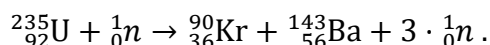


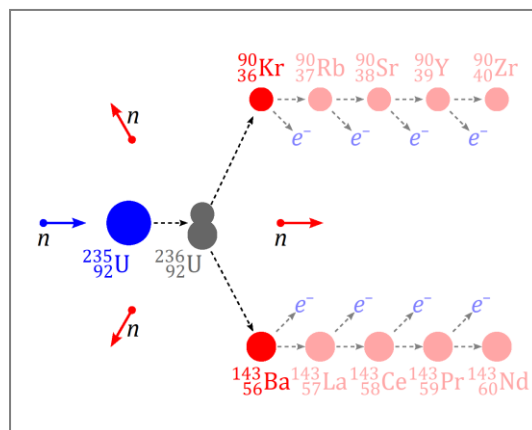
◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

Maghasadás. Nukleáris lánreakció

A neutronok által kiváltott magreakciók között vannak olyanok is, amelyeknél a neutron hatására az atommag két kisebb részre hasad, miközben további neutronok szabadulnak fel. Az olyan magreakciót, amelynek során a nagy tömegszámú atommag két kisebb, közel azonos tömegű részre esik szét, maghasadásnak nevezzük. Ilyen hasadás jön létre például az urán 235-ös izotópjának és termikus neutronnak a kölcsönhatásakor. (Termikus neutronnak nevezzük az olyan neutron, amelynek mozgási energiája olyan kicsi, hogy összemérhető a hőmozgásból származó energiával.) A folyamat reakcióegyenlete:



A 235-ös urán atommag a neutron befogásával rövid ideig 236-os tömegszámú uránmaggá alakul. Eközben a neutrontól kapott energia hatására az egész mag (akárcsak egy folyadékcsepp) rezgésbe jön. Rezgés közben súlyzó alakot is felvehet. Ekkor azonban az elektrosztatikus hatást a magerők már nem képesek kompenzálni, mert a nukleonok egy része túl messze került egymástól. A mag ilyenkor két részre szakad, és a két pozitív töltésű rész szétlökődik. A hasadáskor keletkező két izotóp magja viszonylag sok neutronot tartalmaz, ennek következtében a hasadási termékek β -bomlások sorozatával tovább bomlanak. A teljes reakció a rajzon látható. (A hasadás előtti állapotot kézzel, a hasadást követőt pirossal, a hasadás utáni bomlásokat halvány színekkel jelöltük.)

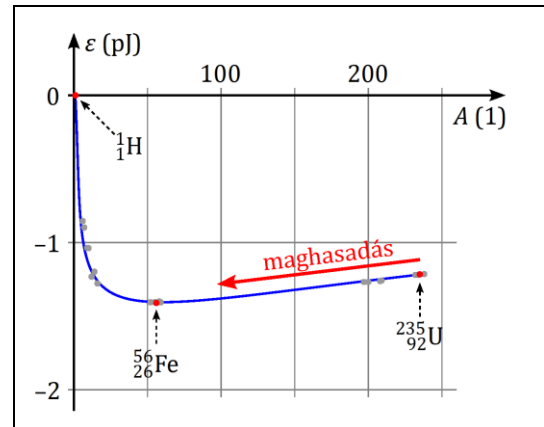
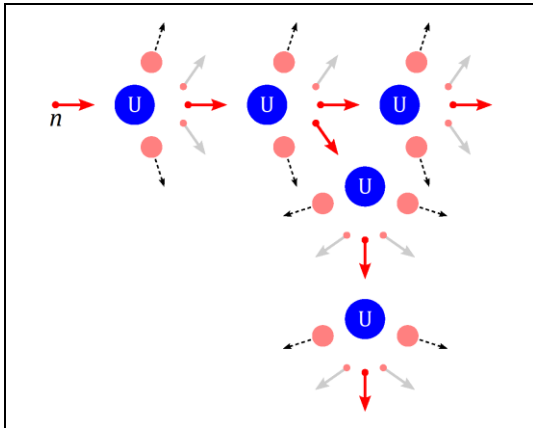


Az urán-235 maghasadásával kapcsolatosan két tényező a későbbiek miatt különösen figyelemreméltó:

- A folyamatban atomi méretekben jelentős energia szabadul fel (kb. 32 pJ). Ennek nagy része a hasadási termékek mozgási energiájaként jelentkezik.

– A hasadási termékek között olyan részecskék is vannak, amelyek a hasadást előidézték.

Amennyiben biztosítható, hogy a keletkező neutronok újabb maghasadást idézzenek elő, akkor a folyamat önfenntartóvá válik, és láncreakció jön létre. Mivel a láncreakcióban sok atommag hasad el, a folyamat makroszkopikus méretekben is jelentős energia felszabadulásával jár együtt.



A maghasadáskor felszabaduló energia végső soron annak a következménye, hogy *az egy nukleonra jutó kötési energia az uránban nagyobb, mint a hasadási termékekben.* (Lásd *Az erős kölcsönhatás. Az atommag kötési energiája* című fejezetben!) A hasadással a rendszer tehát alacsonyabb energiájú állapotba kerül, a környezet belső energiája viszont növekszik, mert a nagy sebességű hasadási termékek sorozatos ütközések során leadják mozgási energiájukat környezetük atomjainak.

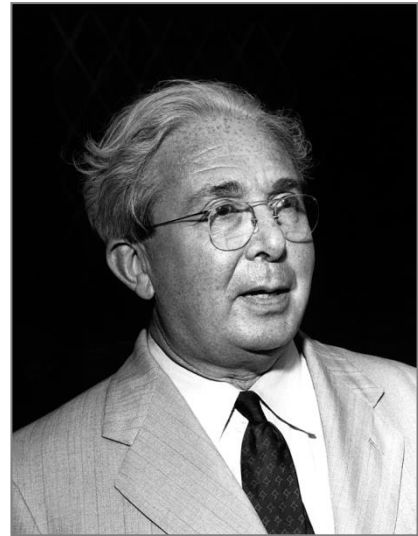
Az urán 235-ös izotópján kívül *a plutónium 239-es izotópjá is képes maghasadásra, így benne is létrejöhet a láncreakció.* A természetes urán 99,3 százalékát kitevő 238-as uránizotóp azonban csak nagyon ritkán hasad, így nem hozható létre benne láncreakció.

A láncreakció kialakulásának alapvető feltétele, hogy a reakcióban keletkező neutronok újabb hasadást hozzanak létre. Ha azonban a neutron a hasadóanyag felületén keresztül eltávozik, nem indít el újabb magreakciót. *A láncreakció csak akkor alakul ki, ha kellő mennyiségű hasadóanyag van egy tömbben,* amelyből csak viszonylag kevés neutron tud a felületen elszökni. *Annak a hasadóanyagának a tömegét, amelyben már létrejöhet a láncreakció, kritikus tömegnek nevezzük.*

Kiegészítések

1. A láncreakció elvét *Szilárd Leó* (1898–1964) magyar származású fizikus dolgozta ki 1933-ban. Szilárd Budapesten és Berlinben folytatta tanulmányait, majd Angliában dolgozott 1938-ig. A háború kitörése előtt egy évvel kivándorolt az Egyesült Államokba.

Szilárd 1933. szeptember 12-én a *The Times* című lapban olvasta *Rutherford*nak egy előadáson tett kijelentését: „*Aki atomok átalakítását próbálná gyakorlati energiatermelésre használni, az holdkóros.*” (Rutherford ezt arra alapozta, hogy az atommagok kis méretük miatt csak ritkán ütközhetnek egymással.)



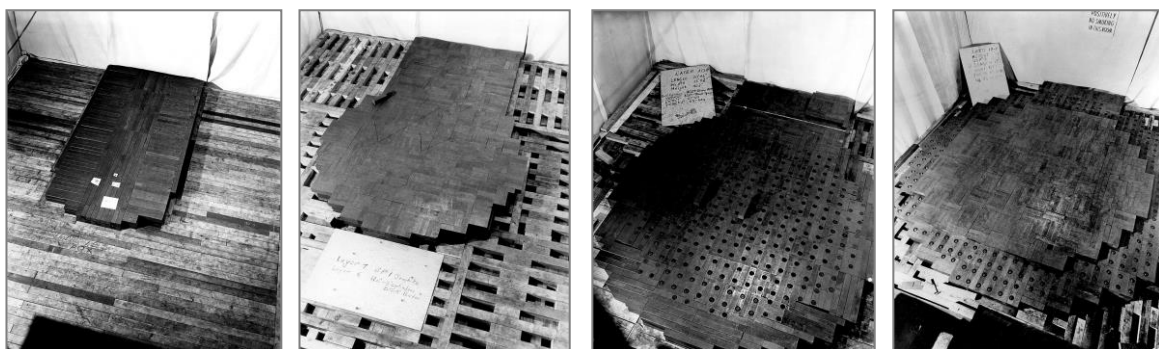
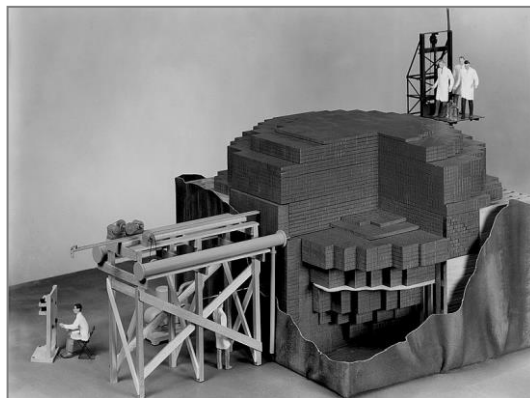
Szilárd visszaemlékezéseiben így írt erről: „*Mindig felbosszantott, ha egy nagytekintélyű úr valamit lehetetlennek mondott. Rutherford lord ért a magfizikához, de honnan tudná valaki, hogy más mit találhat ki? ... ha találhatnánk egy elemet, amelynek magja neutron hatására széttörik, és ezenközben két neutron keletkezik, akkor ezen elemből elég nagy tömeget összegyűjtve egy nukleáris láncreakció jöhetne létre.*” A láncreakció elvét 1934-ben szabadalmaztatta.

2. *Otto Hahn* (1879–1968) és *Fritz Strassman* (1902–1981) német fizikusok 1938-ban fedezték fel az urán hasadását. A jelenség elméleti fizikai magyarázatát Hahn korábbi osztrák munkatársnője, *Lise Meitner* (1878–1968) és *Otto Frisch* (1904–1979) osztrák fizikusok adták meg 1939-ben megjelent közös cikkükben.

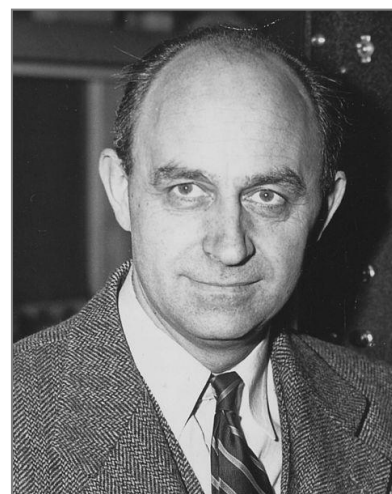


A maghasadás felfedezéséért Hahn megkapta az 1944-es kémiai Nobel-díjat. (Az átadásra csak 1945-ben, a II. világháború után került sor.) Hahn nevét őrzi a 105-ös rendszámú transzurán elem, a hánium (Ha).

3. Az *első láncreakciót* egy kísérleti atomreaktorban hozták létre 1942. december 2-án. A reaktort az Amerikai Egyesült Államokban, *Chicagóban*, az ottani egyetem használaton kívüli stadionjának lelátója alatt építették föl *Szilárd Leó* és *Enrico Fermi* (1901–1954) olasz fizikus közös szabadalma alapján.



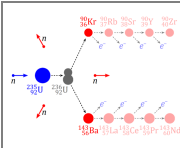
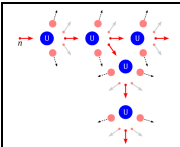
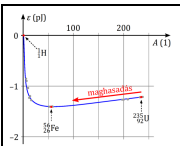





Fermi a lassú neutronokkal végzett magfizikai kutatásaiért 1938-ban fizikai Nobel-díjat kapott. A díj átvétele után családjával együtt az Egyesült Államokba emigrált, mert zsidó származású feleségére a fasiszta Olaszországban üldözés várt volna. Fermi nevét őrzi a 100-as rendszámú transzurán elem, a *fermium* (Fm).

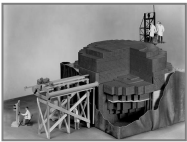

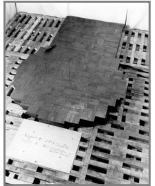





4. Tiszta 235-ös uránizotópból készült gömbnél a kritikus tömeg 10 kg körül van. (Az urán sűrűsége $19,1 \text{ kg/dm}^3$, így egy ekkora urángömb térfogata kb. $0,5 \text{ dm}^3$.)

5. A kritikus tömeg azért szükséges a láncreakcióhoz, mert a rajzokon ábrázoltakhoz képest az atommagok sokkal messzebb vannak egymástól, és sok „üres” hely van közöttük. (Az *atomok felépítése* című fejezetben láttuk, hogy az atommag átmérője az atom átmérőjének tízezred részénél is kisebb.) Így a kritikus tömegnél kevesebb hasadóanyagból a neutronok további hasadás létrehozása nélkül távozhatnak.

Képek jegyzéke

	<p>Az urán–235 hasadása © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0714.svg</p>
	<p>A lánreakció kialakulása © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0715.svg</p>
	<p>A maghasadáskor felszabaduló energia magyarázata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0716.svg</p>
	<p>Szilárd Leó arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leo_Szilard-cropped.png</p>
	<p>Otto Hahn arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Otto_Hahn_(Nobel).jpg</p>
	<p>Fritz Strassmann arcképe © https://repository.aip.org/islandora/object/nbla%3A310169</p>
	<p>Lise Meitner arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lise_Meitner_(1878-1968),_lecturing_at_Catholic_University,_Washington,_D.C.,_1946.jpg</p>
	<p>Otto Frisch arcképe © https://repository.aip.org/islandora/object/nbla%3A298017</p>

	<p>Az első kísérleti atomreaktor makettje</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.5A.032_(10542728606).jpg</p>
	<p>Az első kísérleti atomreaktor építése (3. réteg)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.5A.027_(10542723446).jpg</p>
	<p>Az első kísérleti atomreaktor építése (7. réteg)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.5A.026_(10692858884).jpg</p>
	<p>Az első kísérleti atomreaktor építése (10. réteg, urántöltettel)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.5A.028_(10542725116).jpg</p>
	<p>Az első kísérleti atomreaktor építése (16. és a félkész 17. réteg)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.5A.023_(10692801696).jpg</p>
	<p>Fermi arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enrico_Fermi_1943-49_(cropped).jpg</p>

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---