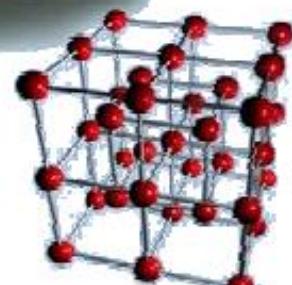
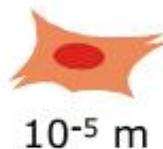


Atomska jezgra

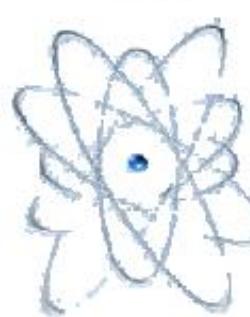


10^{-3} m

Stanica



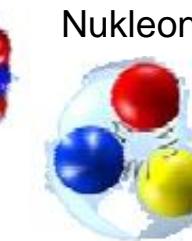
10^{-5} m



10^{-10} m



10^{-14} m



10^{-15} m

Kvark

$<10^{-18} \text{ m}$

Razvoj nuklearne fizike

- 1896. – rođenje nuklearne fizike
 - Becquerel otkrio radioaktivnost
- 1899. Rutherford pokazao da postoje različite vrste zračenja
 - Alpha (He jezgra)
 - Beta (elektroni)
- 1900. Villard otkrio treću vrstu zračenja
 - Gamma (fotoni visoke energije)
- 1911. Rutherford, Geiger and Marsden eksperimenti raspršenja
 - otkrili da je dimenzija jezgre 100000 puta manja od dimenzije atoma
 - *Nuklearna sila* je novi oblik sile
- 1919. Rutherford i suradnici otkrili su nuklearnu reakciju u kojoj alfa česticama bombardirane jezgre dušika proizvode kisik
- 1932. Cockcroft and Walton prvi su koristili ubrzane protone da stvore nuklearne reakcije
- 1932. Chadwick je otkrio neutron
- 1933. supružnici Curie otkrili umjetnu radioaktivnost
- 1938. Hahn and Strassman otkrili nuklearnu fisiju
- 1942. Fermi postigao prvi reaktor za kontroliranu nuklearnu fisiju

Neka svojstva jezgre

- Jezgre se sastoje od protona i neutrona
 - S izuzetkom vodika koji sadrži samo proton
- *Atomski broj*, Z, jednak je broju protona u jezgri
- *Neutronski broj*, N, jednak je broju neutrona u jezgri
- *Maseni broj*, A, jednak je broju nukleona (protona i neutrona) u jezgri
 - $A = Z + N$
- Zapis
$$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$$
 gdje je X kemijski simbol elementa
- Primjer:
$$\begin{matrix} 27 \\ 13 \end{matrix} Al$$
 - Maseni broj je 27
 - Atomski broj je 13
 - Sadrži 13 protona
 - Sadrži 14 ($27 - 13$) neutrona

Naboj i masa

Naboj:

- Elektron ima negativan jedinični naboj, $-e$ ($e = 1.60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- Proton ima pozitivan jedinični naboj, $+e$
 - Stoga je naboj jezgre Ze
- Neutron nema naboj
 - Stoga ga je teško detektirati

Masa:

- Koristi se *atomska jedinica mase*
 - $1 \text{ u} = 1.660559 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 - masa atoma C-12 je 12 u

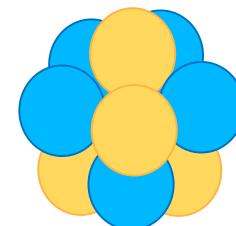
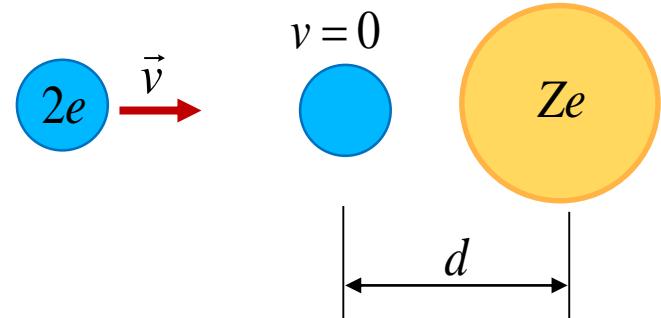
Veličina jezgre

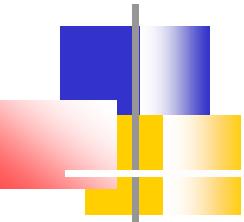
- Rutherfordovi eksperimenti
- Našao je izraz za udaljenost na koju može doći alfa čestica prije nego bude vraćena nazad Coulombovom silom
- Mora vrijediti

$$\frac{1}{2}mv^2 = k_e \frac{q_1 q_2}{r} = k_e \frac{(2e)(Ze)}{d}$$

$$d = \frac{4k_e Ze^2}{mv^2}$$

- Za zlato: $d = 3.2 \times 10^{-14}$ m, za srebro: $d = 2 \times 10^{-14}$ m
 - Nakon Rutherforda, mnogi drugi eksperimenti su pokazali da je
 - Da je većina jezgara aproksimativno sferna
 - Srednji radius
 - $r_o = 1.2 \times 10^{-15}$ m





Nuklearna stabilnost

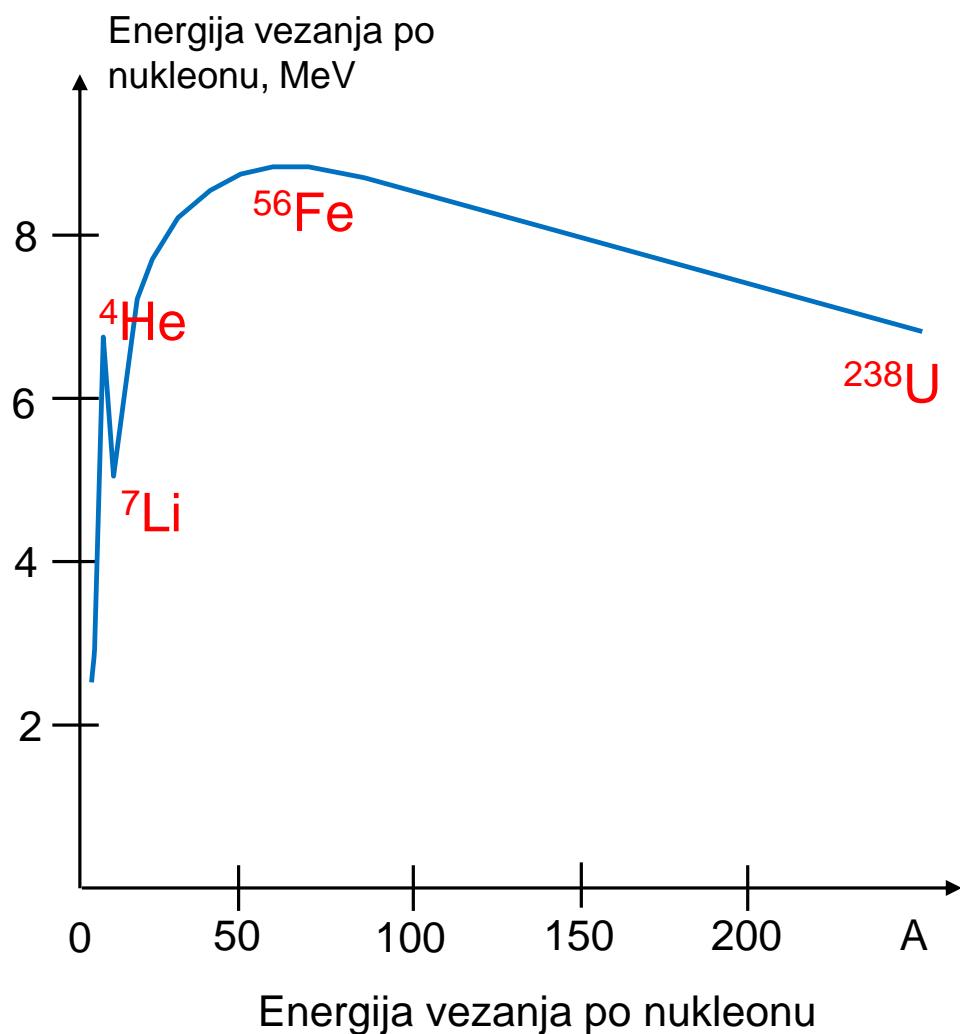
- Među protonima su **odbojne elektrostatske sile**
 - Zbog njih bi se protoni razdvojili jedni od drugih
- Jezgre su stabilne zbog, kratkodosežne sile, nazvane **nuklearna (ili jaka) sila**
 - Ovo je **privlačna sila** koja djeluje među svim nuklearnim česticama
 - Nuklearna privlačna sila je jača nego odbojna Coulombova sila na malim udaljenostima unutar jezgre

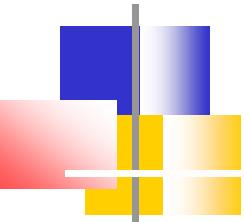
Izotopi

- Jezgre svih atoma određenog elementa moraju sadržavati isti broj protona
- Mogu sadržavati različiti broj neutrona
 - *Izotopi* nekog elementa imaju isti Z , ali različite N i A

Energija vezanja

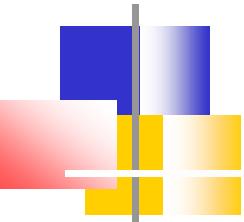
- Ukupna energija vezanog sistema (jezgre) je manja nego zbroj energija pojedinih odvojenih nukleona
 - Ova razlika u energiji naziva se *energija vezanja* jezgre
 - Može je se smatrati količinom energije koju moramo dovesti jezgri da bismo je rastavili na odvojene protone i neutrone





Radioaktivnost

- *Radioaktivnost* je spontana emisija zračenja
- Eksperimenti su ukazali da je radioaktivnost rezultat raspada nestabilnih jezgara
- Mogu se emitirati tri vrste zračenja
 - **Alfa** čestice
 - Jezgre ${}^4\text{He}$
 - **Beta** čestice
 - elektroni ili pozitroni
 - pozitron je *antičestica* elektrona
 - Slična je elektronu osim što joj je naboј $+e$
 - **Gamma** zrake
 - Fotoni visoke energije



Vremenski zakon radioaktivnog raspada

- Broj jezgara koje se raspadnu u danom vremenu proporcionalan je ukupnom broju jezgara u radioaktivnom uzorku

$$\Delta N = -\lambda N (\Delta t)$$

- λ se naziva *konstanta raspada*
- *Aktivnost*, A , radioaktivnog uzorka se definira kao broj raspada po sekundi

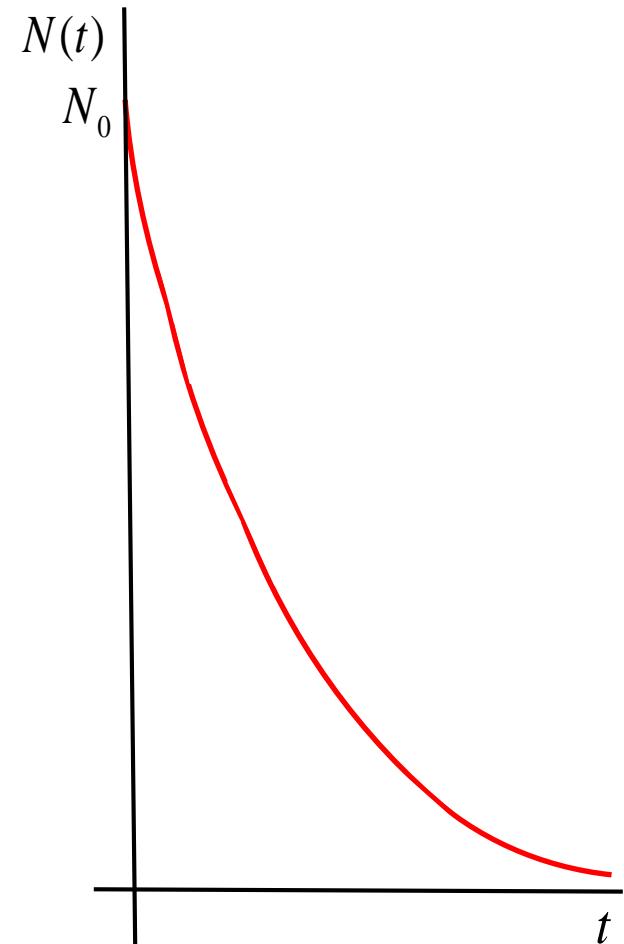
$$R = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| = \lambda N$$

- Krivulja raspada

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

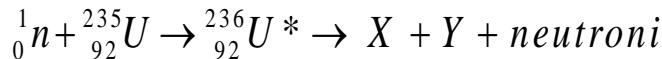
- Vrijeme poluživota je vrijeme potrebno da se polovina danih radioaktivnih jezgara raspadne

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$



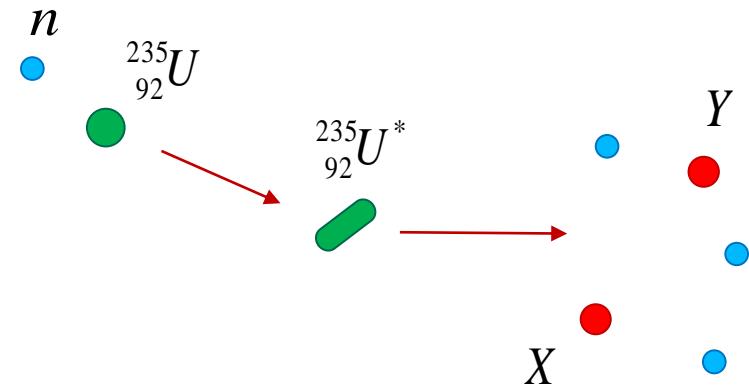
Nuklearna energija

- **Fisija**
 - Jezgra velikog masenog broja rastavlja se na dvije manje jezgre
 - Ukupna masa produkata je manja od originalne mase teške jezgre
- Otkrili su je 1939 Otto Hahn i Fritz Strassman , Lisa Meitner i Otto Frisch objasnili su je nedugo nakon toga
- Fisija ^{235}U izazvana niskoenergijskim neutronima



- $^{236}\text{U}^*$ kratko živi
- X i Y su *fragmenti fisije*
 - Mnoge kombinacije X i Y zadovoljavaju zakone sačuvanja energije i naboja

- **Fuzija**
 - Dvije lake jezgre spajaju se da bi formirale težu jezgru
- Velika količina energije je oslobođena u oba procesa



Lančana reakcija

- Neutroni su emitirani pri fisiji ^{235}U
- Ovi neutroni pokreću fisiju drugih jezgri
- Ovaj proces se naziva *lančana reakcija*
 - Ako je nekontrolirana, dolazi do razorne eksplozije
 - Ovaj princip je u osnovi nuklearne bombe, kod koje 1 g urana može ^{235}U oslobođiti energiju jednaku energiji 20000 tona TNT-a

