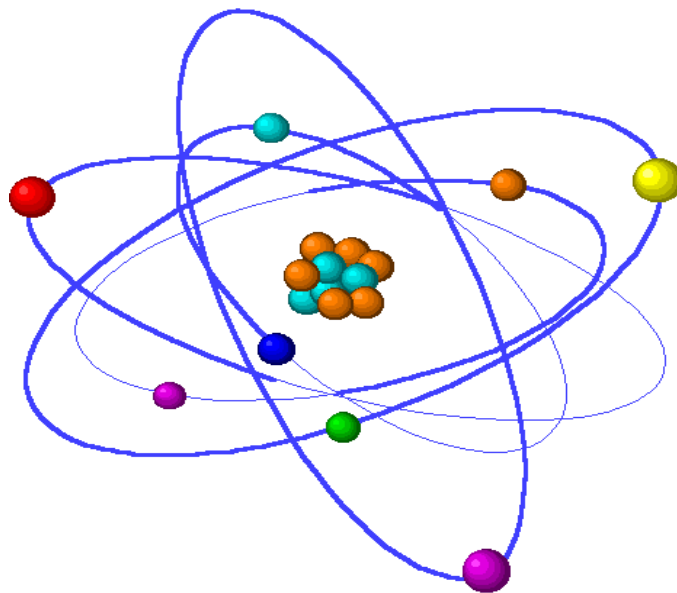


# Строение электронных оболочек химических элементов



# «Корпускулярно-волновой дуализм»

$\bar{e}$  1. Частица  
масса  $\approx 0$   
заряд -1

$e^-$  2. Волна  
длина волны  
дифракция  
интерференция

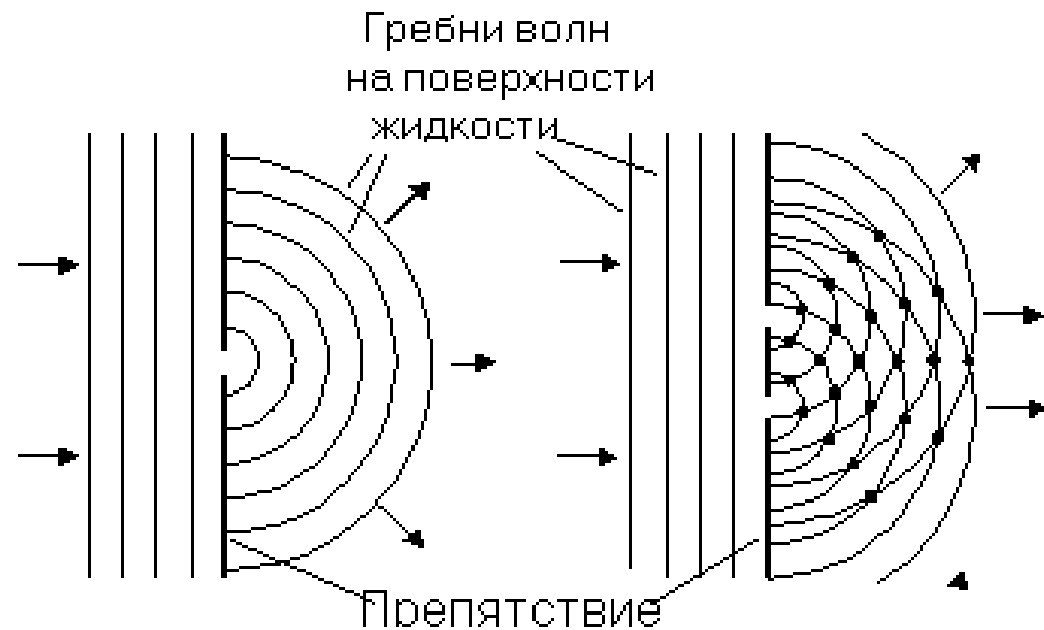
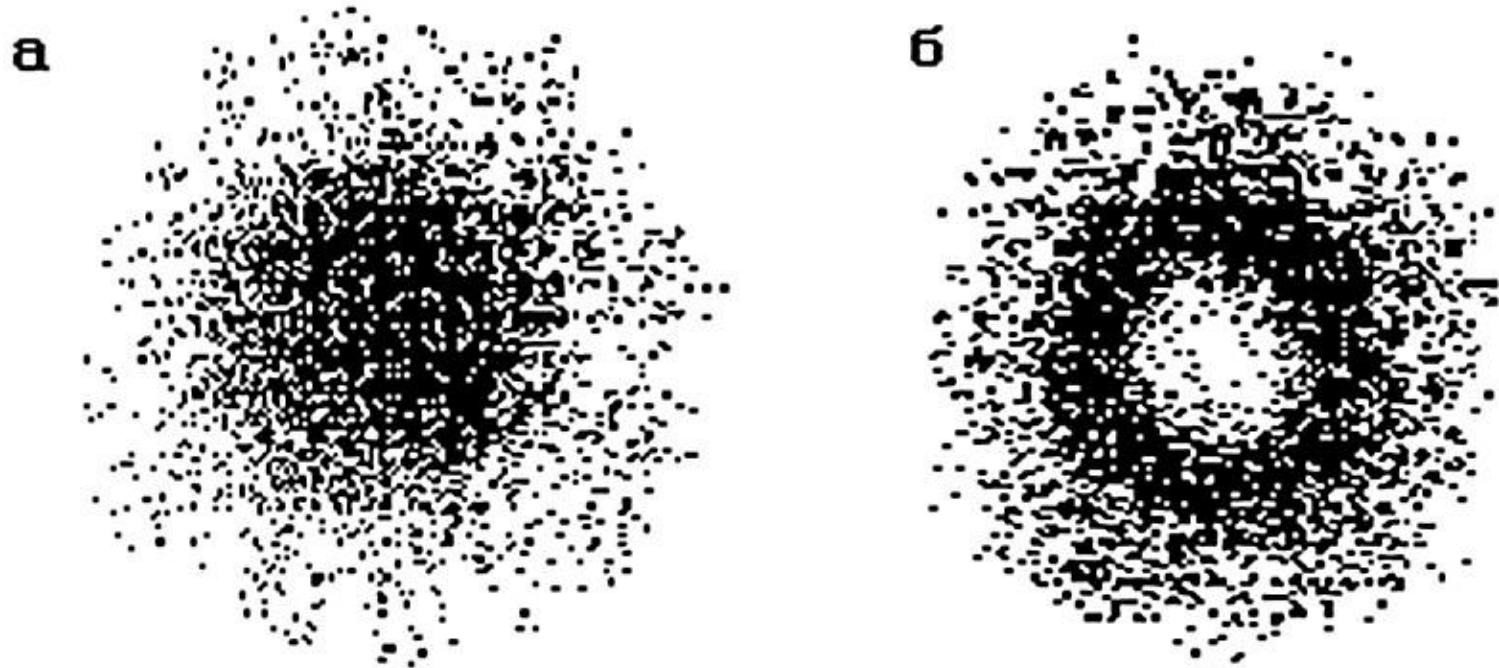


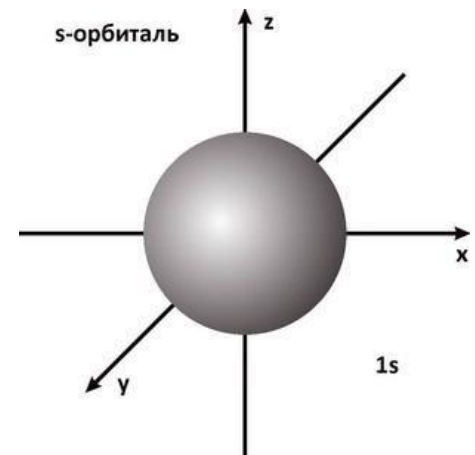
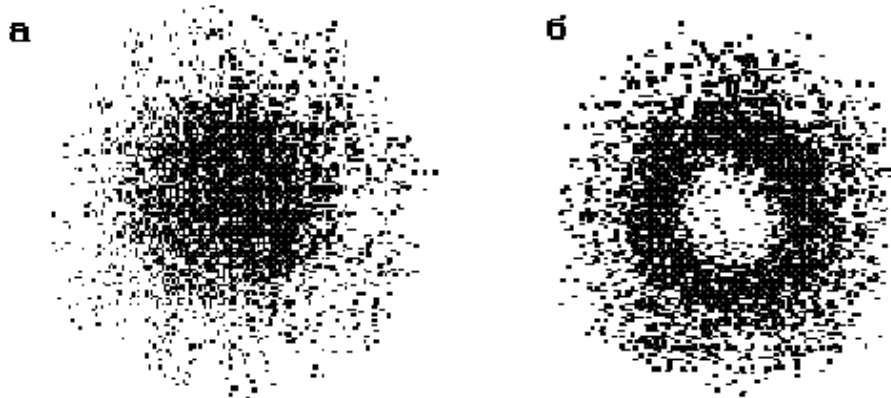
Рис 6.2. Схема дифракции и интерференции волн: а- дифракция; б- интерференция. Направления движения волн показаны стрелками

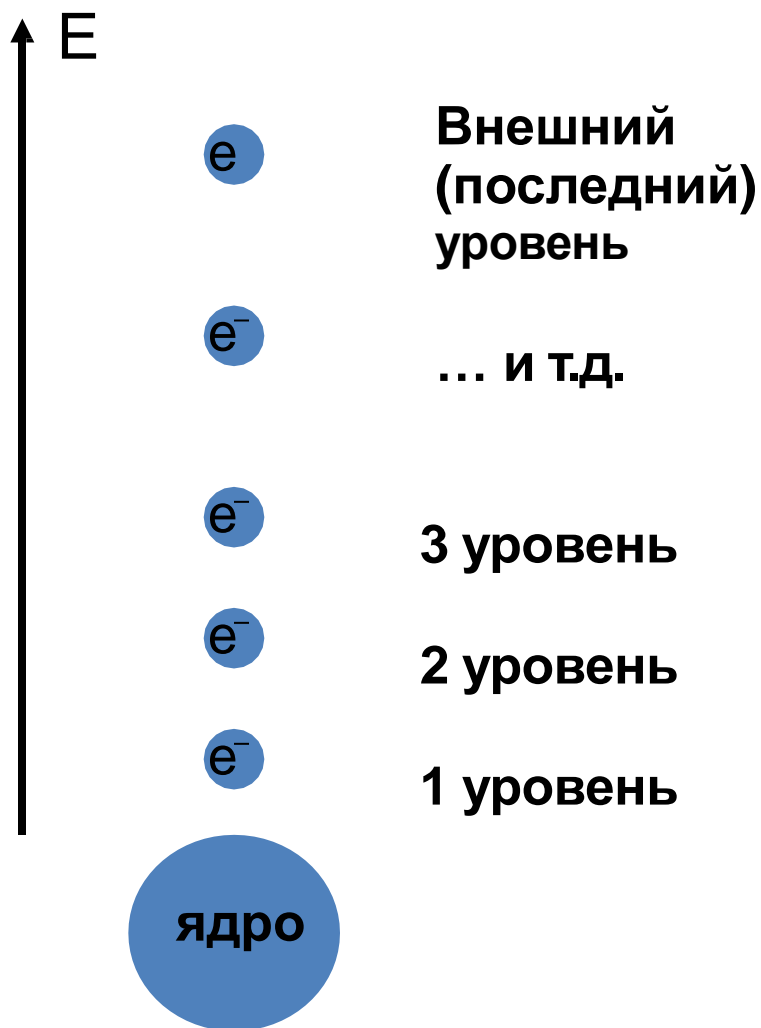
# Вероятность нахождения электрона в атоме



Электронное облако как набор  
моментальных "фотографий" электрона:  
а - вид со стороны; б - вид в сечении

- **Электронное облако** – пространство вокруг ядра атома, в которой наиболее вероятно нахождение электрона.
- **Атомная орбиталь (АО)** – пространство вокруг ядра атома, в котором вероятность пребывания электрона наибольшая (свыше 90%).





Электроны в атоме различаются своей энергией ( $E$ ).

Чем выше энергия электрона, тем дальше он удален от ядра.

**Энергетический уровень (электронный слой) – образуют электроны с близкими значениями энергии.**

**Число энергетических уровней (электронных слоев) у атомов элементов = номеру периода в котором они находятся.**

Период	Группа
	IV
3	14
	<b>Si</b> 28,0855 кремний

В атоме кремния три электронных слоя.



# Максимальное количество электронов на уровне

Наибольшее число электронов ( $N$ ), которое может находиться на уровне, определяется

по формуле:  **$N = 2n^2$**

где  $n$  – номер уровня

$n = 1$ ,  $N = 2 \cdot 1^2 = 2$ , значит на первом уровне не может быть больше  **$2 \bar{e}$**  !

$n = 2$ ,  $N = 2 \cdot 2^2 = 8$  на втором не может быть больше  **$8 \bar{e}$**  !

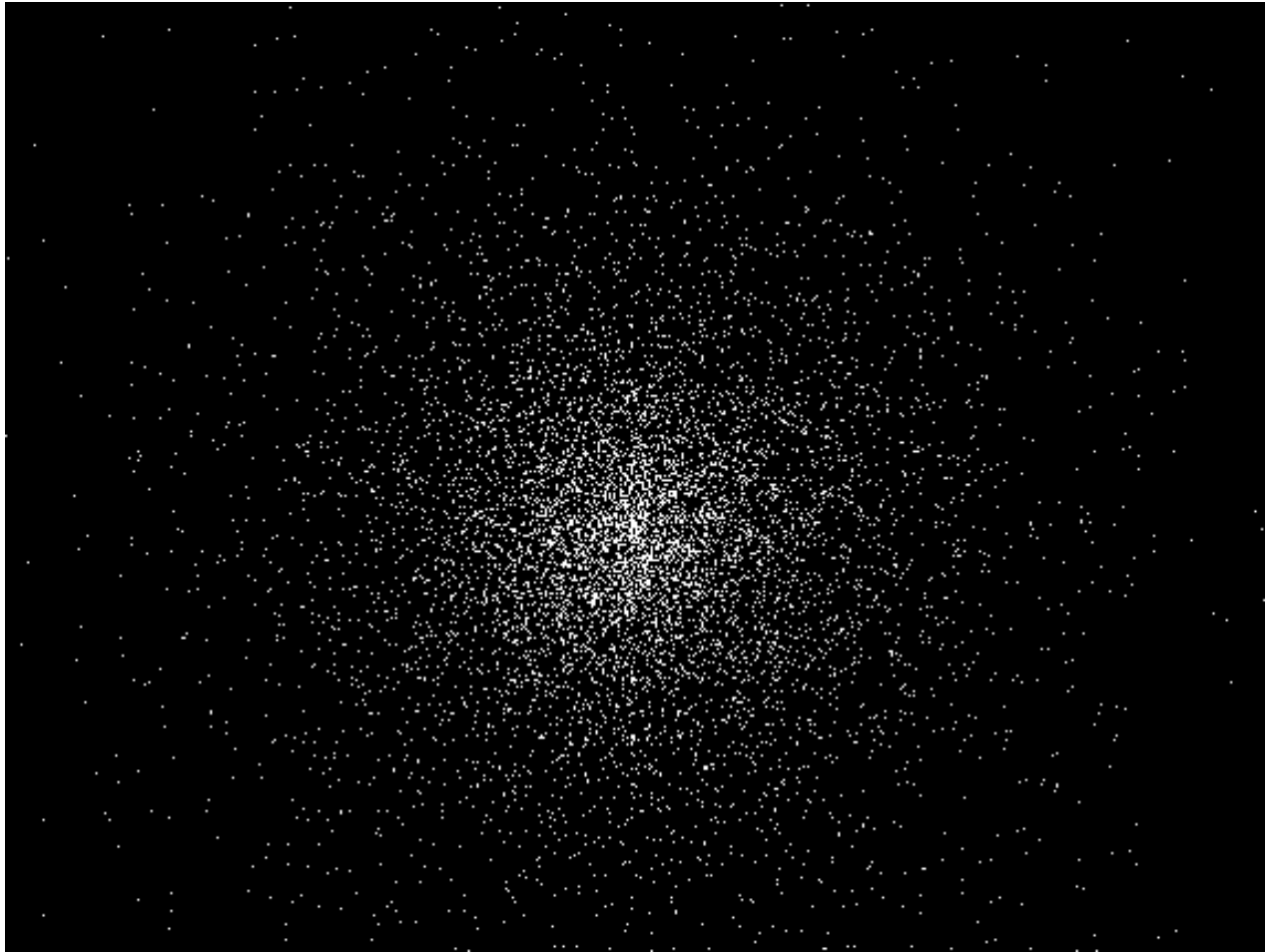
$n = 3$ ,  $N = 2 \cdot 3^2 = 18$  на третьем не может быть больше  **$18 \bar{e}$**  !

# Уровни делятся на подуровни



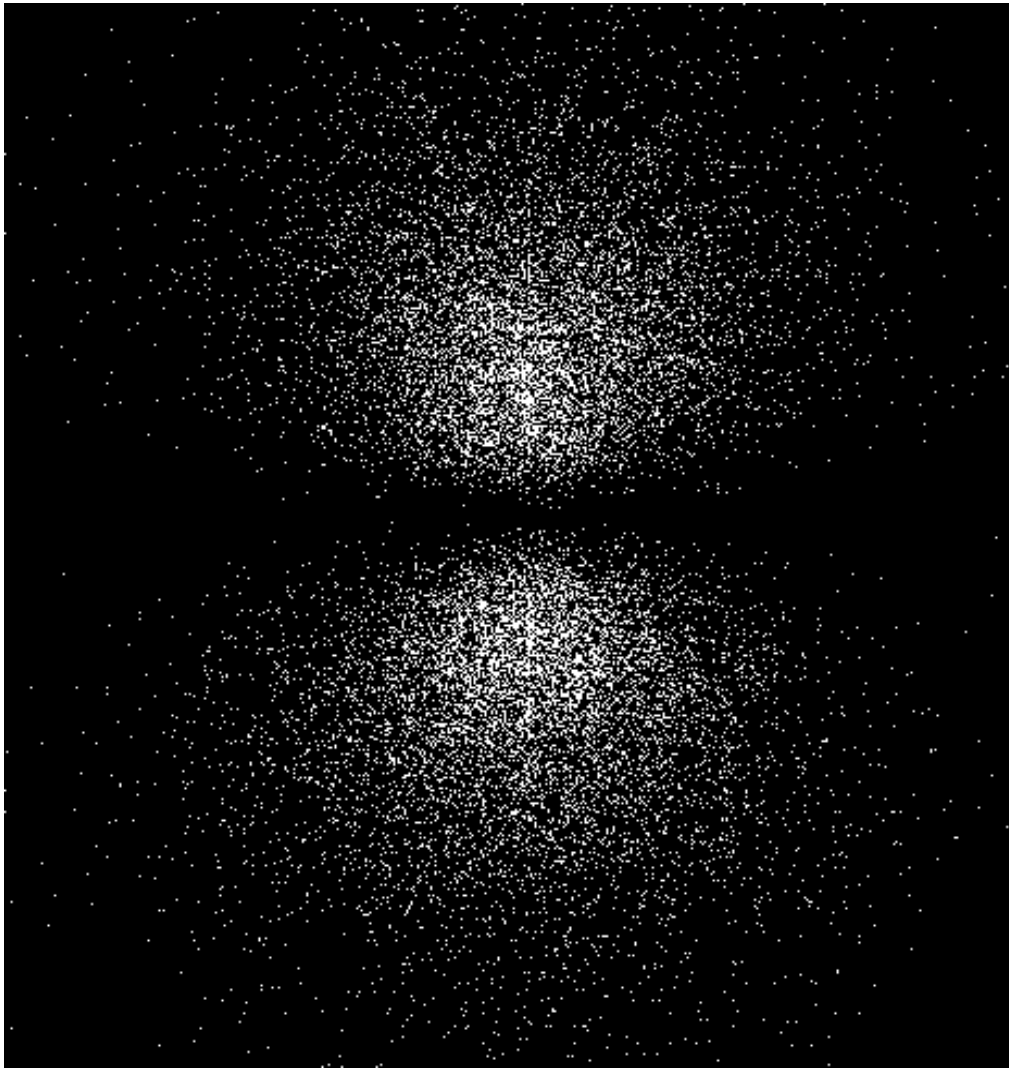


# Электронные облака



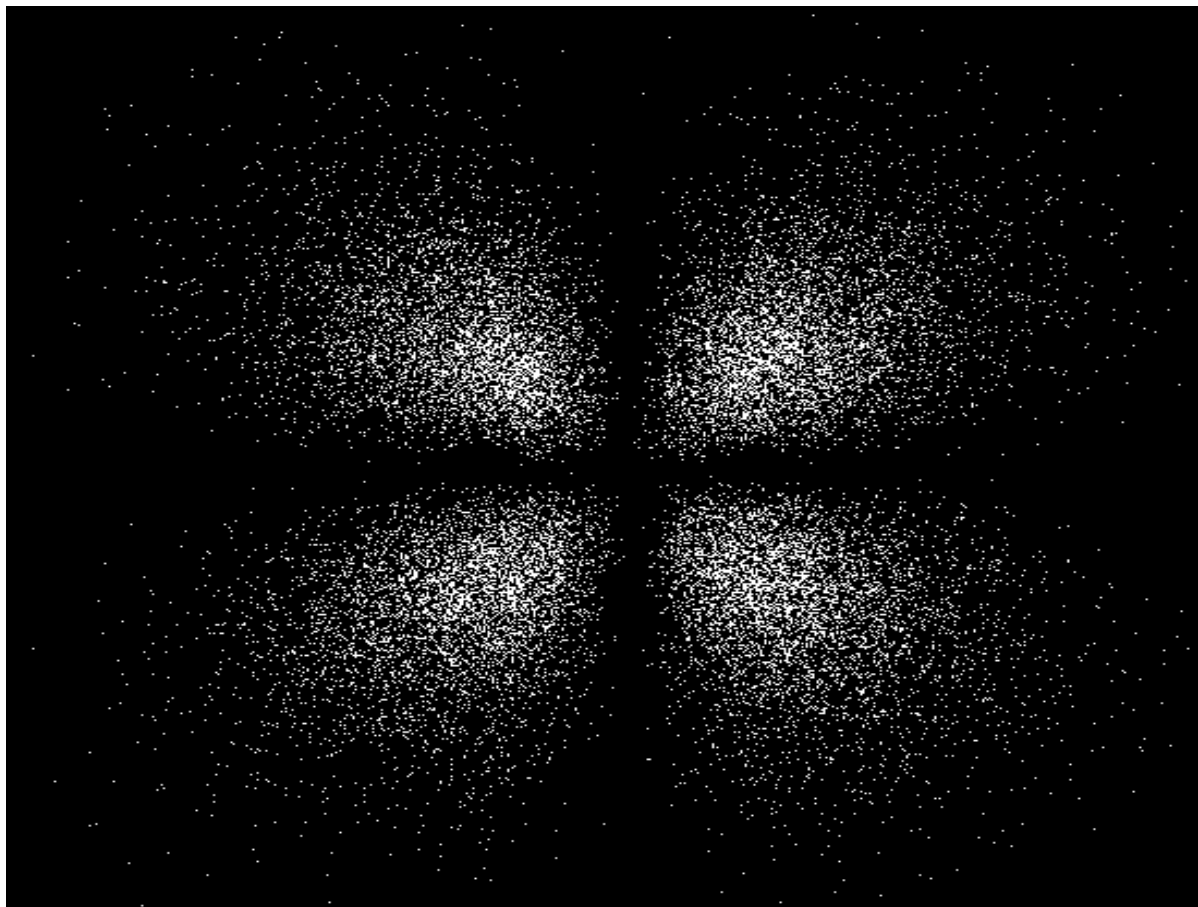
**$s$  – электронное облако**

# Электронные облака



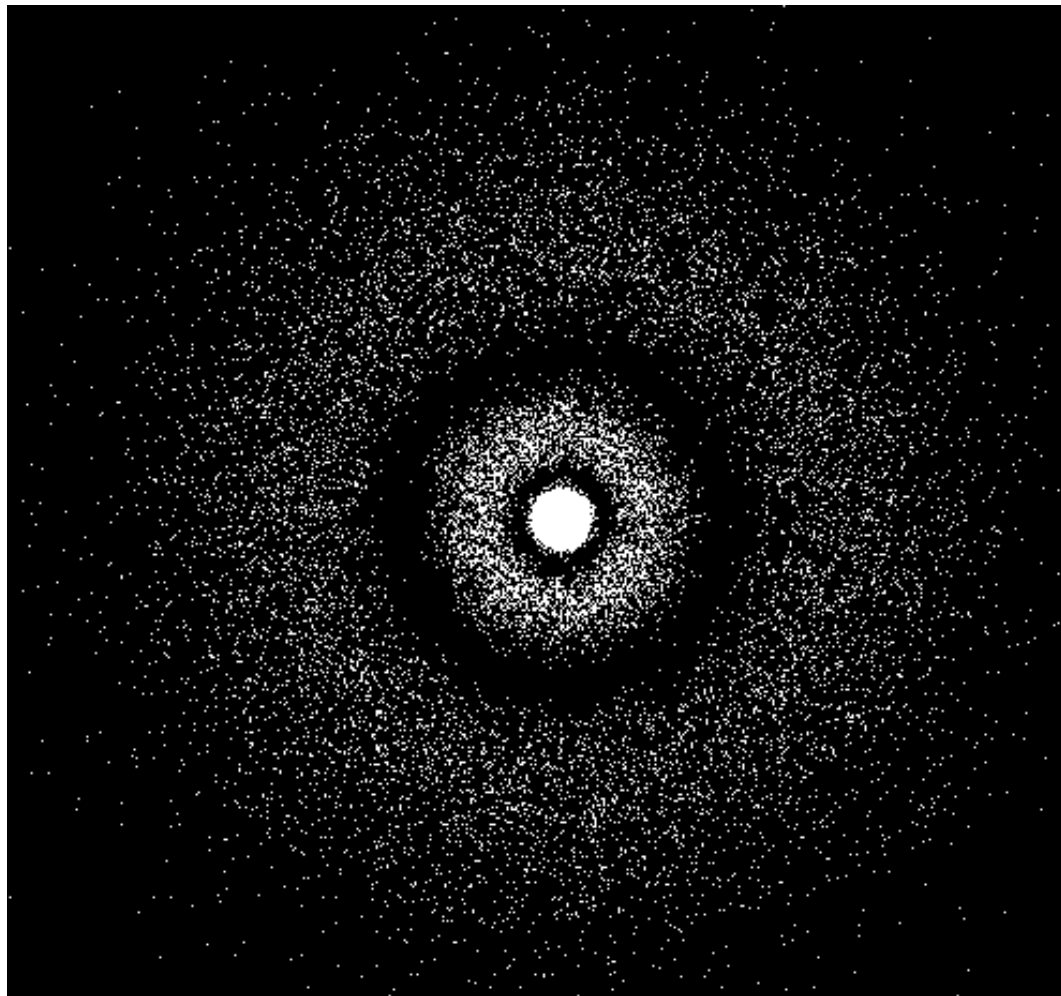
*p* –  
электронное  
облако

# Электронные облака

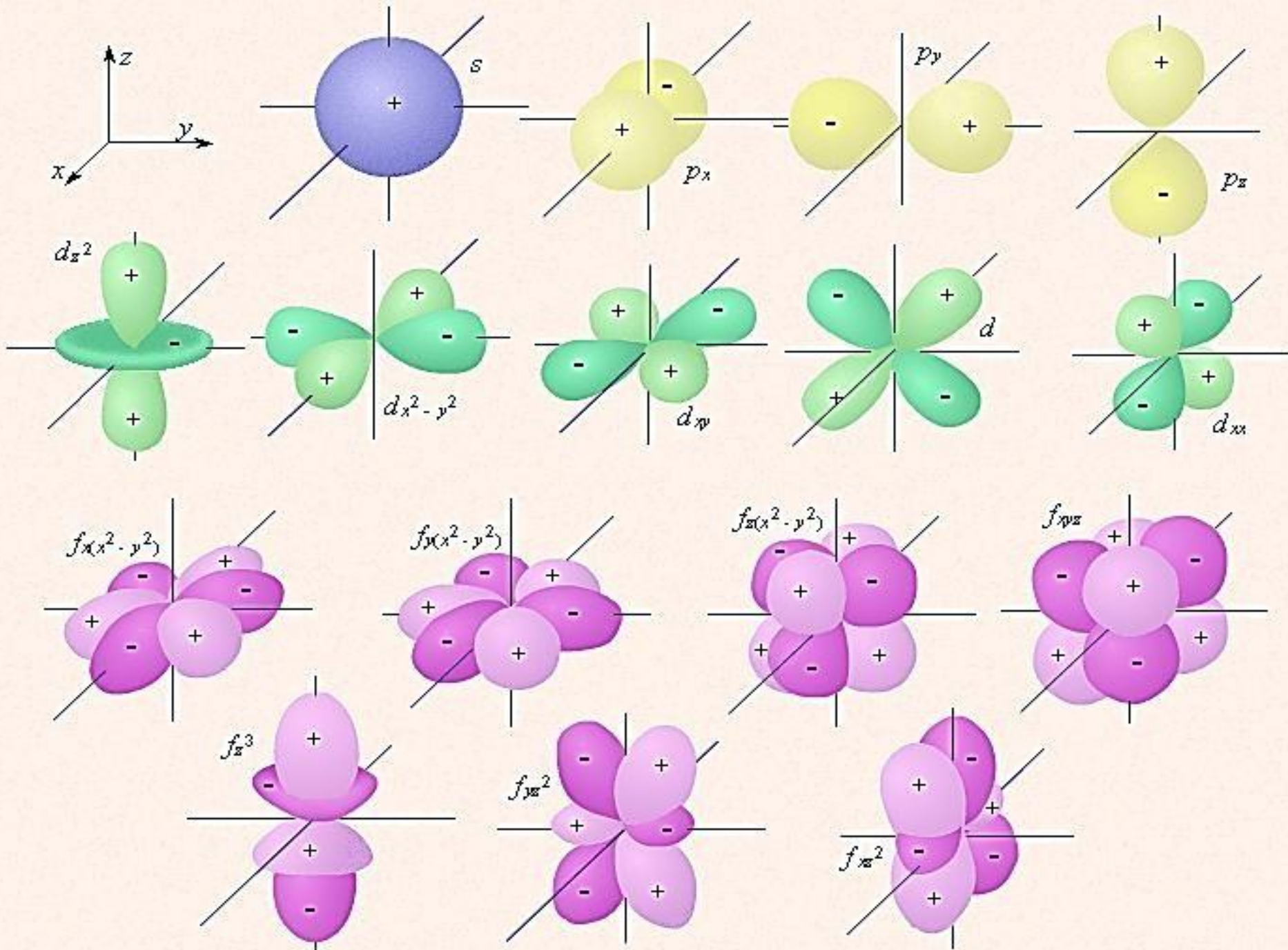


*d* – электронное облако

# Электронные облака



**$1s^2 2s^1$  -  
электронные  
облака**



Энер. уровень	Под- уровень	Форма электронного облака	Число АО	Максимальное число электронов на подуровне
1	1S	Сфера, шар		2e
2	2S	Сфера, шар		2e
	2p	Правильная восьмерка		6e
3	3S	Сфера, шар		2e
	3p	Правильная восьмерка		6e
	3d	Сложная		10e
4	4S	Сфера, шар		2e
	4p	Правильная восьмерка		6e
	4d	Сложная		10e
	4f	Сложная		14e



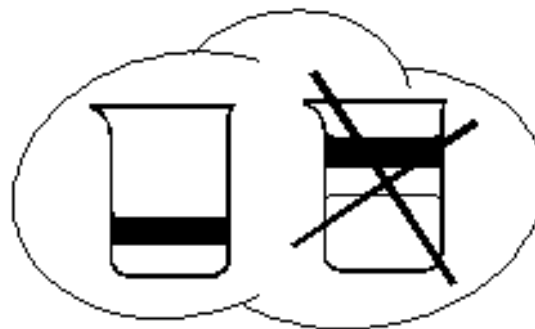
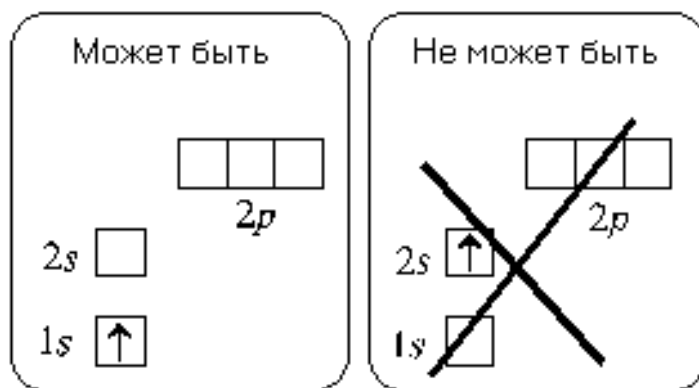
# Правила заполнения электронами АО

Подобно любой системе, атомы стремятся к минимуму энергии. Это достигается при определенном распределении электронов по орбиталям, которое подчиняется определенным закономерностям.

# 1. Принцип наименьшей энергии.

В первую очередь электроны заполняют АО с наименьшей энергией. Электроны в атоме сначала заполняют энергетические уровни, которые располагаются ближе к ядру, т.к. их орбитали обладают меньшим запасом энергии.

$$\underline{1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 5d \approx 4f < 6p < 7s}$$



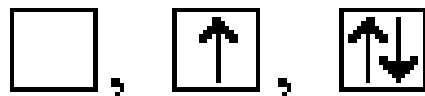
**Аналогия из макромира:** электроны, заполняя орбитали, ведут себя подобно воде, заполняющей стакан. Вода всегда заполняет стакан снизу вверх и никогда – наоборот.



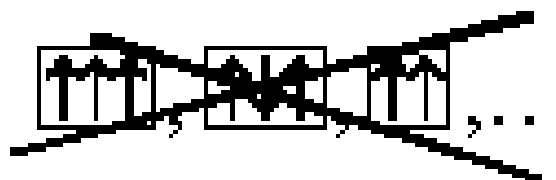
**2. Принцип Паули или принцип запрета Паули (1925г).** На одной АО может находиться не более 2 электронов, имеющих противоположные значения спинов (с антипараллельными спинами).

Орбиталь без электронов называют **свободной орбиталью**, орбиталь с одним электроном – **орбиталью с неспаренным электроном**, орбиталь с двумя электронами – **заполненной орбиталью**.

Может быть:



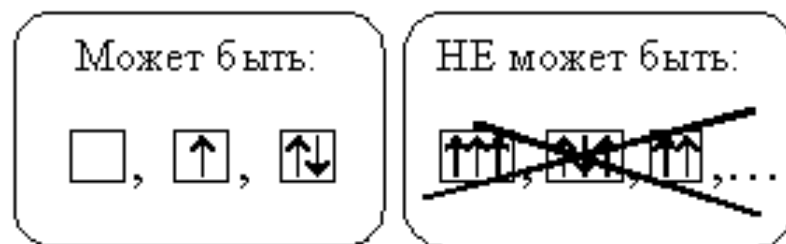
НЕ может быть:



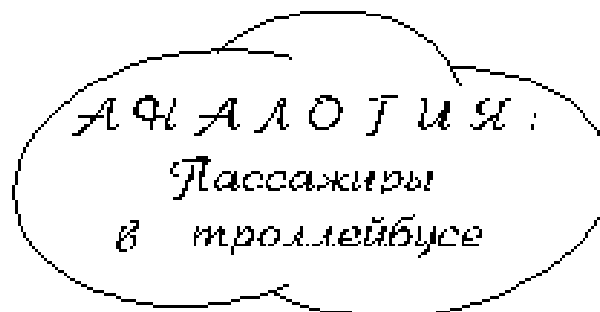
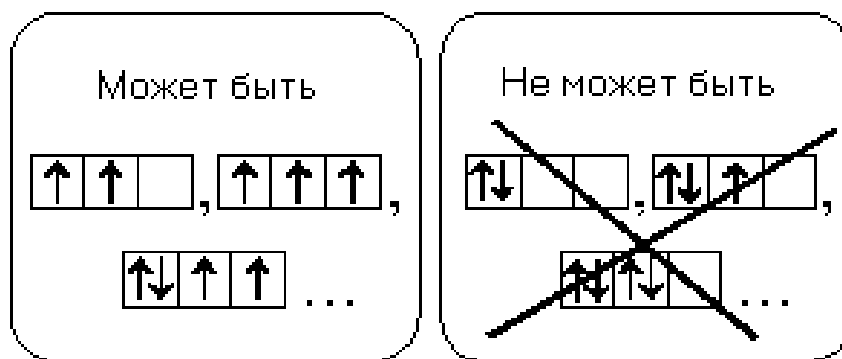
**2. Принцип Паули или принцип запрета Паули (1925г).** В атоме не может быть двух электронов с одинаковым значением всех четырех квантовых чисел.

Т.о. на одной АО может находиться не более 2 электронов, имеющих противоположные значения спинов (с антипараллельными спинами).

Орбиталь без электронов называют **свободной орбиталью**, орбиталь с одним электроном – **орбиталью с неспаренным электроном**, орбиталь с двумя электронами – **заполненной орбиталью**.



**3. Правило Хунда (Гунда) (1927г).** Т.о. электроны сначала заполняют орбитали по одному, а затем спариваются.



**Аналогия правила Хунда:** на конечной остановке незнакомые пассажиры, входя в троллейбус, обычно садятся сначала по одному на каждое сидение и только потом — по два.

# Алгоритм составления электронной конфигурации атомов

- Химический знак
- Заряд ядра = порядковому номеру элемента
- Число энергетических уровней = № периода
- Определение числа электронов на уровнях: на 1 – max  $2e$ ; на 2 – max –  $8e$ ; на 3 – max  $18e$ .
- Число  $e$  = заряду ядра = порядковому номеру элемента
- Число  $e$  на последнем уровне у элементов главных подгрупп = № группы
- У элементов побочных подгрупп заполняется внешний уровень (2 электрона на s-подуровень), затем предвнешний уровень d-подуровень.
- Составление электронной формулы и электронно-графической формулы.

# **«Провал» электронов**

Наиболее устойчивыми являются  
пустые, полные и заполненные  
наполовину подуровни.

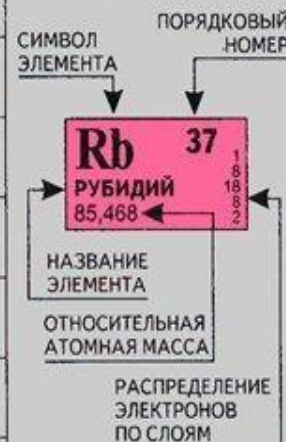
**Cu ( $4s^1$ ), Ag ( $5s^1$ ), Au ( $6s^1$ ), Nb ( $5s^1$ ),  
Mo ( $5s^1$ ), Ru ( $5s^1$ ), Rh ( $5s^1$ ), Pd ( $5s^0$ ),  
Pt ( $6s^1$ ), Cr ( $4s^1$ )**

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907



Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетический уровень	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	б			а
1	1	<b>H</b> водород 1,008																	<b>He</b> гелий 4,003
2	2	<b>Li</b> литий 6,941	<b>Be</b> бериллий 9,0122	<b>B</b> бор 10,811	<b>C</b> углерод 12,011	<b>N</b> азот 14,007	<b>O</b> кислород 15,999	<b>F</b> фтор 18,998											<b>Ne</b> неон 20,179
3	3	<b>Na</b> натрий 22,99	<b>Mg</b> магний 24,312	<b>Al</b> алюминий 26,982	<b>Si</b> кремний 28,086	<b>P</b> фосфор 30,974	<b>S</b> сера 32,064	<b>Cl</b> хлор 35,453											<b>Ar</b> аргон 39,948
4	4	<b>K</b> калий 39,102	<b>Ca</b> кальций 40,08	<b>Sc</b> скандий 44,956		<b>Ti</b> титан 47,956	<b>V</b> ванадий 50,941	<b>Cr</b> хром 51,996	<b>Mn</b> марганец 54,938	<b>Fe</b> железо 55,849	<b>Co</b> кобальт 58,933	<b>Ni</b> никель 58,7							
	5	<b>Cu</b> медь 63,546	<b>Zn</b> цинк 65,37	<b>Ga</b> галлий 69,72	<b>Ge</b> германий 72,59	<b>As</b> мышьяк 74,922	<b>Se</b> селен 78,96	<b>Br</b> бром 79,904											<b>Kr</b> криптон 83,8
5	6	<b>Rb</b> рубидий 85,468	<b>Sr</b> стронций 87,62	<b>Y</b> иттрий 88,906		<b>Zr</b> цирконий 91,22	<b>Nb</b> ниобий 92,906	<b>Mo</b> молибден 95,94	<b>Tc</b> технеций [99]	<b>Ru</b> рутений 101,07	<b>Rh</b> родий 102,906	<b>Pd</b> палладий 106,4							
	7	<b>Ag</b> серебро 107,868	<b>Cd</b> кадмий 112,41	<b>In</b> индий 114,82	<b>Sn</b> олово 118,69	<b>Sb</b> сурьма 121,75	<b>Te</b> теллур 127,6	<b>I</b> йод 126,905											<b>Xe</b> ксенон 131,3
6	8	<b>Cs</b> цезий 132,905	<b>Ba</b> барий 137,34	<b>La</b> лантаноиды		<b>Hf</b> гафний 178,49	<b>Ta</b> тантал 180,948	<b>W</b> вольфрам 183,85	<b>Re</b> рений 186,207	<b>Os</b> осмий 190,2	<b>Ir</b> иридий 192,22	<b>Pt</b> платина 195,09							
	9	<b>Au</b> золото 196,967	<b>Hg</b> ртуть 200,59	<b>Tl</b> таллий 204,37	<b>Pb</b> свинец 207,19	<b>Bi</b> висмут 208,98	<b>Po</b> полоний [210]	<b>At</b> астат [210]											<b>Rn</b> радон [222]
7	10	<b>Fr</b> франций [223]	<b>Ra</b> радий [226]	<b>Ac</b> актиноиды		<b>Rf</b> резерфордий [261]	<b>Db</b> дубний [262]	<b>Sg</b> сигборгий [263]	<b>Bh</b> борий [264]	<b>Hn</b> ханний [265]	<b>Mt</b> мейтнерий [266]	<b>110</b>							
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		<b>R<sub>2</sub>O</b>		<b>RO</b>		<b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		<b>RO<sub>2</sub></b>		<b>R<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		<b>RO<sub>3</sub></b>		<b>R<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>		<b>RO<sub>4</sub></b>			
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ						<b>RH<sub>4</sub></b>		<b>RH<sub>3</sub></b>		<b>H<sub>2</sub>R</b>		<b>HR</b>							

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 <b>La</b> лантан 138,906	58 <b>Ce</b> церий 140,12	59 <b>Pr</b> празеодим 140,908	60 <b>Nd</b> неодим 144,24	61 <b>Pm</b> прометий [145]	62 <b>Sm</b> самарий 150,4	63 <b>Eu</b> европий 151,96	64 <b>Gd</b> гадолиний 157,25	65 <b>Tb</b> тербий 158,926	66 <b>Dy</b> диспрозий 162,5	67 <b>Ho</b> гольмий 164,93	68 <b>Er</b> эрбий 167,26	69 <b>Tm</b> тулий 168,934	70 <b>Yb</b> иттербий 173,04	71 <b>Lu</b> лютеций 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

89 <b>Ac</b> актиний [227]	90 <b>Th</b> торий 232,038	91 <b>Pa</b> протактиний [231]	92 <b>U</b> уран 238,29	93 <b>Np</b> нептуний [237]	94 <b>Pu</b> плутоний [244]	95 <b>Am</b> амерций [243]	96 <b>Cm</b> курий [247]	97 <b>Bk</b> берклий [247]	98 <b>Cf</b> калifornий [251]	99 <b>Es</b> эйнштейний [254]	100 <b>Fm</b> фермий [257]	101 <b>Md</b> менделевий [258]	102 <b>No</b> нобелий [259]	103 <b>Lr</b> лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------





**s- элементы:** Элементы IA, IIA-групп, H, He.

Валентные электроны заполняют s-подуровень последнего энергетического уровня.

**p- элементы:** Элементы IIIA - VIIIA-групп.

Валентные электроны заполняют s, p - подуровни последнего энергетического уровня.

**d- элементы:** Элементы побочных подгрупп.

Валентные электроны заполняют s-подуровень последнего энергетического уровня (2e, реже 1e), и d-подуровень предпоследнего уровня.

**f- элементы:** Лантаноиды и актиноиды.

Валентные электроны заполняют s-подуровень последнего энергетического уровня (2e, реже 1e), и f-подуровень предпредпоследнего уровня.

# Домашнее задание:

## §1 стр.6-9 упр. 8

