

# predavanje 13: Atomska jezgra. Valovi materije

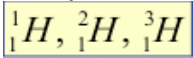
## 1. Od čega je građena jezgra atoma, što je redni broj i kako se označava, što je maseni broj i kako se označava, što su izotopi, a što izobari (obavezno)?

Jezgra atoma se sastoji od protona i neutrona, naboj protona je pozitivan i jednak naboju elektrona, dok je neutron neutralan. Masa jezgre je praktički jednaka masi atoma jer je masa elektronkog omotača zanemariva.

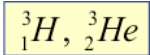


**A** - Maseni broj,  $A=Z+N$ , broj nukleona  
**Z** - Redni broj – broj protona  
**N** - broj neutrona,  $N=A-Z$

Izotopi – nuklidi (jezgre) koje imaju jednaki broj protona (isti Z), ali različit broj neutrona:



Izobari su nuklidi jednakog broja nukleona (isti A):



## 2. Navedite i objasnite tipove radioaktivnosti (obavezno).

**Radioaktivnost** je raspadanje nestabilnih nuklida koji se raspadom pretvaraju u druge nuklide, uz oslobađanje energije. Za nestabilne nuklide kažemo da su **radioaktivni**. Od oko 2000 danas poznatih nuklida samo ih je 266 stabilno, a ostali su radioaktivni.

Utvrđeno je da postoje tri tipa radioaktivnosti:

**Alfa raspad** – jezgra spontano emitira jezgru helija

**Beta raspad** – jezgra spontano emitira elektron ili pozitron (antielektron)

**Gama raspad** – jezgra spontano emitira gama zraku – foton visoke energije

## 3. Detaljnije objasnite zakon radioaktivnog raspada.

**Radioaktivni raspad** je statističke prirode, ne možemo predvidjeti kad će se određena jezgra raspasti, ali možemo izračunati vjerojatnost da se proces dogodi.

**Radioaktivni raspad** je opisan izrazom:  $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$  gdje je:

N ukupni broj NEraspadnutih jezgri nakon vremena t,

$-\frac{dN}{dt}$  brzina radioaktivnog raspada (**aktivnost**) [ $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$ ],

$\lambda$  konstanta raspada [ $\text{s}^{-1}$ ] koja određuje brzinu raspada radioaktivne jezgre i ovisi o tipu nuklida.

U trenutku  $t=0$  je  $N=N_0$ .

Vrijedi da je:  $\frac{dN}{N} = -\lambda dt \Rightarrow \int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt \Rightarrow \ln N = -\lambda t + \ln C \Rightarrow N = C e^{-\lambda t}$

Rješenje jednadžbe je eksponencijalni **zakon radioaktivnog raspada**:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$   
gdje je  $N_0$  početni broj jezgri u trenutku  $t=0$ , a  $N$  broj NEraspadnutih jezgri.

Vrijeme poluraspada (poluživota) za koje se raspadne polovina jezgara:  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$ .

Srednje vrijeme života jezgre:  $\tau = 1/\lambda$ . Za  $t = \tau \Rightarrow N = N_0 / e$ .

#### 4. Što je energija vezanja jezgre, što je defekt mase i kako su povezane te dvije veličine?

**Energija vezanja jezgre** je energija potrebna da se nukleoni vezani u jezgri razdvoje. Može se lako vidjeti da je masa nuklida manja od zbroja mase protona i neutrona od kojih je nuklid sastavljen. Razlika ukupne mase protona i neutrona i masa nuklida zove se **defekt mase**:

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_A$$

Pri spajanju nukleona u jezgru oslobodila bi se energija  $\Delta m c^2$ . Da bismo jezgru rastavili na sastavne nukleone, tu energiju moramo utrošiti. Prema tome energija vezanja je:

$$E_b = \Delta m c^2$$

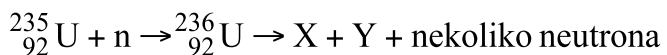
Za jezgru mase  $m_A$ , sastavljenu od  $A$  nukleona, od kojih je  $Z$  protona i  $A-Z$  neutrona, energija vezanja, tj. energija potrebna za odvajanje svih nukleona iz jezgre jest:

$$E_b = [Z m_p + (A - Z) m_n - m_A] c^2$$

Koristi se i pojam energije vezanja po nukleonu  $\left( \frac{E_b}{A} \right)$ . Taj podatak upućuje na stabilnost jezgre.

#### 5. Objasnite proces fisije i fuzije.

**Fisija** je proces cijepanja teške jezgre na dva približno jednaka fragmenta, uz oslobađanje energije. U uranu i sličnim jezgrama fisija se najčešće izaziva neutronima (najpogodniji projektili za bombardiranje jezgre jer ne osjećaju odbojnu električnu silu kad su blizu jezgre). Kada neutron uđe u jezgru i veže se za ostale nukleone, oslobođena se energija vezanja pobuđuje jezgru iznad one minimalne energije potrebne za fisiju i jezgra se raspada. Jedan od najpoznatijih takvih procesa je fisija jezgre  $^{235}_{92}\text{U}$  nakon uhvata sporog neutrona:



$$Q = \text{oko } 200 \text{ MeV}$$

Nakon svake fisije prosječno jedan nastali neutron uzrokuje novu fisiju, nastat će proces koji će sam sebe održavati (lančana reakcija). Taj se proces događa u nuklearnim reaktorima. Da bi se kod nuklearnoga reaktora kontroliraju taj proces tj. da bi se kontrolirala lančana reakcija stavljaju se deseci grafitnih štapića koji apsorbiraju nastale neutrone. Kad ne bi postojali grafitni štapići proces fisije bi se eksponencijalno povećavao te bi došlo do eksplozije (nuklearna bomba).

**Fuzija** je spajanje lakih jezgri u težu, uz oslobađanje energije. Zbog elektrostatskih odbojnih sila jezgre koje sudjeluju u fuziji moraju imati veliku kinetičku energiju da bi savladale kulonsku barijeru i došle u međusobni dodir. Toliko velike kinetičke energije mogu se postići ubrzavanjem u akceleratorima ili zagrijavanjem do visokih temperatura.

Fuzija na Suncu i zvjezdama je izvor energije. Za fuziju je potrebna vrlo visoka temperatura pa se tako oslobođena energija zove termonuklearna energija. U budućnosti kontrolirana termonuklearna reakcija bit će važan izvor energije.