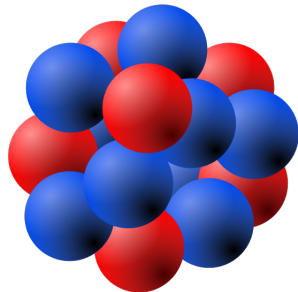


FY 8: Ydinfysiikkaa

Tapio Hansson

Ydin

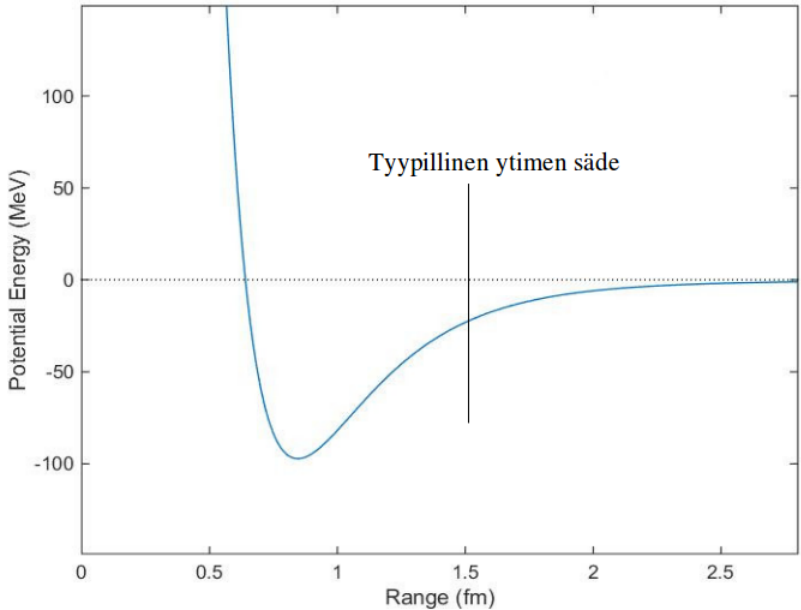
- ▶ Ydin on atomin mittakaavassa äärimmäisen pieni. Sen koko on muutaman femtometrin luokkaa (10^{-15} m), kun taas koko atomin halkaisija on ångströmin luokkaa (10^{-10} m).
- ▶ Ydinhiukkasia, protoneja ja neutroneja kutsutaan nukleoneiksi.
- ▶ Jos esimerkiksi vety-ydin olisi halkaisijaltaan n. 2 mm, sijaitsis elektronin todennäköisin sijainti 38 metrin päässä siitä.



kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nucleus_drawing.svg

Ydinvoima

- ▶ Ytimessä vaikuttavista voimista merkittävimmät ovat sähköinen hylkimisvoima protonien välillä ja vahvan vuorovaikutuksen aiheuttama voima, joka vaikuttaa etäisyydestä riippuen joko hylkivänä tai sitovana.
- ▶ Nukleonit koostuvat kvarkeista joiden välillä vahva voima vaikuttaa. Voimasta jää niinsanottu jäännösvoima, joka ulottuu nukleonin ulkopuolelle ja sitoo näin ytimen kasaan.
- ▶ Sähköinen voima on verrattain pieni, joten vahva vuorovaikutus määrää enimmäkseen ytimen sidosvoiman käyttäytymisen.
- ▶ Gravitaatiolla ei ole merkitystä ytimen kokoluokassa ja heikko vuorovaikutus aiheuttaa usein ytimen hajoamisen, mutta se ei vaikuta jatkuvasti.



Ytimien luokittelu ja merkinnät

- ▶ Protonien määrä ytimessä määrää mitä alkuainetta ydin on. Tätä lukumäärää merkitään kirjaimella Z ja kutsutaan *järjestysluvuksi*.
- ▶ Neutronien lukumäärää kuvaa *neutroniluku* N . Saman alkuaineen ytimissä voi olla eri määriä neutroneja.
- ▶ Ytimiä, joilla on sama määrä protoneja, mutta eri määrä neutroneja kutsutaan *isotoopeiksi*.
- ▶ Tietyllä *ydinlajilla* on aina sama *massaluku* A , eli järjestysluvun ja neutroniluvun summa.

$$A = Z + N$$

Ytimien luokittelu ja merkinnät

- ▶ Jokaisella alkuaineella on oma kemiallinen merkkinsä, jota käytetään myös ytimiä merkitessä.
- ▶ Ytimen tunnus on muotoa

$A_ZX_N,$

jossa X on alkuaineen kemiallinen tunnus, Z järjestysluku, A massaluku ja N neutroniluku.

- ▶ Esimerkiksi radiohiiliajoituksessa käytettävän hiili-14:n merkintä on



- ▶ Neutroniluku on yleensä tapana jättää merkitsemättä, ja toisinaan myös järjestysluvun oletetaan selviävän kemiallisesta tunnuksesta.



Ytimen koko

- ▶ Jokainen nukleoni vie hieman tilaa, joten mitä raskaampi alkuaine on kyseessä, sitä kookkaampi on myös ydin.
- ▶ Nukleonit asettuvat kolmeen ulottuvuuteen mahdollisimman tiiviisti, jolloin ytimen säde kasvaa likimääräisesti verrannollisesti massaluvun kuutiojuureen.

$$r \approx r_0 \sqrt[3]{A}$$

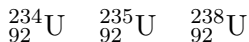
- ▶ Ydin on likimain pallon muotoinen, ja pallon tilavuus on verrannollinen säteen kuutioon, joten ytimen tilavuus suoraan verrannollinen massalukuun.

$$V \approx \frac{4}{3} \pi r_0^3 A$$

- ▶ Molemmat ylläolevista kaavoista ovat varsin karkeita malleja ytimelle, mutta toimivat kohtalaisen hyvin kaikille ydinlajeille.

Isotoopit

- ▶ Alkuaineen isotoopit ovat tietyn alkuaineen ytimen versioita, joissa on erimäärät neutroneja. Esim.



- ▶ Isotooppeja voi olla jopa kymmeniä, mutta yleensä korkeintaan muutama on vakaita ja loput hajoavat radioaktiivisesti.
- ▶ Isotooppeja ei voi erottaa kemiallisesti toisistaan, sillä kemialliset ominaisuudet riippuvat vain elektronirakenteesta.
- ▶ Erimassaisia ytimiä voidaan erotella kuitenkin esimerkiksi massaspektrometrin avulla.

Atomimassayksikkö u

- ▶ Koska ytimien massat ovat niin pieniä, on kätevempää käyttää atomimassayksikköä, jolloin ytimien massan ja massaluvun välille tulee likimääräinen yhteys.
- ▶ Atomimassayksiköksi on sovittu $\frac{1}{12}$ ^{12}C :n massasta.
- ▶ Vapaiden nuklidien massat ovat hieman yli yhden u:n.
- ▶ $1 m_p = 1,0072765 \text{ u}$ ja $1 m_n = 1,0086650 \text{ u}$.
- ▶ Kilogrammoina atomimassayksikkö on

$$1 \text{ u} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$