

## 16. Nukleáris kölcsönhatás. Tömegdefektus, kötési energia. Maghasadás, láncreakció. Atomreaktorok működése.

### Nukleáris kölcsönhatás:

Az atommagban  $Z$  számú proton és  $N$  számú neutron van. Közösen nukleonoknak nevezzük őket, és együttes számuk a tömegszám  $A$ . A nukleonok között levő kölcsönhatást erős vagy nukleáris kölcsönhatásnak nevezzük. Ez a kölcsönhatás a kísérletek szerint töltés független, igen erős és mindig vonzó, valamint rövid hatótávolságú.

Legyen  $M(A, Z)$  az  $A$  tömegszámú és  $Z$  rendszámú atommag tömege (ez kísérletileg meghatározható). A kísérletek szerint az alkatrészek tömege nagyobb, mint a belőlük felépített atommag tömege.  $\Delta m$  az ún. tömegdefektus:

$$\Delta m = M(A, Z) - Z m_p - (A - Z) m_n < 0.$$

A kötési energia:

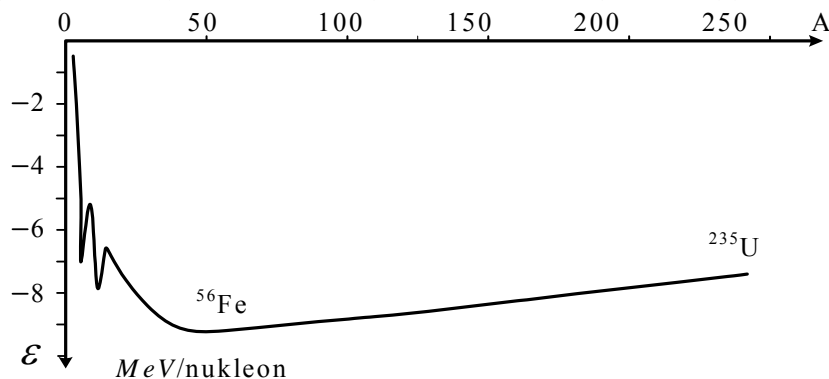
$$E_k = \Delta m c^2.$$

A kötési energia az az energia amivel az atommag energiája mélyebb mint az őt alkotó nukleonok együttes energiája amennyiben azok egymástól távol helyezkednek el.

Az egy nukleonra jutó kötési energia:

$$\varepsilon_k = \frac{E_k}{A}$$

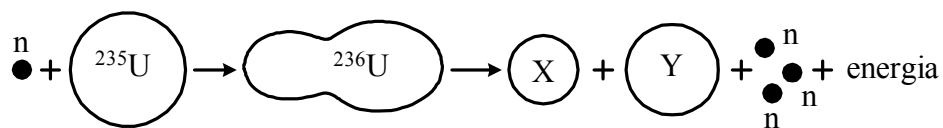
Az ábrán az egy nukleonra jutó kötési energia látható a tömegszám függvényében.



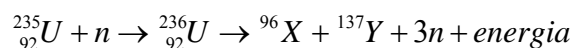
A görbéről megállapítható, hogy az energiavölgy legmélyebb pontja a 26-os rendszámú és 56-os tömegszámú vasnál található. A nukleáris energia felszabadítása olyan atommag átalakulással lehetséges melynek során a fajlagos kötési energia tovább csökken. Mivel a görbének minimuma van, erre két lehetőség kínálkozik:

- kisebb magok egyesítése (fúzió),
- nagyobb magok hasítása.

A maghasadást 1937-ben fedezték fel. Azt a jelenséget, amely során a nagy tömegszámú atommag két közepes tömegszámú atommaggá hasad energia felszabadulás mellett, maghasadásnak nevezzük. Az urán atommag hasadását a neutronnal történő besugárzás váltja ki.



A leggyakoribb reakció:



A hasadások során átlagosan 2,5 neutron jelenik meg.  $\bar{n} \approx 2,5$  neutron / bomlás. A maghasadás során kb. 200 MeV energia szabadul fel, és ennek nagy része a két hasadási termék kinetikus energiájaként jelenik meg. Ha az  $n$  számú hasadásban keletkező  $\sim 2,5 n$  számú neutron közül átlagosan  $n'$  számú idéz elő újabb hasadást, akkor a  $k = \frac{n'}{n}$  hányadost sokszorozási tényezőnek nevezzük. A láncreakciót önfenntartónak nevezzük, ha  $k \geq 1$ .

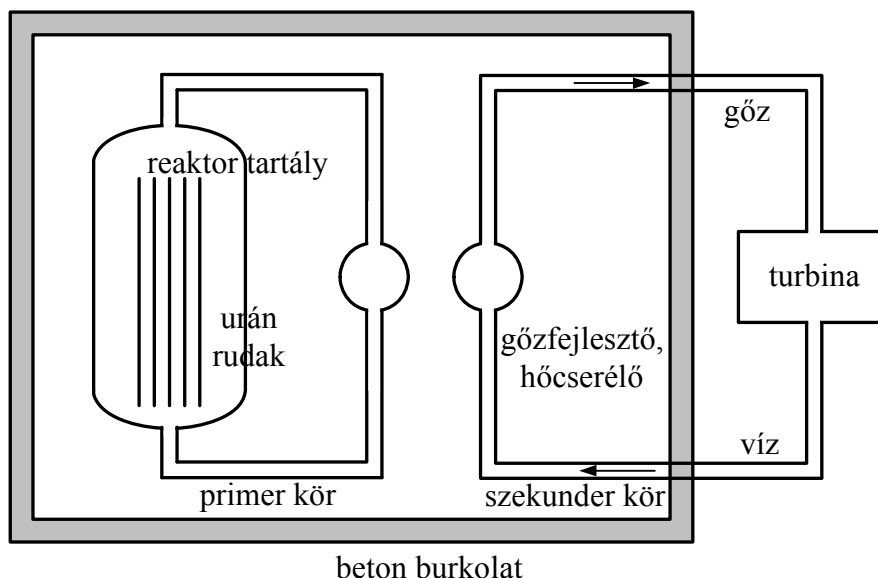
Az urán hasadásakor keletkező neutronok mozgási energiája nagy ezért gyors neutronoknak hívjuk őket. Ezekkel önfenntartó láncreakció nem hozható létre. A neutronokat le kell lassítani ún. termikus neutronokká. Az ilyen neutronok szívesen hasítanak. Azt a közeget, amely a gyorsneutronokat lelassítja, és termikussá teszi, moderátornak nevezzük. Lehetséges moderátor anyagok:

- grafit ( $^{12}\text{C}$ ),
- nehézvíz,
- közönséges víz.

### Az atomerőmű:

Az atomerőmű reaktorában nagy nukleonszámú mag hasad. A hasadáskor felszabaduló energiával vizet melegítenek, és gőzzé alakítják. A kitáguló gőz hajtja a turbinákat és azok a Lorentz-erő révén elektromos energiát termelnek.

Pakson 1982-től üzemel úgynevezett nyomott vizes típusú reaktor. A hasadóanyag 2,5 %-os dúsított urán (97,5 %  $^{238}\text{U}$  és 2,5%  $^{235}\text{U}$ ). A moderátor anyaga közönséges víz, ez biztosítja a láncreakció folyamatosságát, valamint hűti az uránt tartalmazó csöveket. A reaktorban felhevült víz fűti a turbinákat szolgáló vízcsöveket.  $p = 120 \cdot 10^5$  Pa,  $T = \sim 300$  °C. Az ilyen típusú reaktor részben önszabályozó. Ha valahol megszalad a láncreakció, ott felforr a víz, gőzzé válik ennek következtében csökken a moderáló hatása és a láncreakció lelassul.



A primer és a szekunder kör egyaránt zárt, egyikből sem juthat a víz a szabadba, illetve a másik vízkörbe. A szekunderkört a Duna vize hűti. Teljesítménye  $4 \times 440$  MW = 1760 MW. Az ország villamos energia felhasználásának 43 %-át szolgáltatja a Paksi erőmű.