

Bán László

# Az atom energiája

## Bevezetés

A civilizáció fejlődése valószínűleg megállíthatatlan folyamat, az ember nem elégedhet meg a puszta létehez szükséges energiával, ami az emberré váláskor elég volt. A mai civilizáció fenntartásához sokkal több energiára van szükség. Ezért jogos a kérdés: az energiaforrások kimerülése, az energiatermeléssel és -fogyasztással járó nagymértékű környezetszennyezés veszélyezteti-e az emberiség jövőjét? Nő a felelősségük azoknak, akik döntéseket hoznak: hogyan elégítsék ki az energiaigényeket a sokféle lehetőség közül; ugyanakkor változik az emberek tudata is az energetika problémáinak megértésében. Ennek rendkívüli jelentősége van, mert az energia termelésével kapcsolatos mellékhatásoknak, az energia racionális felhasználásának az ismeretei közügygyé kell váljanak. Jelenleg a kőolaj a legfontosabb energiaforrás, ebből hőenergiát nyernek, aminek egy részét elektromos energiává alakítják. A kőolaj, a szén és bizonyos mértékben a földgáz használata energiatermelésre mind nagyobb gondot okoz az emberiségnek. A fő gond a légkör szennyezése. Az új technológiák lehetővé teszik a napenergia és a szélenergia olyan mértékű termelését, hogy egyes országok kezdték leépíteni a légszennyeződést előidézítő erőműveket, és vitatható módon az atomerőműveket is. Ennek megfelelően Németország 2023-ban le-

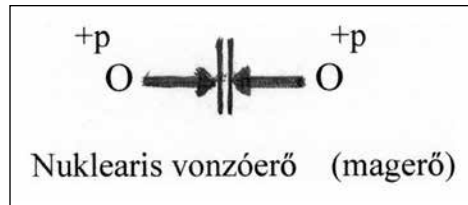
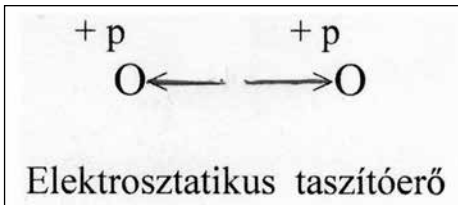
állította a három utolsó atomerőművét. Mivel a nap- és szélenergia működése függ a napszakoktól és az időjárástól, ezeknek térhódításával szükségesnek bizonyult stabil, éjjel-nappal rendelkezésre álló, kevésbé szennyező, nagy teljesítményű erőművek használata is, amivel kiküszöbölhetők az ingadozások az energiatermelésben.

Mai ismereteink szerint elkerülhetetlen az atomenergia használata, ami jól bevált technológia, nem okoz széndioxid-kibocsátást, a sugárzó melléktermékek felhasználása, tárolása megoldott, az üzemzavarok esetén fellépő sugárzás veszélye a technika fejlődésével minimálisra csökkenthető, és ami lényeges, kiegészíti a megújuló energiatermelést. Ezért szükséges a meglévő atomerőművek működésben tartása és újabbak építése. Kína élen jár a megújuló energia termelésében, ugyanakkor a napjainkban épülő 63 atomreaktor nagy része Kínában épül.

Elgondolásunk: megismertetni az atomenergiával kapcsolatos fogalmakat alapvető szinten.

## Honnan ered az atom energiája?

Az atom szerkezetének megismeréséhez nem elégségesek a klasszikus fizika által nyújtott ismeretek. A 20. század első 30 évében a fizikában szemléletváltásra volt szükség, ami a relativitáselmélet és a kvantumelmélet kidolgozásához vezetett.



Az atommagon belül ható erők

Az atommagban egymás mellett találhatók semleges neutronok és töltéssel rendelkező protonok, amik azonos előjelű, pozitív elektromos töltésük miatt taszítják egymást. Mégis, mi tartja össze őket az atommagban? Nos, atomi szinten vannak olyan erők, amelyeket a klasszikus fizika nem ismer, ezek a magerők, vonzó erők, amelyek az atommagon belül kis távolságon hatnak az atommag összetevői között, és sokkal erősebbek, mint az elektrosztatikus taszítóerők. (Kisebb nukleon-távolságok esetén azonban ezek az erők rendkívül taszító hatásúak, ami bizonyos távolságra tartja egymástól a protonokat és a neutronokat).

Abban az esetben, ha nukleonok (protonok, neutronok) válnak ki az atommagból, az őket összetartó magerő megszűnésével óriási energia szabadul fel. Ezen a jelenségen alapul a nap energiája, az atomreaktorok energia-termelése, valamint az atomfegyverek pusztító hatása. A világ 1945. augusztus 6-án ismerte meg a Hirosimát elpusztító atombomba hihetetlen erejét, amit egy mindössze 17 cm átmérőjű urángömbben végbement maghasadás idézett elő.

De hogyan alakul át az atom belsőjében uralkodó kötési energia szabad energiává? Mekkora ez az energiamennyiség? Ha az atommagban a kötési energia felszabadul, és sugárzás formájában elhagyja az atommagot,

akkor a sugárzás nemcsak energiát visz magával, hanem tömeget is, ugyanis Albert Einstein fizikus bebizonyította, hogy az energiának tömege van. Az energia tömege kiszámítható egy képlettel, ami szintén A. Einsteinnek tulajdonított, ez egy korszakalkotó egyenlet, meghirdeti, hogy a tömeg és az energia egyenértékű:  $E = mc^2$ . Itt az E-energia, m-tömeg, c-egy állandó, aminek az értéke megegyezik a fény sebességével légüres térben (300.000 km/mp). Ha tudjuk az atommag tömegét, láthatjuk, hogy az nagyobb, mint az őt alkotó részecskék (protonok, neutronok) tömegének összege. Ebből a tömegek közti különbségből a fenti képlet segítségével kiszámolható, hogy mekkora energia van az „atommagba zárva”. Ez a magenergia, ami ha kisugárzik, magával viszi a hiányzó tömeget. Emberi léptékkel a hiányzó tömeg végtelenül kicsi, viszont a felszabaduló energia végtelenül nagy. Egy gramm tömegre vetítve ez az energia megfelel 25 millió kilowattóra elektromos energiának, ami egy 1000 MW teljesítményű erőmű több mint egy napi energiatermelése. Még érthetőbben: ez egy közepes méretű megye akár heti villamosenergia-fogyasztása is lehet!

Amennyiben az eddig elmondottak túlságosan elvontnak tűnnek, egy példa szolgálhatja a könnyebb megértést. Láttuk, hogy az energiának tömege van. Ezért ha egy pohár vizet szoba-

hőmérsékletéről 1000 C fokra melegítünk, annak nemcsak az energiája, de a tömege is megnő! Ha ismét lehűtjük szobahőmérsékletre, nemcsak az energiája csökken le, hanem az elvesztett energiának megfelelően a tömege is lecsökken.

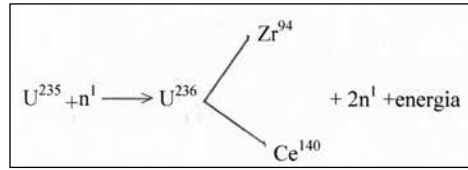
## Hogyan szabadítható fel az atomenergia?

Amennyiben a szabad protonok vagy neutronok ütközéskor behatolnak az atommagba, kölcsönhatásba lépnek az atommaggal, és abban szerkezeti változásokat idéznek elő, ugyanakkor óriási energia szabadul fel (magenergia). Ezek a változások lehetnek: vagy atommaghasadás, vagy az atommagok fúziója.

### A nagy atommagok hasadása

A nagy atommagok a magukban foglalt nagyszámú neutronok és protonok miatt kevésbé stabilak, ezért az atommag belsejébe hatoló neutron azokat kettéhasítja, ami magenergia felszabadulásához vezet. Az 1930-as évekig a legtöbb tudós Einstein következtetéseinek nem tulajdonított különösebb jelentőséget, de ekkor Lise Meitner német fizikusnőnek a tömeg-energia egyenértékűség alapján sikerült megadni a maghasadás elméleti leírását. A természetben fellelhető ércetek közül a 235 tömegszámú urán viszonylag könnyen hasad.

A keletkező atomok, hasadékok a cirkónium és a cérium. Az urán maghasadásának egyik következménye a tömegdefektus, vagyis az a tény, hogy a hasadási termékek tömegének az összege kisebb a hasadás előtti tömegek



A maghasadás egyik egyenlete

összegénél. Ha tudjuk az urán atommagjának és a maghasadás után keletkező atomok magjainak a tömegét, ezek különbségéből kiszámolható az urán maghasadásakor felszabaduló energia. A különbségnek megfelelő  $\Delta m$  tömeg  $E = \Delta mc^2$  energiával egyenértékű. (Az  $E=mc^2$  egyenletnek a helytelen értelmezése: a tömeg energiává, az energia tömeggé alakulhat.)

A természetben a sokkal nagyobb mennyiségben fellelhető urán nem hasad, viszont ebből mesterséges úton plutónium állítható elő, ami viszont könnyen hasad, ezért energiatermelésre alkalmas (ugyanakkor atombomba készítésére is használható).

### A könnyű atommagok egyesülésekor felszabaduló energia

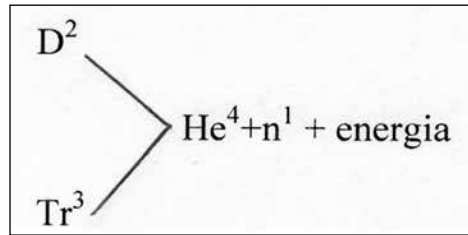
Az atommaghasadás ellentétes folyamata a magfúzió, amelynek lényege a hidrogénizotópok héliummaggokká való egybeolvadása, amelynek a fajlagos energiaszabadulása több tízszerese is lehet annak, amit a maghasadás biztosít. A hidrogén izotópjainak héliummaggá való egyesítése még nem jöhet számításba felhasználható energiaforrásként, a termonukleáris folyamatot egyelőre a hidrogénbomba esetében valósították meg. Az ellenőrizhető atomfúzió megvalósítása ma még kísérleti stádiumban van. A folyamatos és szabályozott energiater-

melés biztosításához a magfúzióban résztvevő gázokat forró plazmaállapotba kell hozni (ami például a deuterium és trícium esetében 50 millió fokon történik), és ami a legnagyobb nehézséget okozza: ezt az állapotot folyamatosan fenn kell tartani. Viszont az emberiség energiaigénye elméletileg végleg megoldódna, mivel a tengerek vizében szinte korlátlanul kitermelhető a hidrogén és izotópjai.

Mivel a jövő energetikájában mind nagyobb szerepet fog játszani a maghasadási energia, és remélhetően a magfúziós energia is felhasználhatóvá válik, a fentebbi ismeretek elősegíthetik az atomerőművek működésének és környezetre gyakorolt hatásuknak minél szélesebb körben való megismerését

## Az atomról röviden

Az atomot felépítő részecskék a proton, a neutron és az elektron. Az atom középpontjában lévő atommagot protonok és neutronok alkotják. Mivel ezeknek tömege jóval nagyobb, mint az



A magfúzió egyik egyenlete

elektronoké, az atom tömege az atommagban összpontosul. A tömegszám a protonok és a neutronok számának az összege. Az atommag pozitív töltését a benne elhelyezkedő protonok adják. A protonok azonos töltésük miatt taszítják egymást, azonban atomi szinten vannak olyan erők, ezek a magerők, vonzó erők, amelyek az atommagon belül kis távolságon hatnak az atommag összetevői között, és sokkal erősebbek, mint az elektrosztatikus taszítóerők. Az atomban a protonok száma megegyezik az elektronok számával, ezért az atom semleges töltésű. A negatív töltésű elektronokat a protonok pozitív töltése tartja az atommag körüli pályán.

Néhány adat az atomról és összetevőiről:

	Átmérő	Tömeg	Töltés
Atom	$10^{-8}\text{cm}$	-----	semleges
Atommag	$10^{-12}$	-----	pozitív
Proton	$10^{-13}$	$1,63 \cdot 10^{-24}$	pozitív
Neutron	$10^{-13}$	$1,63 \cdot 10^{-24}$	semleges
Elektron	$10^{-16}$	$9,109 \cdot 10^{-28}$	negatív

## Irodalmi hivatkozások:

- [1] Vajda Gy.: *Energetika I., II.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981
- [2] Niederkorn J.: *A változó energia*, Kriterion Kiadó, Bukarest, 1977
- [3] M. Born: *Teoria relativității a lui Einstein*, Editura științifică, București, 1969

- [4] G. Gamow: *Biografia fizicii*, Editura științifică, București, 1971
- [5] \*\*\* *Leálltak a németországi nukleáris erőművek*. Magyar Energetika. A Magyar Energetikai Társaság lapja, XXX. évfolyam, 2. szám, 2023. jún., 31. old.
- [6] \*\*\* *A nukleáris energia új korszaka*. Magyar Energetika. A Magyar Energetikai Társaság lapja. XXXII. évfolyam., 1. szám, 2025. márc., 42. old.

