

# **Jaderná chemie**

## **podzimní semestr, 2/0, zkouška**

- 1. Atomové jádro**
- 2. Vlastnosti izotopů**
- 3. Radioaktivní přeměny**
- 4. Kinetika radioaktivních přeměn**
- 5. Ionizující záření**
- 6. Vliv ionizujícího záření na lidský organismus**
- 7. Jaderné reakce**
- 8. Indikátorová metoda**
- 9. Jaderná štěpná reakce, základy jaderné energetiky**

### **Literatura:**

Jiří Hála: **Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie**, Konvoj 1998, Brno

Vladimír Majer a kol.: **Základy jaderné chemie**, SNTL/ALFA, Praha 1981

Kolektiv autorů: **Jaderně chemické tabulky**, SNTL, Praha 1964

## **A) Vznik a vývoj jaderné chemie**

**Vznik** jaderné chemie lze datovat do období konce 19. století a souvisí s objevem radioaktivity (Becquerel, 1896)

**Jaderná chemie je vědní obor, který se zabývá vlastnostmi hmoty a jevy chemické a fyzikální povahy, jejichž původcem je nebo se na nich podílí jádro atomu a jeho přeměny a který využívá vlastností jádra a jeho projevů ke studiu a řešení chemických problémů.**

## **B) Začlenění jaderné chemie**

**Jaderná chemie souvisí s celou řadou přírodovědných oborů:**

fyzika (podstata jaderných jevů)  
chemie (vliv jaderných jevů na chemické vlastnosti látek)  
biologie (působení jaderného záření na organismy)

## **C) Třídění jaderné chemie**

Obecná jaderná chemie  
„Radiochemie“  
Radiační chemie  
Ostatní přidružené disciplíny



## Leptony

- vyznačují se slabými interakcemi
- nemají vnitřní strukturu
- lze je považovat za fundamentální částice

<b>Leptonové číslo pro leptony:</b>	<b><math>1/2</math></b>
<b>Leptonové číslo pro antileptony:</b>	<b><math>-1/2</math></b>
<b>Náboj:</b>	0 nebo -1

<b>Nábojová čísla a hmotnosti leptonů</b>			
		<b>Z</b>	<b>m(u)</b>
<b>elektron</b>	$e^-$	<b>-1</b>	<b><math>5,5 \cdot 10^{-4} (m_0)</math></b>
<b>elektronové neutrino</b>	$\nu_e$	<b>0</b>	<b><math>\leq 5 \cdot 10^{-9}</math></b>
<b>mion</b>	$\mu^-$	<b>-1</b>	<b><math>0,1144 (\sim 200 m_0)</math></b>
<b>mionické neutrino</b>	$\nu_\mu$	<b>0</b>	
<b>lepton</b>	$\tau^-$	<b>-1</b>	<b><math>1,915 (\sim 2000 m_0)</math></b>
<b>tauonické neutrino</b>	$\nu_\tau$	<b>0</b>	

Doba života mionu a tauonu je krátká ( $10^{-6}$ , resp.  $10^{-13}$  s).

Leptony a antileptony se liší tzv. **točivostí** (orientace spinového momentu hybnosti)

### Zákon zachování leptonového čísla:

Celkové leptonové číslo je před interakcí a po ní stejné

## Hadrony (je jich cca 200)

		<b>spin</b>
<b>Mezony:</b>		<b>0 nebo celočíselný</b>
<b>Baryony:</b>	nukleony (proton, neutron)	<b>1/2, 3/2</b>
	hyperony (částice těžší než nukleony)	

<b>Baryonové číslo pro baryony:</b>	1
<b>Baryonové číslo pro antibaryony:</b>	-1
<b>Baryonové číslo pro mezony a leptony:</b>	0

Platí **zákon zachování baryonového čísla**

Celkové baryonové číslo je před interakcí a po ní stejné

## Fundamentální částice

Velký počet hadronů a antihadronů je dán představou o jejich vnitřní struktuře, které jsou tvořeny malým počtem

***fundamentálních částic druhého typu***, tzv. **kvarků**

(e jich 6 druhů, mají baryonové číslo  $B = 1/3$  a zlomkový elektrický náboj  $Z = 2/3$  nebo  $-1/3$ )

**Označení kvarků** - termín „vůně“ (flavour)

**Vlastnosti kvarků :**

<b>nábojové číslo</b>	<b>Z</b>
<b>podivnost (strangeness)</b>	<b>S</b>
<b>půvab (charm)</b>	<b>C</b>
<b>krása (beauty)</b>	<b>B</b>
<b>pravda (truth)</b>	<b>T</b>

kvark	vůně	hmotnost (v jedn. u)	Z	S	C	B	T
<i>d</i>	down	0,0086	-1/3	0	0	0	0
<i>u</i>	up	0,0054	2/3	0	0	0	0
<i>s</i>	strange	0,17	-1/3	-1	0	0	0
<i>c</i>	charm	1,61	2/3	0	1	0	0
<i>b</i>	bottom	4,56	-1/3	0	0	1	0
<i>t</i> (1994)	top	193	2/3	0	0	0	1

### Pravidla pro kvarkovou skladbu hadronů:

- **baryon** obsahuje vždy **tři kvarky**
- **antibaryon** obsahuje **tři antikvarky**
  
- **mezon** obsahuje **jeden kvark** a **jeden antikvark**
  
- **baryonová, nábojová a další kvantová čísla kvarků se sčítají a dávají kvarku pozorované vlastnosti**

### Silné interakce:

Příčinou soudržnosti kvarků jsou tzv. **silné interakce** (je cca 100 x silnější než interakce elektromagnetické).

- je zprostředkována **výměnou** jiné částice která má velmi krátkou dobu života (tato částice je po emisi jednou částicí okamžitě absorbována druhou interagující částicí – nelze ji proto jako částici zaznamenat -**virtuální částice**)
- kvanta silového pole mezi kvarky se nazývají **gluony**, které jsou nehmotné a nemají elektrický náboj
- působení interakcí mezi kvarky je omezeno na malý prostor

- kvarky nemohou existovat samostatně (k jejich uvolnění by bylo zapotřebí extrémně vysoké energie) – proto pozorujeme pouze jejich přeskupování za vzniku jiných mezonů a hadronů.
- proces výměny je komplikovaný, neboť každý kvark může existovat ve třech kvantových stavech označovaných jako **barva** (červená, modrá, zelená)
- Pojem barva lze si představit jako „velmi silný“ elektrický (barevný) náboj, který je podstatou silné interakce
- podle teorie musí být vznikající hadron „bezbarvý“  $\Rightarrow$  kvarky se musí vhodně kombinovat
- při výměně gluonu mezi dvěma kvarky mění oba kvarky svou barvu tak, aby hadron zůstal bezbarvý

### Vlastnosti některých mezonů

	hmotnost (u)	Z	kvarkové složení
$\pi^+$	<b>0,150</b>	<b>+1</b>	<b><i>u<math>\bar{d}</math></i></b>
$\pi^-$	<b>0,150</b>	<b>-1</b>	<b><i>d<math>\bar{u}</math></i></b>
$\pi^0$	<b>0,145</b>	<b>0</b>	<b><i>u<math>\bar{u}</math> nebo d<math>\bar{d}</math></i></b>
<b>K<math>^+</math></b>	<b>0,530</b>	<b>+1</b>	
<b>K<math>^-</math></b>	<b>0,530</b>	<b>-1</b>	
$\Phi$	<b>1,095</b>	<b>0</b>	<b>atd....</b>
<b>J/<math>\Psi</math></b>	<b>3,32</b>	<b>0</b>	
<b>D<math>^0</math></b>	<b>2,00</b>	<b>0</b>	
<b>D<math>^+</math></b>	<b>2,005</b>	<b>+1</b>	

## Vlastnosti některých baryonů

	hmotnost (u)	Z	kvarkové složení
<b>p</b>	<b>1,0072765</b>	<b>+1</b>	<b><i>uud</i></b>
<b>n</b>	<b>1,0086650</b>	<b>0</b>	<b><i>udd</i></b>
$\Lambda$	<b>1,198</b>	<b>0</b>	<b><i>uds</i></b>
$\Sigma^+$	<b>1,227</b>	<b>+1</b>	<b><i>uus</i></b>
$\Sigma^-$	<b>1,277</b>	<b>-1</b>	<b><i>dds</i></b>
$\Omega^-$	<b>1,795</b>	<b>-1</b>	<b><i>sss</i></b>
$\Lambda_c^+$	<b>2,42</b>	<b>+1</b>	<b><i>udc</i></b>

## Oblast atomů, jader a jejich radioaktivních přeměn

je dána pouze čtyřmi fundamentálními částicemi první generace

<b>elektron</b>	<b><i>e<sup>-</sup></i></b>
<b>elektronové neutrino</b>	<b><i><math>\nu_e</math></i></b>
<b>kvark <i>u</i></b>	<b><i>u</i></b>
<b>kvark <i>d</i></b>	<b><i>d</i></b>

Další generace fundamentálních částic vytvářejí neobvyklé a nestálé hadrony při interakci částic s vysokou energií.

Existují i neobvyklé kombinace dalších leptonů a hadronů – vznikající atomy se nazývají **exotické**

Možné jsou i **antiatomy**, které jsou tvořeny pouze antičásticemi (poprvé v r. 1996)