

Obsah

26 Elektronový obal atomu, atomové jádro, elementární částice	1
26.1 Atomová vs Jaderná fyzika	1
26.2 Vlastnosti atomu	1
26.3 Modely atomu	1
26.3.1 Thomsonův (pudinkový) model	1
26.3.2 Ruthefordův model	1
26.3.3 Bohrovův model	1
26.3.4 Kvantově mechanický model	1
26.4 Kvantová čísla	2
26.4.1 Hlavní kvantové číslo – n	2
26.4.2 Vedlejší kvantové číslo – l	2
26.4.3 Magnetické číslo – m	2
26.4.4 Spinové číslo – s	2
26.5 Pauliho vylučovací princip	3
26.6 Elementární částice	3
26.6.1 Fermiony	3
26.6.2 Bosony	3
26.7 Jaderná fyzika	4
26.7.1 Radioaktivita	4
26.7.2 Poločas rozpadu	4
26.7.3 Jaderné reakce	5

26 Elektronový obal atomu, atomové jádro, elementární částice

26.1 Atomová vs Jaderná fyzika

Atomová fyzika

- fyzika elektronového obalu
- zkoumá vlastnosti a pohyb elektronů v elektronovém obalu
- atomové jádro zůstává neměnné
- chemická energie v řádech jednotek elektronvoltů

Jaderná fyzika

- fyzika atomového jádra
- zkoumá pohyb částic uvnitř atomových jader a jejich přeměny
- energie v řádech megaelektronvoltů

26.2 Vlastnosti atomu

- jádro (většina hmotnosti) + elektronový obal
- elektricky neutrální
- částice
 - jádro
 - * proton - kladný náboj
 - * neutron - bez náboje
 - obal
 - * elektron - záporný náboj
- protonové číslo Z – počet protonů v jádře; nukleonové číslo A – počet nukleonů v jádře

26.3 Modely atomu

26.3.1 Thomsonův (pudinkový) model

- elektrony (záporné) poletují v "polívce" kladného náboje

26.3.2 Ruthefordův model

- "planetární model atomu", 1911
- velmi malé, hmotné jádro okolo kterého obíhají elektrony ($\approx 10\,000r$ jádra)

26.3.3 Bohrův model

- 1913
- následník Ruthefordova modelu a předchůdce kvantově mechanického modelu
- elektrony se nachází v jednotlivých hladinách okolo jádra

26.3.4 Kvantově mechanický model

- zatím nejrealističtější popis atomu
- založen na kombinaci řady předpokladů
 - každá částice má vlnovou funkci (viz Korpuskulárně vlnový dualismus) \rightarrow uvažujeme o elektronu jako o vlně
 - principu neurčitosti
 - v atomu existuje více než jedna energetická hladina \rightarrow elektrony mají orbitaly
 - elektrony mají spin; elektrony ve stejném orbitalu mají odlišný spin

26.4 Kvantová čísla

- elektrony se pohybují v trojrozměrném prostoru po orbitalech
- nacházejí se zde s určitou pravděpodobností, jejich polohu a hybnost nelze s určitostí říct
- elektrony popsány pomocí 4 kvantových čísel

26.4.1 Hlavní kvantové číslo – n

- hlavní energie elektronu, popisuje velikost orbitalu
- $n \in \mathbb{N} - 1, 2, 3, \dots$ (praktické maximum 7 hladin)

26.4.2 Vedlejší kvantové číslo – l

- tvar orbitalu
- $l \in \{0, 1, 2, \dots, n - 1\}$
- popisováno písmeny (s, p, d, f, g, \dots)

26.4.3 Magnetické číslo – m

- orientace orbitalu v prostoru
- $m \in \{-l, -l + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, l - 1, l\}$

26.4.4 Spinové číslo – s

- vyjadřuje vnitřní moment hybnosti
- hodnota pevně daná, u elektronů $s = \pm \frac{1}{2}$

n	$\ell = 0$ (s-Orbitale)	$\ell = 1$ (p-Orbitale)		$\ell = 2$ (d-Orbitale)			$\ell = 3$ (f-Orbitale)			
	m = 0	m = 0	m = 1 m = -1	m = 0	m = 1 m = -1	m = 2 m = -2	m = 0	m = 1 m = -1	m = 2 m = -2	m = 3 m = -3
1										
2										
3										
4										

Obr. 26.1: Vyobrazení jednotlivých orbitalů elektronů

26.5 Pauliho vylučovací princip

- „Žádné dva nerozlišitelné fermiony nemohou být ve stejném kvantovém stavu“
- elektrony jsou fermiony \Rightarrow žádné dva elektrony v elektronovém obalu nemohou být ve stejném kvantovém stavu / alespoň jedno kvantové číslo se musí lišit

26.6 Elementární částice

- částice, která již není složená z jiných částic
- dělení
 - fermiony
 - bosony

26.6.1 Fermiony































- kvarty, antikvarky, leptony, antileptony
- částice „hmoty“
- poločíselný spin ($\pm\frac{1}{2}, \pm\frac{3}{2}, \dots$)
- splňují Pauliho vylučovací princip

26.6.2 Bosony

- výměnné bosony a Higgsův boson
- částice „sil“, zajišťují interakce mezi fermiony
- celočíselný spin ($\pm 1, \pm 2, \dots$)
- nesplňují Pauliho vylučovací princip

26.7 Jaderná fyzika

- velikost atomu 10^{-15} m
- stabilita jádra udržována silnou jadernou silou

Standard Model of Elementary Particles											
three generations of matter (elementary fermions)						three generations of antimatter (elementary antifermions)			interactions / force carriers (elementary bosons)		
	I	II	III	I	II	III					
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0		$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$		
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	0		0		0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1		0		0
QUARKS	 u up	 c charm	 t top	 \bar{u} antiup	 \bar{c} anticharm	 \bar{t} antitop	 g gluon		 H higgs		
	 d down	 s strange	 b bottom	 \bar{d} antidown	 \bar{s} antistrange	 \bar{b} antibottom	 γ photon				
	 e electron	 μ muon	 τ tau	 e^+ positron	 $\bar{\mu}$ antimuon	 $\bar{\tau}$ antitau	 Z^0 Z^0 boson				
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$		$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$		$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$
	0	0	0	0	0	0	0		1		-1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1		1		1
	 ν_e electron neutrino	 ν_μ muon neutrino	 ν_τ tau neutrino	 $\bar{\nu}_e$ electron antineutrino	 $\bar{\nu}_\mu$ muon antineutrino	 $\bar{\nu}_\tau$ tau antineutrino	 W^+ W^+ boson		 W^- W^- boson		

Obr. 26.2: Tabulka elementárních částic a jejich zařazení

26.7.1 Radioaktivita

- přirozená a umělá
- schopnost některých jader vysílat záření, při kterém se jádro mění v jiné (nebo ztratí část své energie)
- objevení – 1846 – Henri Becquerel
- využití
 - medicína – diagnostika, léčba (např. chemoterapie)
 - diagnostika stárí materiálů a jejich složení
 - výroba elektrické energie
 - defektometrie
 - zemědělství

Alpha záření

- jádra ${}^4_2\text{He}$
- ionizační účinky
- malá pronikavost – zastaveno papírem
- velká hmotnost, rychlost $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Beta záření

- proud elektronů a pozitronů
- střední pronikavost – třeba alobal
- rychlost téměř c , menší hmotnost než α

Gamma záření

- proud fotonů / elektromagnetické záření
- nemá el. náboj, nereaguje na elmag. pole
- vysoká pronikavost – olovo, 1 m betonu, voda

- nebezpečné – doprovázeno dalšími zářeními

Neutronové záření

- proud neutronů
- těžké, pomalé
- bez náboje
- nelze odstínit, ochranou je vzdálenost

26.7.2 Poločas rozpadu

- funkce zhruba popisující zbývající počet částic z původního počtu v čase
 - radioaktivita je náhodný děj \Rightarrow nelze určit přesný počet

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

- N – počet částic v čase t
 - N_0 – původní počet částic v čase $t = 0$
 - T – poločas rozpadu – doba, za kterou se rozpadne polovina částic
- hodnota aktivity A , $[A] = \text{Bq}$

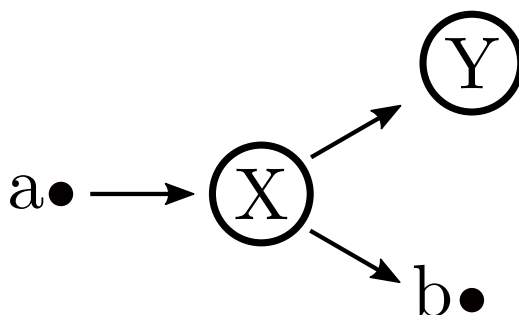
$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

- popis pomocí rychlosti rozpadu λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad \Rightarrow \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

26.7.3 Jaderné reakce

- reakce, při kterých dochází ke změně jádra
- typy podle energie
 - endoenergetické reakce – přijímání energie
 - exoenergetické reakce – vylučování energie
- typy podle procesu
 - fúze - slučování jader
 - štěpení - rozdělení jader
- platí $a + X = Y + b$ (viz obr. 26.3)



Obr. 26.3: Štěpení jádra; a,b – částice; X,Y – jádra atomů

- příklady:

