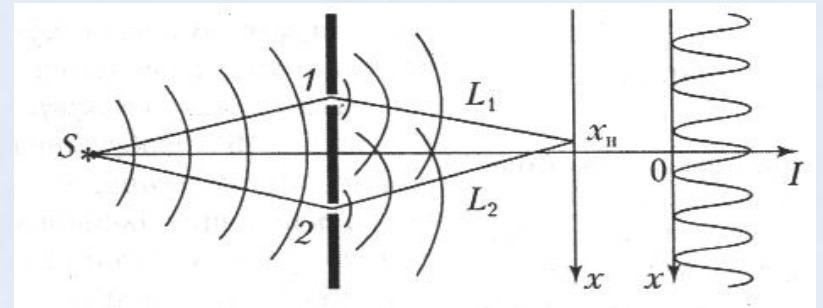
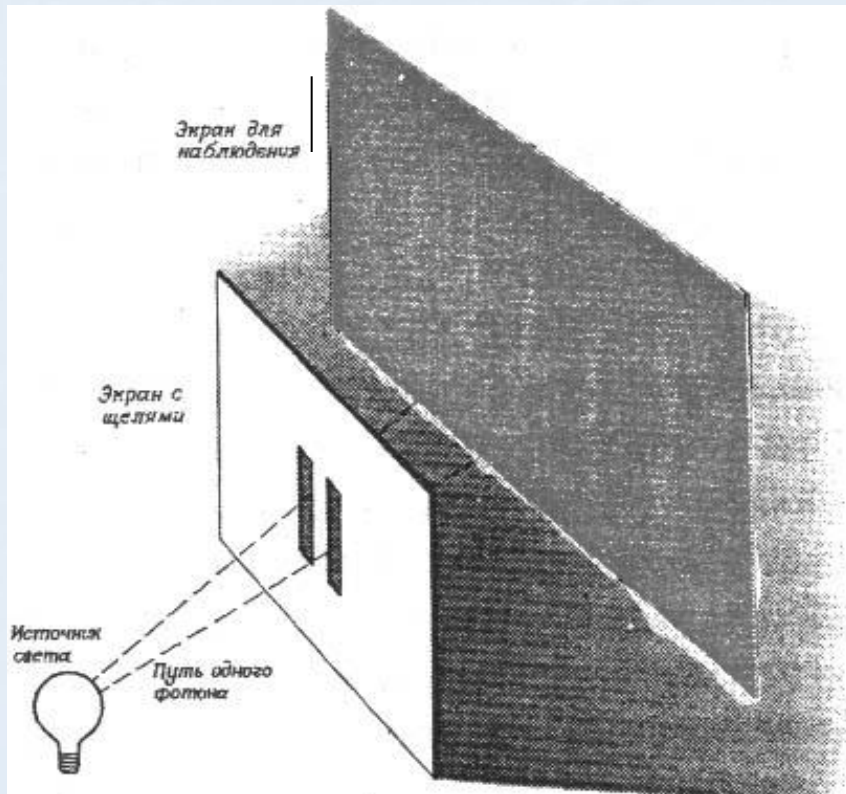
# Погрешность (неопределенность) в классической физике



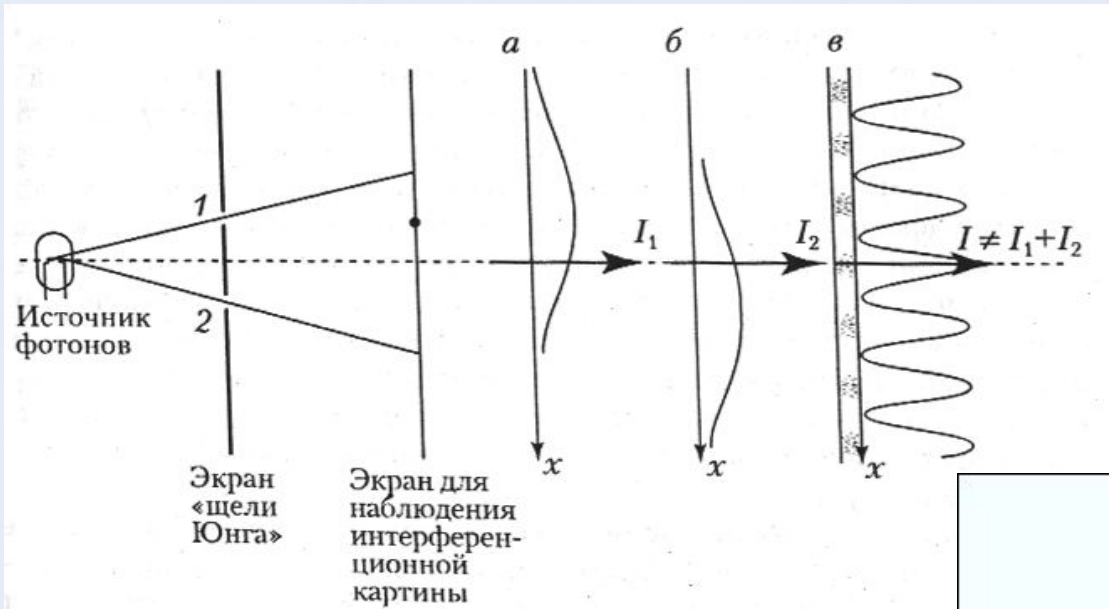
# ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ



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

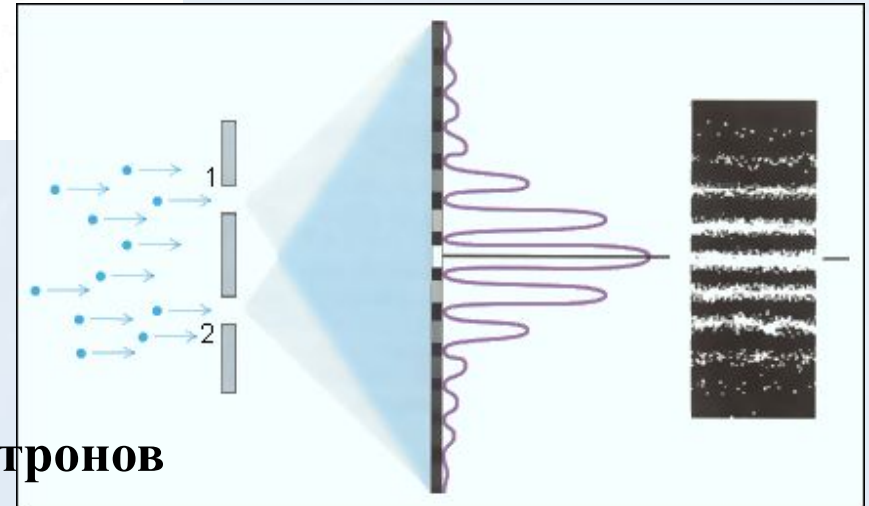


# Опыт Юнга с точки зрения квантовой теории



**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.

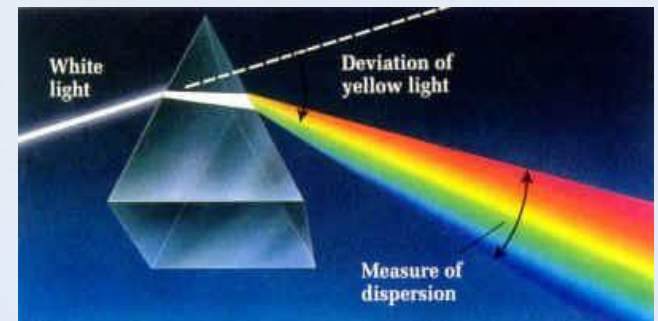
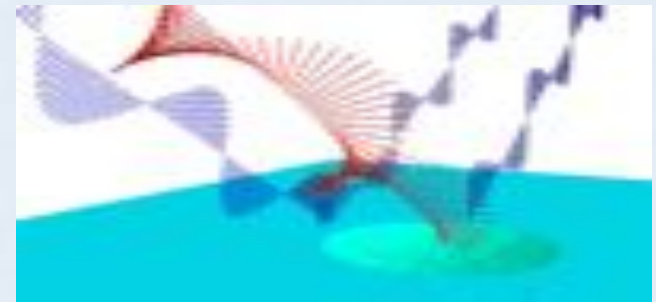
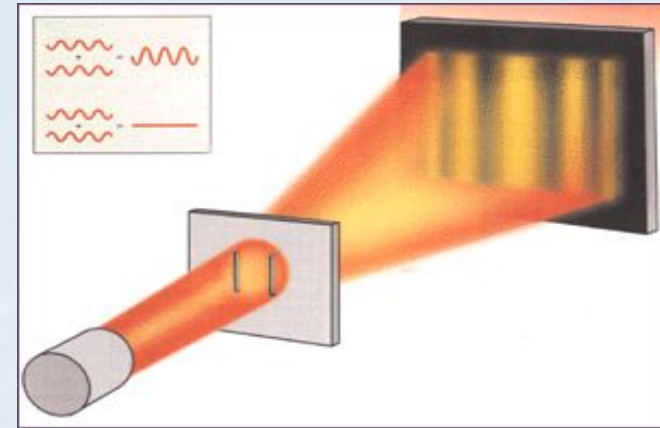
# В классической физике частицы и волны – разные объекты

- **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)(поляризация).
- С помощью стеклянной призмы могут быть разложены в спектр. (дисперсия)





# УРАВНЕНИЕ ШРЁДИНГЕРА

We now come to one of the most important equations in physics:

The Schrödinger Equation

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

If we can solve this equation, we know everything about the system



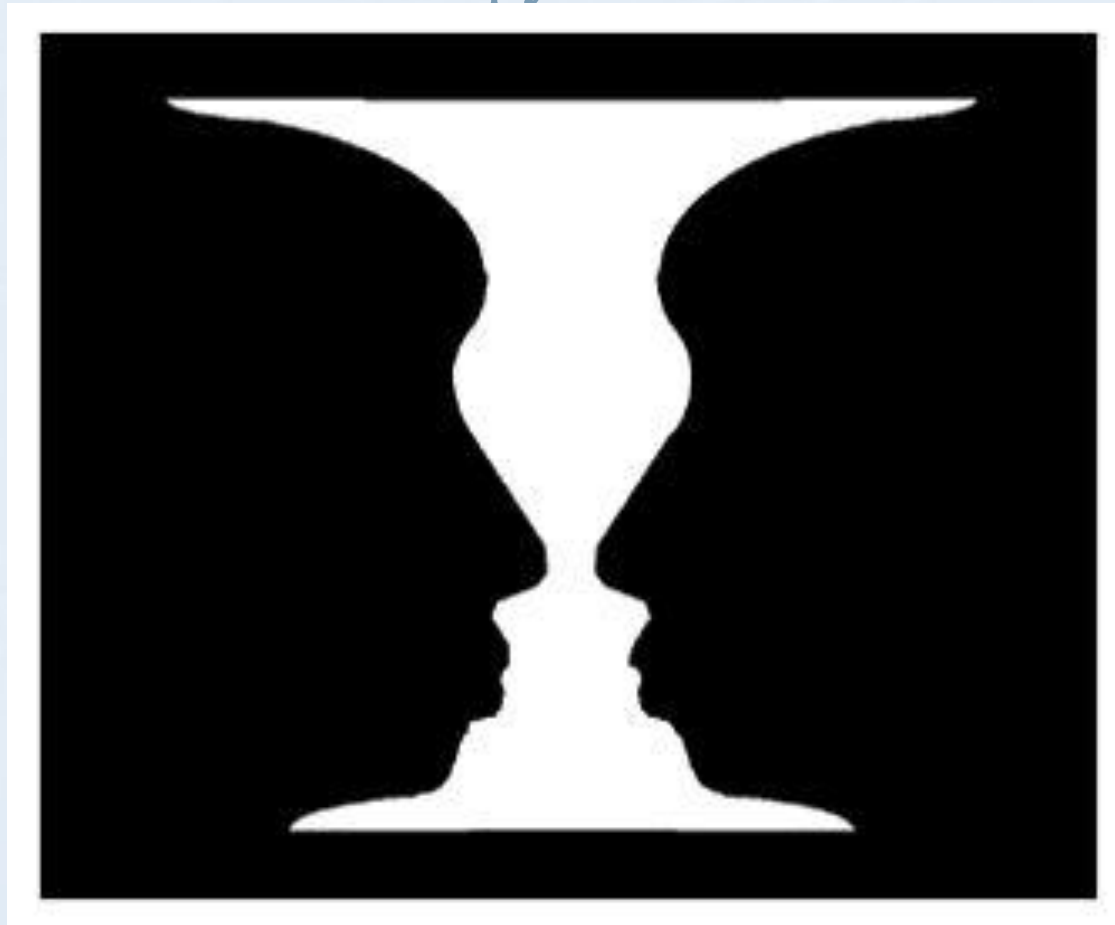
- В квантовой механике для характеристики состояний объектов в микромире вводится понятие волновой функции  $\Psi$  (пси-функции).
- Волновая функция описывает изменение во времени состояния квантовых объектов.
- Квадрат модуля волновой функции  $|\Psi|^2$  пропорционален вероятности нахождения микрочастицы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

В результате решения уравнения Шредингера находится распределение  $\Psi$  -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?



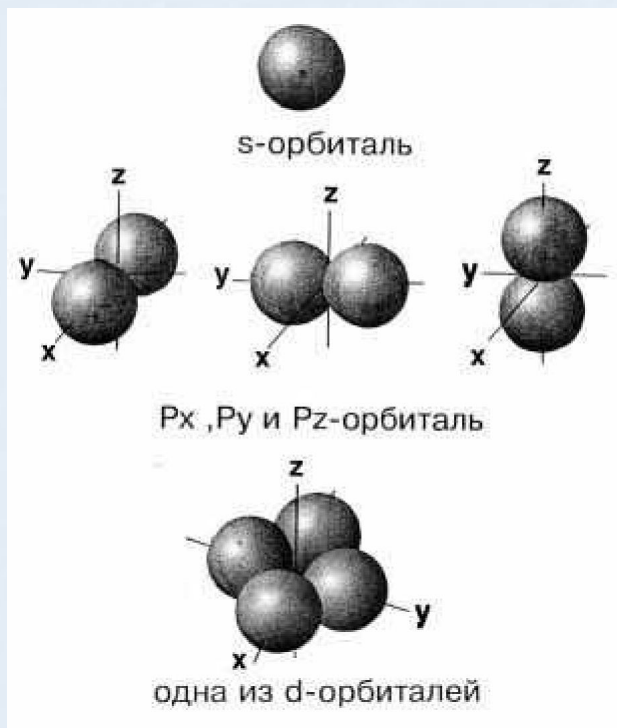
## **Принцип соответствия (Н.Бор 1923):**

*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.**

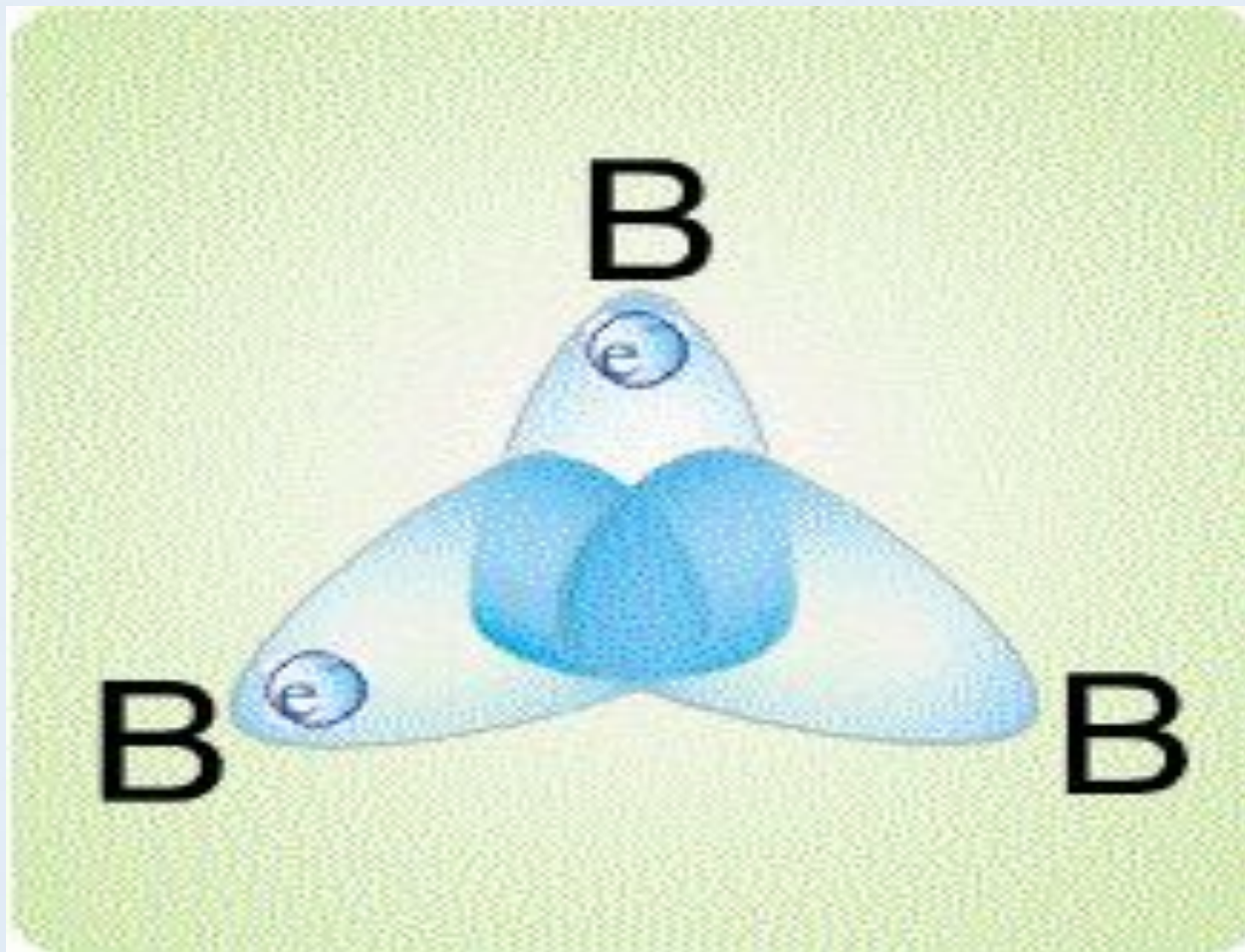
**Принцип соответствия отражает общее положение —  
соотношение абсолютной и относительной истины. Смена теорий (относительных истин) есть шаг на пути приближения к абсолютной истине**

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

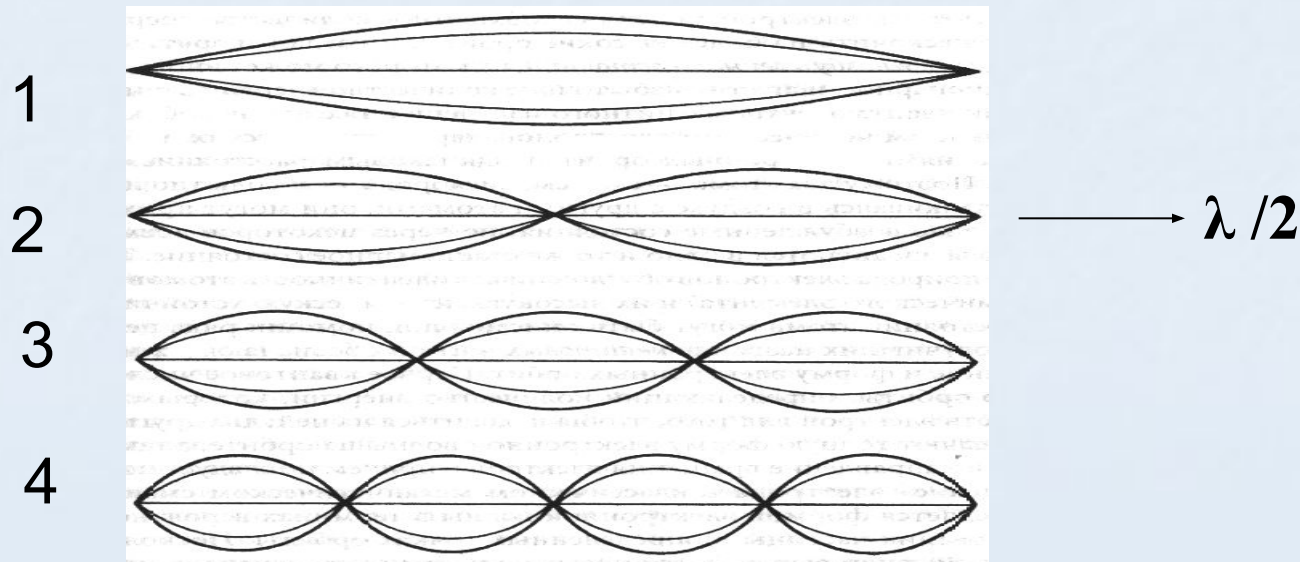


# «Стоячие волны Де – Бройля»

*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:





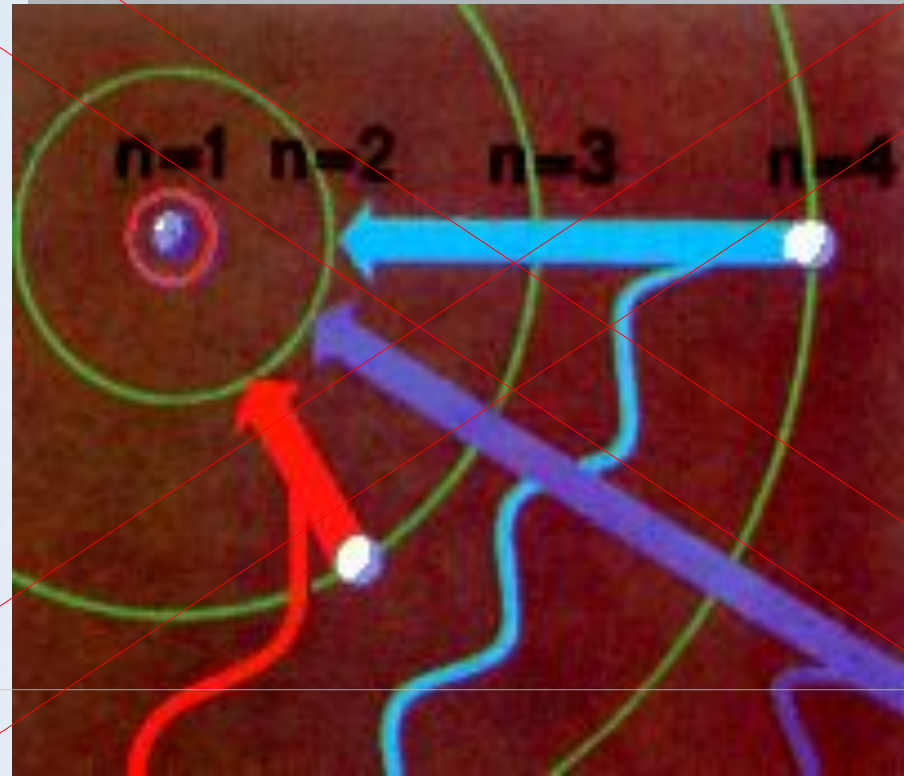


# Постулаты Бора:

- 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.

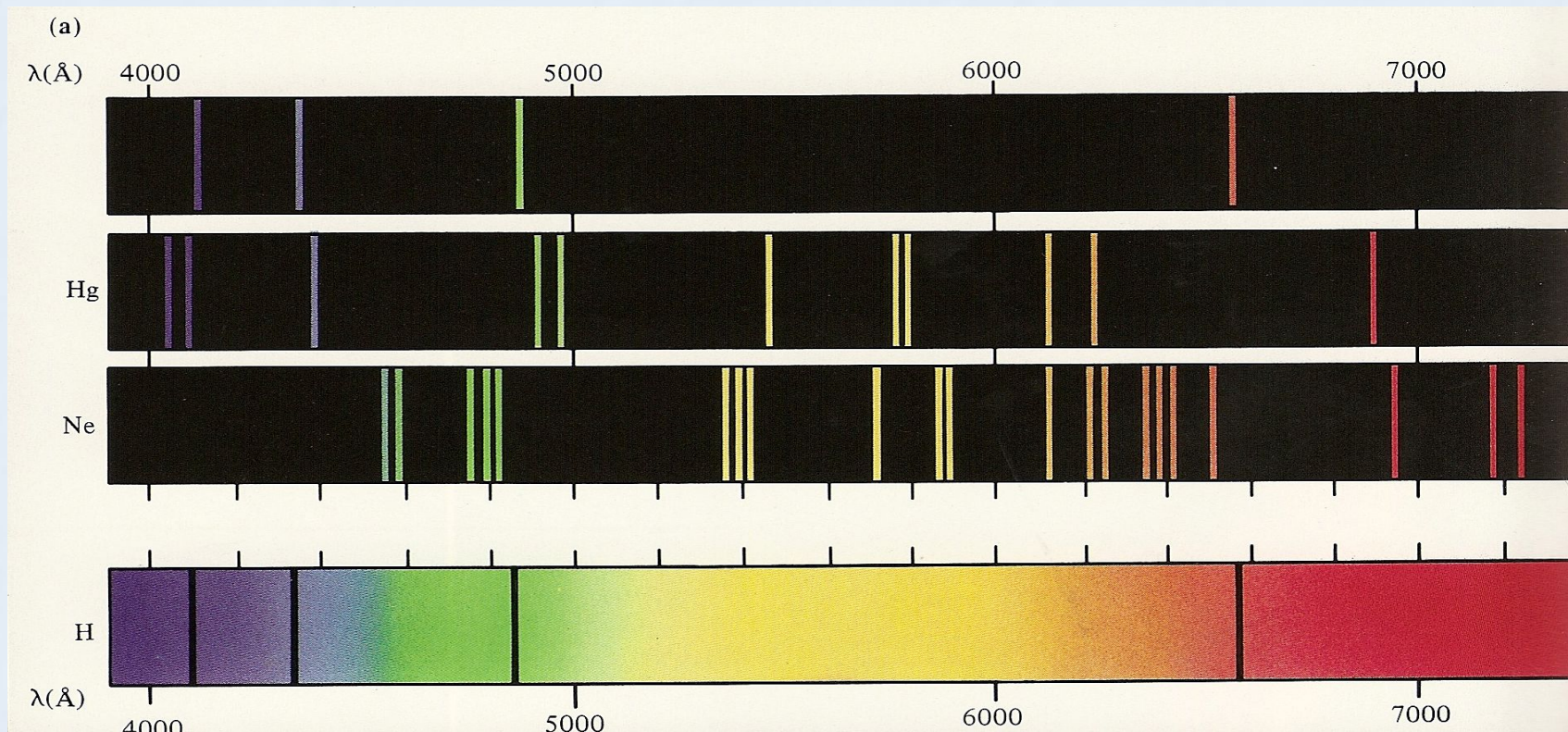
$h\nu$

$E_2 - E_1$



- 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;

$n = 1, 2, 3, \dots$  (фиксированный набор энергетических состояний)

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

Состояния с различным  $l$  отличаются величиной момента импульса.

$l = 1, 2, 3, \dots$

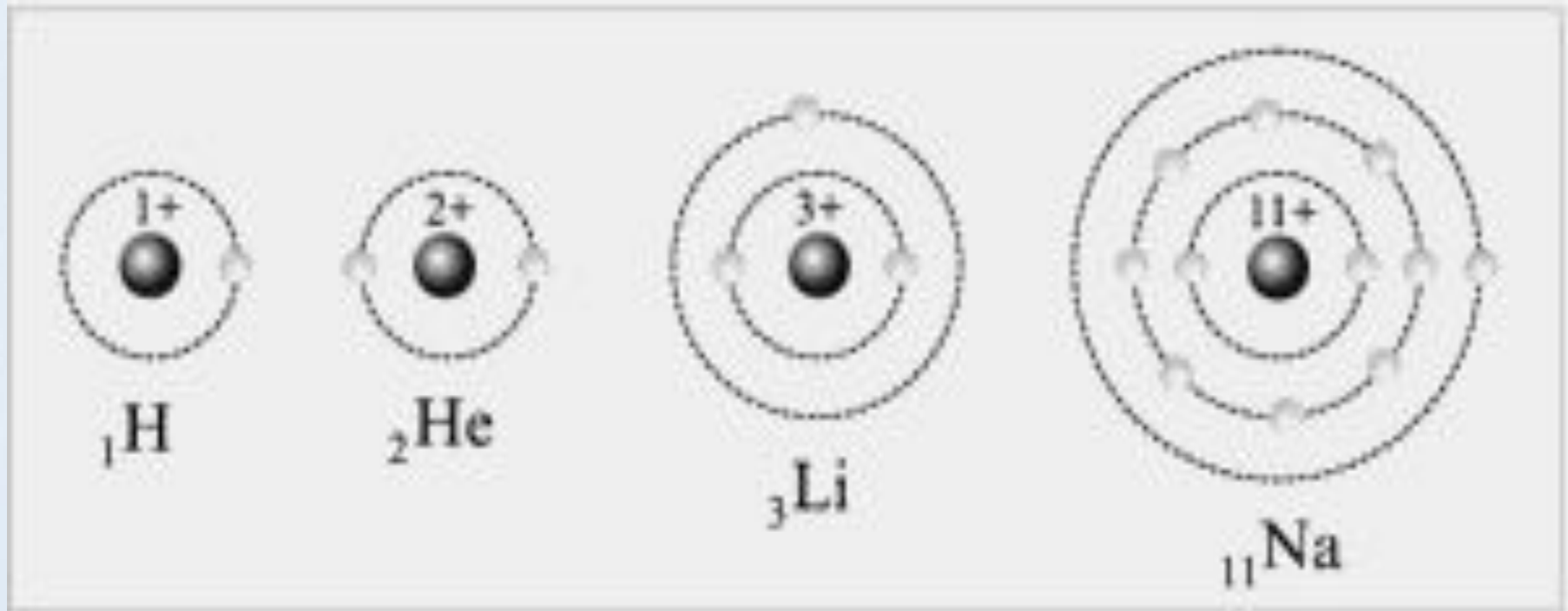
**Спиновое квантовое число** - это собственный момент импульса электрона, не зависящий от движения электрона в пространстве


Спин электрона принимает два значения  $\pm 1/2$  в единицах  $h/2\pi$ .

**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						VII		VIII	
		I						(H)		He	
1	1	 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.									
		H	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1	1,00794 водород								2,01603 гелий	
2	2	6,941 литий	4 Be бериллий 9,01218	5 B бор 10,811	6 C углерод 12,011	7 N азот 14,0067	8 O кислород 15,9994	9 F фтор 18,998403	10 Ne неон 20,179		
3	3	11 Na натрий 22,98977	12 Mg магний 24,305	13 Al алюминий 26,98154	14 Si кремний 28,0855	15 P фосфор 30,97376	16 S сера 32,066	17 Cl хлор 35,453	18 Ar аргон 39,948		
4	4	19 K калий 39,0983	20 Ca кальций 40,078	21 Sc скандий 44,95591	22 Ti титан 47,88	23 V ванадий 50,9415	24 Cr хром 51,9961	25 Mn марганец 54,9380	26 Fe железо 55,847	27 Co кобальт 58,9332	28 Ni никель 58,69
	5	29 Cu медь 63,546	30 Zn цинк 65,39	31 Ga галлий 69,723	32 Ge германий 72,59	33 As мышьяк 74,9216	34 Se селен 78,96	35 Br бром 79,904	36 Kr криpton 83,80		
5	6	37 Rb рубидий 85,4678	38 Sr стронций 87,62	39 Y иттрий 88,9059	40 Zr цирконий 91,224	41 Nb ниобий 92,9064	42 Mo молибден 95,94	43 Tc технеций [98]	44 Ru рутений 101,07	45 Rh родий 102,9055	46 Pd палладий 106,42
	7	47 Ag серебро 107,8682	48 Cd кадмий 112,41	49 In индий 114,82	50 Sn олово 118,710	51 Sb сурьма 121,75	52 Te теллур 127,60	53 I йод 126,9045	54 Xe ксенон 131,29		
6	8	55 Cs цезий 132,9054	56 Ba барий 137,33	57 La* лантан 138,9055	72 Hf гафний 178,49	73 Ta тантал 180,9479	74 W вольфрам 183,85	75 Re рений 186,207	76 Os осмий 190,2	77 Ir иридий 192,22	78 Pt платина 195,08
	9	79 Au золото 196,9665	80 Hg ртуть 200,59	81 Tl таллий 204,383	82 Pb свинец 207,2	83 Bi висмут 208,9804	84 Po полоний [209]	85 At астат [210]	86 Rn радон [222]		
7	10	87 Fr франций [223]	88 Ra радий [226]	89 Ac** актиний [227]	104 Rf резерфорций [261]	105 Db дубний [262]	106 Sg сигборгий [263]	107 Bh борий [262]	108 Hs гасий [265]	109 Mt майгнерий [266]	110 Ds дармштадтий [271]
	11	111 Rg рейгтеней [272]	112 Uub унубий [285]	113 (Uut) унунтрий [ ]	114 Uuq унквизадий [287]	115 (Uup) унпентий [ ]	116 Uuh унгексей [282]	117 (Uus) унвепсий [ ]	118 Uuo унвистий [293]		

\* Лантаноиды

58 Ce 140,12 церий	59 Pr 140,9077 применим	60 Nd 144,24 неодим	61 Pm [145] прометий	62 Sm 150,36 самарий	63 Eu 151,96 европий	64 Gd 157,25 гадолиний	65 Tb 158,9254 тербий	66 Dy 162,50 диспрозий	67 Ho 164,9304 гольмий	68 Er 167,26 эрбий	69 Tm 168,9342 тулий	70 Yb 173,04 иттербий	71 Lu 174,967 лютеций
-----------------------------	----------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

\*\* Актиноиды

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

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

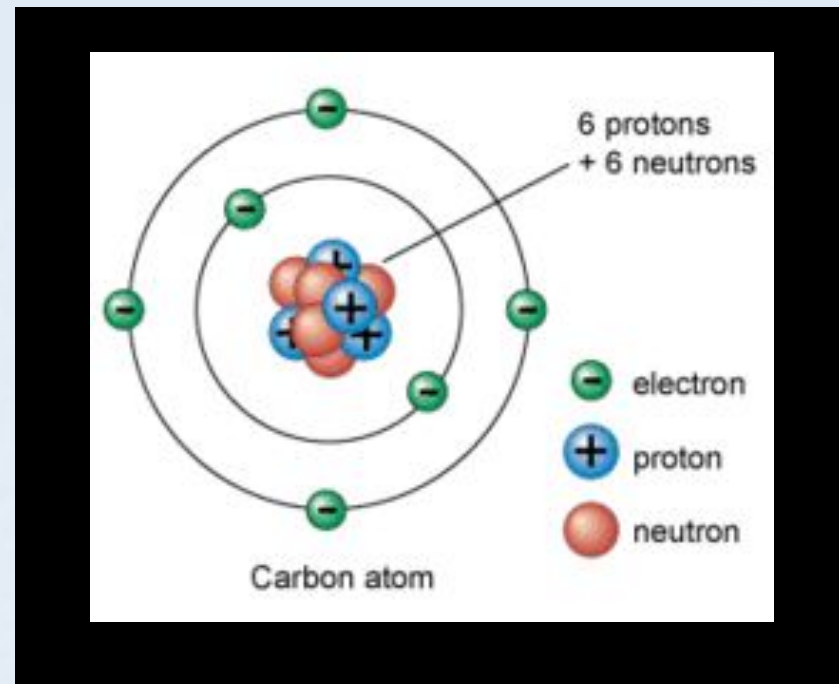
# Ядро атома

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  $\sim$  равно числу  
протонов ( ${}_6\text{C}^{12}$ ,  ${}_2\text{He}^4$ ),  
тяжелые ядра имеют  
избыток нейтронов ( ${}_{92}\text{U}^{238}$ )



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
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------