



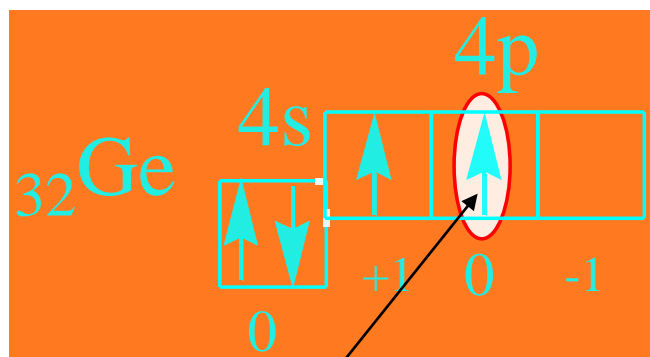
# Лекция 3

## СТРОЕНИЕ АТОМА

(продолжение)

# Электронно-графическая формула

- показывает расположение электронов на атомных орбиталях:



Характеристика электрона квантовыми числами:

$$n = 4$$

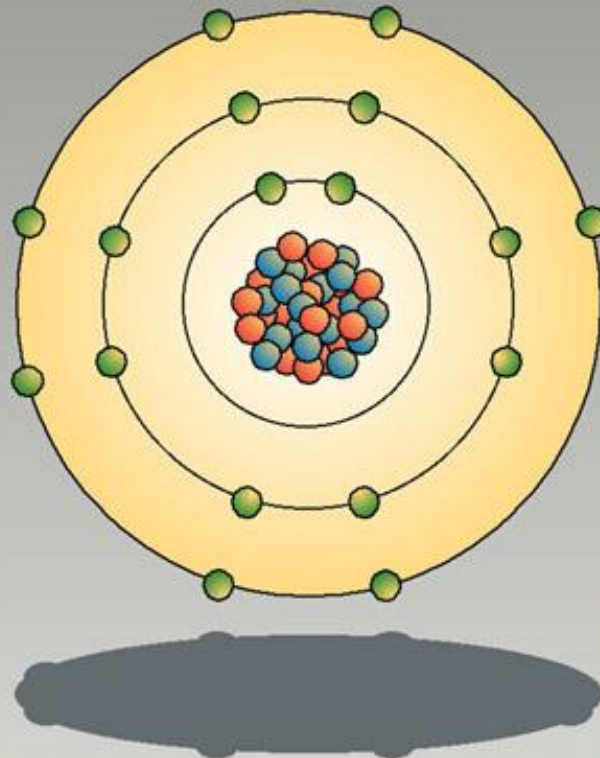
$$\ell = 1$$

$$m_\ell = 0$$

$$m_s = +1/2$$

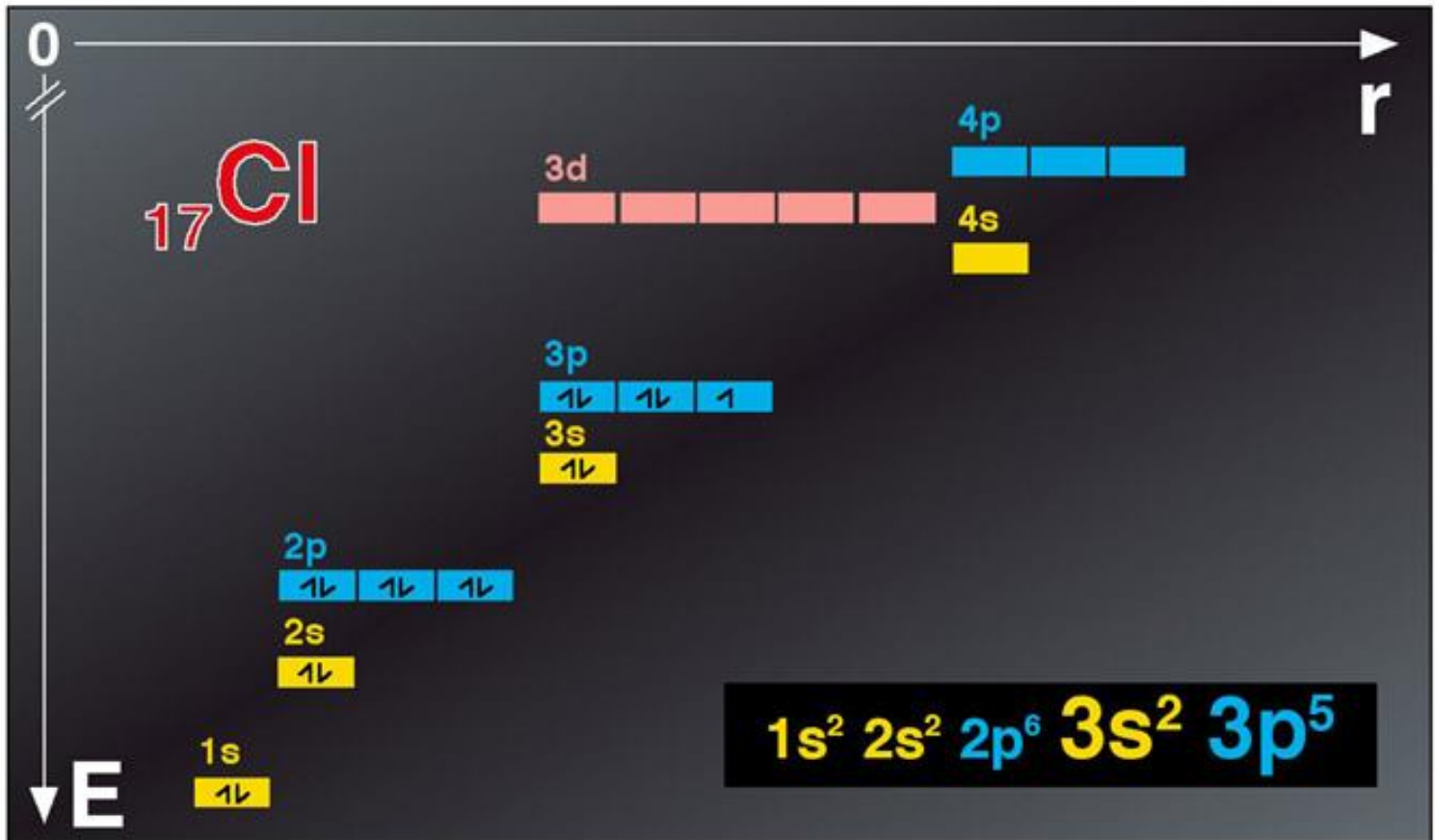
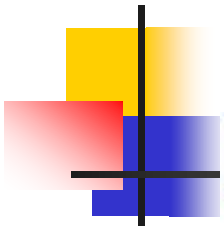
Атом хлора Cl: 3 период ( $\Rightarrow$  3 энергетических уровня, VIIA группа  $\Rightarrow$  7 валентных  $e^-$ , семейство p-элементов)

$^{35}_{17}\text{Cl}$

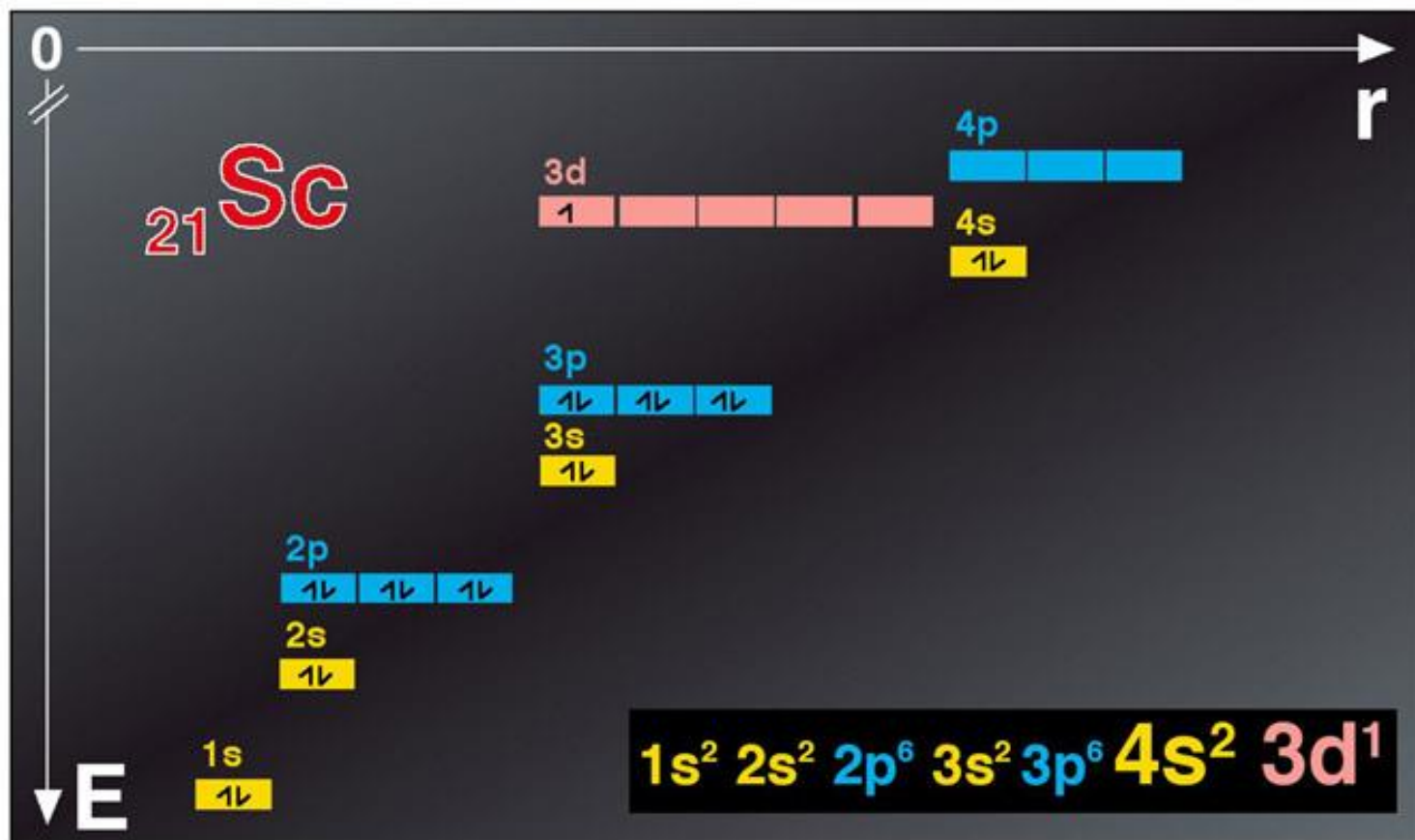


$17 p^+$   
 $18 n^0$   
 $17 e^-$

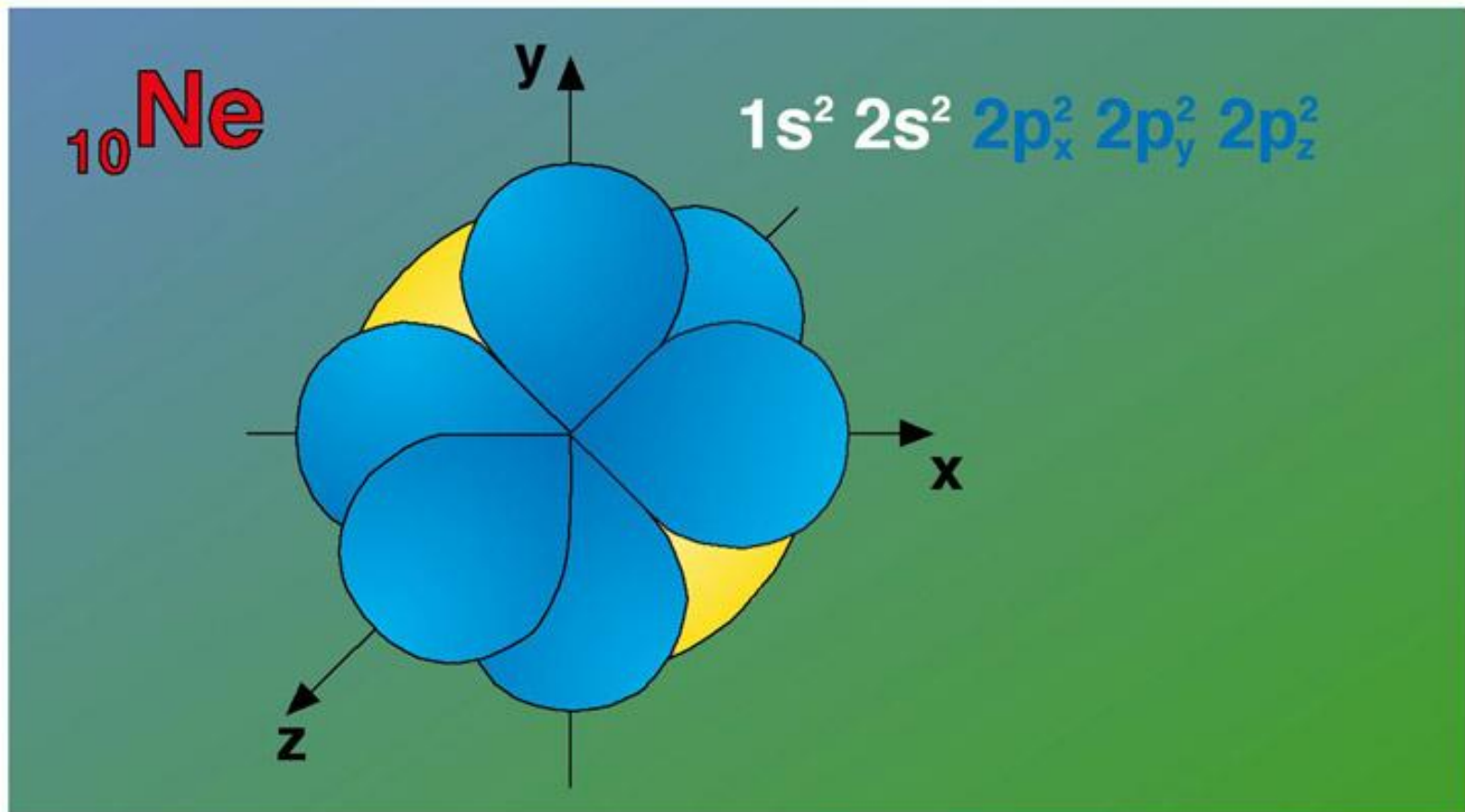
K: 2  
L: 8  
M: 7



Атом скандия Sc: 4 период ( $\Rightarrow$  4 энергетических уровня, IIIB группа  $\Rightarrow$  3 валентных  $e^-$ , семейство d-элементов)



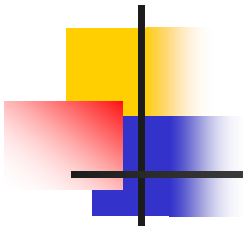
Атом неона Ne: 2 период ( $\Rightarrow$  2 энергетических уровня, VIIIA группа  $\Rightarrow$  8 валентных  $e^-$ , семейство p-элементов)



# Первые 20 элементов Периодической системы Д.И.Менделеева

The diagram illustrates the first 20 elements of the periodic table, showing their atomic structure with shells and electron counts. The elements are arranged in four rows, with their symbols and names in the center of each atom model. The shells are labeled K, L, M, and N. The number of electrons in each shell is indicated by the numbers in the rows below the atom models.

	H							He
K	1							2
	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
K	2	2	2	2	2	2	2	2
L	1	2	3	4	5	6	7	8
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	2	2	2	2	2	2	2	2
L	8	8	8	8	8	8	8	8
M	1	2	3	4	5	6	7	8
	K	Ca	...				Kr	
K	2	2					2	
L	8	8					8	
M	8	8					18	
N	1	2					8	



1s																	1s
2s	2p											2s	2p				
3s	3p	VIII										3s	3p				
4s	4p											4s	4p				
5s	5p											5s	5p				
6s	6p											6s	6p				
7s	7p											7s	7p				
												III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
												13	14	15	16	17	18
I A	II A											I A	II A				
1	2											1	2				
												+					
												5f					

81 829



# Явление «проскока» электронов

Причина: атом стремится перейти в состояние с устойчивой электронной конфигурацией.

Повышенной устойчивостью обладают полностью или наполовину заполненные электронами подуровни:

**$p^3$  и  $p^6$ ,  $d^5$  и  $d^{10}$ ,  $f^7$  и  $f^{14}$ .**

элемент	каноническая формула	реальная формула
Cr	$[\text{Ar}]4s^23d^4$	$[\text{Ar}]4s^13d^5$
Pd	$[\text{Kr}]5s^24d^8$	$[\text{Kr}]5s^04d^{10}$
Cu	$[\text{Ar}]4s^23d^9$	$[\text{Ar}]4s^13d^{10}$

**для d-элементов:** Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Pt, Au;

**для f-элементов:** La, Gd, Ac, Th, Pa, U, Cm.

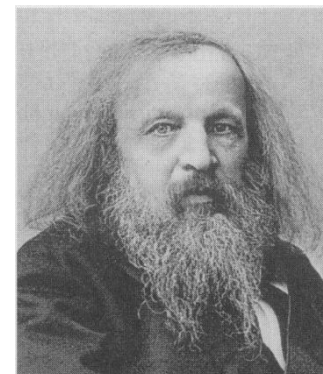
# ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН. ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

	Ti=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	Pl=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	Ur=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.



# Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева

Периодический закон открыт Д.И.Менделеевым в  
1869 г

**Современная** формулировка закона:

*свойства элементов, а также образуемых ими простых и  
сложных веществ, находятся в периодической  
зависимости от **заряда ядер их атомов***

Формулировка Менделеева Д.И.: «... от величин **атомных масс**»



---

Предшественники и современники:

И. Деберейнер – 1829 г.,

Дж. Ньюленус – 1865 г.,

Л. Мейер – 1869 г. и др.

***Периодическая система (ПС) является  
графическим отображением  
периодического закона***

Предсказательная сила Периодической системы привела к всемирному признанию авторства Д.И. Менделеева

# Короткопериодная периодическая система

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы								Э Л Е М Е Н Т О В										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII											
1	<b>H</b> 1 1,008																	2 4,003	<b>He</b>
2	<b>Li</b> 3 6,94	<b>Be</b> 4 9,01	5 10,81	<b>B</b> 6 12,01	<b>C</b> 7 14,01	<b>N</b> 8 16,0	<b>O</b> 9 19,0											10 20,18	<b>Ne</b>
3	<b>Na</b> 11 22,99	<b>Mg</b> 12 24,3	13 26,98	<b>Al</b> 14 28,09	<b>Si</b> 15 30,97	<b>P</b> 16 32,06	<b>S</b> 17 35,45											18 39,95	<b>Ar</b>
4	<b>K</b> 19 39,10	<b>Ca</b> 20 40,1	<b>Sc</b> 21 44,96	<b>Ti</b> 22 47,9	<b>V</b> 23 50,9	<b>Cr</b> 24 52,0	<b>Mn</b> 25 54,94	<b>Fe</b> 26 55,85	<b>Co</b> 27 58,93	<b>Ni</b> 28 58,71									
	29 63,55	<b>Cu</b> 30 65,4	<b>Zn</b> 31 69,7	<b>Ga</b> 32 72,59	<b>Ge</b> 33 74,92	<b>As</b> 34 78,96	<b>Se</b> 35 79,9											36 83,80	<b>Kr</b>
5	<b>Rb</b> 37 85,47	<b>Sr</b> 38 87,6	<b>Y</b> 39 88,9	<b>Zr</b> 40 91,2	<b>Nb</b> 41 92,9	<b>Mo</b> 42 95,94	<b>Tc</b> 43 (99)	<b>Ru</b> 44 101,1	<b>Rh</b> 45 102,9	<b>Pd</b> 46 106,4									
	47 107,9	<b>Ag</b> 48 112,4	<b>Cd</b> 49 114,8	<b>In</b> 50 118,7	<b>Sn</b> 51 121,75	<b>Sb</b> 52 127,6	<b>Te</b> 53 126,9											54 131,3	<b>Xe</b>
6	<b>Cs</b> 55 132,9	<b>Ba</b> 56 137,3	* <b>La</b> 57 138,9	<b>Hf</b> 72 178,5	<b>Ta</b> 73 180,9	<b>W</b> 74 183,8	<b>Re</b> 75 186,2	<b>Os</b> 76 190,2	<b>Ir</b> 77 192,2	<b>Pt</b> 78 195,1									
	79 196,9	<b>Au</b> 80 200,6	<b>Hg</b> 81 204,4	<b>Tl</b> 82 207,2	<b>Pb</b> 83 208,9	<b>Bi</b> 84 (210)	<b>Po</b> 85 (210)											86 (222)	<b>Rn</b>
7	<b>Fr</b> 87 (223)	<b>Ra</b> 88 (226)	** <b>Ac</b> 89 (227)	<b>Rf</b> 104 (261)	<b>Db</b> 105 (262)	<b>Sg</b> 106 (263)	<b>Bh</b> 107 (264)	<b>Hs</b> 108 (265)	<b>Mt</b> 109 (266)										

\* ЛАНТАНОИДЫ

\*\* АКТИНОИДЫ

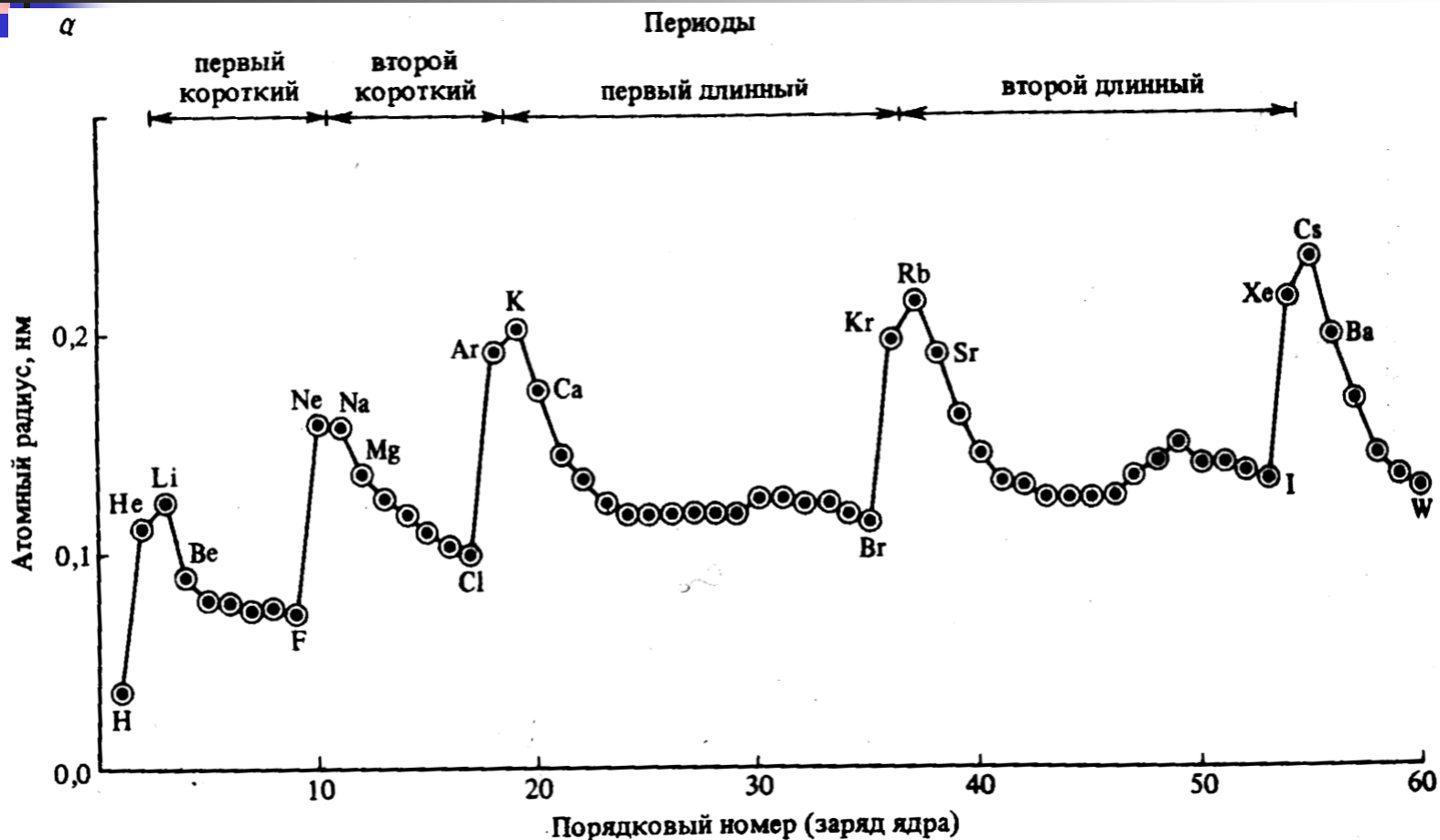
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>

# Полудлиннопериодная периодическая система

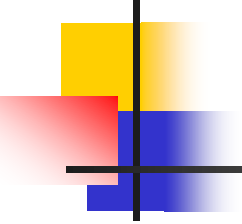
<b>H</b> <sup>1</sup>																	<b>He</b> <sup>2</sup>
<b>Li</b> <sup>3</sup>	<b>Be</b> <sup>4</sup>											<b>B</b> <sup>5</sup>	<b>C</b> <sup>6</sup>	<b>N</b> <sup>7</sup>	<b>O</b> <sup>8</sup>	<b>F</b> <sup>9</sup>	<b>Ne</b> <sup>10</sup>
<b>Na</b> <sup>11</sup>	<b>Mg</b> <sup>12</sup>											<b>Al</b> <sup>13</sup>	<b>Si</b> <sup>14</sup>	<b>P</b> <sup>15</sup>	<b>S</b> <sup>16</sup>	<b>Cl</b> <sup>17</sup>	<b>Ar</b> <sup>18</sup>
<b>K</b> <sup>19</sup>	<b>Ca</b> <sup>20</sup>	<b>Sc</b> <sup>21</sup>	<b>Ti</b> <sup>22</sup>	<b>V</b> <sup>23</sup>	<b>Cr</b> <sup>24</sup>	<b>Mn</b> <sup>25</sup>	<b>Fe</b> <sup>26</sup>	<b>Co</b> <sup>27</sup>	<b>Ni</b> <sup>28</sup>	<b>Cu</b> <sup>29</sup>	<b>Zn</b> <sup>30</sup>	<b>Ga</b> <sup>31</sup>	<b>Ge</b> <sup>32</sup>	<b>As</b> <sup>33</sup>	<b>Se</b> <sup>34</sup>	<b>Br</b> <sup>35</sup>	<b>Kr</b> <sup>36</sup>
<b>Rb</b> <sup>37</sup>	<b>Sr</b> <sup>38</sup>	<b>Y</b> <sup>39</sup>	<b>Zr</b> <sup>40</sup>	<b>Nb</b> <sup>41</sup>	<b>Mo</b> <sup>42</sup>	<b>Tc</b> <sup>43</sup>	<b>Ru</b> <sup>44</sup>	<b>Rh</b> <sup>45</sup>	<b>Pd</b> <sup>46</sup>	<b>Ag</b> <sup>47</sup>	<b>Cd</b> <sup>48</sup>	<b>In</b> <sup>49</sup>	<b>Sn</b> <sup>50</sup>	<b>Sb</b> <sup>51</sup>	<b>Te</b> <sup>52</sup>	<b>I</b> <sup>53</sup>	<b>Xe</b> <sup>54</sup>
<b>Cs</b> <sup>55</sup>	<b>Ba</b> <sup>56</sup>	<b>La</b> <sup>57</sup>	<b>Hf</b> <sup>72</sup>	<b>Ta</b> <sup>73</sup>	<b>W</b> <sup>74</sup>	<b>Re</b> <sup>75</sup>	<b>Os</b> <sup>76</sup>	<b>Ir</b> <sup>77</sup>	<b>Pt</b> <sup>78</sup>	<b>Au</b> <sup>79</sup>	<b>Hg</b> <sup>80</sup>	<b>Tl</b> <sup>81</sup>	<b>Pb</b> <sup>82</sup>	<b>Bi</b> <sup>83</sup>	<b>Po</b> <sup>84</sup>	<b>At</b> <sup>85</sup>	<b>Rn</b> <sup>86</sup>
<b>Fr</b> <sup>87</sup>	<b>Ra</b> <sup>88</sup>	<b>Ac</b> <sup>89</sup>	<b>Rf</b> <sup>104</sup>	<b>Db</b> <sup>105</sup>	<b>Sg</b> <sup>106</sup>	<b>Bh</b> <sup>107</sup>	<b>Hs</b> <sup>108</sup>	<b>Mt</b> <sup>109</sup>	<b>Uun</b> <sup>110</sup>								
<b>Ce</b> <sup>58</sup>	<b>Pr</b> <sup>59</sup>	<b>Nd</b> <sup>60</sup>	<b>Pm</b> <sup>61</sup>	<b>Sm</b> <sup>62</sup>	<b>Eu</b> <sup>63</sup>	<b>Gd</b> <sup>64</sup>	<b>Tb</b> <sup>65</sup>	<b>Dy</b> <sup>66</sup>	<b>Ho</b> <sup>67</sup>	<b>Er</b> <sup>68</sup>	<b>Tm</b> <sup>69</sup>	<b>Yb</b> <sup>70</sup>	<b>Lu</b> <sup>71</sup>				
<b>Th</b> <sup>90</sup>	<b>Pa</b> <sup>91</sup>	<b>U</b> <sup>92</sup>	<b>Np</b> <sup>93</sup>	<b>Pu</b> <sup>94</sup>	<b>Am</b> <sup>95</sup>	<b>Cm</b> <sup>96</sup>	<b>Bk</b> <sup>97</sup>	<b>Cf</b> <sup>98</sup>	<b>Es</b> <sup>99</sup>	<b>Fm</b> <sup>100</sup>	<b>Md</b> <sup>101</sup>	<b>No</b> <sup>102</sup>	<b>Lr</b> <sup>103</sup>				

# Периодичность изменения свойств элементов

## 1. Периодическое изменение радиусов атомов $R_a$



Значения приведены в справочниках (н-р «Справочник по ОНХ» Стась Н.Ф.)

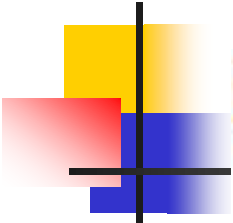


---

**В периоде** с увеличением заряда ядра  $R_a$  уменьшаются. Это связано с тем, что при увеличении заряда ядра увеличиваются силы притяжения электронов. Этот эффект называется «сжатие».

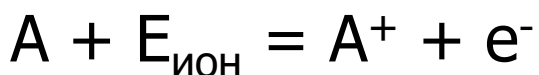
**По группам** (главным подгруппам)  $R_a$  увеличиваются с увеличением заряда ядра, так как возрастает число заполненных электронами энергетических уровней (но - лантаноидное сжатие!).



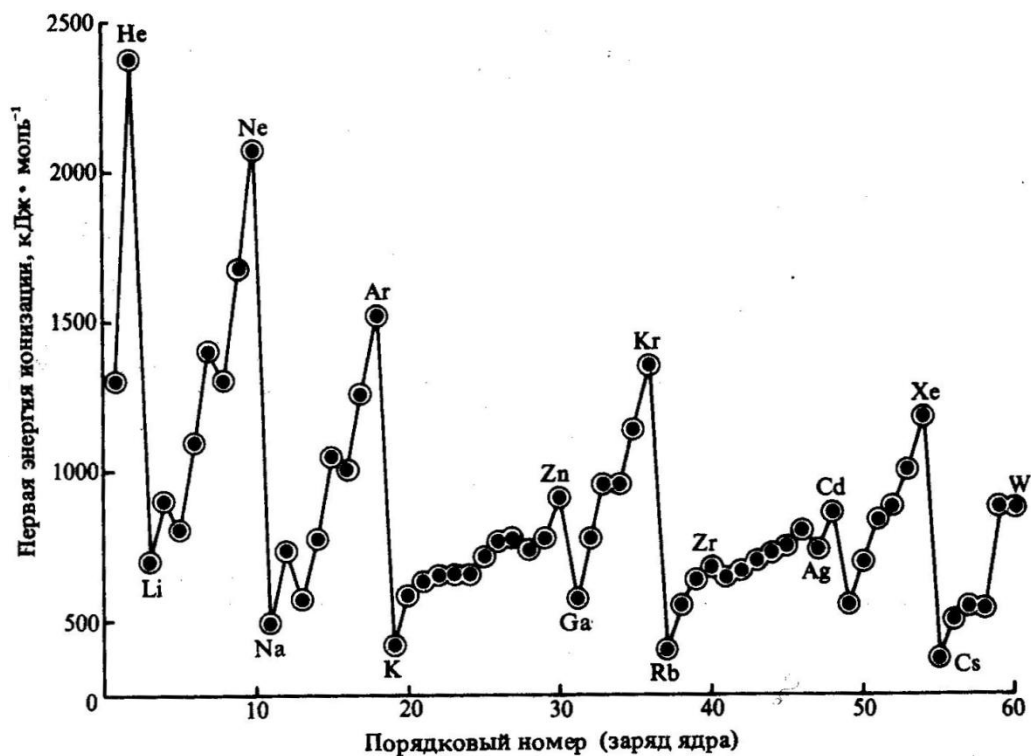


																		+																					
1 H 1.01																							2 He																
2 Li 6.94	3 Be 9.01											4 B 10.81	5 C 12.01	6 N 14.01	7 O 16.00	8 F 18.99							10 Ne																
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45							18 Ar																
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr																						
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.91	54 Xe																						
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 La-Lu		72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po 209	85 At 210	86 Rn																					
87 Fr 223	88 Ra 226	Ac-Lr																																					
																		+																					
																		91 La		92 Ce	93 Pr	94 Nd	95 Pm	96 Sm	97 Eu	98 Gd	99 Tb	100 Dy	101 Ho	102 Er	103 Tm	104 Yb	105 Lu						
																		101 Ac		102 Th	103 Pa	104 U	105 Np	106 Pu	107 Am	108 Cm	109 Bk	110 Cf	111 Es	112 Fm	113 Md	114 No	115 Lr						

2. Периодическое изменение энергии ионизации  $E_{\text{ион}}$   
Энергия ионизации ( $E_{\text{ион}}$ , кДж/моль или эВ) – это энергия, которую нужно затратить для отрыва электрона от атома. (**1эВ = 96,49 кДж/моль**)



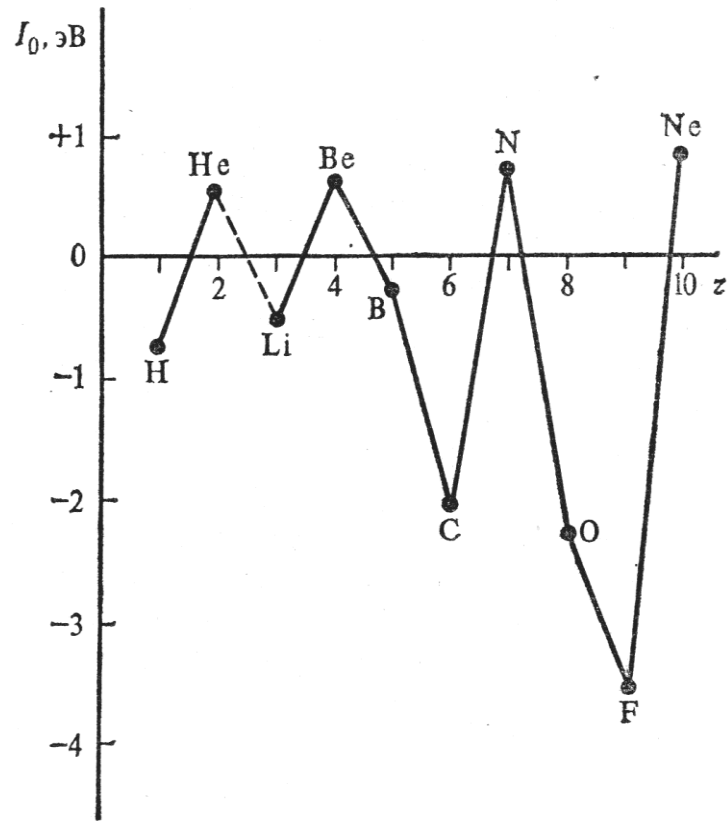
Энергия ионизации тем меньше, чем больше радиус атома.



Значения приведены в справочниках (н-р «Справочник по ОНХ» Стась Н.Ф.)

### 3. Периодическое изменение сродства к электрону $E_{ср}$

Сродство к электрону ( $E_{ср}$ , кДж/моль или эВ) – это энергия, которая выделяется (или затрачивается) при присоединении электрона к нейтральному атому.



# Сродство к электрону атомов некоторых элементов

Атом	E, эВ	Атом	E, эВ	Атом	E, эВ	Атом	E, эВ
<b>H</b>	0,754	<b>C</b>	1,27	<b>Na</b>	0,34	<b>S</b>	2,077
<b>He</b>	-0,22	<b>N</b>	-0,21	<b>Mg</b>	-0,22	<b>Cl</b>	3,614
<b>Li</b>	0,59	<b>O</b>	1,467	<b>Al</b>	0,5	<b>Br</b>	3,37
<b>Be</b>	0,38	<b>F</b>	3,488	<b>Si</b>	1,84	<b>I</b>	3,08
<b>B</b>	0,30	<b>Ne</b>	-0,22	<b>P</b>	0,8	<b>Se</b>	2,02

Интересной и важной для химии величиной является сумма ( $I_1 + E_{cp}$ ).

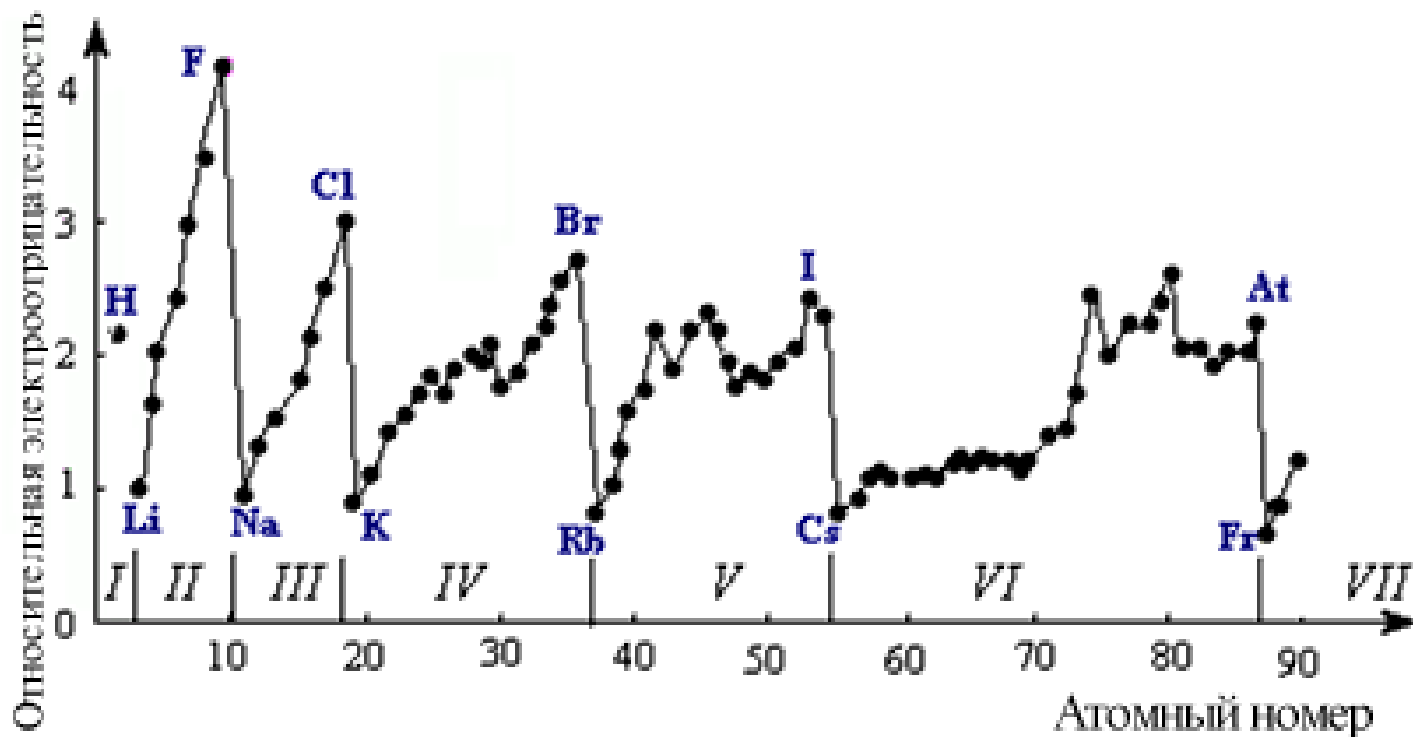
Так как  $\mathcal{E}^- + I_1 + E_{cp} = \mathcal{E}^+ + 2e^-$ , то

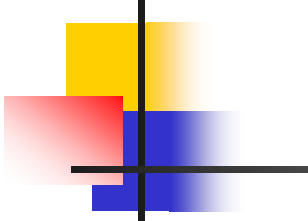
$$(I_1 + E_{cp})/2 = \chi,$$

где  $\chi$  – электроотрицательность

## 4. Периодическое изменение электроотрицательности $\chi$

**Электроотрицательность ( $\chi$ )** - согласно Полингу, "электроотрицательность есть способность атома в молекуле или сложном ионе притягивать к себе электроны, участвующие в образовании связи"





																		<b>H</b> <b>2.1</b>																			
<b>Li</b> <b>1.0</b>		<b>Be</b> <b>1.5</b>																<b>B</b> <b>2.0</b>	<b>C</b> <b>2.5</b>	<b>N</b> <b>3.0</b>	<b>O</b> <b>3.5</b>	<b>F</b> <b>4.0</b>	He														
<b>Na</b> <b>0.9</b>		<b>Mg</b> <b>1.2</b>																<b>Al</b> <b>1.5</b>	<b>Si</b> <b>1.8</b>	<b>P</b> <b>2.1</b>	<b>S</b> <b>2.5</b>	<b>Cl</b> <b>3.0</b>	Ne														
<b>K</b> <b>0.8</b>																				Ar																	
																		Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
																		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
																		Cs	Ba	La-Lu		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
																		Fr	Ra	Ac-Lr																	
																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
																		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					

R 04