

Тема 4.2 «КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АТОМА»

Магнитный момент атома.

Периодическая система

элементов Д.И.

Менделеева

Магнитный момент атома.
Периодическая система элементов
Д.И. Менделеева

1. Магнитный момент атома.
2. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона.
3. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме. Принцип Паули. Электронная оболочка и подоболочка.
4. Периодическая система элементов.

1. Магнитный момент атома.

Величина орбитального механического момента атома:

$$\mathbf{L}_e = m_e \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{r}$$

Круговому движению электрона соответствует замкнутый ток:

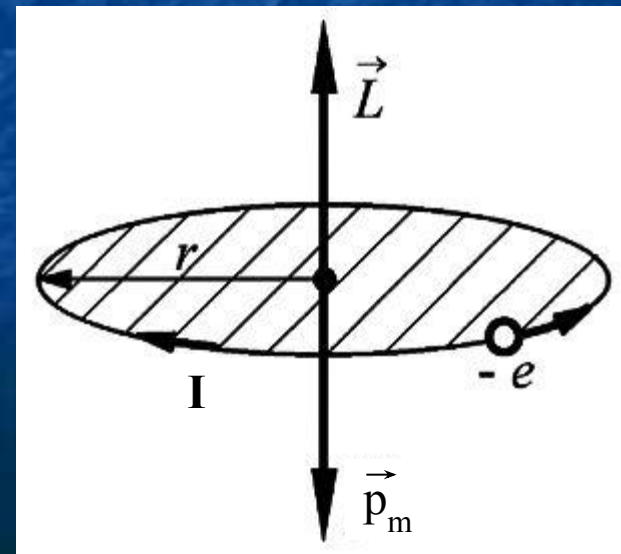
$$\mathbf{I} = \frac{e}{T} = \frac{e \cdot \mathbf{v}}{2\pi r}$$

Микроток характеризуется магнитным моментом:

$$\mathbf{p}_m = \mathbf{I} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{e \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{r}}{2}$$

Гиромагнитное отношение:

$$g = \frac{\mathbf{p}_m}{\mathbf{L}_e} = \frac{e}{2m_e}$$



Т.о. в любом квантовом состоянии атом обладает, кроме механического, магнитным моментом:

$$\mathbf{p}_m = g \cdot \mathbf{L}_e = \mu_A \sqrt{l(l+1)}$$

μ_B – магнетон Бора – единица измерения магнитных моментов:

$$\mu_A = \frac{e\hbar}{2m_e}$$

из общих положений квантовой механики следует, что проекция момента импульса электрона на выделенное в пространстве направление \mathbf{z} может иметь только определенные значения:

$$L_{ez} = m_l \cdot \hbar$$

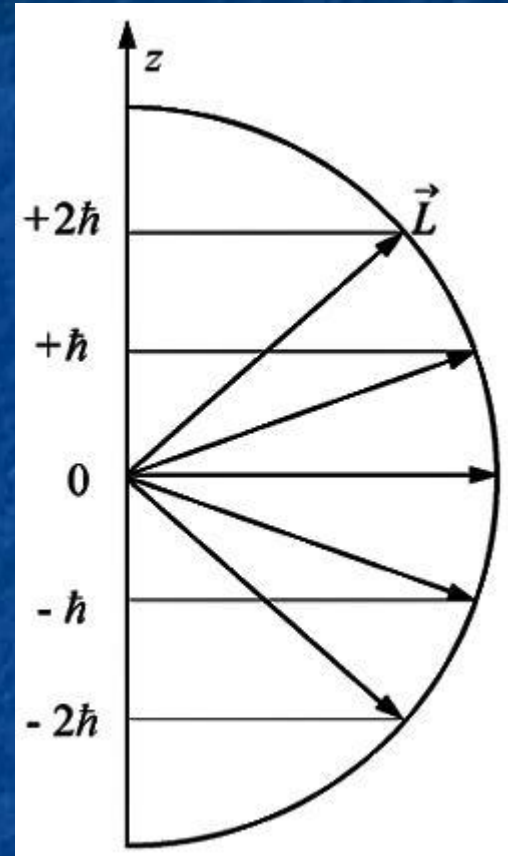
где m_l – магнитное квантовое число.

$$L_{ez} = m_l \cdot \hbar$$

- формула пространственного квантования - определяет возможные дискретные расположения электронных орбит в пространстве по отношению к направлению внешнего магнитного поля.

В зависимости от значения магнитного квантового числа, возможные значения проекции магнитного момента атома на выделенное направление z :

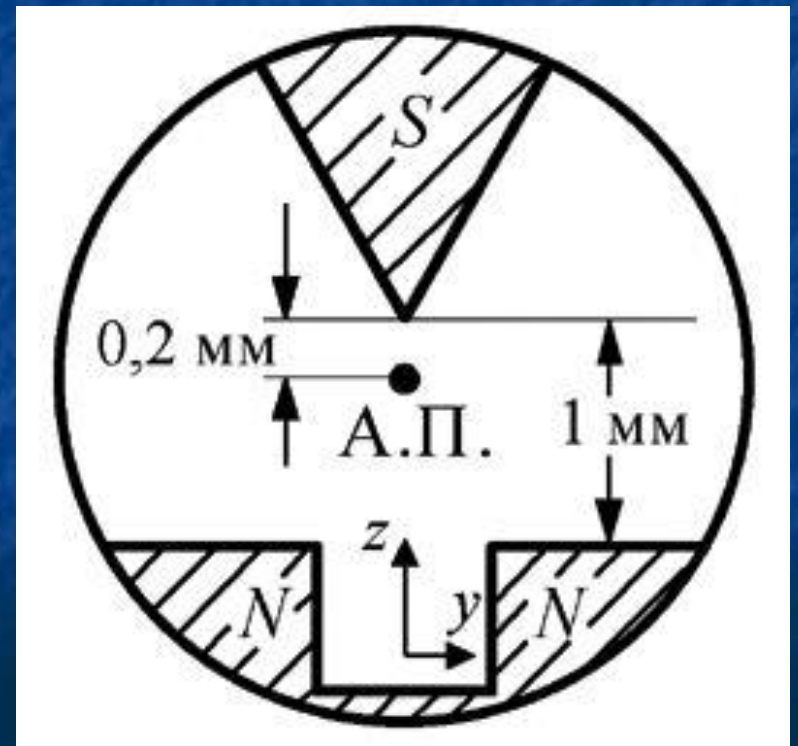
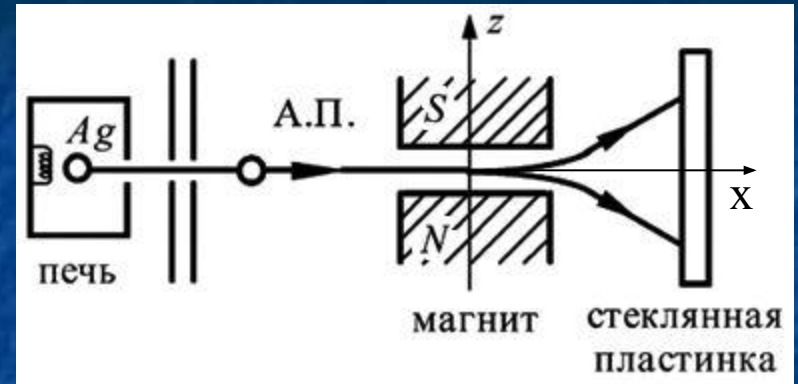
$$p_{mz} = g \cdot L_{ez} = m_l \mu_A$$



2. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона.

В вакууме с помощью полюсных наконечников **S** и **N** специальной «ножевидной» формы создавалось магнитное поле, сильно неоднородное вблизи полюса **S**.

Узкий пучок атомов серебра пропусклся вдоль оси **x**. Вдоль оси **z** происходило расщепление пучка, но всегда наблюдалось только два пучка, одинаково отклоненных в противоположные стороны и расположенных симметрично относительно пучка.



Спин электрона – L_s – собственный механический момент импульса – квантовая величина, у нее нет классического аналога; это внутреннее неотъемлемое свойство электрона, подобно его заряду и массе.

Квантование спина:

$$L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}$$

Квантование проекции спина на направление внешнего магнитного поля:

$$L_{sz} = \hbar m_s$$

Вектор L_s может принимать $2s + 1$ ориентаций. Т.к. расщепление происходит на два подуровня, $2s + 1 = 2$, следовательно спиновое квантовое число $s = 1/2$.

Магнитное спиновое квантовое число:

$$m_s = \pm s = \pm \frac{1}{2}$$

Собственный (спиновый) магнитный момент:

$$\vec{p}_{ms} = g\vec{L}_s$$

Гиромагнитное отношение для спиновых моментов:

$$g = \frac{p_{ms}}{L_s} = -\frac{e}{m_e}$$

3. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме. Принцип Паули. Электронная оболочка и подоболочка.

Состояние электрона в атоме однозначно описывается набором из четырех квантовых чисел:

Главное

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Орбитальное

$$l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$$

Магнитное

$$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$$

Магнитное спиновое

$$m_s = \pm 1/2$$

Принцип Паули:

В одном атоме не может быть более одного электрона с одинаковым набором четырех квантовых чисел:

$$Z(n, l, m_l, m_s) = 0$$

или

$$Z(n, l, m_l, m_s) = 1$$

Принцип Паули (квантовомеханическая формулировка):

Системы фермионов встречаются в состояниях, описываемых антисимметричными волновыми функциями.

Распределение электронов по оболочкам и подоболочкам.

Максимальное число электронов в состоянии, определяемом главным квантовым числом n :

$$Z(n) = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l + 1) = 2n^2$$

Электронная оболочка

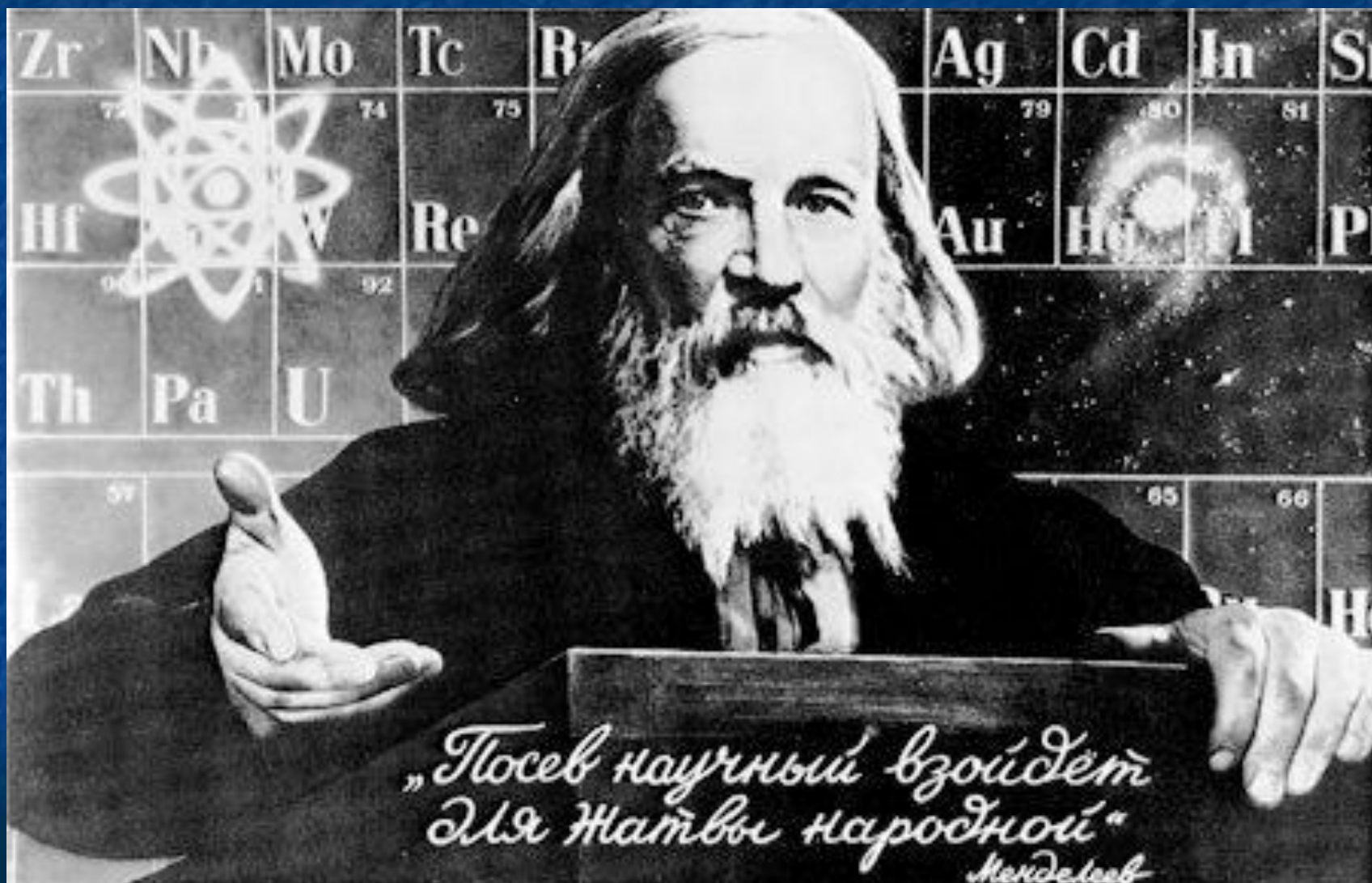
Совокупность электронов в многоэлектронном атоме, имеющих одно и то же главное квантовое число n .


Подоболочка

Совокупность электронов в каждой из оболочек, соответствующих данному значению l .

n	Символ оболочки	Число электронов в подоболочке					Максимальное число электронов в оболочке
		$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$	$l = 4$	
		s	p	d	f	g	
1	К	2					2
2	L	2	6				8
3	M	2	6	10			18
4	N	2	6	10	14		32
5	O	2	6	10	14	18	50

4. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.



		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева						VII		VIII									
								(H)	2 He	 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.									
1	1								4,002602 гелий										
1	1	H 1 1,00794 водород																	
2	2	Li 3 6,941 литий	Be 4 9,01218 бериллий	B 5 10,811 бор	C 6 12,011 углерод	N 7 14,0067 азот	O 8 15,9994 кислород	F 9 18,998403 фтор	Ne 10 20,179 неон										
3	3	Na 11 22,98977 натрий	Mg 12 24,305 магний	Al 13 26,98154 алюминий	Si 14 28,0855 кремний	P 15 30,97376 фосфор	S 16 32,066 сера	Cl 17 35,453 хлор	Ar 18 39,948 аргон										
4	4	K 19 39,0983 калий	Ca 20 40,078 кальций	Sc 21 44,95591 скандий	Ti 22 47,88 титан	V 23 50,9415 ванадий	Cr 24 51,9961 хром	Mn 25 54,9380 марганец	Fe 26 55,847 железо	Co 27 58,9332 кобальт	Ni 28 58,69 никель								
	5	Cu 29 63,546 медь	Zn 30 65,39 цинк	Ga 31 69,723 галлий	Ge 32 72,59 германий	As 33 74,9216 мышьяк	Se 34 78,96 селен	Br 35 79,904 бром	Kr 36 83,80 криптон										
5	6	Rb 37 85,4678 рубидий	Sr 38 87,62 стронций	Y 39 88,9059 иттрий	Zr 40 91,224 цирконий	Nb 41 92,9064 ниобий	Mo 42 95,94 молибден	Tc 43 [98] технеций	Ru 44 101,07 рутений	Rh 45 102,9055 родий	Pd 46 106,42 палладий								
	7	Ag 47 107,8682 серебро	Cd 48 112,41 кадмий	In 49 114,82 индий	Sn 50 118,710 олово	Sb 51 121,75 сурьма	Te 52 127,60 теллур	I 53 126,9045 йод	Xe 54 131,29 ксенон										
6	8	Cs 55 132,9054 цезий	Ba 56 137,33 барий	La* 57 138,9055 лантан	Hf 72 178,49 гафний	Ta 73 180,9479 тантал	W 74 183,85 вольфрам	Re 75 186,207 рений	Os 76 190,2 осмий	Ir 77 192,22 иридий	Pt 78 195,08 платина								
	9	Au 79 196,9665 золото	Hg 80 200,59 ртуть	Tl 81 204,383 таллий	Pb 82 207,2 свинец	Bi 83 208,9804 висмут	Po 84 [209] полоний	At 85 [210] астат	Rn 86 [222] радон										
7	10	Fr 87 [223] франций	Ra 88 [226] радий	Ac** 89 [227] актиний	Rf 104 [261] резерфордий	Db 105 [262] дубний	Sg 106 [263] сигборгий	Bh 107 [262] борий	Hs 108 [265] гасий	Mt 109 [266] майтнерий	Ds 110 [271] дармштадтий								
	11	Rg 111 [272] рентгений	Uub 112 [285] унубий	(Uut) 113 [] унунтрий	Uuq 114 [287] унунквадий	(Uup) 115 [] унунпентий	Uuh 116 [292] унунгексий	(Uus) 117 [] унунсептий	Uuo 118 [293] унуноктый										

* Лантаноиды

Ce 58 140,12 церий	Pr 59 140,9077 празеодим	Nd 60 144,24 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,36 самарий	Eu 63 151,96 европий	Gd 64 157,25 гадолиний	Tb 65 158,9254 тербий	Dy 66 162,50 диспрозий	Ho 67 164,9304 гольмий	Er 68 167,26 эрбий	Tm 69 168,9342 тулий	Yb 70 173,04 иттербий	Lu 71 174,967 лютеций
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

** Актиноиды

Th 90 232,0381 торий	Pa 91 [231] протактиний	U 92 238,0289 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] америций	Cm 96 [247] кюрий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калifornий	Es 99 [252] эйнштейний	Fm 100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобелий	Lr 103 [260] лоуренсий
-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Период	Группы	Слово	Оболочки	Последовательность заполнения оболочек	Ряд	I		VII							№					
						a	b	a		b		a		b		a		b		
						s ¹	s ²	s ²	p ⁶	s ²	p ⁶	s ²	p ⁶	s ²		p ⁶	s ²	p ⁶	s ²	p ⁶
1	2	К I	s ²		1	1	2	ГЕЛИЙ							2					
2	8	К I L 2	s ² s ² p ⁶	2s ² 2p ⁶	2	3	4	5	6	7	8	9	10	НЕОН		10				
3	8	К I L 2 M 3	s ² s ² p ⁶ s ² p ⁶	3s ² 3p ⁶	3	11	12	13	14	15	16	17	18	АРГОН		18				
4	18	К I L 2 M 3 N 4	s ² s ² p ⁶ s ² p ⁶ d ¹⁰ s ² p ⁶	4s ² 4p ⁶	4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
5	18	К I L 2 M 3 N 4 O 5	s ² s ² p ⁶ s ² p ⁶ d ¹⁰ s ² p ⁶ d ¹⁰ s ² p ⁶ d ¹⁰	5s ² 5p ⁶	5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47				
6	32	К I L 2 M 3 N 4 O 5 P 6	s ² s ² p ⁶ s ² p ⁶ d ¹⁰ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴	6s ² 6p ⁶	6	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65				
7	32	К I L 2 M 3 N 4 O 5 P 6 Q 7	s ² s ² p ⁶ s ² p ⁶ d ¹⁰ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴ s ² p ⁶ d ¹⁰ f ¹⁴	7s ² (7p ⁶)	7	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97				

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ			
54 ЖЕЛЕЗО Fe 26 55,847	59 КОБАЛЬТ Co 27 58,9332	60-62, 64 НИКЕЛЬ Ni 28 58,71	72 ЦЕРИЙ Ce 58 140,12	73 ПРАЗЕОДИМ Pr 59 140,907	74 НЕОДИМ Nd 60 144,24	75 ПРОМЕТИЙ Pm 61 145	76 САМАРИЙ Sm 62 150,35	77 ЕВРОПИЙ Eu 63 151,96	78 ГАДОЛИНИЙ Gd 64 157,25	80 РУТЕНИЙ Ru 44 101,07	103 РОДИЙ Rh 45 102,905	104-106, 108 ПАЛАДИЙ Pd 46 106,4	136, 138 ТЕРБИЙ Tb 65 158,924	141 ДИСПРОЗИЙ Dy 66 162,50	142-146 ГОЛЬМИЙ Ho 67 164,930	147 ЭРБИЙ Er 68 167,26	148-150 ТУЛИЙ Tm 69 168,934	151, 153 ИТТЕРБИЙ Yb 70 173,04	150 ЛУТЕЦИЙ Lu 71 174,97
184 ОСМИЙ Os 76 190,2	191, 193 ИРИДИЙ Ir 77 192,2	194, 195, 196 ПЛАТИНА Pt 78 195,09	224 ТОРИЙ Th 90 232,038	231 ПРОТАКТИНИЙ Pa 91 231,036	232-235, 238 УРАН U 92 238,03	237 НЕПУТНИЙ Np 93 237,048	238-240, 242 ПЛУТНИЙ Pu 94 244	241, 243 АМЕРИЦИЙ Am 95 243,061	240 242 КЮРИЙ Cm 96 244-246	276 ЭКАОСМИЙ E-Os 108 276	277 ЭКАИРИДИЙ E-Ir 109 277	278-292 ЭКАПЛАТИНА E-Pt 110 278	284 ЭКАТОРИЙ E-Rh 104 284	286 ЭКАРОДИЙ E-Rd 105 286	288-292 ЭКАПАЛАДИЙ E-Pd 106 288	292 ЭКАТУЛИЙ E-Tm 107 292	294-298 ЭКАТУЛИЙ E-Tm 108 294	299 ЭКАЕРБИЙ E-Er 109 299	300-304 ЭКАЛУТЕЦИЙ E-Lu 110 300
278-280 ЭКАОСМИЙ E-Os 108 282	281 ЭКАИРИДИЙ E-Ir 109 281	280 ЭКАПЛАТИНА E-Pt 110 280	247 БЕРКЕЛИЙ Bk 97 247,07	248-252 КАЛИФОРНИЙ Cf 98 251	253 ЭЙНШТЕЙНИЙ Es 99 254,088	250, 252 ФЕРМИЙ Fm 100 254	250, 252 МЕНДЕЛЕВИЙ Md 101 254	254(252), 256(254), 258(256) НОБЕЛИЙ (No) 102 259	257(257), 259(259) ЛОУРЕНСИЙ Lw 103 260										

5. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева.

Пе- риод	Z	Эле- мент	K			L			M			N				Пе- риод	Z	Эле- мент	K			L			M			N			
			1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	1s	2s	2p				3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f						
I	1	H	1															19	K	2	2	6	2	6	—	1					
	2	He	2															20	Ca	2	2	6	2	6	—	2					
II	3	Li	2	1														21	Sc	2	2	6	2	6	1	2					
	4	Be	2	2														22	Ti	2	2	6	2	6	2	2					
	5	B	2	2	1													23	V	2	2	6	2	6	3	2					
	6	C	2	2	2													24	Cr	2	2	6	2	6	4	2					
	7	N	2	2	3													25	Mn	2	2	6	2	6	5	2					
	8	O	2	2	4													26	Fe	2	2	6	2	6	6	2					
	9	F	2	2	5													27	Co	2	2	6	2	6	7	2					
	10	Ne	2	2	6													28	Ni	2	2	6	2	6	8	2					
III	11	Na	2	2	6	1												IV	29	Cu	2	2	6	2	6	10	1				
	12	Mg	2	2	6	2											30		Zn	2	2	6	2	6	10	2					
	13	Al	2	2	6	2	1										31		Ga	2	2	6	2	6	10	2	1				
	14	Si	2	2	6	2	2										32		Ge	2	2	6	2	6	10	2	2				
	15	P	2	2	6	2	3										33		As	2	2	6	2	6	10	2	3				
	16	S	2	2	6	2	4										34		Se	2	2	6	2	6	10	2	4				
	17	Cl	2	2	6	2	5										35		Br	2	2	6	2	6	10	2	5				
	18	Ar	2	2	6	2	6										36		Kr	2	2	6	2	6	10	2	6				