

# Nukleáris fogalomtár

## A leggyakrabban használt nukleáris fogalmak

Az alábbi összeállítás az atomenergetikában, illetve a róla szóló hírekben leggyakrabban szereplő szakkifejezéseket kívánja meghatározni.

**Aktív zóna:** A reaktornak az a térfogata, melyben a láncreakció végbemegy.

**Alfa-sugárzás:** Igen rövid hatótávolságú (levegőben néhány cm-ig eljutó), erősen ionizáló sugárzás. Tulajdonképpen nagy sebességgel repülő hélium atommagok árama.

**Atomerőmű:** Egy vagy több atomreaktor segítségével villamos energiát termelő üzem. Egyes atomerőművek az áram mellett hőenergiát is termelnek és értékesítenek (pl. házak fűtésére vagy ipari üzemek hőellátására.)

**Átrakógép:** Nagy pontosságú, számítógéppel vezérelt berendezés, amellyel az üzemanyag-kazettákat kézi érintés nélkül lehet mozgatni egyik helyről a másikra.

**Becquerel, Bq (ejtsd bekerel):** A radioaktív anyag aktivitását a benne másodpercenként elbomló atomok számával mérjük. Ennek egysége a becquerel. Egy Bq az aktivitása annak az anyagszámnak, amelyben másodpercenként egy bomlás zajlik le.

**Béta-bomlás:** Egyes atommagfajták olyan átalakulása, amelynek során a magban egy neutron protonná, vagy egy proton neutronná alakul, egyidejűleg egy elektron vagy pozitron (az elektronnal azonos tömegű, de pozitív töltésű részecske) keletkezik, amely nagy sebességgel kilép. Előbbit negatív béta-bomlásnak, az utóbbit pozitív béta-bomlásnak nevezzük. Egy anyagban lezajló ilyen bomlások sorozatából jön létre a béta-sugárzás. A béta-bomlás azoknak a magoknak a tipikus bomlásformája, amelyekben neutron- vagy proton többlet van. A hasadási termékek épp ilyenek, ezért bétabomlók. Innen ered a kiegészített (elhasznált) fűtőelemek igen erős sugárzása.

**Béta-sugárzás:** Elég rövid (de az alfa-sugárzásénál nagyobb) hatótávolságú sugárzás, nagy sebességgel repülő elektronokból áll. A magok béta-bomlásának eredménye.

**Blokkszimulátor:** Számítógép által vezérelt eszköz, amelyet az atomerőművi blokk időbeli viselkedésének szimulálására használnak. A kezelőszemélyzet kiképzésében és továbbképzésében igen fontos szerepe van.

**Dúsítás:** Az a bonyolult és energiaigényes folyamat, amelyben a természetes uránban igen kis hányadban (0,7 %) jelen lévő 235-ös tömegszámú uránizotóp részarányát megnöveljük. A legtöbb reaktortípus csak dúsított uránnal tud működni. (A paksi reaktorok friss üzemanyaga 3,8-4,2 %-ra dúsított.)

**Egésztest-számláló:** Az emberi test által kibocsátott összes gamma- és röntgensugárzás mérésére szolgáló, a környezeti természetes sugárzással szemben jól árnyékolt sugárzásérzékelő eszköz. A testbe kerülő sugárzó anyagok észlelésére használják. Az atomerőműben a potenciálisan veszélyeztetett dolgozókat rendszeresen ellenőrzik vele.

**Elektron:** A protonnál és a neutronnál mintegy kétezerszer könnyebb, negatív elektromos töltésű részecske. Normál állapotban az atommagban nincs elektron, csak a béta-bomlás folyamatában keletkezik, de azonnal ki is lép a magból (sok ilyen kilépő elektron nyalábja a béta-sugárzás).

**Felezési idő:** Az az idő, amely alatt egy radioaktív izotóp mennyisége és így aktivitása is felére csökken a radioaktív bomlási folyamat következtében. Ez egy meghatározott radioaktív izotópra (adott nuklidfajta) természeti állandó, például a rádium esetében 1620 év. A különböző radioaktív izotópok felezési ideje a másodperc igen kis tört részétől milliárd évekig terjedhet.

**Foglalkozási sugárterhelés:** A dolgozók által munkájuk következtében kapott többletdózis.

**Folyékony radioaktív hulladékok:** A magenergia hasznosítása és egyéb, radioaktív anyagokkal folytatott tevékenységek (pl. radiokémiai laboratóriumi munkák) melléktermékeként keletkező, nem hasznosítható radioaktív folyadékok.

**Fúzió:** Lásd **Magfúzió!**

**Fűtőelemköteg, kazetta:** Az uránpasztillákat tartalmazó fűtőelem pálcákat egy közös szerelvénybe, közös tokba (kazettába) fogják össze. Ilyen egységenként kezelik (mozgatják) az üzemanyagot.

**Gamma-sugárzás:** Elektromágneses sugárzás, mint a fény vagy a hősugárzás is, de azoknál sokkal „keményebb”, rövidebb hullámhosszú. Míg a látható fény vagy a röntgensugárzás az atom elektronhéjában lejátszódó folyamatok eredménye, a gamma-sugárzás az atommagban bekövetkező, ezért nagyobb energiájú folyamatokból származik. A gamma-sugár kibocsátása egy nuklid gerjesztett állapotból alacsonyabb energiaállapotba kerülésének eredménye. A gamma-bomlás tehát minőségi magátalakulással nem jár. (Nem keletkezik másfajta nuklid. Az alfa-bomlás vagy a béta-bomlás eredményeként keletkezett atommag a kiindulási magtól különböző lesz.)

**Genetikus sugárzási hatások:** Azok a sugárhatások, amelyek nem a sugárzást szenvedett egyedben, hanem annak később születendő utódaiban jelentkezhetnek.

**Gyengített urán:** A média által kitalált, értelmetlen kifejezés. Valójában **Szegényített urán**-ról van szó (lásd ott!).

**Hasadás:** Lásd **Maghasadás!**

**Hasadási termékek:** Az elhasadó nehéz magból keletkezett, rendszerint két középnehéz mag (un. hasadványmagok), ezek bomlástermékei, valamint a hasadáskor felszabaduló neutronok és más részecskék.

**Hasadóanyagok:** Azok az anyagfajták, amelyeknek magjai hasadásra képesek.

**Ion:** Ha az alapállapotban elektromosan semleges atomok elektronjaikból egyet vagy többet elveszítenek (illetve többletelektront vesznek fel), pozitív (illetve negatív) ion áll elő. Az ehhez vezető (pl. ütközési) folyamat az ionizáció.

**Ionizáló sugárzás:** Olyan sugárzás, amely anyagba hatolva képes abban ionokat létrehozni. Legfontosabb fajtái az alfa-, béta-, gamma-, röntgen- és neutronsugárzás. (A látható fény és az ultraibolya sugárzás nem tartozik ide.)

**Izotópok:** Egy adott kémiai elem (ez egyértelműen meghatározza a protonok számát) különböző fizikai tulajdonságú változatai, amelyek csak az atommagban lévő neutronok számában (és ezáltal tömegében) különböznek. Egy elem természetes előfordulásban általában izotópjainak keverékéből áll.

**Jódprofilaxis:** Reaktorbaleset esetén nagy mennyiségű radioaktív jód kerülhet ki a környezetbe, amely a szervezetbe jutva annak kis részében, a pajzsmirigyben dúsul fel, így helyileg nagy besugárzással fenyeget. Ezért baleset esetén tablettá formájában nagy mennyiségű jódot adagolnak a veszélyeztetett lakosságnak, hogy a szervezet telítődjön jóddal, és így csökkenjen a pajzsmirigy radiojód-felvétele.

**Kiegészítés:** Az a folyamat, amikor a reaktor üzemanyagból a nagyszámú hasadás következtében fogy a 235-ös tömegszámú uránizotóp. Nem jelent kémiai égést.

**Konténment:** Az atomreaktort és annak közvetlenül kapcsolódó részeit, rendszerelemeit magába záró nyomásálló, hermetikusan kialakított építmény, amelynek az a funkciója, hogy normál üzem, várható üzemi események és tervezési üzemzavarok esetén megakadályozza vagy korlátozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását. Különböző tervezési koncepciójú konténmentek léteznek. Vannak vasbeton, fészített vasbeton, acél, egy- és kettősfalú, teljes vagy csökkentett nyomású konténmentek. A paksi atomerőmű konténmentje vasbeton doboz-szerkezet.

**Könnyű víz – nehéz víz:** Előbbi a hidrogén legközönségesebb, magjában egyetlen protont tartalmazó változatából felépülő közönséges víz, míg az utóbbiban a hidrogén ún. nehéz hidrogén formájában jelenik meg, amelyben a proton mellett egy vagy két neutron is található (előbbi a deutérium, utóbbi a trícium). A nehézvíz jóval drágább, de kevésbé nyeli el a neutronokat, mint a közönséges („könnyű”) víz, ezért egyes reaktortípusok (deutérium-tartalmú) nehézvízzel működnek. (Vigyázat! Pakson nincs nehézvíz!)

**Kritikus állapot:** (Vigyázat! Félreérthető szóhasználat!) A reaktornak az az állapota, amikor minden hasadásból származó 2-3 neutron közül statisztikus átlagban egy neutron hoz létre új

hasadást. Ekkor a hasadások száma és ezzel a termelt energia mennyisége is időben állandó. A reaktor folyamatos energiatermelés közben végig „kritikus” állapotban van.

**Lassú neutron – gyors neutron:** A hasadási folyamatban gyors neutronok keletkeznek. Ahhoz, hogy jobb hatásokkal tudjanak új hasadásokat létrehozni, le kell őket lassítani. Ezt a lassítást a moderátorban való ütközések segítségével valósítjuk meg. (A paksi reaktorokban a moderátor közönséges víz.) Ne keverjük össze a neutronlassítás és a neutronelnyelés feladatát! Az utóbbit végzi a bór - bóracél, illetve bóroldat formájában. A moderátor pedig *nem arra kell*, mint azt talán etimológiai asszociációk alapján szeretik írni, mondani (vö. „moderáld magad!”), *hogy megfékezze a láncreakciót!* A moderátor azért kell, mert csak a lelassult neutronok tudják fenntartani a láncreakciót.

**Lokalizációs torony:** A hermetikusan zárt, passzív elven működő nyomáscsökkentő rendszere, a konténment része. Nagy térfogatú medencékben vizet tartalmaz, amely a primerköri hűtőkör törése esetén a kiáramló gőzt kondenzálja, így megakadályozza a megengedettnél nagyobb nyomás kialakulását.

**Magátalakulás:** Egy nuklid átalakulása más nukliddá.

**Magenergia:** Magreakciókban vagy magátalakulásokban felszabadult energia.

**Magfúzió (fúzió):** Az energiatermelés egyik lehetséges módja, amelynek során könnyű magok épülnek össze nehezebb magokká, miközben energia szabadul fel. Ilyen folyamat adja a Nap és a hidrogénbomba energiáját is. Földi körülmények között szabályozott energiatermelő fúziós láncreakciót még nem sikerült megvalósítani. A megvalósított atomreaktorokban *nem fúzió, hanem meghasadás (fisszió)* zajlik!

**Maghasadás:** A nehéz mag szétválása két kisebb atommagra. E folyamat általában neutronsugárzással, gamma-sugárzással, ritkábban töltött magtöredék kibocsátásával jár együtt. A maghasadást rendszerint a magba behatoló neutron idézi elő, de nagyon kis valószínűséggel spontán módon is bekövetkezhet.

**Moderátor:** A hasadásból származó neutronok lassítására szolgáló anyag az atomreaktorokban. Lásd **Lassú neutron – gyors neutron!**

**Monitor:** Olyan készülék, amelynek célja az ionizáló sugárzás vagy radioaktív anyagmennyiség mérése és lehetőleg figyelmeztetés adása akkor, ha ez bizonyos előre beállított értéknél nagyobbá válik.

**Nemzetközi Nukleáris Eseményskála:** A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által bevezetett hétfokozatú skála, amelynek feladata, hogy a média és a nagyközönség számára egyértelmű tájékoztatást tegyen lehetővé atomerőműben bekövetkezett üzemzavarok vagy balesetek esetén.

A skála 3 üzemzavari és 4 baleseti szintet különböztet meg.

*1. szintű esemény:* Még nem üzemzavar, csak rendellenesség, a biztonság védelmében bizonyos hiányosság keletkezik, de ez nem jelent kockázatot sem a személyzetre, sem a lakosságra nézve.

*2. szintű esemény:* Olyan üzemzavar, amelynek már lehetnek biztonsági következményei, de még a személyzet sem kaphat a dóziskorlátot felüli sugárterhelést.

*3. szintű esemény:* Súlyos üzemzavar, amelynek során a személyzet sugárterhelése meghaladhatja a dóziskorlátot, de a környezetbe kibocsátott radioaktív anyag mennyisége nagyon csekély.

*4. szintű esemény:* Elsősorban a létesítményen belüli hatású baleset, a részleges zónaolvadás következménye. A legjobban veszélyeztetett személy néhány mSv sugárterhelést kaphat. A közelben élő emberekben nem, de a személyzet egy kis részénél akut egészségi hatások jelentkezhetnek.

*5. szintű esemény:* A telephelyen kívül is kockázattal járó baleset, a reaktorzóna nagyfokú olvadása miatt kiszabaduló radioaktív anyagok már veszélyeztethetik a lakosságot is. A baleset-elhárítási intézkedések részleges végrehajtása szükséges.

*6. szintű esemény:* Súlyos baleset, amelynek során a radioaktív anyagok kibocsátása olyan nagy mértékű, hogy a súlyos egészségügyi hatások megelőzésére a helyi baleset-elhárítási tervek teljes körű végrehajtása szükséges.

*7. szintű esemény:* Nagyon súlyos baleset, amelynek során a reaktortartályban lévő radioaktív anyagok nagy része kijut a környezetbe, a korai sugársérülés veszélye fennáll az atomerőműben és annak közvetlen környezetében, a késői egészségügyi hatások akár az országhatáron túl is jelentkezhetnek. (A csernobili balesetet ebbe az osztályba sorolták.)

**Neutron:** A protonnal közel megegyező (durván 1 ezreléssel nagyobb) tömegű, elektromos töltéssel nem rendelkező részecske, az atommagnak a proton mellett másik alkotórésze.

**Nukleáris biztonságvédelem:** Intézkedések az emberek és vagyontárgyak védelmére az ionizáló sugárzás, a radioaktív szennyeződés káros hatásaival szemben.

**Nukleáris láncreakció:** Olyan reakciósorozat, amelyben az egyes reakciók teremtik meg a további reakciók feltételeit. Az atomenergia termelésében döntő jelentőségű a hasadási láncreakció, amelynél a hasadásban keletkező neutronok hoznak létre további hasadásokat.

**Nukleáris üzemanyag:** Hasadási láncreakció előállítására alkalmas anyag (rendszerint urán), amelyet megfelelő műszaki kialakítással atomreaktorok töltetékül használunk.

**Nuklid:** Meghatározott proton- és neutronszámmal jellemzett mag neve. Nem más, mint egy kémiai elem egy meghatározott izotópjának a magja.

**Nyomottvízes reaktor:** Olyan reaktor, amelynek a primer köri hűtőközege akkora nyomás alatt van, hogy abban a magas hőmérséklet ellenére (Pakson ~ 300 °C) nem forr a víz.

**Önfenntartó nukleáris láncreakció:** Olyan nukleáris láncreakció, amelyben egy reakció által kiváltott újabb reakciók száma átlagosan eggyel egyenlő. Így a folyamat önmagát fenntartja. Az atomenergetika szempontjából döntő fontosságú az önfenntartó hasadási láncreakció.

**Primer kör:** A reaktor és a hozzá csatlakozó hűtőhurkok közös neve. A benne lévő közeg általában erősen radioaktív, kikerülésének megakadályozása alapvető műszaki feladat.

**Proton:** Stabil elemi részecske, az atommag egyik alkotórésze. Elektromos töltése  $+1,60219 \times 10^{-19}$  coulomb és nyugalmi tömege  $1,67265 \times 10^{-27}$  kg. Ha valaki gyanakodva nézné ezeket a számokat, meg kell mondanunk, hogy értékük nagyobb pontossággal ismert, mint a hatóanyag mennyisége egy átlagos gyógyszer-tablettában!

**Radioaktivitás:** Egyes atommagoknak az a tulajdonsága, hogy sugárzás (pontosabban egy-két „ionizáló sugárrészecske”) kibocsátása mellett elbomlanak, más atommaggá alakulnak. Egy adott kémiai elem (kálium, vas stb.) atommagjai általában stabil, illetve radioaktív változatban is léteznek a Földön.

**Radioaktív anyagok:** A bomlásképes atommagokat tartalmazó, ezért folyamatosan sugárzást kibocsátó anyagok. Ezek lehetnek természetes vagy mesterségesen előállított radioaktív anyagok. Fogyásukat és így intenzitásuk csökkenését a felezési idő jellemzi.

**Radioaktív bomlás:** Olyan spontán bekövetkező magátalakulás, amelynek során részecskék vagy gamma-sugárzás lép ki.

**Radioaktív hulladék:** Az atomenergia hasznosításának vagy egyéb, nukleáris technikát alkalmazó eljárás (pl. nukleáris medicina, kutatás, ipari anyagvizsgálatok, stb.) tovább már nem hasznosítható radioaktív melléktermékei.

**Reaktor megszaladás:** A reaktor teljesítményének igen gyors növekedése a normális üzemi szint fölé (baleseti helyzet).

**Röntgensugárzás:** Olyan áthatoló elektromágneses sugárzás, amely nehéz atomok elektronhéjának belső rétegeiben zajló folyamatokból származik, sokkal rövidebb hullámhosszú (azaz nagyobb energiájú), mint a látható fény, amely az elektronhéj legkülső rétegeiben lezajló folyamatok terméke.

**Sokszorozási tényező, (k):** Az a szám, amely megmutatja, hogy egy adott pillanatban lezajló hasadástól származó neutronok a következő generációban hányszor több (kevesebb) hasadást hoznak létre. Ha  $k=1$ , a hasadások száma időben állandó, az energiatermelés egyenletes (*kritikus állapot*). Ha  $k<1$ , a hasadások száma egyre csökken, majd a láncreakció leáll (*szubkritikus állapot*). Ha  $k>1$ , a hasadások száma és ezzel a reaktor teljesítménye nő (*szuperkritikus állapot*).

**Sugárbalet (Radiológiai baleset):** A radioaktív anyagok felhasználásával vagy az ionizáló sugárforrások alkalmazásával kapcsolatos rendkívüli esemény, amelynek során az üzemviteli személyzet vagy a környezetben tartózkodó más személyek dóziskorlátot felüli sugárterhelést kaptak, vagy a dóziskorlát túllépését előidéző mértékben szennyeződtek radioaktív anyaggal.

**Sugárbetegség:** Az egész testet vagy annak nagyobb részét érő túlzott (meghatározott küszöbnél magasabb) besugárzás miatti, jól körülírható tüneteket okozó megbetegedés.

**Sugárfertőzés:** A média által kitalált, teljesen értelmetlen kifejezés. *A sugárzás hatásainál a fertőzés semmiféle szerepet nem játszik*. Ehelyett – a tényhelyzetnek megfelelően – írhatjuk: „sugárszennyeződés vagy (radioaktív) sugárzás érte”, vagy „nagy sugárdózist kapott”, vagy „elszennyeződött radioaktív anyaggal”.

**Sugárvédelem, radiológiai védelem:** Az ionizáló sugárzás emberre gyakorolt káros hatásainak korlátozásával kapcsolatos intézkedések. Például az ilyen sugárzások embert érő mennyiségének és radionuklidok inkorporálásának (testbe jutásának) korlátozása, és a fentiek bármelyikéből eredő fizikai károsodások megelőző korlátozása.

**Szabályozó rúd:** Neutronelnyelő anyagot, rendszerint bórt tartalmazó rúd (a paksi reaktoroknál kazetta), amit a reaktor aktív zónájába mélyebben vagy kevésbé betolva változtathatjuk a neutronok és ezzel a hasadások számát, így a reaktor által termelt energia mennyiségét.

**Szegényített urán:** A természetes urán dúsításakor a dúsított urán mellett - amely a 235-ös tömegszámú izotópot nagyobb arányban tartalmazza, mint a természetes urán - keletkezik szegényített urán is, amely a 235-ös tömegszámú uránizotópot a természetes uránnál kisebb arányban tartalmazza. Mivel a 235-ös uránizotóp radioaktivitása magasabb, mint a 238-as tömegszámúé, ezért a szegényített urán radioaktivitása mintegy 40 %-kal kisebb (!), mint a természetes uráné. Ez atomenergetikai célokra nem használatos, az urán nagy sűrűsége miatt (nehezebb, mint az ólom) azonban a szegényített uránt a polgári életben alkalmazzák. Nagy sűrűsége miatt jó sugárzásárnyékoló anyag, így pl. orvosi röntgen készülékeknél vagy nagy aktivitású sugárforrásoknál (kórházakban) hatékonyan alkalmazzák sugárvédelmi, sugárárnyékolási célokra. Ugyanígy az uránbetétes konténerek jól használhatók sugárzó izotópok tárolására vagy szállítására. Nagy sűrűsége miatt hajókon nehezként is előfordul. Emellett például harcokocsikon, mint homlokpáncélzat egyik alkotója már régebb óta szerepel. Szintén a nagy sűrűségből adódóan igen nagy átütő erejű lövedékek készíthetők belőle. Feltehetőleg ilyen lövedékeket használtak az amerikaiak a jugoszláv háborúban. Ez a lövedék az uránnak semmilyen nukleáris tulajdonságát nem használja ki, csupán (az adott térfogatban) nagyobb tömegét.

**Szilárdítás:** Folyadék halmazállapotú radioaktív hulladékok átalakítása száraz, stabil, szilárd halmazállapotú anyaggá bepárlás, majd szilárd anyagba való beágyazás útján.

**Természetes háttérsugárzás:** A természetben mindenütt jelen lévő, emberi tevékenységtől független ionizáló sugárzás. Legfőbb forrásai a földkéreg és a világűr.

**Természetes radioaktivitás:** A természetben előforduló nuklidok radioaktivitása.

**Természetes urán:** A természetben előforduló izotóp-összetételű urán. Döntő többsége 238-as tömegszámú uránizotóp, és csak 0,7 %-ban tartalmazza az atomenergetika szempontjából döntő fontosságú 235-ös tömegszámú uránizotópot.

**Üzemanyag-átrakás:** A kiégett üzemanyag cseréje újra, valamint a részlegesen kiégett kazetták más pozícióba történő áthelyezése egy reaktorban.

Összeállította: Vinnay István