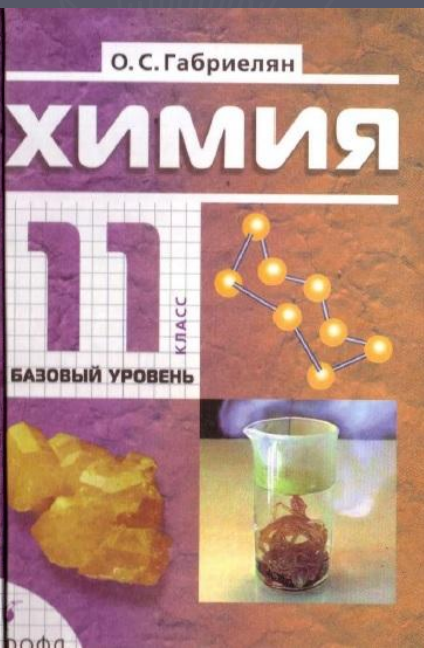
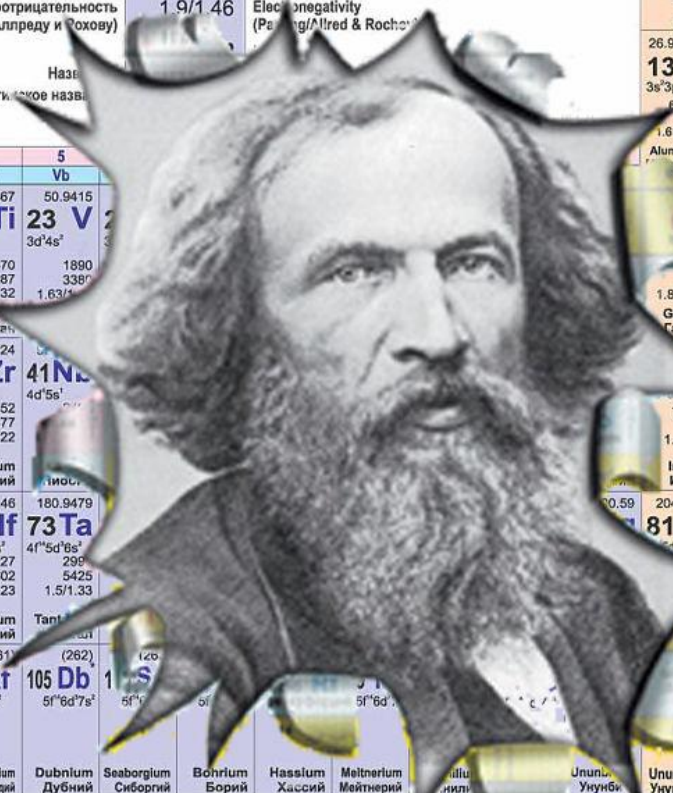


# Тема 1. Периодический закон и периодическая система Д. И. Менделеева. Строение атома.



# Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Group 1 <b>Ia</b>											18 <b>0</b>	
Period 1 <b>1</b> 1s <sup>1</sup> -259.14 -252.87 2.02/- <b>Hydrogen</b> Водород Hydrogenium											<b>2</b> He 1s <sup>2</sup> -272.2 -268.93 12.3 eV Helium Гелий	
Period 2 <b>3</b> [He]2s <sup>1</sup> 6.941 180.54 1347 0.98/0.97 <b>Lithium</b> Литий	<b>4</b> [He]2s <sup>2</sup> 9.012182 1278 2970 1.57/1.47 <b>Beryllium</b> Бериллий											<b>10</b> [Ne]2s <sup>2</sup> 20.1797 -248.7 -246.05 10.6 eV Neon Неон
Period 3 <b>11</b> [Ne]3s <sup>1</sup> 22.989770 97.86 883.15 0.93/1.01 <b>Sodium</b> Натрий (Natrium)	<b>12</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 24.3050 648.8 1107 1.31/1.23 <b>Magnesium</b> Магний	<b>13</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 26.981538 97.86 2487 1.61/1.47 <b>Aluminium</b> Алюминий (Aluminium)	<b>14</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 28.0855 2487 1.90/1.74 <b>Silicon</b> Кремний (Silicium)	<b>15</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 30.973761 44.14 280 2.19/2.06 <b>Phosphorus</b> Фосфор	<b>16</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 32.066 112.8 444.674 2.58/2.44 <b>Sulphur</b> Сера (Sulfur)	<b>17</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 35.4527 100.98 464.674 3.16/2.83 <b>Chlorine</b> Хлор (Chlorum)	<b>18</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 39.948 -189.2 -185.7 7.7 eV Argon Аргон					
Period 4 <b>19</b> [Ar]4s <sup>1</sup> 39.0983 63.65 774 0.82/0.91 <b>Potassium</b> Калий (Kalium)	<b>20</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 40.078 839 1487 1.00/1.04 <b>Calcium</b> Кальций	<b>21</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup> 44.955910 1541 2831 1.36/1.20 <b>Scandium</b> Скандий	<b>22</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup> 47.867 1670 3287 1.54/1.32 <b>Titanium</b> Титан	<b>23</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup> 50.9415 1890 3369 1.63/1.40 <b>Vanadium</b> Ванадий	<b>24</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 58.9326 200.25 2835 1.81/1.82 <b>Gallium</b> Галлий	<b>25</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup> 63.546 200.25 2835 2.01/2.02 <b>Germanium</b> Германий	<b>26</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup> 72.61 200.25 2835 2.01/2.02 <b>Cobalt</b> Кобальт	<b>27</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup> 74.92160 200.25 2835 2.01/2.02 <b>Nickel</b> Никель	<b>28</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup> 78.96 200.25 2835 2.55/2.48 <b>Copper</b> Медь	<b>29</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>9</sup> 79.904 200.25 2835 2.55/2.48 <b>Zinc</b> Цинк	<b>30</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 83.80 -189.2 -185.7 7.7 eV Zinc Цинк	
Period 5 <b>37</b> [Kr]5s <sup>1</sup> 85.4678 38.89 887.2 0.82/0.89 <b>Rubidium</b> Рубидий	<b>38</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 87.62 789 1384 0.95/0.99 <b>Sr</b> Стронций	<b>39</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup> 88.90585 1522 4377 1.22/1.11 <b>Yttrium</b> Иттрий	<b>40</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup> 91.224 1852 4377 1.33/1.22 <b>Zirconium</b> Цирконий	<b>41</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>3</sup> 92.90638 1862 4377 1.33/1.22 <b>Niobium</b> Ниобий	<b>42</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>4</sup> 97.903 1862 4377 1.33/1.22 <b>Molybdenum</b> Молибден	<b>43</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup> 101.07 1862 4377 1.33/1.22 <b>Technetium</b> Технеций	<b>44</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>6</sup> 106.42 1862 4377 1.33/1.22 <b>Ruthenium</b> Рутений	<b>45</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>7</sup> 106.42 1862 4377 1.33/1.22 <b>Rhodium</b> Родий	<b>46</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>8</sup> 106.42 1862 4377 1.33/1.22 <b>Palladium</b> Палладий	<b>47</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>9</sup> 106.42 1862 4377 1.33/1.22 <b>Silver</b> Серебро	<b>48</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 112.41 -111.9 -107.1 5.85 eV Cadmium Кадмий	
Period 6 <b>55</b> [Xe]6s <sup>1</sup> 132.90545 28.5 678.4 0.79/0.86 <b>Cesium</b> Цезий (Caesium)	<b>56</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 137.327 725 1640 0.89/0.97 <b>Barium</b> Барий	<b>57</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>1</sup> 138.9055 920 3454 1.10/1.08 <b>Lanthanum</b> Лантан	<b>72</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 178.46 2227 4602 1.3/1.23 <b>Hafnium</b> Гафний	<b>73</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 180.9479 2227 4602 1.3/1.23 <b>Tantalum</b> Тантал	<b>74</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 183.84 2227 4602 1.3/1.23 <b>Tungsten</b> Вольфрам	<b>75</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 186.207 2227 4602 1.3/1.23 <b>Rhenium</b> Рений	<b>76</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 186.207 2227 4602 1.3/1.23 <b>Osmium</b> Осмиум	<b>77</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 186.207 2227 4602 1.3/1.23 <b>Iridium</b> Иридий	<b>78</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>8</sup> 186.207 2227 4602 1.3/1.23 <b>Platinum</b> Платинум	<b>79</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 186.207 2227 4602 1.3/1.23 <b>Aurum</b> Золото	<b>80</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 197.04 -111.9 -107.1 5.85 eV Mercury Ртуть	
Period 7 <b>87</b> [Rn]7s <sup>1</sup> 227 1140 0.77/0.86 <b>Francium</b> Франций	<b>88</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 226 970 1140 0.89/0.97 <b>Radium</b> Радий	<b>89</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>1</sup> 227 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Actinium</b> Актиний	<b>104</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 261 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Rutherfordium</b> Резерфордий	<b>105</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 262 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Dubnium</b> Дубний	<b>106</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 263 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Seaborgium</b> Сиборгий	<b>107</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 264 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Bhassium</b> Борий	<b>108</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 265 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Hassium</b> Хассий	<b>109</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 266 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Mitrium</b> Мейтнерий	<b>110</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>8</sup> 267 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Darmstadtium</b> Дармштадтий	<b>111</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 268 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Roentgenium</b> Рунгенбий	<b>112</b> [Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 269 1050 (-3250) 1.1/1.0 <b>Copernicium</b> Коперниций	



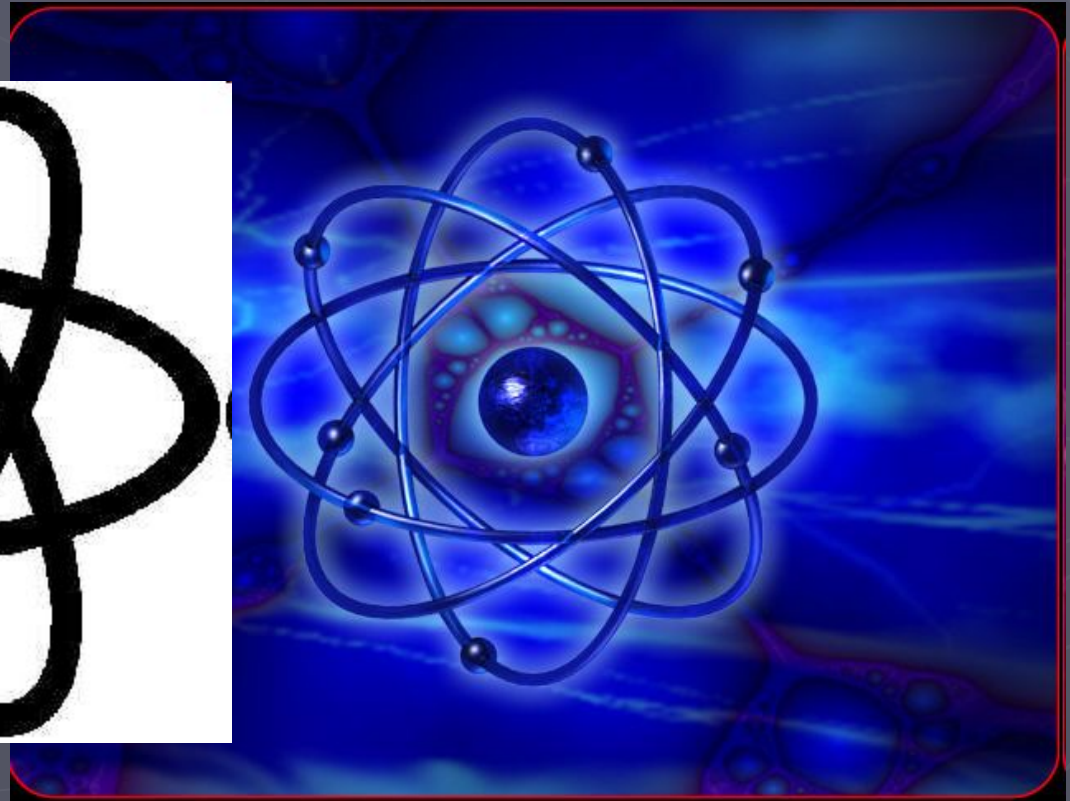
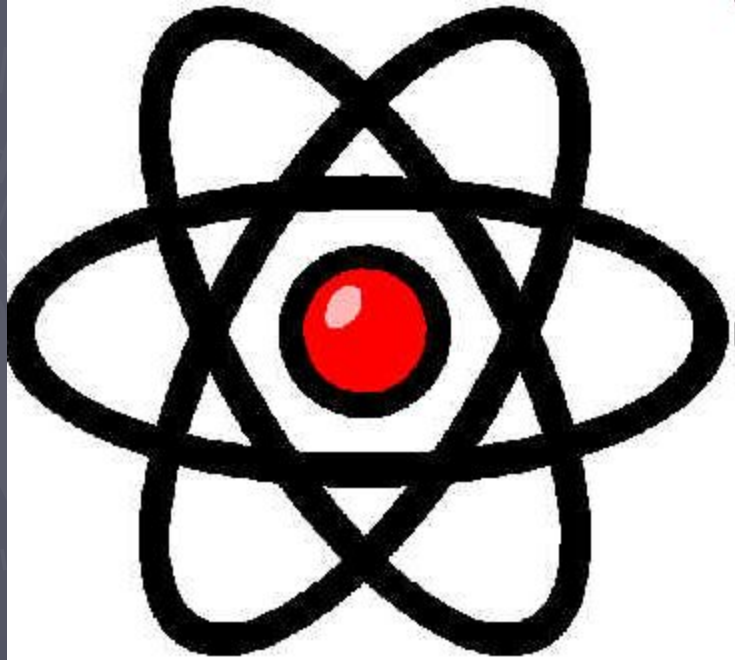
\* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995)  
 \* Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995).  
 ( ) Alternative English name  
 [ ] American spelling of the element's name  
 ( ) Альтернативное английское название  
 [ ] Американское написание названия элемента

140.116 <b>58 Ce</b> 4f <sup>6</sup> s <sup>2</sup>	140.90765 <b>59 Pr</b> 4f <sup>6</sup> s <sup>2</sup>	144.24 <b>60 Nd</b> 4f <sup>6</sup> s <sup>2</sup>	(145) <b>61 Pm</b> 4f <sup>6</sup> s <sup>2</sup>	150.36 <b>62 Sm</b> 4f <sup>6</sup> s <sup>2</sup>	151.964 <b>63 Eu</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	157.25 <b>64 Gd</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	162.50 <b>65 Tb</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	162.50 <b>66 Dy</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	164.93032 <b>67 Ho</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	167.26 <b>68 Er</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	168.93421 <b>69 Tm</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	173.04 <b>70 Yb</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	174.967 <b>71 Lu</b> 4f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>
798 3426 -1.2/1.1	931 3512 -1.2/1.1	1021 3068 -1.2/1.1	1168 2480 -1.2/1.1	1077 1791 -1.2/1.1	822 1597 -1.2/1.1	1312 3250 -1.2/1.1	1356 3123 -1.2/1.1	1409 2562 -1.2/1.1	1474 2695 -1.2/1.1	1529 2863 -1.2/1.1	1545 1947 -1.2/1.1	819 1193 -1.2/1.1	1663 3302 -1.2/1.1
Cerium Церий	Praseodymium Прозердий	Neodymium Неодим	Promethium Прометий	Samarium Самарий	Europium Европий	Gadolinium Гадолий	Terbium Тербий	Dysprosium Диспрозий	Holmium Гольмий	Erbium Эрбий	Thulium Тулий	Ytterbium Иттербий	Lutetium Лютеций
(232)	(231)	(238)	(239)	(239)	(243)	(247)	(247)	(252)	(251)	(257)	(258)	(259)	(260)
<b>90 Th</b> 6d <sup>2</sup> s <sup>2</sup>	<b>91 Pa</b> 5f <sup>6</sup> d <sup>3</sup> s <sup>2</sup>	<b>92 U</b> 5f <sup>6</sup> d <sup>3</sup> s <sup>2</sup>	<b>93 Np</b> 5f <sup>6</sup> d <sup>3</sup> s <sup>2</sup>	<b>94 Pu</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>95 Am</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>96 Cm</b> 5f <sup>6</sup> d <sup>3</sup> s <sup>2</sup>	<b>97 Bk</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>98 Cf</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>99 Es</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>100 Fm</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>101 Md</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>102 No</b> 5f <sup>7</sup> s <sup>2</sup>	<b>103 Lr</b> 5f <sup>6</sup> d <sup>3</sup> s <sup>2</sup>
1750 (-3800) 1.11/1.1	1572 3818 1.14/1.1	1132 3902 -1.2/1.2	639 3902 1.22/1.2	641 2607 1.2/1.2	996 2607 -1.1/1.2	1340 2630 1.2/1.2	1050 1227 -1.1/1.2	900 1227 1.2/1.2	860 1.3/-	1.3/1.2	1.2/1.2	1.3/-	1.3/-
Thorium Торий	Protactinium Протактиний	Uranium Уран	Neptunium Нептуний	Plutonium Плутоний	Americium Америций	Curium Кюрий	Berkelium Берклий	Californium Калifornий	Einsteinium Эйнштейний	Fermium Фермий	Mendelevium Менделеев	Nobelium Нобелий	Lawrencium Лоуренсий

© P.C. Сайфуллин,  
 А.Р. Сайфуллин, 2004  
 © R.S. Saifullin,  
 A.R. Saifullin, 2004

Mar. 2004

# Атом – сложная частица



# Цели:

**обобщить знания из курсов химии и физики о явлениях, доказывающих сложность строения атома;**  
**познакомить с эволюцией научных взглядов на строение атома.**

# Содержание:

- 1. Атом – сложная частица.**
- 2. Доказательства сложности строения атома.**
- 3. Модели строения атомов.**
- 4. Модели строения атомов.**
- 5. Ядро и нуклоны.**
- 6. Электрон.**
- 7. Дуализм электрона.**

## Определение атома в БСЭ

**Атом (от греч. atomos — неделимый), частица вещества микроскопических размеров и очень малой массы (микрочастица), наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Каждому элементу соответствует определённый род А., обозначаемых символом элемента (например, А. водорода H; А. железа Fe; А. ртути Hg; А. урана U).**

# Развитие представлений о строении атома

**I. Атом – химически неделимая  
частица (элемент).**

## II. Доказательства сложности строения атома:

- 1) **Открытие рентгеновских лучей (1895 г., К. Рентген).**
- 2) **Открытие катодных лучей (1897 г., Дж. Томсон).**
- 3) **Открытие радиоактивности (1896 г., А Беккерель) и её изучение (1897 – 1903 гг., М. Склодовская-Кюри, П. Кюри)**



**Вильгельм Конрад Рентген**  
(1845 — 1923)

## Рентгеновские лучи





**Сэр Джозеф  
Джон Томсон  
(1856 — 1940)**

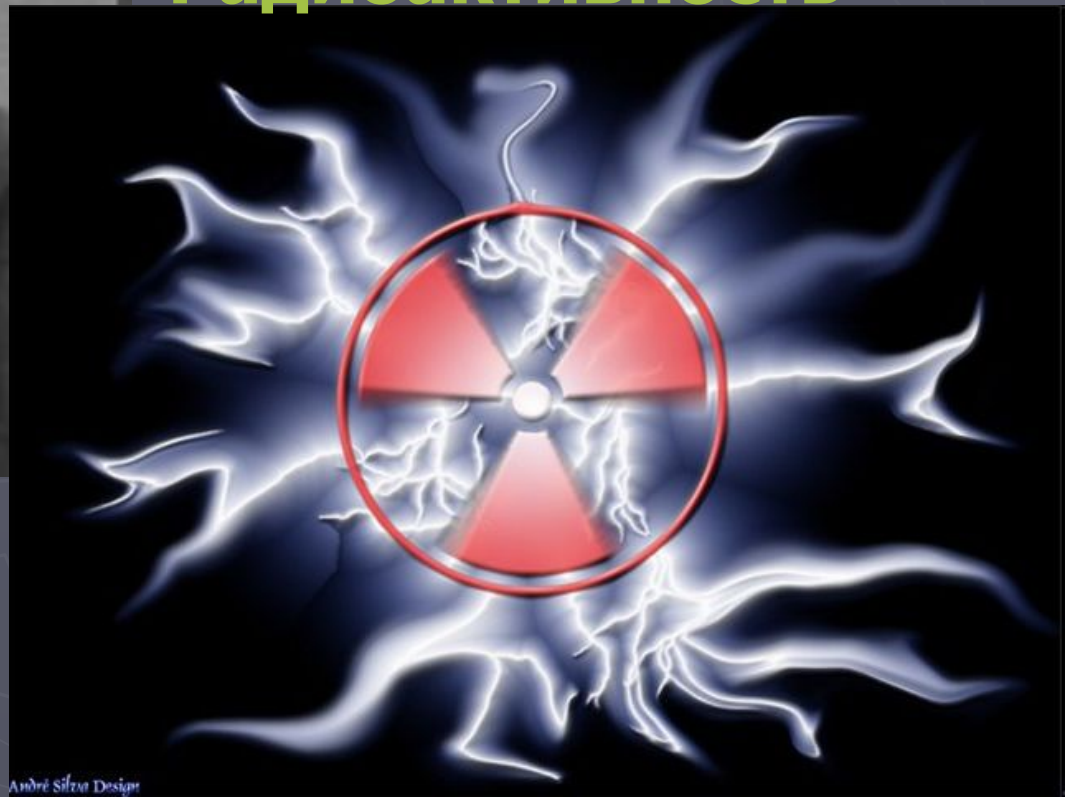
## **Катодные лучи**





**Антуан Анри  
Беккерель (1852 -  
1908)**

**Радиоактивность**



**Пьер Кюри**  
(1859—1906)

**Мария  
Складовская -  
Кюри́ (1867 —  
1934)**

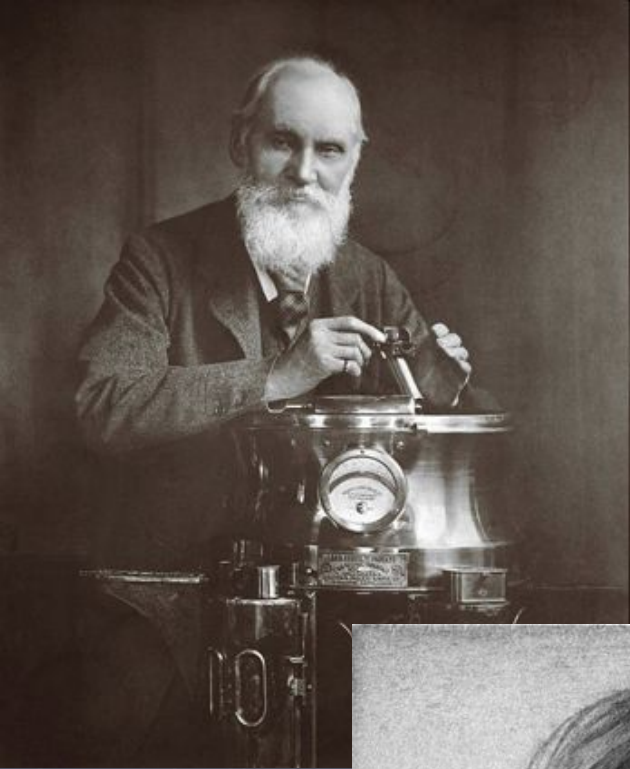
**Изучение  
радиоактивности**



# III. Модели строения атомов

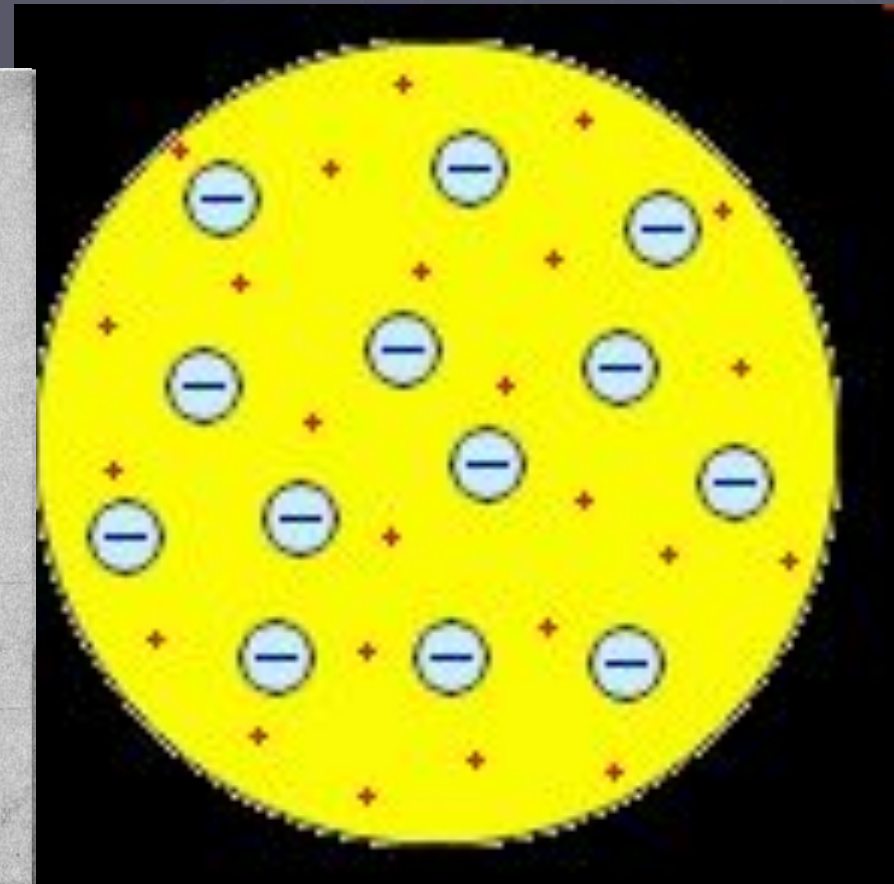
- 1) «Пудинг с изюмом» (1902 – 1904 гг., В. Кельвин, Дж. Томсон).
- 2) Планетарная (1907 г.. Э. Резерфорд).
- 3) Квантовая модель Н. Бора.

**Кельвин (Kelvin) Вильям**  
(26.VI.1824–17.XII.1907).



**«Пудинг с изюмом»**

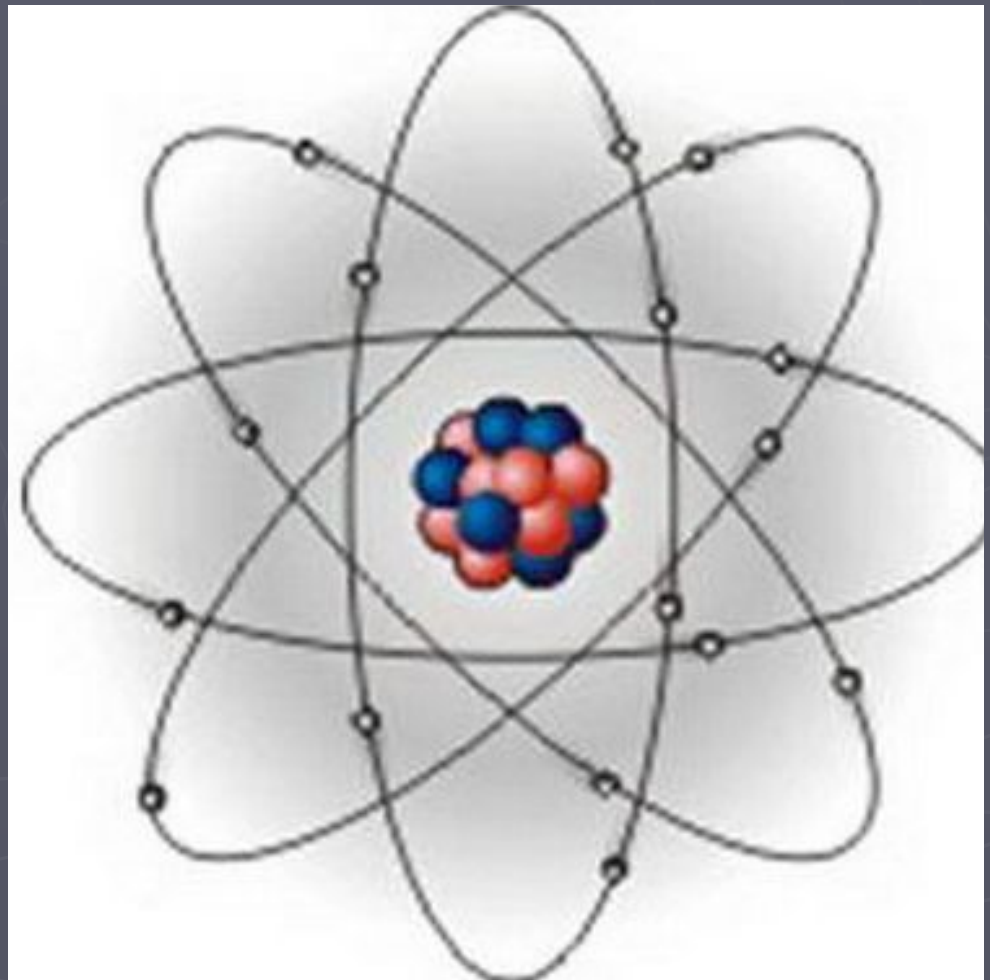
**Сэр Джозеф  
Джон  
Томсон**  
(1856 —  
1940)





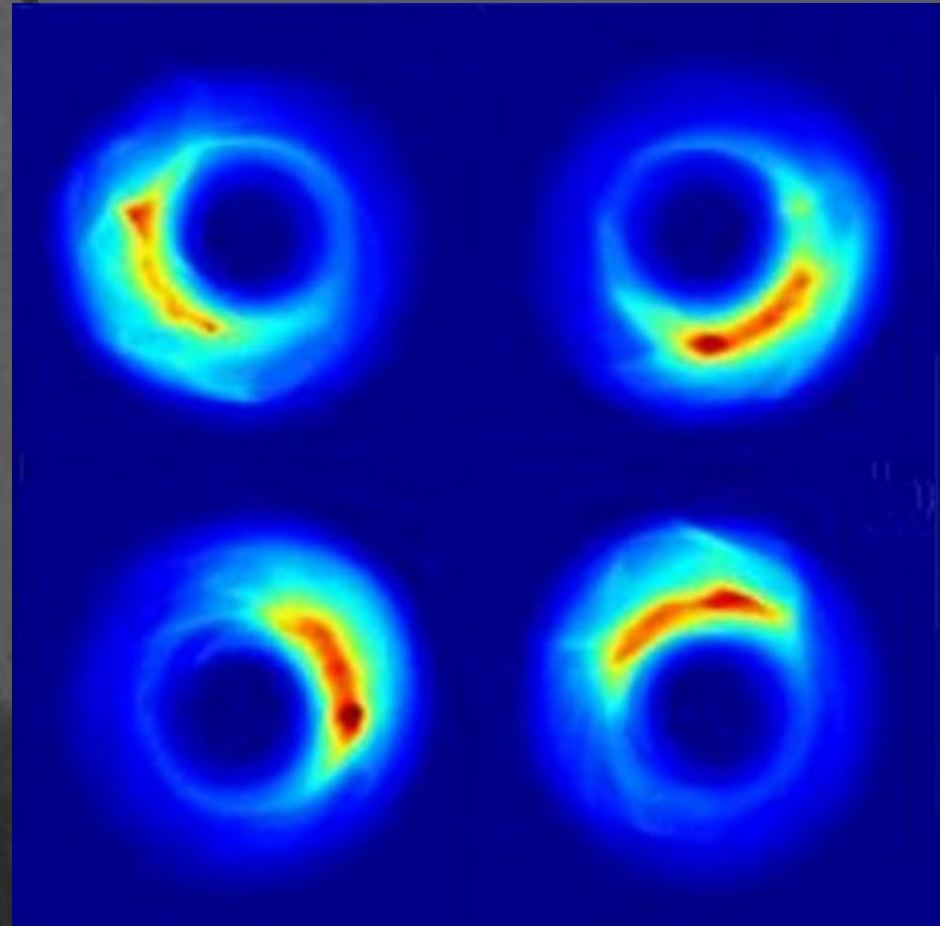
**Эрнест Резерфорд**  
(1871 — 1937)

## Планетарная модель



**Нильс Хенрик Давид  
Бор (1885—1962)**

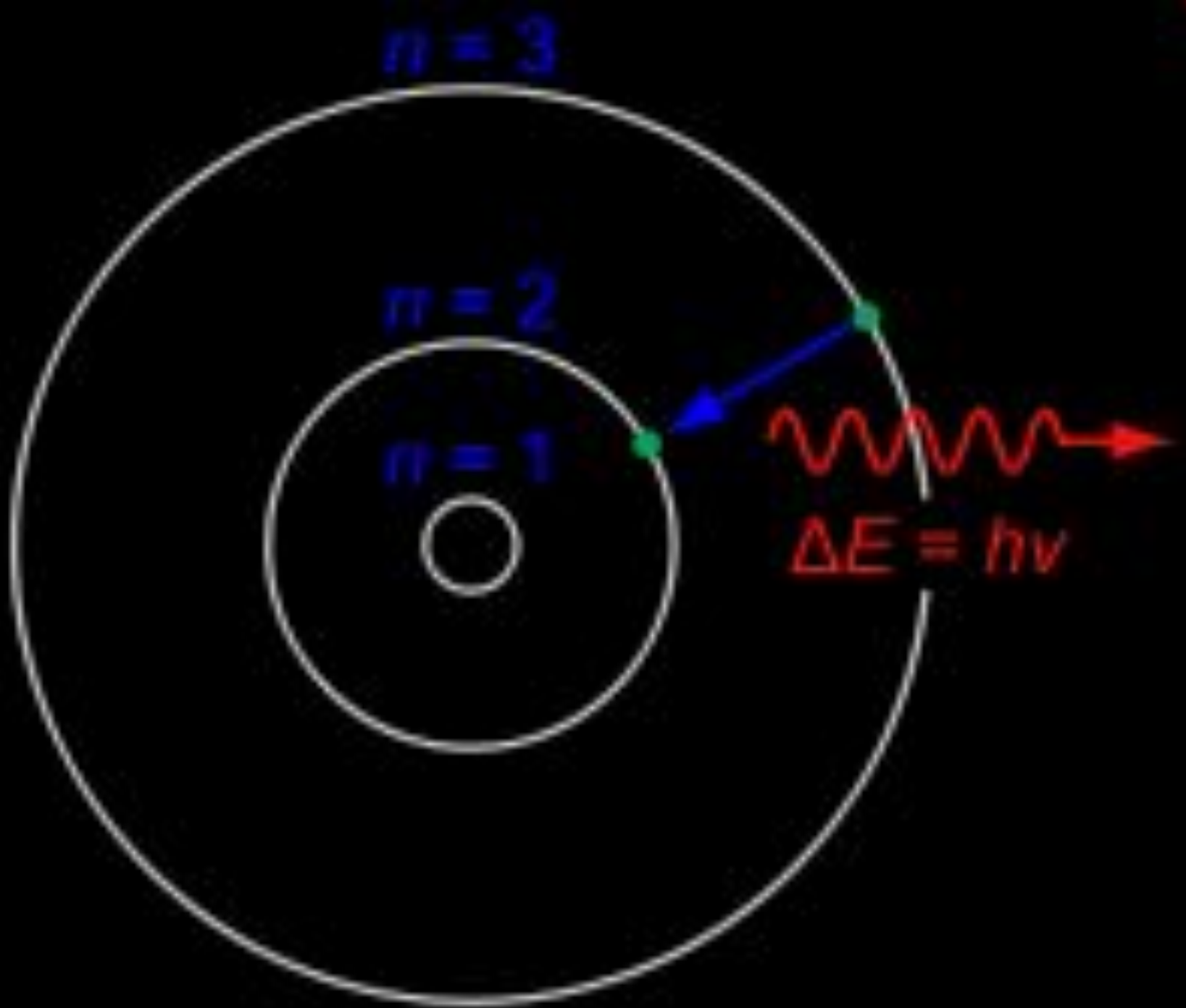
**Квантовая модель**





# Постулаты Бора

- ▶ Электрон двигается по строго определённым замкнутым стационарным орбитам в соответствии с «разрешёнными» значениями энергии  $E_1, E_2, \dots, E_n$ , при этом энергия не поглощается и не выделяется.
- ▶ Электрон переходит из одного разрешённого энергетического состояния в другое, что сопровождается излучением или поглощением кванта энергии.



# IV. Современные представления о строении атома на основе квантовой механики.

**1932 г. – протонно-нейтронная теория ядра.**



Водород  
Массовое число 1  
Заряд ядра 1

Гелий  
Массовое число 4  
Заряд ядра 2

Углерод  
Массовое число 12  
Заряд ядра 6

**Атом**

**Ядро**

**Электроны**

**Протоны**

**Нейтроны**

**Нуклоны**

► Атом – это электронейтральная система взаимодействующих элементарных частиц, состоящих их ядра (образованного протонами и нейтронами) и электронов.

$$Ar = \Sigma p^+ + \Sigma n^0$$

▶  $\Sigma p^+ = \text{const}$

▶  $\Sigma n^0 \neq \text{const}$

► **Изотопы** – это разновидности атомов одного и того же химического элемента, имеющие одинаковый заряд атомного ядра (одинаковое число протонов в нём), но разную относительную атомную массу (разное число нейтронов).

**Химический элемент** — это вид атомов с одинаковым положительным зарядом ядра.

$^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  — изотопы кислорода

$^{35}\text{Cl}$ ,  $^{37}\text{Cl}$  — изотопы хлора

$^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$  — изотопы калия

$^{39}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{Ar}$  — изотопы аргона



БСЭ

## Корпускулярно-волновой

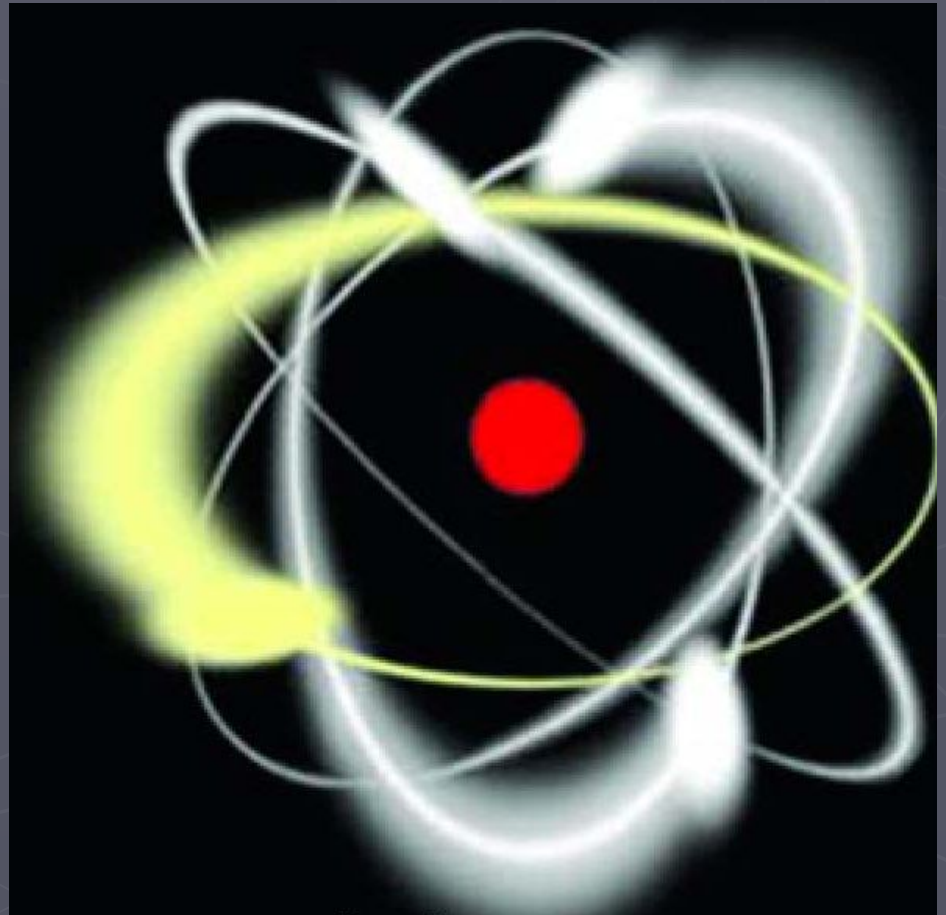
дуализм — положение, лежащее в основе квантовой механики о том, что в поведении микрообъектов проявляются как корпускулярные, так и волновые черты.

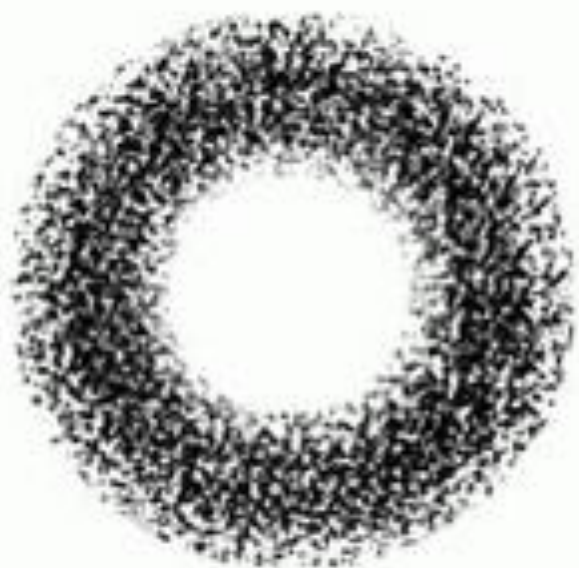
▶ **Электронная оболочка** –  
совокупность всех электронов в  
атоме.

▶ **Электронный слой или  
энергетический уровень** –  
электроны, обладающие близкими  
значениями энергии.

▶ Число энергетических уровней в  
атоме равно номеру периода, в  
котором располагается элемент

► **Орбиталь или электронное облако**  
– пространство вокруг атомного ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона





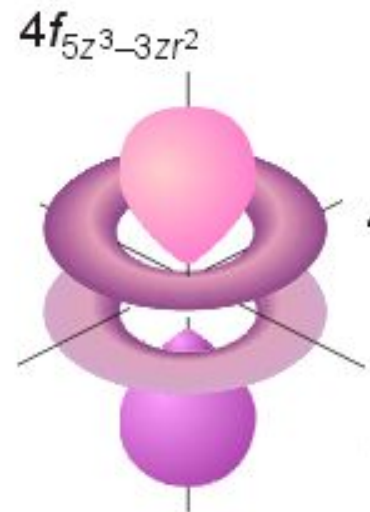
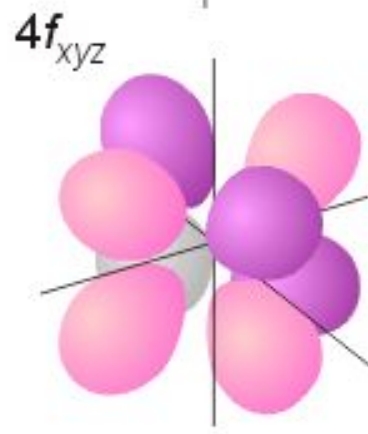
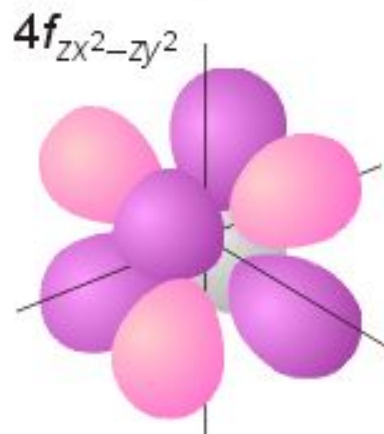
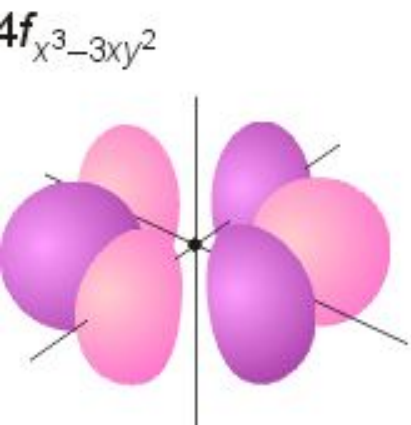
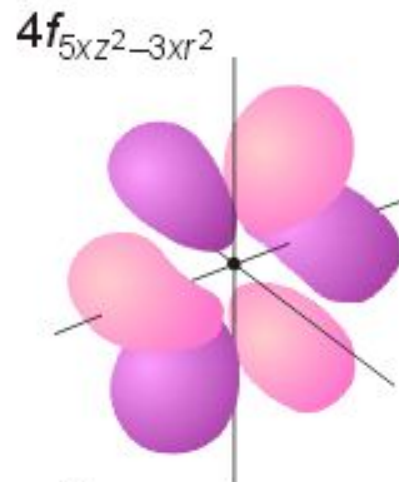
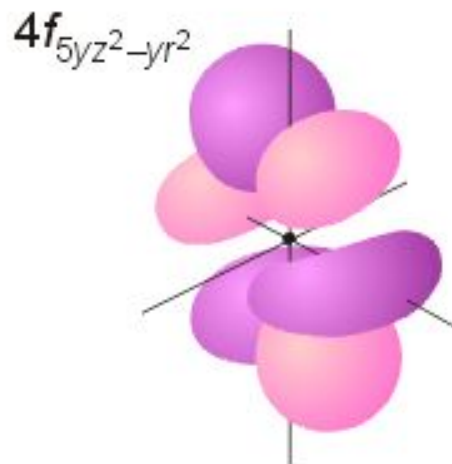
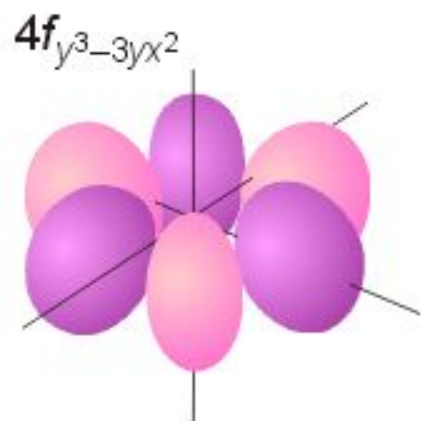
*s*-орбиталь



*p*-орбиталь



*d*-орбиталь



Электронные облака семи f-орбиталей.

Форма	№ уровня	Количество орбиталей	Количество электронов
<b>s</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>p</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>d</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>f</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>14</b>

$$n = 2N^2$$

где,

**n** – максимальное количество электронов на энергетическом уровне;  
**N** – номер энергетического уровня.

**Валерий Яковлевич  
Брюсов (1873 —  
1924) — русский поэт**



***Портрет работы Михаила  
Врубеля***



# **В. Брюсов «Мир электрона»**

- Быть может, эти электроны –**
- Миры, где пять материков,**
- Искусства, званья, войны, троны**
- И память сорока веков.**
- Ещё быть может каждый атом –**
- Вселенная, где сто планет;**
- Там всё, что здесь в объёме**  
**сжатом,**
- Но также то, чего здесь нет.**