

17. tétel: Magfizika

Atommag felépítése:

- p+ és n0-kból áll
- általában n0-ból több van, mivel a protonok pozitívak, így taszítják egymást
- az úgynevezett "magerők" tartják (van más néven "erős kölcsönhatás") egyben
- ezt a tömegdefektussal lehet kiszámolni az " $E = m \cdot c^2$ " képletből ahol az "m" a tömegdefektus

Tömegdefektus: A kötött rendszer alacsonyabb energiájú, mint az alkotórészei, amikor nincsenek kötött állapotban, emiatt a tömegüknek kisebbnek kell lennie, mint az összetevők tömegeinek összege. Olyan rendszerek esetén, melyeknél a kötési energia alacsony, ez a kötés utáni „veszteség” elég kicsi hányada lehet a teljes tömegnek. A nagy kötési energiájú rendszerek esetén azonban a hiányzó tömeg könnyen mérhető rész. (kiszámítási módja benne van a fgv táblában).

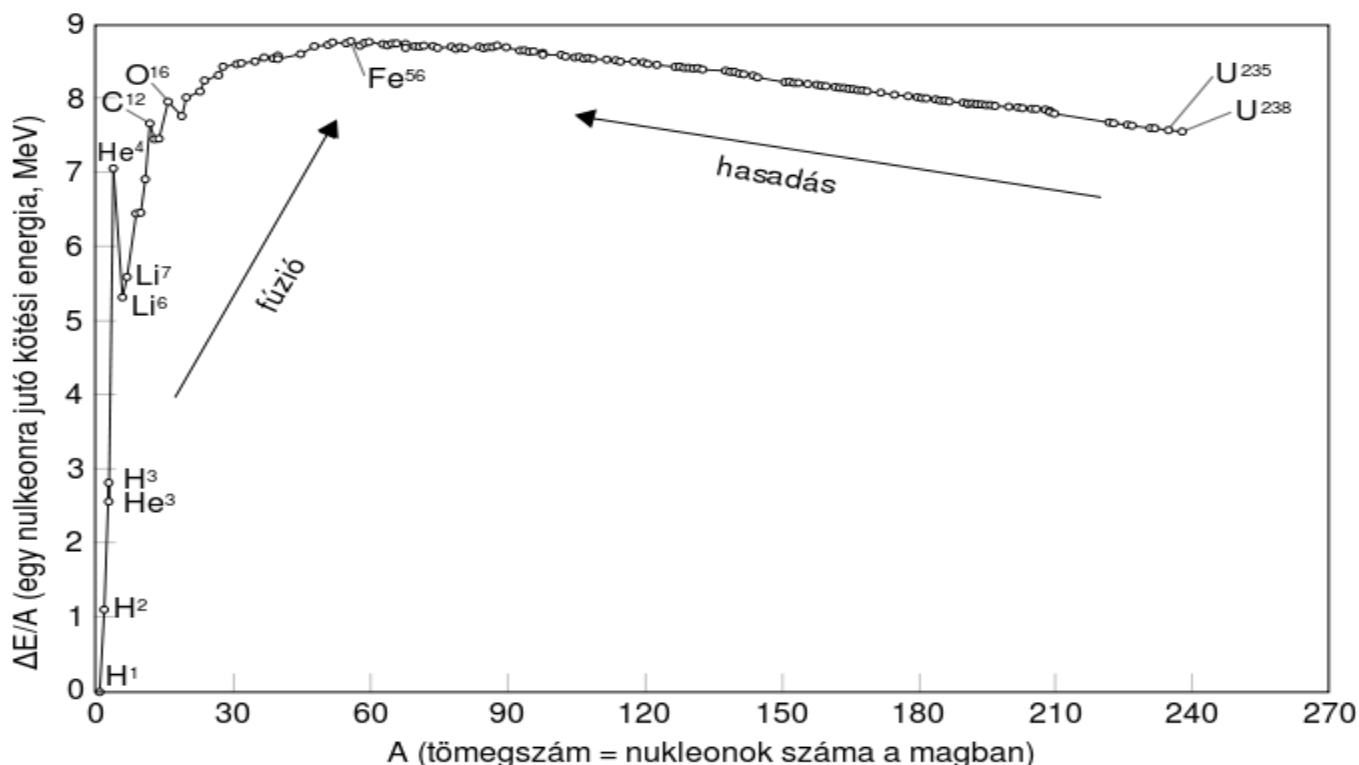
Kötési energia: Egy atommag kötési energiáján azt az energiát értjük, melynek befektetésével az atommag egymástól távol lévő, szabad nukleonra bontható fel. Jele: E_k .

$$E_b = \Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (m_s - m_b) \cdot c^2 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_b) \cdot c^2$$

Az atommag tömegének a növekedésével a magerők nagysága is növekszik, viszont egy bizonyos méret után már nem képesek a magerők a mag egészére kihatni, mivel erős exponenciális csökkenés tapasztalható az erő nagyságában a távolság növekedésével. A rendszámnövekedésével a protonok száma is növekszik, így az általuk kifejtett taszítóerő is.

Ebből következik:

- Legstabilabb maggal a Nikkel-62 (ez után a vas következik) rendelkezik mivel mérete nem túl nagy, viszonylag nehéz, de nincs benne túl sok proton
- A nikkelnél kisebb rendszámú magokra a fúzió (összeolvadás), míg a nagyobb rendszámú magokra a frisszó azaz a bomlás/maghasadás jellemző (ez nem jelenti azt, hogy a nikkelt utáni elemeket nem lehet fúzióra készíteni)
- A209-nél több nukleont tartalmazó magok (6 nukleonnyi átmérőnél nagyobbak) túl nagyok lesznek ahhoz, hogy stabilak legyenek, és spontán módon bomlanak könnyebb magokra.



Magfúzió:

- A magfúzió olyan magreakció, ami során két kisebb atommag egyesül egy nagyobbat eredményezve.
- Ez a folyamat lehet exoterm (energia leadás) vagy endoterm (energia felvétel), a kiinduló magok atomtömegétől függően.
- Az elemek közül a vas és a nikkel a legstabilabbak (ők rendelkeznek a legnagyobb fajlagos kötési energiával).
- Ha a fúzióban résztvevő elemek könnyebbek a vasnál, akkor a folyamat energiatöbblettel jár, ellenkező esetben energiát kell befektetni.
- Ez a folyamat játszódik le a csillagokban és a hidrogénbomba robbanásakor.
- A vasnál nehezebb elemek fúziója (endoterm voltukból kifolyólag) szélsőséges feltételeket követel, mint például a szupernóva robbanás.
- A természetben található elemek mind csillagokban és szupernóva robbanás közben jöttek létre.
- Hogy a fúzió megtörténjen, az atommagoknak le kell győzniük a potenciálgátat.

Maghasadás:

- A maghasadás során egy atommag két vagy több, kisebb magra szakad. A maghasadás során jelentkezhet alfa-, béta-, gamma-, valamint neutronsugárzás is. Ezt (többek között) az atomerőművekben használják ki, ahol szabályozott láncreakcióként megy végbe a maghasadás.

Sugárzások (és bomlástípusok):

- **α-sugárzás:** az atommag egy kétszeresen pozitív töltésű, 4-es tömegszámú héliummagot bocsát ki, melyet α-részecskének nevezünk. Roncsoló képessége igen nagy, ám hatótávolsága kicsi (könnyen elnyelődik: papírlap, sőt az emberi bőr is könnyen elnyeli).
 - Alkalmazása: mesterséges magátalakítások, az elsőt Rutherford végezte 1919-ben Nitrogén és alfarészecske ütköztetésével hozott létre oxigént. Az izotópos füstjelző berendezések működésének elve, hogy a kis áthatoló képességű alfa-részecske a levegőben lebegő szilárd részecskéken (magyarul füst) nagymértékben elnyelődik, így az átfolyó áram hirtelen lecsökken.
- **β-sugárzás:** (elektron kibocsátás) áthatoló képessége és roncsoló képessége is az α és γ sugárzás között van. (alumíniumlemezzel pl. már le lehet árnyékolni)
 - β⁻ : "A folyamat során egy neutron protonná alakul elektron és antielektron kibocsátás mellett. A keletkező atom rendszáma emiatt eggyel növekszik, tömegszáma változatlan marad. Neutronfelesleggel rendelkező atomokra jellemző."
 - β⁺ : "A folyamat során egy proton neutronná alakul egyszeresen pozitív pozitron (antielektron) és elektron kibocsátása mellett. A keletkező atom rendszáma emiatt eggyel csökken, tömegszáma változatlan marad."
- **γ-sugárzás:** A gamma-sugárzás nagyfrekvenciájú elektromágneses hullámokból álló sugárzás, mely a gerjesztett atommagok alacsonyabban fekvő állapotba történő átmenetekor, az úgynevezett gamma-bomláskor keletkezik. Ez a bomlás sok esetben kíséri az alfa- és béta-bomlást, valamint a magreakciókat. A gamma-sugárzás töltéssel nem rendelkezik, ezért áthatoló képessége igen nagy (vastag ólom vagy betonréteg nyeli csak el.), roncsoló képessége azonban kisebb a többi sugárzásénál.
 - Alkalmazása:
 - sterilizálás
 - terápia – rákos daganatok eltávolítása
 - radiológia – radioaktív izotópok nyomon követése a szervezetben
 - gamma radiográfia – roncsolásmentes anyagvizsgálat, átvilágítás, hibakeresés
 - elem analízis – karakterisztikus gamma fotonok segítségével

A radioaktív sugárzások mérése a sugárzások ionizáló és fényfelvillanást okozó hatásán alapszik:

- A Geiger–Müller-cső egy gáztöltésű detektor, ami az ionizáló sugárzás detektálására képes.
- Általában henger alakú, a közepén egy vékony dróttal.
- A henger palástja játssza a katód, a drót az anód szerepét.
- A henger egyik alapján vékonyabb a fal – ezen keresztül jut az ionizáló sugárzás a csőbe.
- A sugárzás által keltett elektronok és ionok elkezdnek áramlani az elektródák felé, ezzel áramot keltve.

- A csőre kapcsolt feszültség 1000 V körül mozog.
- A magas feszültségnek köszönhetően nincs szükség erősítőre, a jelet direkt lehet a számlálóba vezetni – egyszerű modellek esetében egy hangszóróra.
- A magas feszültség miatt akár egyetlen elektron – ion pár is kisülést okoz, így a Geiger–Müller-cső alkalmatlan energiamérésre.
- Egyszerűsége miatt azonban ideális eszköz, ha terepen radioaktív sugárzást szeretnénk kimutatni.

A láncreakció típusai:

- A maghasadáskor létrejövő szabad neutronok lehetővé teszik, hogy a lövedéktermelő hasadási folyamat önfenntartóvá váljon, és a hasadások száma lavinaszerűen megnöjjön.
- Ezt nevezik maghasadásos láncreakciónak. Pl. az uránatommagok hasadásakor a hasadványpárok mellett 2-3 szabad neutron is kilép az elhasadt atommagból.

Szabályozatlan láncreakció:

- A szabályozatlan láncreakció megvalósításához (pl. hasadó uránbomba) erősen dúsítani kell az uránt. A láncreakció beindulásához szükséges még, hogy a hasadó anyag tömege elérjen egy bizonyos kritikus tömeget.

Szabályozott hasadásos (+atomerőmű működése):

- A szabályozott láncreakciót az atomreaktorokban valósítanak meg.
- A szabályozás elve azon alapszik, hogy a kritikus tömeg alatti hasadóanyagot vékony rúd alakú, hermetikusan zárt csövekbe helyezik el.
- A láncreakció beindulását a csöveket körülvevő neutronlassító közeg (víz vagy grafit), az ún. moderátor alkalmazásával érik el.
- A láncreakció szabályozását pedig az urán rudak közötti neutronelnyelő (kadmium vagy bór) szabályzó rudak mozgatásával oldják meg.
- A moderátor –hasadóanyag- szabályzó rudak elrendezés együttesét, az aktív zónát sugárzáselnyelő tartályban helyezik el, melyet a sugárzásvédelem miatt több méter vastag betonfallal vesznek körül.
- Az atomerőművekben a hőenergiát maghasadás útján felszabaduló magenergia szolgáltatja, melynek felhasználásával vizgőzt állítanak elő.
- A vizgőzzel hajtott gőzturbina forgási energiája alakul át a generátorokban villamos energiává.
- Az atomerőművekben három üzemi kört különböztetünk meg:
 - o Hermetikusan zárt **primerkör**: itt történik a maghasadás útján felszabaduló hőenergia elszállítása a reaktor aktív zónájából a **szekunder kör** gőzfejlesztőjébe.
 - o A szekunderkörben a nyomás csökkentésével a turbinát meghajtó nagy nyomású gőzt állítanak elő.
 - o A **harmadik (tercier) körben** a turbina fáradt gőzét csapattják le vízhűtéssel.

Atombombák:

- Az atombombák, vagy fissziós bombák energiájukat a nehézatommagok hasadásából nyerik: nehéz atommagok (urán vagy plutónium) hasadnak könnyebb elemekké neutronok besugárzása révén (ezek újabb neutronokat hoznak létre, melyek újabb atommagokat bombáznak, láncreakciót eredményezve).
- Az atombombák méretét nem lehet tetszőlegesen növelni, mivel a kritikus tömeg felett maguktól felrobbannak mindenféle külső hatás nélkül.

Hidrogénbombák:

- A hidrogénbombák, vagy fúziós bombák az atommagok egyesülésén, fúzióján alapulnak, amikor könnyebb atommagok, mint például hidrogén vagy hélium állnak össze nehezebb elemekké nagy energia felszabadulása mellett.
- A hidrogénbomba elnevezést az alapanyaga miatt kapta, hívják még termonukleáris fegyvernek is, mivel a fúziós reakciónál a láncreakció beindulásához rendkívül magas hőmérséklet kell.
- A hidrogénbombák tömegének nincsen felső korlátja, mivel csak akkor robban, amikor megfelelően magas a hőmérséklet.

Háromfázisú bombák:

- A fúzió során nagy mennyiségben keletkeznek neutronok, amelyek lehetővé teszik az uránium 238-as izotópjának a hasadását.
- A három fázisú bombákban a fúziós magot uránium 238 köpenyvel veszik körül.

- A robbanás erejéhez mind a fúziós, mind a fissionos reakció jelentős részben hozzájárul. (így érik el a fúzióhoz szükséges hőmérsékletet)

Tudósok:

- James Chadwick angol fizikus (1891-1974) a neutron felfedezéséért 1935-ben kapott Nobel-díjat.
- Rutherford 1920-as évek elején felvetette egy semleges részecske létezésének lehetőségét.