

# Тема 3. Периодический закон и система элементов Д.И. Менделеева

## 3.1. Закон Д.И.Менделеева

1 H	IIa																2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb				IIb	IIb	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
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	
55 Cs	56 Ba	57 La	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	
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub	113 Uut						
				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	
				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	

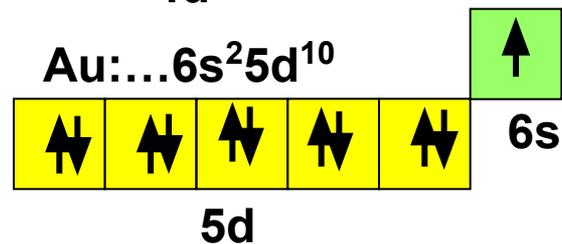
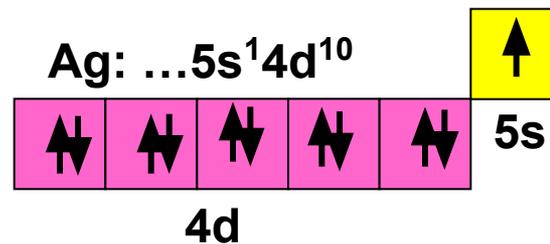
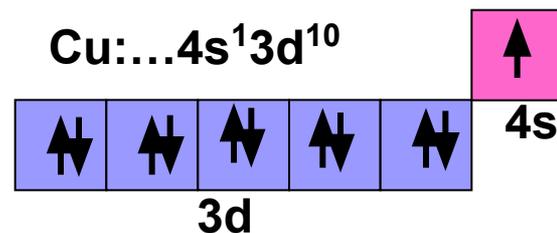
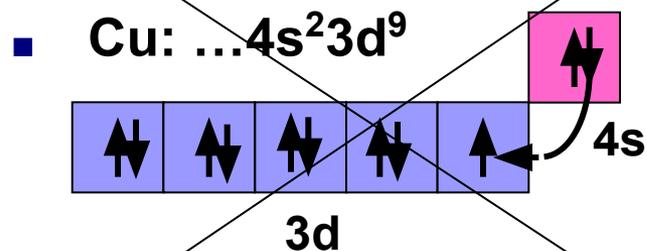
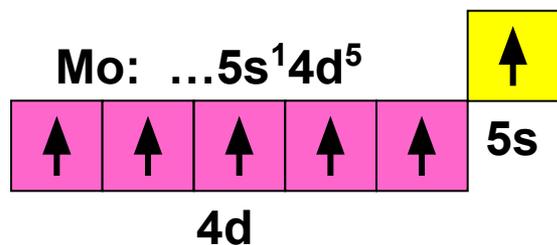
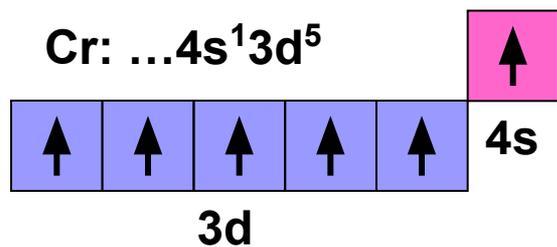
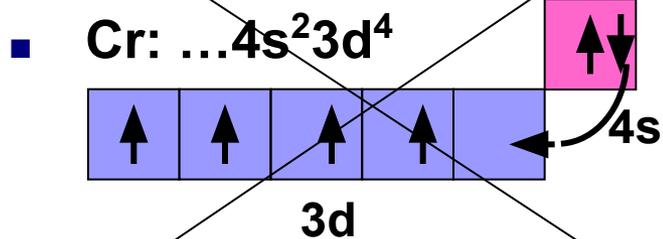
- Li ...2s<sup>1</sup>
- Be...2s<sup>2</sup>
- B...2s<sup>2</sup>2p<sup>1</sup>
- .....
- F...2s<sup>2</sup>2p<sup>5</sup>
- Ne...2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>
- Na ...3s<sup>1</sup>
- Mg ...3s<sup>2</sup>
- Al ...3s<sup>2</sup>3p<sup>1</sup>
- .....
- Cl...3s<sup>2</sup> 3p<sup>5</sup>
- Ar ...3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>

- K ...4s<sup>1</sup>
- Ca ...4s<sup>2</sup>
- Sc...4s<sup>2</sup>3d<sup>1</sup>
- Ti...4s<sup>2</sup>3d<sup>2</sup>
- .....
- Kr ...4s<sup>2</sup>3d<sup>10</sup>4p<sup>6</sup>
- Rb ...5s<sup>1</sup>
- Sr ...5s<sup>2</sup>
- Y....5s<sup>2</sup> 4d<sup>1</sup>
- Ti...5s<sup>2</sup> 4d<sup>2</sup>
- .....
- Xe ...5s<sup>2</sup> 4d<sup>10</sup> 5p<sup>6</sup>

Во всех малых периодах после заполнения **ns**-подуровня заполняется **np**-подуровень (**ns** → **np**).

Во всех больших периодах после заполнения **ns**-подуровня заполняется **(n-1)d**-подуровень, а после него – **np**-подуровень (**ns** → **(n-1)d** → **np**).

## Исключения (провал электронов)



# $La \dots 6s^2 5d^1$

- $Ce \dots 6s^2 5d^1 4f^1$
  - $Pr \dots 6s^2 5d^1 4f^2$
  - $Nd \dots 6s^2 5d^1 4f^3$
  - .....
  - $Lu \dots 6s^2 5d^1 4f^{14}$
  - $Hf \dots 6s^2 5d^2 (4f^{14})$
- В 6-ом и 7-ом периодах после формирования  $(n-1)d^1$  конфигурации заполняется  $(n-2)f$ -подуровень. После его укомплектования завершается комплектация  $(n-1)d$ -подуровня, и только потом заполняется  $np$ -подуровень

# Периодический закон (Д.И. Менделеев, 1869)

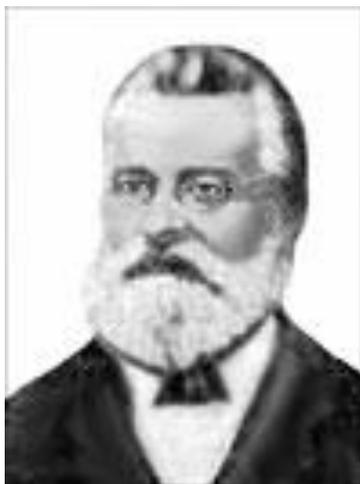
- Химические свойства простых веществ, а также свойства и формы соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов элементов



1780-1849

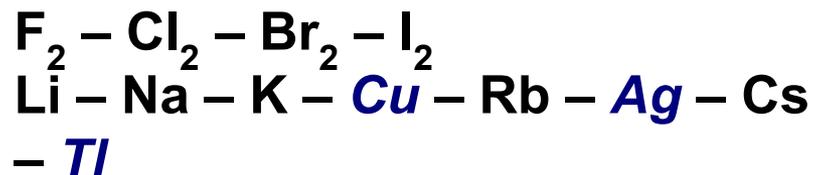
### Триады Деберейнера (1811-1829)

- $F_2 - Cl_2 - I_2$
- Ca – Sr – Ba
- S – Se – Te
- Не удалось объединить в триады все известные (56) элементы.



1838-1898

### Октавы Ньюлендса (1864)



В один ряд со сходными элементами попали и элементы, не имеющие с ними ничего общего.

# Д.И. Менделеев (1834-1907)



- Открыл периодический закон
- Предсказал открытие и свойства ряда элементов, открытых позднее (галлий, скандий, германий и др.)
- Разработал химическую теорию растворов
- Заложил теоретические основы нефтехимии
- Разработал процесс получения жидкого топлива из угля
- Открыл общее уравнение состояния газов

## 3.2 Структура таблицы Д.И.Менделеева

Таблица Д.И.Менделеева представляет собой графическое отражение периодического закона

7 периодов:  
3 малых и 4 больших

8 групп (в основных подгруппах s- и p-элементы, в побочных – d-элементы)

2 графы с f-элементами

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

## **3.2. Химические свойства элементов и их положение в таблице Д.И.Менделеева**

- Наиболее устойчивой является конфигурация инертного газа, то есть такая, при которой на внешнем электронном уровне имеется 8 электронов (электронный октет). Стремясь к такой конфигурации, атомы либо «отдают лишние» электроны (проявляют восстановительные свойства), либо «принимают недостающие» (проявляют окислительные свойства).
- Химические свойства элементов определяются их способностью «отдавать» или «принимать» электроны при вступлении в химическую реакцию.

# Природа и свойства простых веществ и соединений элементов

Элементы  
Простые вещества

Металлы  
(всегда  
восстановители)

Металлоиды  
(всегда  
восстановители)

Неметаллы  
(окислители, но  
могут и  
восстанавливать)

Инертные  
газы  
(не проявляют  
окислительно-  
восстановительных  
свойств)

Основные  
оксиды и  
гидроксиды

Амфотерные  
оксиды и  
гидроксиды

Кислотные  
оксиды и  
гидроксиды

Не образуют  
ни оксидов, ни  
гидроксидов

**Восстановительные свойства атомов элементов, характерные для металлов, определяются энергией (потенциалом) ионизации.**

**Энергией (потенциалом) ионизации атома называется энергия, которую необходимо затратить для отрыва электрона от невозбужденного атома или иона, [Дж/моль].**

**Величина энергии ионизации определяется кулоновским взаимодействием между электроном и ядром:**

$$I = \frac{q_e q_z}{r}$$

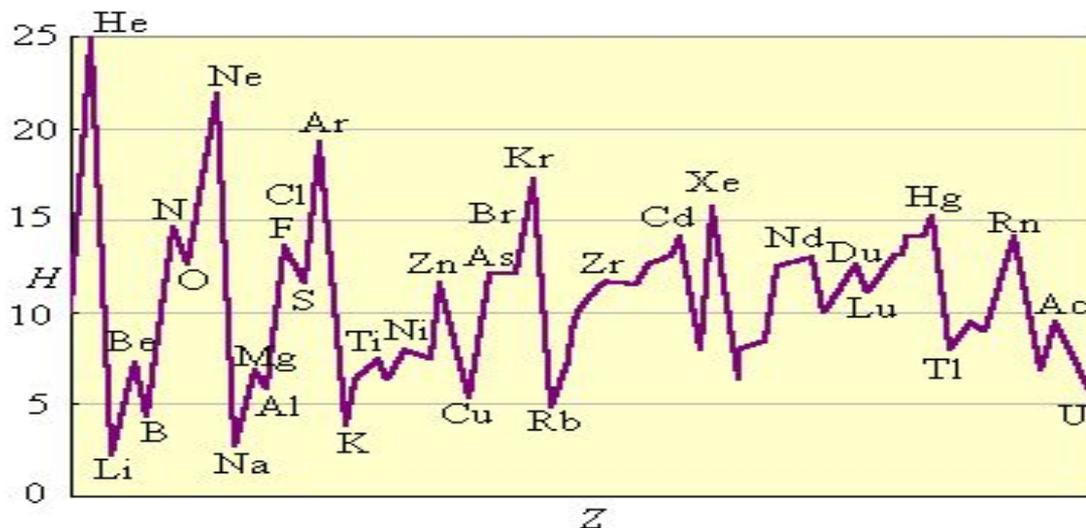
$q_e$  - электрона (не меняется)

$q_z$  - эффективный заряд ядра, то есть заряд ядра, нескомпенсированный внешними электронами.  $q_z$  определяется как сумма заряда ядра и заряда всех электронов, кроме электронов внешнего (заполняемого) уровня.

$r$  – радиус атома

## По мере увеличения заряда ядра

- - в пределах одного периода  $q_z$  увеличивается, а радиус атома практически не меняется → энергия ионизации увеличивается, достигая максимума у инертных газов;
- - в пределах одной группы  $q_z$  практически не изменяется, а радиус атома увеличивается → энергия ионизации падает.



- Соответственно периодически изменяются восстановительные, металлические, свойства атомов элементов. По мере увеличения порядкового номера элемента в пределах одного периода металлические свойства ослабевают, а в пределах одной группы усиливаются.

**Окислительные свойства атомов элементов, характерные для неметаллов, определяются энергией сродства к электрону.**

- **Энергия сродства к электрону** – это энергия, освобождающаяся при присоединении электрона к электронейтральному атому, [кДж/моль] .
- По мере увеличения заряда ядра
- - в пределах одного периода энергия сродства к электрону возрастает и соответственно возрастают окислительные свойства атомов элементов;
- в пределах одной группы энергия сродства к электрону уменьшается и соответственно убывают окислительные свойства.
  
- **Атом, присоединивший или потерявший электроны, превращается в ион. Строение внешних электронных слоев у ионов и атомов одного и того же элемента различны. Соответственно различны и химические свойства.**