

E-mail: [irkrav66@gmail.com](mailto:irkrav66@gmail.com)

# Химические вещества и материалы в индустрии красоты

Лекция 1. Периодический  
закон и периодическая система  
химических элементов

лектор:  
проф. Рохин Александр  
Валерьевич

# Структура курса

Тема-1

Тема-2

Тема-3

.....

Тема-10

Тесты и задания  
в системе Forlabs

Контрольные  
работа

Практика,  
семинары

Рабочая  
тетрадь

Экзамен  
(зачет)

Экзамен (зачет)



# Темы курса

- Тема 1 - Общая и неорганическая химия
- Тема 2 - Элементы периодической системы Д.И. Менделеева. Металлы и неметаллы
- Тема 3 - Основы органической химии.  
Теория строения органических соединений
- Тема 4 - Биохимия. Биологически активные вещества
- Тема 5 - Состав парфюмерных средств
- Тема 6 - Химические вещества и средства ухода за кожей



# Темы курса

- ~~Тема 7 – Состав средств декоративной косметики~~
- Тема 8 – Красители, состав средств ухода за волосами
- Тема 9 – Состав средств декоративной косметики
- Тема 9 – Химические вещества, состав вспомогательных веществ
- Практика, семинары – решение задач, контрольные работы, рабочая тетрадь

# Оценка по курсу

(самостоятельная работа)

(во время семестра)



После прохождения всего курса компьютер выведет среднюю оценку

# Фармацевтическая промышленность

---



# Искусственные волокна

---



# Пластмасы

---



# Синтетические каучуки

---



# Продукты оргсинтеза



Этиловый  
спирт



Красители



Взрывчатые  
вещества

В настоящее время известно более 1 750 000 органических веществ,  
неорганических веществ - около 50 000.

# Топливная промышленность



# Косметическая химия

- (от греч. κοσμητική - искусство украшать)
- наука о строении и свойствах веществ, используемых в косметических целях,
- наука о способах получения косметических средств и о их влиянии на кожу, волосы, ногти человека.

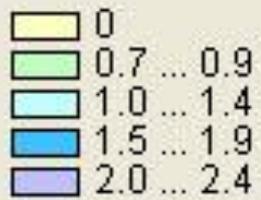
# Косметическая химия

- развивалась вместе с \_\_\_\_\_  
накоплением сведений о  
лекарствах и лекарственных  
растениях, вместе с развитием  
медицины, химии и физики.
- Прикладной задачей  
косметической химии является  
создание и производство  
косметических средств

# Периодическая таблица элементов

Электроотрицательность

Ia												VIIIa					IIa		
1	2											3	4	5	6	7	8	9	10
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					IB	IIb						
Na	Mg	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
19	20	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			



# Ряды Рихтера и триады Дёберейнера

---

- Немецкий химик И.В. Рихтер в 1793 г. расположил металлы, обладающие близкими свойствами (натрий и калий; магний, кальций, стронций и барий) в ряд по возрастанию их атомных масс.
- В 1817 году немецкий химик И.В. Дёберейнер обнаружил, триады сходных по свойствам элементов: кальций - стронций - барий, литий - натрий - калий; сера - селен - теллур и хлор - бром - иод.

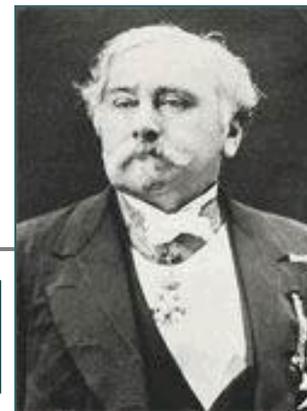
# Группы элементов Гесса

- В изданном в 1849 г. учебнике "Основания чистой химии", российский химик Г.И. Гесс рассмотрел группы элементов-неметаллов:  
углерод – бор – кремний; азот – фосфор – мышьяк; сера – селен – теллур и хлор – бром – иод.
- Считается, что именно Гесс впервые ввел в употребление понятие "группа элементов".

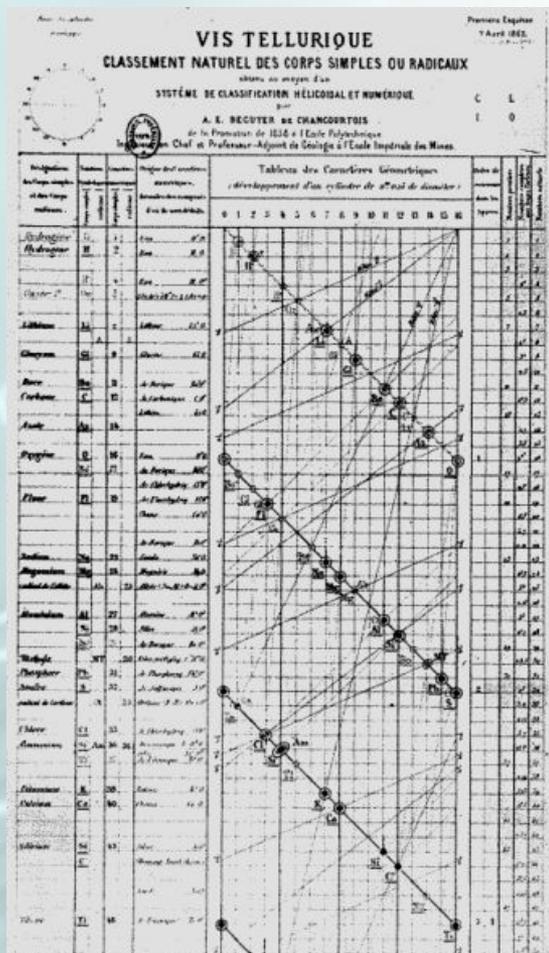


Герман Иванович  
ГЕСС (7.08.1802 -  
12.12.1850)

# Спираль Шанкуртуа или «теллурический винт»



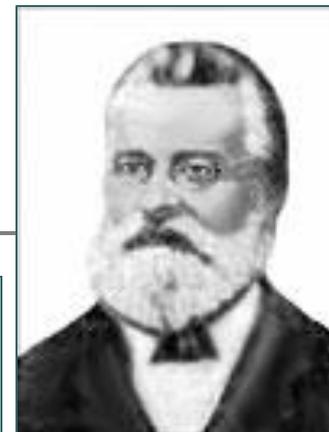
БЕГЬЕ ДЕ ШАНКУРТУА  
Александр-Эмиль (1819-1886)



В 1862 году французский ученый А. Бегье де Шанкуртуа сгруппировал элементы по спирали вокруг цилиндра в порядке возрастания атомных масс.

В спирали Шанкуртуа сходные по химическим свойствам элементы расположены на образующей цилиндра, на который наворачивается «спираль».

# Закон октав



Джон-Александр-Рейна НЬЮЛЕНДС  
(26.09.1837-29.07.1898)

В 1865 г. американский химик Дж. Ньюлендс предложил "закон октав".

В таблице Ньюлендса близкие по свойствам элементы повторялись через семь номеров.

Дж. Ньюлендс впервые употребил термин «порядковый номер элемента».

1. H	8. F	15. Cl	22. Co, Ni
2. <u>Li</u>	<u>9. Na</u>	<u>16. K</u>	<u>23. Rb, Cs</u>
3. Be	10. Mg	17. Ca	24. Zn
4. B	11. Al	18. Cr	25. Y
5. C	12. Si	19. Ti	26. In
6. N	13. P	20. Mn	27. As
7. O	14. S	21. Fe	28. Se

# Таблица Лотара Мейера



Лотар-Юлиус МЕЙЕР  
(19.08.1830 - 11.04.1895)

- В 1864 г. немецкий химик Л. Ю. Мейер в книге "Современные теории химии и их значения для химической статистики" опубликовал таблицу, где химические элементы были расположены в порядке увеличения их атомных масс.
- В эту таблицу Мейер поместил 27 элементов.

# Периодический закон и периодическая система химических элементов

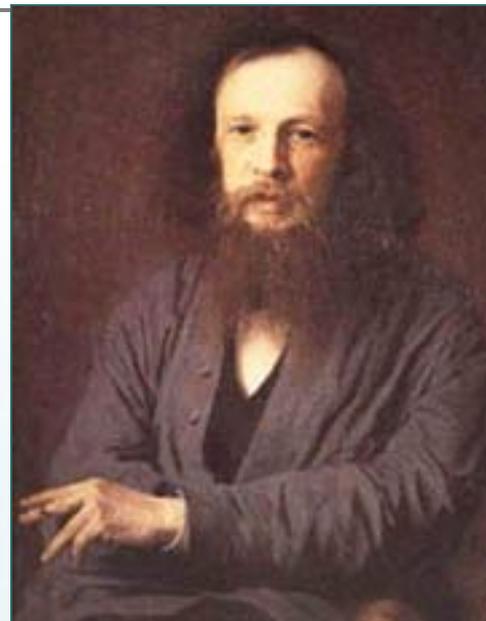
## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Tl=50	Zr=90	?=180	
		V=51	Nb=94	Ta=182	
		Cr=52	Mo=96	W=186.	
		Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4	
		Fe=56	Ru=104,4	Ir=198	
		Ni=Co=59	Pt=106,6	Os=199	
H=1		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200	
Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112		
B=11	Al=27,4	?=68	U=116	Au=197?	
C=12	Si=28	?=70	Sn=118		
N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?	
O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?		
F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127		
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207
		?=45	Ce=92		
		?Er=56	La=94		
		?Yt=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

Д. Менделѣевъ

Первая публикация Д. И. Менделеева о периодической системе химических элементов



Д.И. Менделеев, 1869г.  
Создание учебника  
«ОСНОВЫ ХИМИИ»

# Периодический закон

- «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов».



**МЕНДЕЛЕЕВ**  
Дмитрий Иванович  
(8.02.1834 - 2.02.1907)

# Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева (1873 г.)

Группы I	Группы II	Группы III	Группы IV	Группы V	Группы VI	Группы VII	Группы VIII (соединяет 8 гр.)				
R'O	R'O' или RO	R'O'	R'O' или RO'	R'O'	R'O' или RO'	R'O'	R'O' или RO'				
Первая группа H=1 H <sup>+</sup> , NH <sub>3</sub> , HCl, H <sup>+</sup> N, H <sup>+</sup> C, R <sup>+</sup> OH.			RH'	RH'	RH'	RH	I=I RX				
Вторая группа Li=7 LiCl, LiOH, Li <sub>2</sub> O, LiAlH <sub>4</sub> , Li <sup>+</sup>	Be=9,4 BeCl <sub>2</sub> , BeO, Be <sup>+</sup> Al <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> O <sub>2</sub>	B=11 BCl <sub>3</sub> , B <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , B <sup>+</sup> S, B <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> O; BF <sub>3</sub>	C=12 CH <sub>4</sub> , C <sup>+</sup> H <sup>+</sup> , C <sup>+</sup> O, CO, CO <sub>2</sub> , CO <sup>+</sup> N <sub>2</sub>	N=14 NH <sub>3</sub> , N <sup>+</sup> H <sup>+</sup> Cl, N <sup>+</sup> O, NO, NO <sup>+</sup> , N <sup>+</sup> CNN <sup>+</sup>	O=16 O <sup>+</sup> H <sub>2</sub> , O <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , O <sup>+</sup> H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> , H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	F=19 F <sup>+</sup> H, F <sup>+</sup> SiF <sub>4</sub> , CaF <sub>2</sub> , KHF <sub>2</sub>	<p>• Эти группы, как-разделенные в табл. • Эти соединения как летучие. H=H, Ag=Ag, N=Ca, Fe=Fe X=Cl, SO<sub>2</sub>, OH, ON, X<sup>+</sup>=SO<sub>2</sub>, O<sup>+</sup>, O<sub>2</sub>...</p>				
Третья группа Na=23 NaCl, NaOH, Na <sup>+</sup> 2O, Na <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Na <sup>+</sup> CO <sup>+</sup>	Mg=24 MgCl <sub>2</sub> , MgO, MgCO <sub>3</sub> , MgSO <sub>4</sub> , MgNH <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Al=27,3 Al <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub> , Al <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , KAlO <sub>2</sub> , O <sup>+</sup> 2B <sup>+</sup> O	Si=28 SiH <sub>4</sub> , SiCl <sub>4</sub> , Si <sup>+</sup> F <sub>4</sub> , K <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub>	P=31 PH <sub>3</sub> , P <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , P <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub> , P <sup>+</sup> O <sup>+</sup> P <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Ca <sup>+</sup> P <sup>+</sup> O <sub>4</sub>	S=32 S <sup>+</sup> H <sub>2</sub> , S <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> , SO <sub>2</sub> , SO <sup>+</sup> 3, Ba <sup>+</sup> SO <sub>4</sub>	Cl=35,5 Cl <sup>+</sup> H, Cl <sup>+</sup> SiCl <sub>3</sub> , CaCl <sub>2</sub> , Cl <sup>+</sup> H, AgCl					
Четвертая группа K=39 KCl, KOH, K <sup>+</sup> 2O, KNO <sup>+</sup> 3, K <sup>+</sup> VO <sub>3</sub> , K <sup>+</sup> HSO <sub>4</sub>	Ca=40 CaSO <sub>4</sub> , CaO, Ca <sup>+</sup> 2O, CaCl <sub>2</sub> , CaO, CaCO <sub>3</sub>	Ti=48(46) TiCl <sub>4</sub> , Ti <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , FeTiO <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub>	V=51 VOCl <sub>3</sub> , V <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , P <sup>+</sup> V <sup>+</sup> O <sub>4</sub> , VO <sub>2</sub>	Cr=52 CrCl <sub>3</sub> , Cr <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Cr <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , CrO <sub>2</sub> , Cr <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Cr <sup>+</sup> O <sub>3</sub>	Mn=55 MnK <sup>+</sup> O, MnSO <sup>+</sup> , MnCl <sub>2</sub> , MnO, MnO <sub>2</sub>	Fe=56 FeK <sup>+</sup> O, FeCl <sub>2</sub> , FeO, Fe <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Fe <sup>+</sup> K <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Co=59 CoX <sup>+</sup> , CoX <sup>+</sup> Co <sup>+</sup> X <sup>+</sup> SH <sup>+</sup> CoK <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Ni=59 NiX <sup>+</sup> 2O, Ni <sup>+</sup> SO <sup>+</sup> 4, Ni <sup>+</sup> SO <sup>+</sup> 4H <sup>+</sup> NiK <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Cu=63 CuX <sup>+</sup> , CuX <sup>+</sup> 2O, Cu <sup>+</sup> 2O, Cu <sup>+</sup> O, Cu <sup>+</sup> 2O, CuK <sup>+</sup> O <sup>+</sup>		
Пятая группа Rb=85 RbCl, RbOH, Hb <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Sr=87 SrCl <sub>2</sub> , SrO, Sr <sup>+</sup> 2O, SrSO <sub>4</sub> , SrCO <sub>3</sub>	Yt=88? Y <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub> , Y <sup>+</sup> O <sub>2</sub>	Zr=90 ZrCl <sub>4</sub> , ZrO <sub>2</sub> , ZrX <sup>+</sup>	Nb=94 NbCl <sub>5</sub> , Nb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Nb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 2, Nb <sup>+</sup> 2O <sup>+</sup> 5	Mo=96 MoCl <sub>5</sub> , Mo <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Mo <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , N <sup>+</sup> Mo <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 2, N <sup>+</sup> Mo <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 3	Br=80 Br <sup>+</sup> H, Br <sup>+</sup> 2O, Br <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 2, Br <sup>+</sup> Ag	Ru=104 Ru <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Ru <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub> , Ru <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Ru <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub>	Rh=104 RhCl <sub>3</sub> , Rh <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub> , Rh <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Rh <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub>	Pd=106 PdCl <sub>2</sub> , PdO, Pd <sup>+</sup> 2Cl <sub>2</sub> , Pd <sup>+</sup> Cl <sub>2</sub>	Ag=108 Ag <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> , Ag <sup>+</sup> 2O, Ag <sup>+</sup> O, Ag <sup>+</sup> 2O, AgK <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	
Шестая группа I=127 AgX, AgCl <sub>2</sub>	Cd=112 CdCl <sub>2</sub> , CdO, CdS, CdSO <sup>+</sup>	In=113 InCl <sub>3</sub> , In <sup>+</sup> O <sub>2</sub>	Sn=118 SnCl <sub>4</sub> , Sn <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , SnO, SnX <sup>+</sup> 2, SnX <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Sb=122 SbCl <sub>5</sub> , Sb <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Sb <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , Sb <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Sb <sup>+</sup> 2O <sup>+</sup> 5	Te=125(126) TeH <sub>2</sub> , TeCl <sub>4</sub> , TeO <sub>2</sub> , TeO <sup>+</sup> 2, TeX <sub>2</sub>	J=127 JH <sub>2</sub> , JCl <sub>2</sub> , JHO <sub>2</sub> , JHO <sub>2</sub> , JAg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>					
Седьмая группа Cs=133 CsCl, CsOH, Cs <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Ba=137 BaCl <sub>2</sub> , Ba <sup>+</sup> O, BaO, BaSO <sub>4</sub> , Ba <sup>+</sup> SiF <sub>6</sub>	Di=138? Di <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , DiX <sup>+</sup> 3	Ce=140(138) CeCl <sub>3</sub> , Ce <sup>+</sup> O, CeO <sub>2</sub> , CeX <sup>+</sup> , CeX <sup>+</sup> 2, CeK <sup>+</sup> X <sup>+</sup>								
Восьмая группа La=180? LaCl <sub>3</sub> , LaX <sup>+</sup> 3	Er=178? Er <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , ErX <sup>+</sup> 3	La=180? LaCl <sub>3</sub> , LaX <sup>+</sup> 3	Ta=182 TaCl <sub>5</sub> , Ta <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , TaK <sup>+</sup> 2O <sub>7</sub>	W=184 WCl <sub>6</sub> , W <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , W <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , K <sup>+</sup> W <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 4, W <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 2							
Девятая группа Au=197 AuX, AuX <sup>+</sup>	Hg=200 HgCl <sub>2</sub> , Hg <sup>+</sup> Cl <sub>2</sub> , Hg <sup>+</sup> O, Hg <sup>+</sup> O, Hg <sup>+</sup> X <sup>+</sup> 2, Hg <sup>+</sup> 2O	Tl=204 TlCl <sub>3</sub> , Tl <sup>+</sup> O, Tl <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Tl <sup>+</sup> 2O <sub>3</sub> , TlX <sup>+</sup> 3	Pb=207 PbCl <sub>2</sub> , PbO, PbO <sub>2</sub> , PbO <sub>2</sub> , PbSO <sub>4</sub> , PbK <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 4	Bi=208 BiCl <sub>3</sub> , Bi <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Bi <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , BiX <sup>+</sup> 3, BiO <sub>2</sub> , BiK <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 4, BiO <sub>2</sub>							
Десятая группа Th=231 ThCl <sub>4</sub> , ThO <sub>2</sub> , Th <sup>+</sup> 2O <sub>3</sub> , Th <sup>+</sup> 2O <sub>5</sub>			Th=231 ThCl <sub>4</sub> , ThO <sub>2</sub> , Th <sup>+</sup> 2O <sub>3</sub> , Th <sup>+</sup> 2O <sub>5</sub>		U=240 U <sup>+</sup> Cl <sub>4</sub> , U <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , U <sup>+</sup> X <sup>+</sup> , U <sup>+</sup> 2O <sup>+</sup> 5, U <sup>+</sup> O <sup>+</sup> 2						

Периодическая система химических элементов, опубликованная во втором томе «Основ химии» Д. И. Менделеева (1873)

# Периодическая таблица химических элементов, 2019 г.

Группы																		VIIIa							
Ia																	IIa	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	IIa	
1 H																	2 He								
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
11 Na	12 Mg	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb					IIb	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	17 Cl	18 Ar						
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								
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									

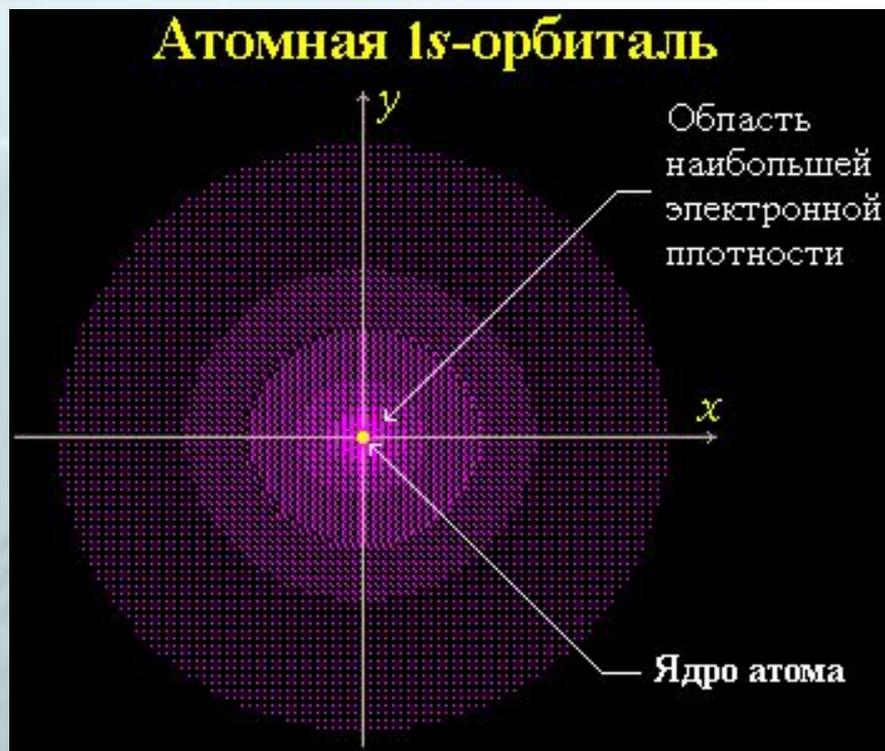
# Атомные массы и периодическая система химических элементов

---

- Менделеев учитывал, что для некоторых элементов атомные массы могли быть определены неточно (пример – бериллий).
- Исключения в порядке возрастания масс атомов с ростом атомного номера (особенности изотопного состава элементов):
  - Cl – 35,5      Ar – 39,9      K – 39,1
  - Fe – 55,8      Co – 58,9      Ni – 58,7
  - Sb – 121,8      Te – 127,6      I – 126,9

# Атомная орбиталь (АО)

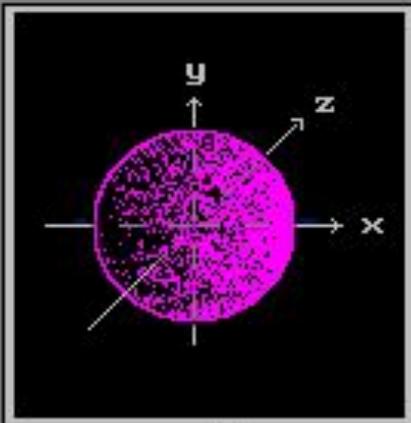
- область наиболее вероятного пребывания электрона (электронное облако) в электрическом поле ядра атома.



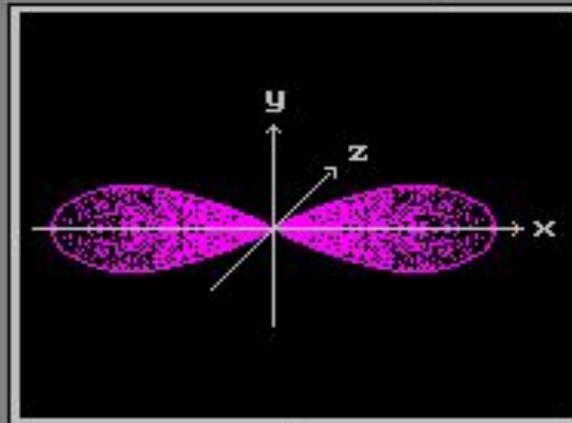
# Типы атомных орбиталей

- Положение элемента в Периодической системе определяет тип орбиталей его атомов ( $s$ -,  $p$ -,  $d$ -,  $f$ -), различающихся энергией, формой, размерами и пространственной направленностью

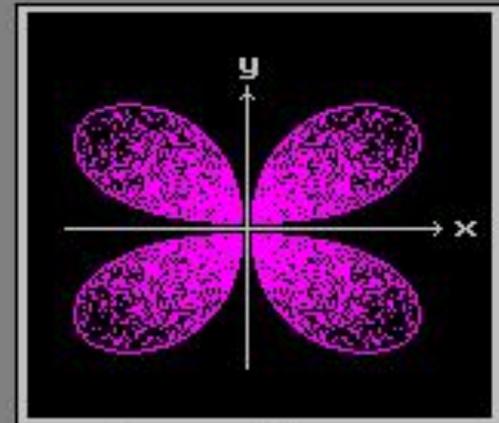
## Типы атомных орбиталей



$s$ -орбиталь



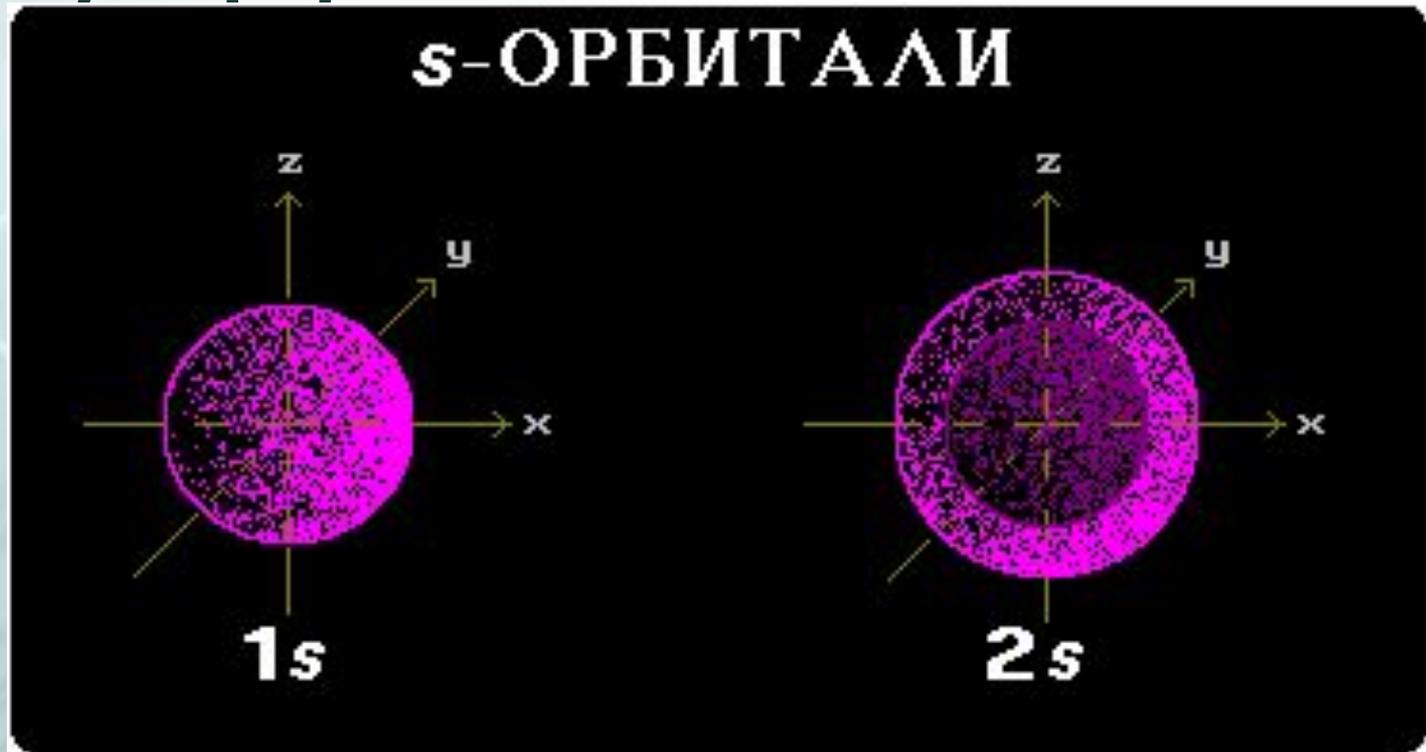
$p_x$ -орбиталь



$d_{xy}$ -орбиталь

# Форма и энергия атомных орбиталей

- Атомные орбитали  $s$ -типа имеют форму сферы:

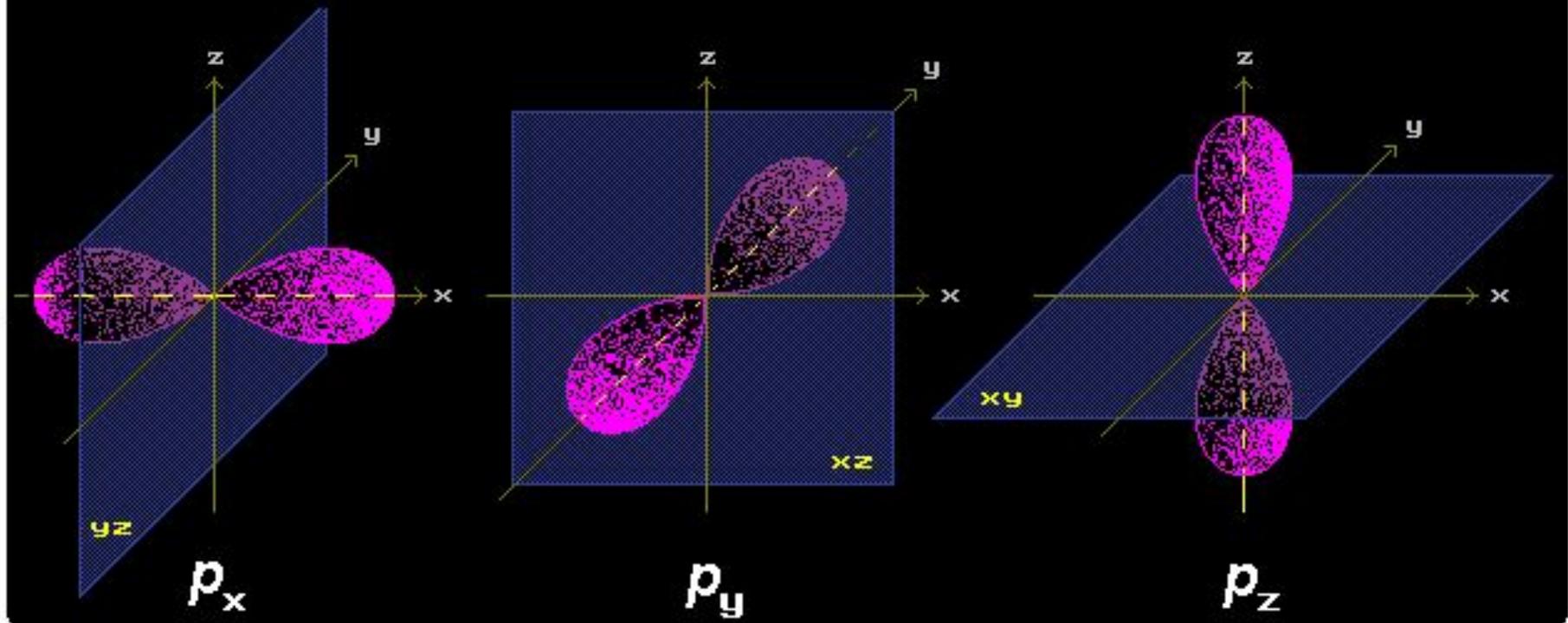


Объем сферы увеличивается с ростом энергетического уровня:  $1s < 2s < 3s$

# Форма и энергия атомных орбиталей

- p-орбитали имеют форму объемной  
восьмерки (гантели), направленной по оси  
 $x$ ,  $y$  или  $z$  :

## p-ОРБИТАЛИ



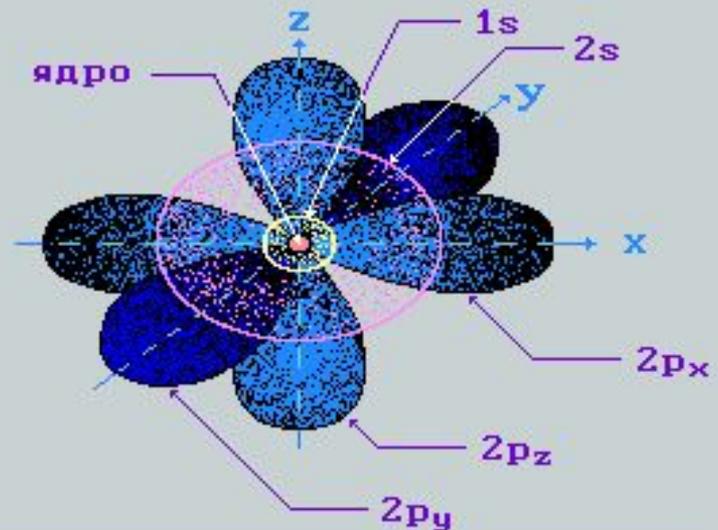
- В элементах второго периода электроны занимают пять АО на двух энергетических уровнях:
  - первый уровень  $1s$ ;
- второй уровень -  $2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$ . (цифры обозначают номер энергетического уровня, буквы - форму орбитали)

## Электронные орбитали атомов элементов 2-го периода

Электроны в атомах элементов 2-го периода распределены по двум энергетическим уровням.

Первому (внутреннему) уровню соответствует атомная орбиталь  $1s$ , второму (внешнему) - атомные орбитали:

$2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$ .



Порядок изменения энергии АО:  
 $1s \ll 2s < 2p_x = 2p_y = 2p_z$

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- Принцип устойчивости

АО заполняются электронами в порядке повышения их энергетических уровней:



# Принцип устойчивости

## Заполнение орбиталей двух энергетических уровней

Основной энергетический уровень $n$	Максимальное число электронов $2n^2$	Символы орбиталей	
1	2	1s	
2	8	2s	$2p_x, 2p_y, 2p_z$

## Электронная конфигурация элементов-органогенов

Элемент	Атомный номер	Заполнение орбиталей					Электронная конфигурация
		1s	2s	2p	3s	3p	
H	1	1					$1s^1$
C	6	2	2	2			$1s^2 2s^2 2p^2$
N	7	2	2	3			$1s^2 2s^2 2p^3$
O	8	2	2	4			$1s^2 2s^2 2p^4$
P	15	2	2	6	2	3	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
S	16	2	2	6	2	4	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

(Выделены валентные электроны)

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- **Принцип Паули**

На одной АО могут находиться не более двух электронов с противоположными спинами.

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- **Правило Хунда (Гунда)**

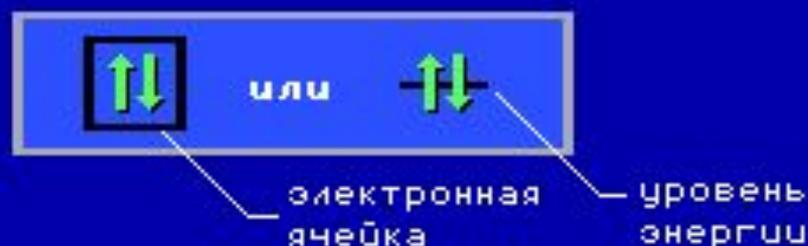
На АО с одинаковой энергией, так называемых вырожденных орбиталях, электроны стремятся расположиться по одному с параллельными спинами.

# Разрешенные и неразрешенные электронные конфигурации

Разрешенная конфигурация

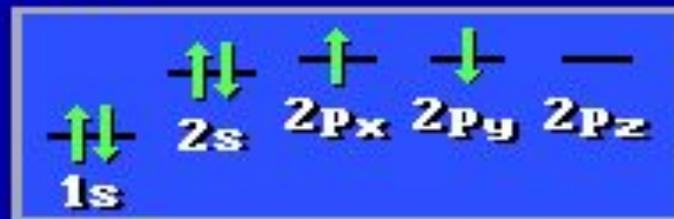
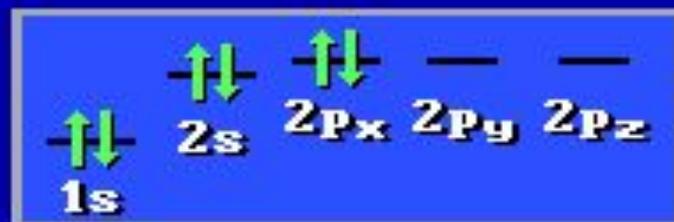
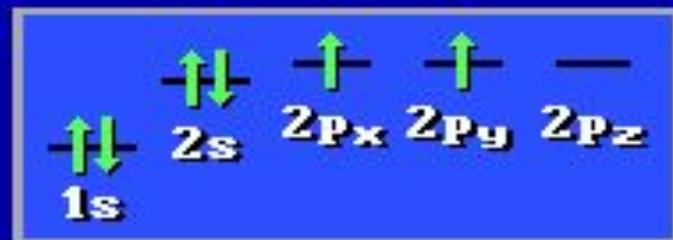
Неразрешенные конфигурации

## Принцип Паули



## Правило Хунда

(на примере атома углерода)



# Квантовые числа

---

- энергетические параметры, определяющие состояние электрона и тип атомной орбитали, на которой он находится:
  1.  $n$  - главное квантовое число
  2.  $l$  - орбитальное квантовое число
  3.  $m$  - магнитное квантовое число
  4.  $s$  - спиновое квантовое число

# Квантовые числа

- Главное квантовое число  $n$  определяет общую энергию электрона и степень его удаления от ядра (номер энергетического уровня);
- оно принимает любые целочисленные значения, начиная с 1 ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

# Квантовые числа

- Орбитальное (побочное или азимутальное) квантовое число  $l$  определяет форму атомной орбитали.
- Оно может принимать целочисленные значения от 0 до  $n-1$  ( $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$ ).
- Каждому значению  $l$  соответствует орбиталь особой формы.

$l = 0$  называются s-орбиталями,

$l = 1$  - p-орбиталями (3 типа, отличающихся магнитным квантовым числом  $m$ ),

$l = 2$  - d-орбиталями (5 типов),

$l = 3$  - f-орбиталями (7 типов).

# Квантовые числа

---

- Магнитное квантовое число  $m$  определяет направление орбитали в пространстве.
- Его значения изменяются от  $+l$  до  $-l$ , включая 0.
- например, при  $l = 1$  число  $m$  принимает 3 значения:  $+1, 0, -1$ ,
- поэтому существуют 3 типа p-АО:  
 $p_x, p_y, p_z$ .

# Квантовые числа

---

- Спиновое квантовое число  $s$  может принимать лишь два возможных значения  $+1/2$  и  $-1/2$ .
- Они соответствуют двум возможным и противоположным друг другу направлениям собственного магнитного момента электрона

# Правило Клечковского (правило $n + l$ )

---

- Заселение электронами энергетических уровней и подуровней в нейтральных атомах в основном состоянии происходит с увеличением порядкового номера элемента в порядке увеличения суммы главного и орбитального квантовых чисел ( $n + l$ ), а при одинаковом значении ( $n + l$ ) – в порядке увеличения главного квантового числа  $n$ .

# Магнитные свойства

---

- Атомы или ионы, имеющие только спаренные электроны, выталкиваются из магнитного поля (они диамагнитны).
- Примеры: He -  $1s^2$   
Be -  $1s^2 2s^2$   
F<sup>-</sup> -  $1s^2 2s^2 2p^6$   
Al<sup>3+</sup> -  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^0 3p^0$

# Магнитные свойства

- Атомы или ионы, имеющие один или несколько неспаренных электронов, втягиваются в магнитное поле (они парамагнитны).
- Примеры:
  - ${}_1\text{H} - 1s^1$
  - ${}_3\text{Li} - 1s^2 2s^1$
  - ${}_7\text{N} - 1s^2 2s^2 2p^3$
  - ${}_{24}\text{Cr} - [\text{Ar}]4s^1 3d^5$

# Энергия ионизации

- Энергия (потенциал) ионизации атома  $E_i$  - минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из атома:



- Значения  $E_i$  (кДж/моль):

H    1312,1

K    418,7    F    1680,8    He    2372

Rb   403,0    Cl    1255,5    Ne    2080

Cs   375,7    Br    1142,6    Ar    1520

# Сродство к электрону

- Сродство атома к электрону  $E_e$  - способность атомов присоединять добавочный электрон и превращаться в отрицательный ион.

- Мерой сродства к электрону служит энергия, выделяющаяся или поглощающаяся при этом:



- Значения  $E_e$  (кДж/моль)

F	-345,7
---	--------

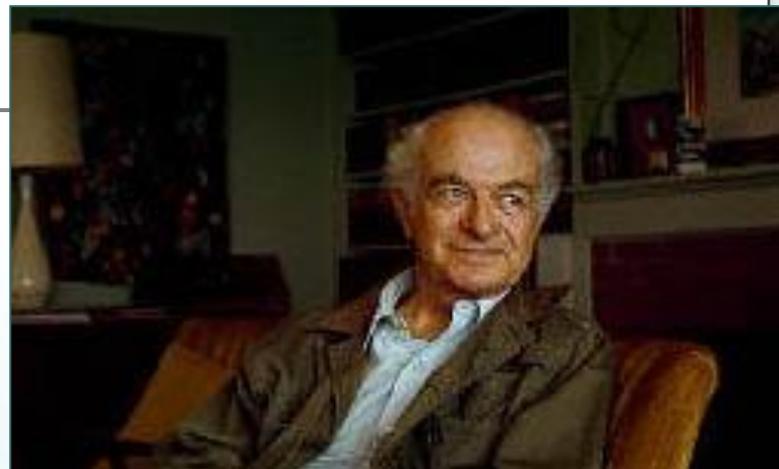
Cl	-366,7
----	--------

Br	-341,6
----	--------

# Электроотрицательность

$$\chi = \frac{E_i + E_e}{2}$$

(абсолютная  
электроотрицательность)



Лайнус-Карл ПОЛИНГ  
(28.02.1901 – 19.08.1994)

# Предсказание химических элементов

- Менделеев оставил в таблице пустые места для не открытых элементов (экабор, экаалюминий, экасилиций, экамарганец и двимарганец),
- были заполнены в последующие десятилетия (элементы скандий, галлий, германий и др.)



# Физический смысл порядкового номера элемента

- А.И. Ван ден Брук (1870-1926) предположил, что "каждому элементу должен соответствовать внутренний заряд, соответствующий его порядковому номеру".
- В 1913 г. это подтвердил Г. Мозли (1887-1915) своими рентгеноспектральными исследованиями.
- В 1920 г. Дж. Чедвик (1891-1974) экспериментально определил заряды ядер атомов меди, серебра и платины. Было установлено, что порядковый номер элемента совпадает с зарядом его ядра.

# Периодический закон сегодня:

- "Свойства химических элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра".
  - Заряд ядра атома определяет число электронов.
  - Электроны заселяют атомные орбитали таким образом, что строение внешней электронной оболочки периодически повторяется.
  - Это выражается в периодическом изменении химических свойств элементов и их соединений.

# Структура периодической системы элементов

- Периодическая система химических элементов - классификация химических элементов, являющаяся табличным выражением периодического закона
- Пробразом Периодической системы химических элементов послужила таблица, составленная Д.И. Менделеевым 1 марта 1869 г.
- В 1870 г. Менделеев назвал систему естественной, а в 1871 г. - периодической.
- Формы периодической таблицы: короткопериодная, длиннопериодная, лестничная

# Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

периоды	ряды	группы элементов																				
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII													
I	1	<b>H</b> 1,00795 водород																			<b>He</b> 4,002602 гелий	
II	2	<b>Li</b> 6,9412 литий	<b>Be</b> 9,01218 бериллий	<b>B</b> 10,812 бор	<b>C</b> 12,0108 углерод	<b>N</b> 14,0067 азот	<b>O</b> 15,9994 кислород	<b>F</b> 18,99840 фтор													<b>Ne</b> 20,179 неон	
III	3	<b>Na</b> 22,98977 натрий	<b>Mg</b> 24,305 магний	<b>Al</b> 26,98154 алюминий	<b>Si</b> 28,086 кремний	<b>P</b> 30,97376 фосфор	<b>S</b> 32,06 серы	<b>Cl</b> 35,453 хлор														<b>Ar</b> 39,948 аргон
IV	4	<b>K</b> 39,0983 калий	<b>Ca</b> 40,08 кальций	<b>Sc</b> 44,9559 скандий	<b>Ti</b> 47,90 титан	<b>V</b> 50,9415 ванадий	<b>Cr</b> 51,996 хром	<b>Mn</b> 54,9380 марганец	<b>Fe</b> 55,847 железо	<b>Co</b> 58,9332 кобальт	<b>Ni</b> 58,70 никель											<b>Zn</b> 65,38 цинк
		<b>Cu</b> 63,546 медь	<b>Zn</b> 65,38 цинк	<b>Ga</b> 69,72 галлий	<b>Ge</b> 72,59 германий	<b>As</b> 74,9216 мышьяк	<b>Se</b> 78,96 селен	<b>Br</b> 79,904 бром														
V	5	<b>Rb</b> 85,4678 рубидий	<b>Sr</b> 87,62 стронций	<b>Y</b> 88,9059 иттрий	<b>Zr</b> 91,22 цирконий	<b>Nb</b> 92,9064 ниобий	<b>Mo</b> 95,94 молибден	<b>Tc</b> 98,9062 технеций	<b>Ru</b> 101,07 рутений	<b>Rh</b> 102,9055 родий	<b>Pd</b> 106,4 палладий											<b>Cd</b> 112,41 кадмий
		<b>Ag</b> 107,868 серебро	<b>Cd</b> 112,41 кадмий	<b>In</b> 114,82 индий	<b>Sn</b> 118,69 олово	<b>Sb</b> 121,75 сурьма	<b>Te</b> 127,60 теллур	<b>I</b> 126,9045 иод														
VI	6	<b>Cs</b> 132,9054 цезий	<b>Ba</b> 137,33 барий	<b>La</b> 138,9 лантан x	<b>Hf</b> 178,49 гафний	<b>Ta</b> 180,9479 тантал	<b>W</b> 183,85 вольфрам	<b>Re</b> 186,207 рений	<b>Os</b> 190,2 осмий	<b>Ir</b> 192,22 иридий	<b>Pt</b> 195,09 платина											<b>Hg</b> 200,59 ртуть
		<b>Au</b> 196,9665 золото	<b>Hg</b> 200,59 ртуть	<b>Tl</b> 204,37 таллий	<b>Pb</b> 207,2 свинец	<b>Bi</b> 208,9 висмут	<b>Po</b> 209 полоний	<b>At</b> 210 астат														
VII	7	<b>Fr</b> 223 франций	<b>Ra</b> 226,0 радий	<b>Ac</b> 227 актиний xx	<b>Rf</b> 261 резерфордий	<b>Db</b> 262 дубний	<b>Sg</b> 266 сигборгий	<b>Bh</b> 269 борий	<b>Hs</b> 269 хассий	<b>Mt</b> 268 мейтнерий	<b>Ds</b> 271 дармштадтий											<b>U</b> 238,0 уран
		<b>Rg</b> 272 рентений																				

<b>La</b> 138,9 лантан	<b>Ce</b> 140,1 церий	<b>Pr</b> 140,9 празеодим	<b>Nd</b> 144,2 неодим	<b>Pm</b> 145 прометий	<b>Sm</b> 150,4 самарий	<b>Eu</b> 151,9 европий	<b>Gd</b> 157,3 гадолиний	<b>Tb</b> 158,9 тербий	<b>Dy</b> 162,5 диспрозий	<b>Ho</b> 164,9 гольмий	<b>Er</b> 167,3 эрбий	<b>Tm</b> 168,9 тулий	<b>Yb</b> 173,0 иттербий	<b>Lu</b> 174,9 лютеций
<b>Ac</b> 227 актиний	<b>Th</b> 232,0 торий	<b>Pa</b> 231,0 протактиний	<b>U</b> 238,0 уран	<b>Np</b> 237 нептуний	<b>Pu</b> 244 плутоний	<b>Am</b> 243 америций	<b>Cm</b> 247 курций	<b>Bk</b> 247 берклий	<b>Cf</b> 251 калифорний	<b>Es</b> 252 эйнштейний	<b>Fm</b> 257 фермий	<b>Md</b> 258 менделевий	<b>No</b> 259 нобелий	<b>Lr</b> 262 лууренсий

# Периодическая таблица элементов

Металлические свойства ▾

металлы  
 неметаллы

1a																		VIIa	
1	IIa											IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa		VIIIa	2
H												B	C	N	O	F		He	
3	4											5	6	7	8	9		10	
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
11	12											13	14	15	16	17		18	
Na	Mg	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	Al	Si	P	S	Cl		Ar	
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			

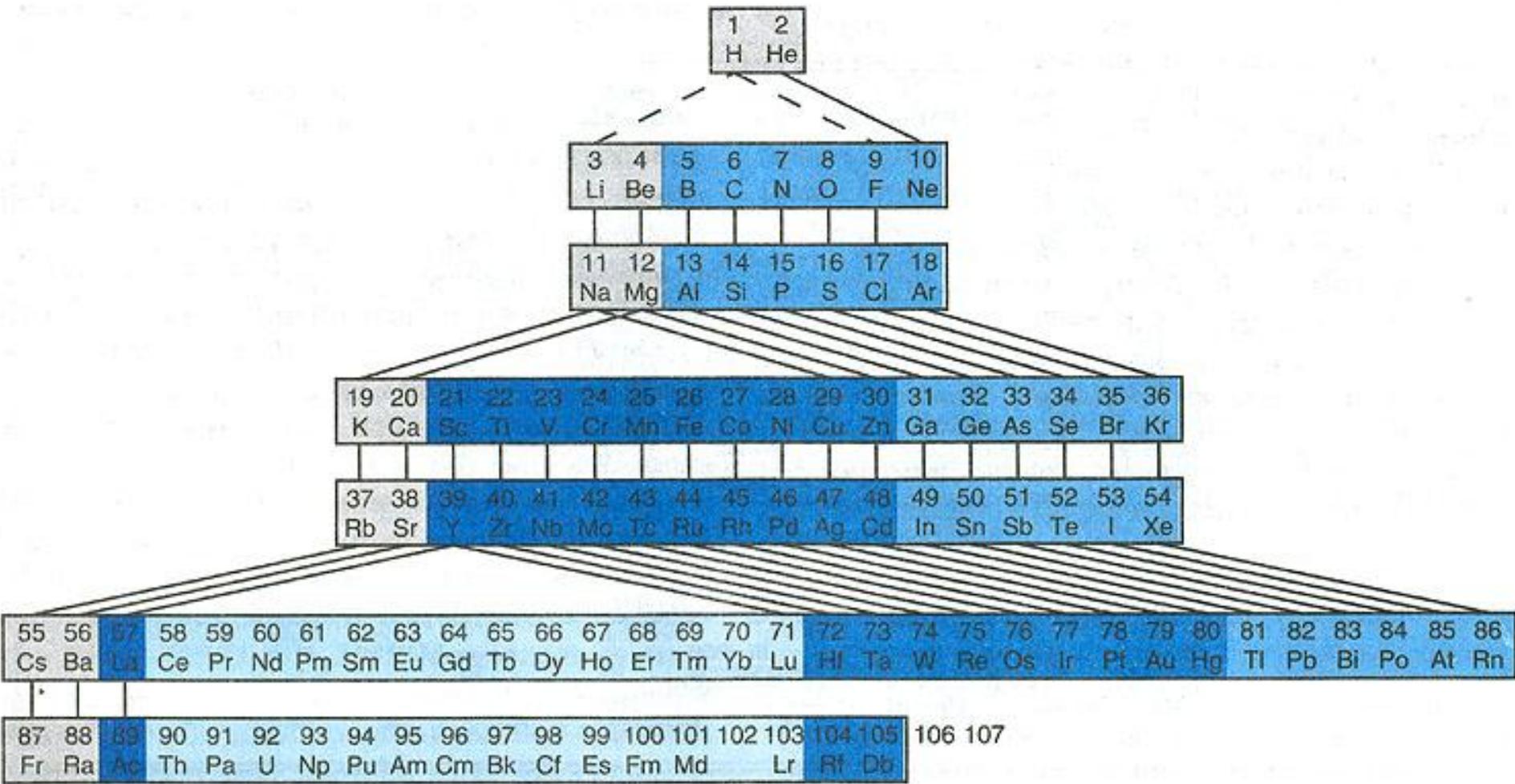


Рис. 2. Лестничная форма периодической системы химических элементов

# Период и группа

**Период** – горизонтальная последовательность элементов, начинающаяся со щелочного металла и заканчивающаяся благородным газом;

главное квантовое число  $n$ , равное номеру периода и характеризующее внешний энергетический уровень, у всех элементов периода одинаково.

**Группа** элементов (в длиннопериодном варианте) – вертикальная совокупность элементов, обладающих **однотипной электронной конфигурацией** и определенным химическим сходством.

$n+l$	$n$	$l$	АО	Число $e^-$ на АО	Период	Число элементов в периоде
1	1	0	$1s^2$	2	1	2 (H→He)
2	2	0	$2s^2$	2	2	8 (Li→Ne)
3	2	1	$2p^6$	6		
3	3	0	$3s^2$	2	3	8 (Na→Ar)
4	3	1	$3p^6$	6		
4	4	0	$4s^2$	2	4	18 (K→Kr)
5	3	2	$3d^{10}$	10		
5	4	1	$4p^6$	6		
5	5	0	$5s^2$	2	5	18 (Rb→Xe)
6	4	2	$4d^{10}$	10		
6	5	1	$5p^6$	6		

$n+l$	$n$	$l$	АО	Число $e^-$ на АО	Период	Число элементов в периоде
6	6	0	$6s^2$	2	6	32 (Cs→Rn)
7	4	3	$4f^{14}$	14		
7	5	2	$5d^{10}$	10		
7	6	1	$6p^6$	6		
7	7	0	$7s^2$	2	7	32 (Fr→...)
8	5	3	$5f^{14}$	14		
8	6	2	$6d^{10}$	10		
8	7	1	$7p^6$	6		

# Периодичность

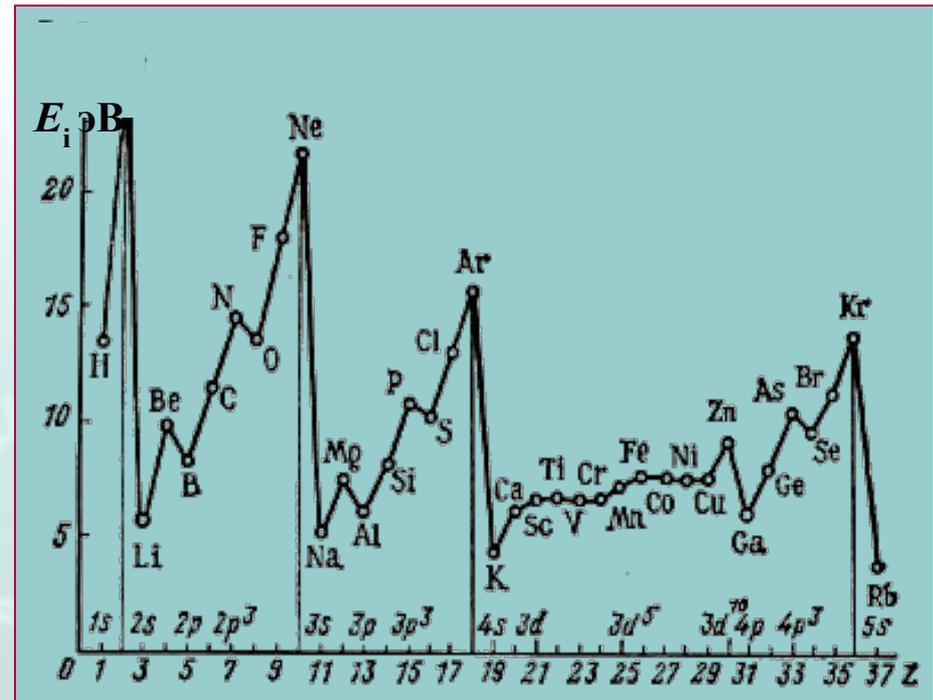
---

- Периодичность – это повторяемость свойств химических и физических свойств элементов и их соединений по определенному направлению, при скачкообразном изменении порядкового номера элементов.
- Виды периодичности: вертикальная, горизонтальная, диагональная, звездная.

# Вертикальная периодичность

Обуславливает объединение элементов в группы элементы объединены в группы.

Элементы одной группы имеет однотипные электронные конфигурации.



Зависимость потенциала ионизации от атомного номера

# Горизонтальная периодичность

---

- Горизонтальная периодичность заключается в появлении максимальных и минимальных значений свойств простых веществ и соединений в пределах каждого периода.

# Горизонтальная периодичность

Элемент	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
$E_i$ кДж/моль	520	900	801	1086	1402	1314	1680	2080
$E_e$ кДж/моль	-60	0	-27	-122	+7	-141	-328	0
Электронная формула (валентные электроны)	$2s^1$	$2s^2$	$2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^5$	$2s^2 2p^6$
Число неспаренных электронов	1	0	1	2	3	2	1	0

# Диагональная периодичность

- Повторяемость свойств простых веществ и соединений по диагоналям Периодической системы;
- связана с возрастанием неметаллических свойств в периодах слева направо и в группах снизу вверх.

# Диагональная периодичность

---

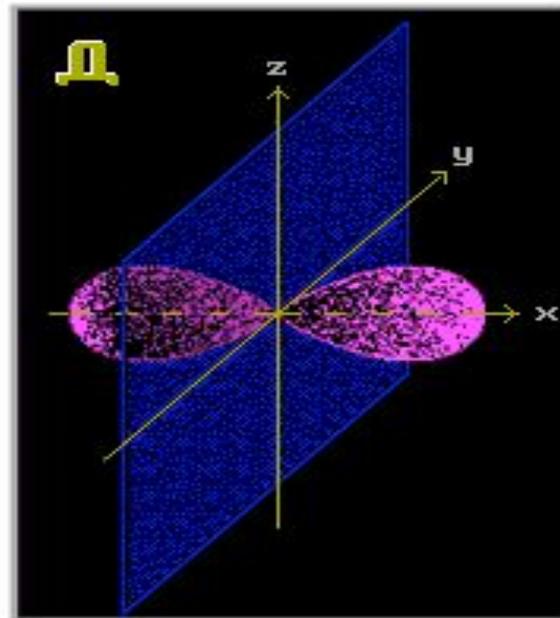
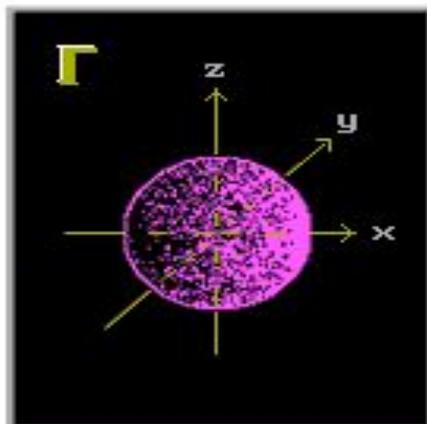
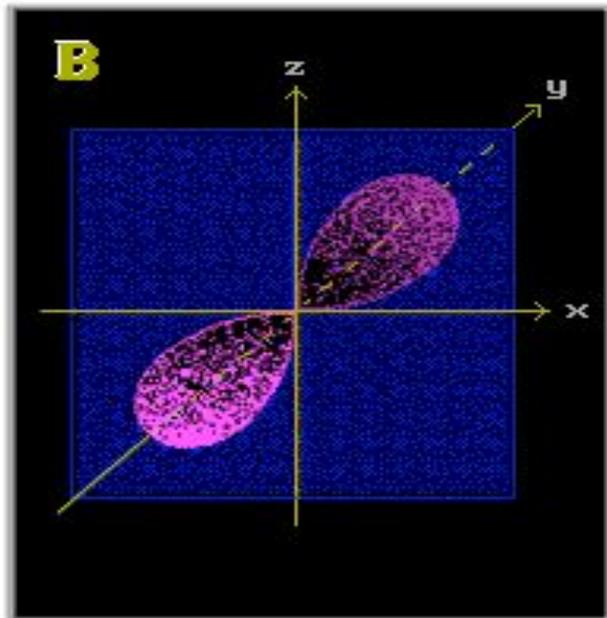
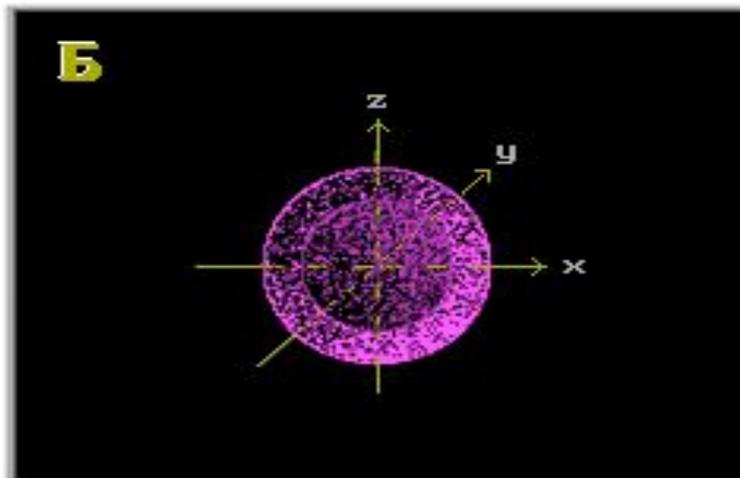
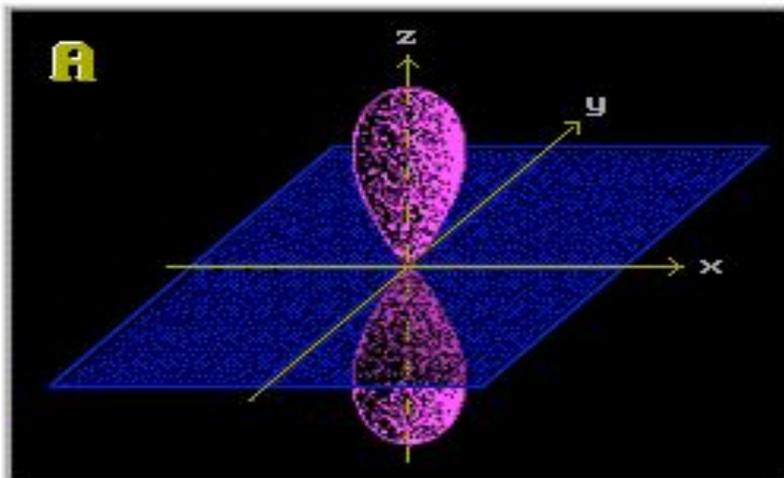
- Примеры: литий похож по свойствам на магний, бериллий на алюминий, бор на кремний, углерод на фосфор.
- Бериллий и алюминий имеют сходные значения окислительно-восстановительных потенциалов.
- Бор и кремний образуют летучие, реакционноспособные молекулярные гидриды.

# Звездная периодичность

- Пример: свойства германия напоминают свойства его соседей – галлия, кремния, мышьяка и олова.
- На основании таких "геохимических звезд" можно предсказать присутствие элемента в минералах и рудах.

Период	IIБ	IIIА	IVА	VА
3			Si ↑	
4	Zn	Ca←	Ge→ ↓	As
5			Sn	

# Укажите типы орбиталей



# Неправильное заполнение атомных орбиталей электронами выражено схемой:

