

úmernými prípadným príslušným výchylkám. Preto ak vonkajším pôsobením nastane v usporiadaní elektrónov nejaká porucha, začnú elektróny kmitať okolo svojich rovnovážnych polôh, čím vzniká v okolí atómu elektromagnetické žiarenie, t. j. svetlo s určitou frekvenciou.

Avšak kmitočty vypočítané podľa práve opísaného tzv. *Thomsonovho modelu* atómu sa nezhodovali s experimentálnymi výsledkami spektrálnej analýzy. Tomuto *statickému* modelu atómu odporovali okrem toho aj Wilsonove pozorovania prechodu rádioaktívneho α -žiarenia cez hmotu. Jeho známe hmlové fotografie dráh rádioaktívnych α -častíc ukazovali, že α -častice môžu pri svojom rýchlom pohybe zasiahnuť aj niekoľko tisíc atómov ktoré ionizujú (t. j. vytrhnú z nich elektrón), pričom sa však ich smer len veľmi málo mení. Niekedy ale stačí jeden atóm, aby sa smer α -častice značne zmenil.

Na základe týchto aj svojich vlastných pokusov s prechodom α -žiarenia cez tenké kovové fólie dospel E. Rutherford k presvedčeniu, že kladná elektrina, ako aj prakticky celá hmota atómu sú v ňom sústredené na pomerne veľmi malý priestor, na tzv. *jadro* atómu, a že elektróny predstavujúce záporný elektrický náboj, ktoré kompenzujú kladný náboj jadra, nie sú v ňom, ale v jeho okolí. Pravda, aby elektróny nespádli do jadra, musel Rutherford predpokladať, že obiehajú okolo jadra ako planéty okolo Slnka. Rutherford bol si však vedomý toho, že ani jeho model atómu nie je bez nedostatkov. Len pomocou tohto modelu nebolo možno nijakým spôsobom vysvetliť už dávnejšie známe zákonitosti v stavbe optických spektier plynov. Okrem toho podľa Maxwellovej teórie elektromagnetického poľa elektrón obiehajúci okolo jadra atómu je zdrojom elektromagnetického vlnenia, ktoré odnáša energiu sústavy jadro a elektrón, v dôsledku čoho elektrón krúžiaci okolo jadra atómu musí sa k nemu stále približovať, až nakoniec do neho nevyhnutne spadne. Rutherfordov dynamický model atómu nebol teda tiež v zhode so súčasnou fyzikou.

Tieto nedostatky Rutherfordovho modelu atómu odstránil Niels Bohr r. 1913 vhodným využitím a zovšeobecnením Planckovej kvantovej teórie.

K poznaniu zloženia atómov v posledných rokoch minulého storočia a v tomto storočí najviac prispeli výskumy v oblasti prirodzenej a umelej rádioaktivity a umelej transmutácie prvkov. Pri výskume týchto javov, ktoré všetky majú dnes už aj mimoriadny praktický význam, veľmi významnú úlohu mala Mendelejevova periodická sústava prvkov, ktorou sa v stručnosti budeme zaoberať hneď na prvom mieste.

15.2. Periodická Mendelejevova sústava. Už v prvej polovici 19. storočia, len čo boli objavené a zdokonalené metódy určovania atómových hmotností prvkov rozborom ich chemických zlúčenín, hľadala sa aj s určitou predpokladaná súvislosť chemických a fyzikálnych vlastností prvkov s ich atómo-

Periodická sústava prvkov

Perióda	Grupa	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I		H 1 1,008							He 2 4,003		
II		Li 3 6,940	Be 4 9,013	5 10,82	B 6 12,011	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00	Ne 10 20,183		
III		Na 11 22,991	Mg 12 24,32	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,98	16 S 32,066	17 Cl 35,457	Ar 18 39,944		
IV		K 19 39,100	Ca 20 40,08	Sc 21 44,96	Ti 22 47,90	V 23 50,95	Cr 24 52,01	Mn 25 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,94	28 Ni 58,69
		29 Cu 63,54	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,916	Kr 36 83,80		
V		Rb 37 85,48	Sr 38 87,63	Y 39 88,92	Zr 40 91,22	Nb 41 92,91	Mo 42 95,95	Tc 43 99	44 Ru 101,7	45 Rh 102,91	46 Pd 106,7
		47 Ag 107,880	48 Cd 112,41	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,61	53 I 126,91	Xe 54 131,3		
VI		Cs 55 132,91	Ba 56 137,36	La 57 138,92	58—Hf 72 —71 178,6	Ta 73 180,95	W 74 183,92	Re 75 186,31	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,23
		79 Au 197,0	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21	83 Bi 209,00	84 Po 210	85 At 211	Rn 86 222		
VII		Fr 87 223	Ra 88 226,03	Ac 89 227	Th 90 232,12	Pa 91 231	U 92 238,07				

Lantanidy:	Ce 58 140,13	Pr 59 140,92	Nd 60 144,27	Pm 61 145	Sm 62 150,43	Eu 63 152,0	Gd 64 156,9	Tb 65 158,93	Dy 66 162,46	Ho 67 164,94	Er 68 167,2	Tu 69 168,94	Yb 70 173,4	Lu 71 174,99
------------	------------------------	------------------------	------------------------	---------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	------------------------

Transurány:	Np 93 237	Pu 94 242	Am 95 243	Cm 96 243	Bk 97 245	Cf 98 246	Es 99 253	Fm 100 255	Md 101 256	No 102 258	Lr 103 257	Ku 104 266
-------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

vými hmotnosťami. Po niekoľkých málo úspešných pokusoch iných bádateľov túto úlohu geniálnym spôsobom rozriešil ruský chemik D. I. Mendelejev r. 1869. Mendelejev zostavil všetky vtedy známe prvky podľa ich stúpajúcich atómových hmotností do jediného radu a zistil, že tento dlhý rad možno rozdeliť na úseky (*periódy*) tak, že všetky sa začínajú aj končia prvkami sebe podobnými. Podľa tohto Mendelejevovho objavu vlastnosti prvkov sú teda periodickými funkciami ich atómových hmotností. Kvôli lepšej prehľadnosti Mendelejev jednotlivé periódy napísal pod seba, aby prvky sebe podobné, tvoriace tzv. *skupiny* alebo *grupy*, mohli byť v tom istom stĺpci.

Takto vytvorená Mendelejevova periodická sústava prvkov sa skladá zo 7 nerovnako dlhých periód. V prvej perióde sú len 2 prvky: vodík a hélium. Druhá a tretia perióda sú 8-členné, štvrtá a piata 18-členné, šiesta perióda obsahuje 32 prvkov a siedma perióda, nazývaná neúplnou alebo tiež neukončenou periódou, keď nemáme na mysli aj prvky vytvorené umele, tzv. *transurány*, obsahuje opäť už len 6 prvkov. Všetkých v prírode sa vyskytujúcich prvkov je teda 92, pričom vodík je prvkom prvým a urán posledným. Okrem prvej periódy, ktorá začína vodíkom, všetky ostatné periódy sa začínajú alkalicným kovom a končia sa (okrem poslednej, neúplnej) tzv. *vzácnym plynom*, prvkom, ktorý sa so žiadnym iným prvkom nezlučuje.

Pre úsporu miesta sa dnes Mendelejevova periodická sústava prvkov píše obyčajne tak, že má len 8 stĺpcov. Prvky 4. a 5. periódy sa píše do dvoch riadkov; prvky 6. periódy, ktorá je 32-členná, tiež, avšak tzv. *vzácné zeminy* s poradovými číslami 58 až 71 sa píše osobitne. Zvlášť sa píše aj transurány.

Veľká vedecká cena Mendelejevovej sústavy spočíva v tom, že obsahuje všetky prvky, pričom každý prvok má v nej svoje jednoznačne určené miesto, zodpovedajúce jeho chemickým aj fyzikálnym vlastnostiam. Aby to dosiahol, Mendelejev musel zmeniť pri niektorých prvkoch ich do toho času používané atómové hmotnosti, ktoré boli vypočítané podľa výsledkov chemických rozborov len malého počtu ich zlúčenín. Boli to prvky Ce, Th a U, a ukázalo sa, že Mendelejev určil ich nové atómové hmotnosti správne. Okrem toho z rovnakej príčiny, t. j. aby prvky sebe podobné dostal pod seba, do tej istej skupiny, na troch miestach pozmenil poradie prvkov a písal prvok s väčšou atómovou hmotnosťou pred prvok s atómovou hmotnosťou menšou (Ar—K, Co—Ni, Fe—J). Napokon niektoré miesta v periodickej sústave ponechal prázdne, vysloviac domnienku, že prvky patriace na tieto miesta v prírode jestvujú, len do toho času neboli ešte objavené, a udal aj ich význačné chemické a fyzikálne vlastnosti. Objavenie prvku gália už r. 1875 a neskoršie aj niektorých ďalších prvkov Mendelejevove predpovede skvele potvrdilo.

Ale výnimky v monotónnom raste atómovej hmotnosti v periodickej sústave prvkov a najmä neskoršie objavy látok s rovnakými chemickými vlastnosťami.

no s rozdielnou atómovou hmotnosťou (*izotopy*), s čím súvisí jestvovanie prvkov s rovnakou atómovou hmotnosťou, avšak napriek tomu s rozdielnymi chemickými vlastnosťami (*izobary*), ukázali, že vlastnosti prvkov sú periodické funkcie ani nie tak atómovej hmotnosti, ale tzv. *atómového čísla*, ktoré určuje elektrický náboj atómového jadra ako celistvý násobok elementárneho náboja, t. j. absolútnej hodnoty náboja elektrónu. Rutherfordove pokusy s prenikaním rádioaktívneho α -žiarenia cez tenké fólie, ktorými sa budeme zaoberať v nasledujúcom článku, ukázali aj to, že atómové čísla bez výnimky všetkých prvkov sú totožné s ich správnym poradovým číslom v periodickej sústave prvkov. V *tabuľke 15.1* okrem priemerných atómových hmotností prvkov sú uvedené aj tieto čísla.

15.3. Rozptyl α -častíc v kovových fóliách. Za predpokladu, že v pevnom a kvapalnom skupenstve atómy prvkov sa navzájom dotýkajú, ich rozmery môžeme vypočítať napríklad z príslušných merných hmôt s použitím Avogadroho čísla.

Ako príklad urobíme odhad rozmerov atómov železa, ktorého merná hmotnosť za normálnych podmienok je $s = 7,86 \text{ g/cm}^3$. Pretože atómová hmotnosť železa je 55,85, takže 1 gram atóm železa je $M = 55,85 \text{ g}$ železa, na 1 atóm železa v pevnom skupenstve za normálnych podmienok pripadá objem

$$v = \frac{M}{sN} = \frac{55,85}{7,86 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}} \text{ cm}^3 \doteq 1,18 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Podľa tohto výsledku priemer atómu železa je približne

$$d = \sqrt[3]{v} = 2,28 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

Približne rovnaké výsledky, ktoré sa však s rastúcou atómovou hmotnosťou v určitých hraniciach periodicky menia, vychádzajú aj pre rozmery atómov všetkých ostatných prvkov. Podľa výsledkov Rutherfordových pokusov s prenikaním α -žiarenia cez tenké kovové fólie, rozmery jadier atómov sú ešte podstatne menšie; ich priemery sú rádu len 10^{-13} cm . To značí, že keď si atóm prvku predstavíme ako guľu s priemerom napríklad 100 m, jadro atómu bude mať v tomto znázornení priemer len 1 mm. Ukážeme, ako sa dostane tento výsledok z Rutherfordových pokusov, pričom sa určí súčasne aj elektrický náboj jadier atómov skúmaného prvku.

O rádioaktívnom α -žiarení sa zistilo, že je to žiarenie korpuskulárne, tvorené jadrami atómov hélia, ktoré pri samovoľnom rozpade jadier niektorých rádioaktívnych prvkov sú z nich vymršťované rýchlosťou rovnajúcou sa asi jednej desatine rýchlosti svetla. Ich kladný elektrický náboj, náboj jadier atómov