

Tematika

1. Az atommagfizika elemei
2. Magsugárzások detektálása és detektorai
3. A nukleáris fizika története, a nukleáris energetika születése
4. Az atomreaktor
5. Reaktortípusok a felhasználás módja szerinti csoportosításban
6. Atomreaktorok generációi
7. Magyarországi nukleáris reaktorok
8. Mini atomerőművek, mini atomreaktorok
9. Reaktorbiztonság, sugárvédelem
10. Atomerőmű balesetek
11. Atomerőmű és környezetvédelem
12. Fúziós erőművek – II.
13. Természetes reaktorok

Természetes reaktorok

Atomerőmű balesetek

Természetes reaktorok

1. Univerzumunk természetes reaktorai a csillagok.

○ Értelmezés (csillag):

Azokat az égitesteket amelyek saját energiatermeléssel rendelkeznek, csillagoknak nevezzük.

- A csillagok saját energiatermelése jellemzően magfúzió révén valósul meg.
- A mi Naprendszerünk egyetlen csillaga a Nap.

Természetes reaktorok

2. Hasadási reaktorok a Földön:

- ^{235}U felezési ideje: 700 millió év, ^{238}U felezési ideje 4,5 milliárd év \Rightarrow az ^{235}U gyorsabban fogy, mint az ^{238}U .
- Az uránércben az $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ aránya = $0,7202\% \pm 0,00004\%$
- 1972, Provance, Pierlatte, Franciaország
- Bouzigues, francia mérnök felfedezése
- Fura anoláliát vett észre a mérései közben, miközben a gaboni Oklóí uránérc mintáit vizsgálták
- Bouzigues mérése szerint az $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ aránya = $0,717\%$ volt
- Keresték a sztenderd értéktől való eltérés okát:
 - Került-e korábban nukleáris fűtőanyag a bányába?
 - Földönkívüli űrhajó zuhant le arra a területre? UFOk??
- Oklóban a kutatók egy ősi, természetes reaktor nyomait találták meg.
 - 1972: 6 természetes reaktor nyomaira bukkantak
 - A mai napig már 17 természetes reaktor nyomait találták meg
 - Az OKLO 15 reaktor ma is megtekinthető, és nem nyúltak hozzá

Természetes reaktorok



Az OKLO 15 természetes reaktor bányaterülete. A sárga foltok az urán-oxid homokkőbe ágyazott nyomai

Természetes reaktorok

- 1956, Paul Kuroda (japán fizikus) elmélete a természetes reaktorokról.
 - Megjósolja, hogy elvileg a természetben előfordulhatna ilyen jelenség.
 - Tudományosan alátámasztott elméletet publikál
 - Megjósolta azt a természeti kort, amikor természetes reaktorok kialakulhattak
 - Ma már ilyen nem alakulhat ki, mert az uránércben az ^{235}U csak 0,7%-ban van jelen. A ^{238}U + az egyéb kristály szennyezések a láncreakció fenntartásához szükséges neutronokat semlegesítik. Ha nincs neutron, akkor láncreakció sincs.
 - Ha lenne is neutron, akkor az gyors neutron lenne és le kéne őket lassítani a láncreakcióhoz. A lassító anyag lehetne víz, grafit, nehézvíz is. De ha az uránhoz lassító anyag keveredne, akkor az még több neutronot tüntetne el a folyamatból.
 - Csak a grafit és a nehézvíz lenne alkalmas természetes reaktorok „építéséhez”, de a természetben ezek már nincsen jelen.
 - Más volt a helyzet 2 milliárd éve! Akkor az urán izotóparány még 3% volt és a 3%-os arányhoz, a láncreakció beindításához és fenntartásához a sima víz is megfelelő.
 - Kuroda még az érc típusát is meghatározta, sőt azt is mekkora térfogat kell a természetes reaktor kialakulásához.

Atomerőmű balesetek

Atomerőmű balesetek osztályai



*A nemzetközi nukleáris eseményskála – International Nuclear Event Scale
INES skála*

Atomerőmű balesetek osztályai

- 0. fokozat:** nincs biztonsági kockázata
- 1. fokozat:** A biztonsági intézkedések olyan megszegése, ami még nem jelent veszélyt sem a dolgozókra, sem a lakosságra. Működési hibák, emberi hibák, nem megfelelő eljárások.
- 2. Fokozat:** Már lehetnek biztonsági következményei, de a dolgozók éves sugárterhelése nem haladja meg az éves dóziskorlátot. A biztonsági berendezések olyan hibája, amely mellett még elégséges a védelem a balesetek elkerülésére.
- 3. Fokozat:** a dolgozók sugárterhelése meghaladja a dóziskorlátot, de a legjobban veszélyeztetett emberek csak néhány tized millisievert dózist kapnak. A biztonsági rendszer hibája, ami balesethez vezet. **Pl. Paks, 2003.**
- 4. Fokozat:** Radioaktív anyagok kerülnek ki a környezetbe, de a külső radioaktivitás növekedése csak néhány millisieverttel haladja meg az átlagos háttérsugárzást. Az ellenintézkedések korlátozottak, pl. helyi élelmiszerek ellenőrzése történik. **Pl. Windscale, 1973.**
vagy
meghatározott mértékű károsodás történik a nukleáris berendezésekben. Olyanok, amik nehézséget okozhatnak a helyreállítás során. Pl. részleges zónaolvadás. Akut egészségkárosító hatások is bekövetkezhetnek. **Pl. Saint-Laurent, 1980.**

Atomerőmű balesetek osztályai

- 5. fokozat:** Radioaktív anyagok kerülnek ki a környezetbe. A sugárzás mennyisége 100 – 1000 TBq között van. A veszélyeztetett üzemben részleges ellenintézkedésre van szükség. **Pl. Windscale 1957.**
- 6. fokozat:** radioaktív anyagok kerülnek a környezetbe. A sugárzás mennyisége a 1000 – 10 000 TBq között van. A súlyos egészségkárosító hatások korlátozására teljes körű helyi intézkedésekre van szükség. **Pl. Kiszlim (mai Oroszország területe) 1957.**
- 7. fokozat:** Nagy radioaktivitású anyagok kerülnek ki a környezetbe. Ezek között a láncreakció rövid és hosszú felezési idejű bomlástermékei is megtalálhatók. A sugárzás mennyisége meghaladja a 10 000 TBq értéket. Nagy területen, akár több országban is súlyos, egészségkárosító és környezeti hatásokkal kell számolni.
Eddig már – vagy „csak” – 2 ilyen történt a történelemben:
Csernobili atomkatasztrófa, 1986, Csernobil, Ukrajna
Fukusimai szökőár katasztrófa, 2011, Fukusima, Japán

A windscalei erőmű baleset

- Ma Sellafield, Anglia
- Plutónium termelő, grafit moderátoros, levegő hűtéses erőmű
- 1957: a grafit felforrósodott, meggyulladt, a reaktor lángokban állt és radioaktív anyag került a szabadba
- A 125 m magas reaktorkéménybe épített szűrők a reaktorból származó radioaktív sugárzás nagy részét megfogták, így komoly környezeti kár és emberáldozat nem lett.
- A reaktor 500 km^2 -es környezetében pl. a tejet emberi fogyasztásra alkalmatlannak minősítették és elkobozták.
- Egy személy a reaktorban 46 mSv dózist kapott, ami az éves adag kb 20-szorosa.
- A lakosság sugárterhelése a megengedett érték alatt maradt, a hatósági intézkedéseknek köszönhetően
- A balesetet a közvélemény nem vette túl komolyan

A Kistim katasztrófa

- A feldolgozási folyamat maradványai savak és vegyszerek, amelyek radioaktív gyököket tartalmazhatnak nagy mennyiségben. Ezeket a visszamaradó vegyületeket nagy tartályokba gyűjtik össze.
- A radioaktív bomlások hőt termelnek. Ezért a tartályokat folyamatosan hűteni kell.
- 1956: 250 m³ tartály hűtővezetéke meglazult, majd a hűtés leállt. Ennek következtében a tartály belsejében az anyag kiszáradt
- 1957. szeptember 29: a kikristályosodott nitrátsók egy ellenőrző berendezés üzemi szikrájától belobbantak, azaz vegyi, és nem nukleáris robbanás történt, de nagy mennyiségű radioaktív anyag szabadult fel.
- több száz km-ről is látható volt a robbanás
- A szovjet sajtó „távoli villámlásról” és „északi fényről” beszélt
- 400 km-re is eljutott a radioaktív szennyezés
- 1 millió curie radioaktív anyag szabadult fel és szóródott szét kb. 20 000 km² területen

A Three Mile Island-i baleset

- USA, Pennsylvania állam, Harrisburg város mellett
- Nyomottvizes reaktorblokk, a blokk teljesítménye 900 MW
- **1979. március 28: a tisztán békés, kereskedelmi célú nukleáris energetika második legsúlyosabb balesete történt.**
- A környezetbe mégsem jutott ki jelentős radioaktivitás
- Baleseti napló:
 - 1979. március 28. : tervdokumentációban fel nem tüntetett csőbe víz került, majd elzáródott a gőzfejlesztő tápvízrendszerének egy szelepe.
 - Az esemény miatt kiesett a turbina és beindultak a tápvíz szivattyúk
 - A tápvíz szivattyúk nem szállítottak elegendő vizet, mert 2 nappal korábban zárva felejtették az üzemzavari tápvízrendszer szelepeit.
 - A reaktor egyik hűtőhurkában megszűnt a hő elvezetése
 - A primer körben gyorsan nőtt a nyomás és a hőmérséklet
 - A nyomás növekedés miatt működésbe lépett a vészleállító rendszer, azaz a reaktor zónába beestek a szabályozó rudak. A reaktor leállt, de a maradványhő jelentős maradt. A zóna hűtéséről leállítás után is gondoskodni kell.
 - A rossz hőelvezetés miatt nőtt a nyomás a primer vízkörben, ezért kinyílt a nyomáskiegyenlítő tartálylefúvató szelepe
 - A nyomás csökkenésekor a térfogat kompenzátor szelepeinek vissza kellett volna zárnia, de nem következett be, mert a szelepre korábban bórsav ült ki.
 - DE a blokkvezérkőben a kijelző nem a szelep fizikai állapotát mutatta, hanem azt, hogy a szelepet nyitó szerkezet kap-e feszültséget vagy sem. Vagyis a kijelző azt mutatta, hogy a szelep kapott-e utasítást a zárásra!!!!
 - Az operátorok nem ismerték fel a csökkenő nyomás okát és leállították a nagynyomású üzemzavari zónahűtő rendszert is.
 - A reaktorban tovább csökkent a nyomás, a hűtőközeg elforrt, a zóna felső része víz nélkül maradt.
 - A hőmérséklet elérte az 1100 °C-t.
 - A burkolatok felnyíltak és beindult a víz – cirkónium reakció. Hidrogén jutott a konténmentbe és robbanás következett be.



A csernobili atomkatasztrófa

- **1986. április 26-án bekövetkezett az atomenergetika történelmének legsúlyosabb szerencsétlensége. 7. fokozatú baleset!**
- Csernobil, Ukrajna, RBMK típusú reaktor
- Korábban megfigyelt bajok: amikor a szabályozó rudakat betolják az RBMK erőműbe, a reaktivitás várt lecsökkenése helyett egy ideig annak átmeneti növekedését lehet tapasztalni. Nem tartották ezt elég fontosnak leírni a „kezelési utasításban”.
- a balesethez egy olyan kísérlet vezetett, amit az erőművön akartak kipróbálni.
- A baleseti napló



A fukusimai szerencsétlenség

- 2011. március 11, 14:46, tohukói földrengés + szökőár
- **7. fokozatú, nagyon súlyos nukleáris baleset**
- A környékbeli földeken mért radioaktivitás szintje összemérhető volt a csernobili katasztrófa után mértekkel, csak a kiterjedés volt korlátozottabb.
- A láncreakció leállítását követően még maradék hő termelődik, ezért a reaktort a leállítását követően is folyamatosan hűteni kell.
- A hűtőrendszer szivattyúit járattani kell. A szivattyúk működtetéséhez elektromos áramra van szükség.
- Elektromos üzemzavar esetén csak üzemzavari dízelaggregátorokkal lehetséges, de rövid ideig. Azonban az áramkimaradás Fukusimán hosszú ideig tartott.
- A reaktor leállása után 55 perccel 14-15 m magas szökőár érte el a létesítményt, és a telepház berendezéseit megrongálta. A dízelek is kiestek. ⇒ túlmelegedés és elforrt a hűtővíz....

