

# Az Energetikai mérnök BSc<sup>2017</sup> képzés Atomenergetika specializáció BME NTI által oktatott tantárgyainak záróvizsga tételei tárgycsoportonként

(Utolsó frissítés: 2024. május 31.)

## Energetikai mérnök BSc<sup>2017</sup> képzés, Atomenergetika specializáció

---

### „Reaktorfizika mérnököknek”

nevű „specializációs” záróvizsga tárgycsoport tételei, mely a **Reaktorfizika mérnököknek** című tárgy tételeiből áll

1. A reaktorfizika alapfogalmai (neutronsűrűség, vektorfluxus, skalárfluxus, áramsűrűség, neutronáram, parciális áramok).
2. Általános diffúzióegyenlet, diffúziós közelítés feltételei, peremfeltételek, egycsoport közelítés.
3. Sztatikus és kinetikus sajátértékek, tulajdonságaik, meghatározásuk az egycsoport elméletben.
4. Helmholtz-egyenlet, kritikusság, görbületi paraméterek, a neutronfluxus helyfüggése.
5. Reaktorkinetika, a pontkinetikai egyenletrendszer, általános forrásmentes megoldás, reciprokóra egyenlet, időállandók tulajdonságai, szabályozhatóság, prompt kritikusság, reaktivitás.
6. Lassuláselmélet alapfogalmai (spektrum, szórási magfüggvény, lassulási és szórási sűrűség, lassulási egyenlet).
7. Lassulási egyenlet megoldása (végtelen közegre, hidrogénre, általánosan, lassulási modellek).
8. Wigner modell, rezonanciakikerülési valószínűség, rezonanciaintegrál, Doppler-effektus, termalizáció (az utolsó három csak kvalitatívan).
9. Kevéscsoport elmélet, csoportállandók, kétcsoport diffúzióegyenlet 1D-ban, négyfaktor formula.
10. Reaktorok számítási sémája.
11. A diffúzióegyenlet megoldása végesdifferencia-módszerrel.
12. Kiegészítés (plutónium izotópok keletkezése, xenon és samárium mérgeződés).

Összeállította: Dr. Kis Dániel Péter, majd kiegészítette Dr. Kópházi József (1-12.).



## Energetikai mérnök BSc<sup>2017</sup> képzés, Atomenergetika specializáció

### „Nukleáris technika”

nevű közös záróvizsga tárgycsoport tételei, mely a **Mag- és neutronfizika** (1-10.) és **Atomenergetikai alapismeretek** (11-20.) című tárgyak tételeiből áll

1. Az atommag felfedezése, Rutherford-kísérlet eredménye és következménye. Az atommag sugara, Hofstädter-kísérlet.
2. Az atommag összetétele és tömege. Tömegdefektus és a kötési energia.
3. Az atommag cseppmodelje, Weiszäcker-féle félempirikus kötési energia formula. Energiavölgy tulajdonsága.
4. Az atommagok stabilitása és a lehetséges bomlási formák. Megmaradó mennyiségek. Bomlási energia.
5. A bomlások statisztikai jellemzése, bomlási egyenlet és a bomlástörvény. Felezési idő. Bomlási sorok jellegzetességei, speciális egyensúlyi állapotok.
6. Sugárzás és anyag kölcsönhatása: töltött részecskék és az anyag kölcsönhatásai. LET, Bethe-Bloch Formula, behatolási mélység.
7. Sugárzás és anyag kölcsönhatása: gamma-fotonok és az anyag kölcsönhatásai. Statisztikai jelleg, kölcsönhatás típusai jellegzetességei, felezési rétegvastagság.
8. Magreakciók jellemzése. Megmaradó mennyisége, reakcióenergia. Kinematikai leírás. Mikroszkopikus és makroszkopikus hatáskeresztmetszet. Reakciósebesség.
9. Differenciális hatáskeresztmetszetek. Reakciómechanizmusok: direkt és közbenső mag képződésével járó magreakciók jellegzetességei. Rezonanciák.
10. Maghasadás és fúzió.
11. Láncreakció és a 4-faktor-formula. Neutronlassulás alapjai, moderátoranyagok. Egycsoport diffúzióegyenlet homogén reaktorra, kritikusság.
12. Heterogén reaktorok leírása, moderációs görbe, reaktivitás-visszacsatolások. Későneutronok és a reaktorkinetika alapjai.
13. Kiegészítő és reaktormérgezettségi folyamatok. Reaktivitásszabályozás a reaktivitástartalék alakulása a kampány során.
14. A nukleáris üzemanyagciklus nyitó- és zárószakasza, legfontosabb létesítményei. Üzemanyagciklus opciók. Üzemanyag-tenyésztés és transzmutáció.
15. Legfontosabb atomerőmű típusok (PWR, BWR, PHWR, LWGR, FBR) felépítése és működése; alkalmazott közegek, hőkapcsolások; 2. és 3. generációs atomerőmű típusok összevetése.
16. PWR reaktorok üzemanyag-kazettáinak felépítése, fő szerkezeti elemeik, az üzemanyaggyártás fő lépései; az urán-dioxid és a szerkezeti anyagok hőfizikai jellemzői.
17. Hővezetés általános differenciálegyenlete; hőfejlődés a reaktorban; hengeres üzemanyag radiális és axiális hőmérséklet-viszonyainak számítása.
18. Konvektív és forrásos hőátvitel az üzemanyag-kötegben; forrásgörbe, forráskrizisek, DNB, DNBR. Üzemanyag tervezési korlátok.
19. Atomerőművek biztonságának alappillérei, mélységi védelem elve, biztonsági funkciók, atomerőművi események és állapotok, tervezési alap és kiterjesztése.
20. Különböző sugárzások kölcsönhatása az anyagi közeggel. Dózismennyiségek, dóziszfogalmak, dózisszámítás. Az ionizáló sugárzás biológiai hatásai. Dóziskorlátok, dózismérés.

Összeállították: Dr. Kis Dániel Péter (1-10.), Dr. Szieberth Máté (11-14.), Dr. Aszódi Attila (15-20.).



## Energetikai mérnök BSc<sup>2017</sup> képzés, Atomenergetika specializáció

### „Atomerőművek és termohidraulikájuk”

nevű „specializációs” záróvizsga tárgycsoport tétellei, mely az **Atomerőművek termohidraulikája** és **Atomerőművek** című tárgyak tételleiből áll

1. Az  $UO_2$  anyagjellemzőinek alakulása a legfontosabb fizikai és technológiai paraméterek függvényében. A nukleáris üzemanyag felépítése, fő gépészeti jellemzői.
2. A hővezetés általános differenciálegyenlete és annak megoldása különböző üzemanyag geometriák esetén. Üzemanyagpálca teljes radiális hőátvitelének leírása.
3. A hidraulikai egyenletrendszer és annak hasonlóságelméleti megoldása a hőátadás számítására.
4. Forrásos hőátadás jellemzői, forrásgörbe, forráskrizis. Kétfázisú áramlások vízszintes és függőleges csövekben. Áramlási térképek.
5. Hűtőközeg-csatorna stacionárius viszonyai egy- és kétfázisú áramlás esetén (axiális eloszlások). Üzemanyag tervezési korlátok.
6. Az aktív zónán belüli axiális és radiális teljesítmény-eloszlás, és változása a kiégési ciklus során. A kiégés fő hatásai a nukleáris üzemanyagra és jellemzőire. Egyenlőtlenességi tényezők.
7. Atomerőművek biztonságának alappillérei, mélységi védelem elve, mérnöki gátak, biztonsági funkciók. Nukleáris biztonság jogi szabályozása.
8. Atomerőművi események és állapotok, feltételezett belső és külső kezdeti események; tervezési alap és kiterjesztése.
9. LOCA események osztályozása, SB LOCA és LB LOCA folyamatok.
10. Zónasérüléssel járó súlyos baleseti folyamatok és kezelésük.
11. Mely reaktortípusok tartoznak a III. generációs reaktorok közé? Ismertesse az EPR fő jellemzőit, berendezéseit!
12. Milyen megfontolásokat kell figyelembe venni egy új atomerőmű telephelyének kiválasztása során? Ismertesse a figyelembe veendő külső hatásokat, telephelyi jellemzőket!
13. Ismertesse jelképes vázlat segítségével egy PWR primer és szekunder körű főberendezéseit, jellemezve azokat!
14. Ismertesse a gőzfejlesztő működését! Melyek az álló és fekvő gőzfejlesztők közötti legfontosabb különbségek? Ismertesse a gőzfejlesztő-cserékkel kapcsolatos tapasztalatokat!
15. Új atomerőművek építéséhez szükséges infrastruktúra elemek és a NAŰ mérőldkö megközelítése. Atomerőmű létesítés és az atomerőművi villamosenergia-termelés költségei.
16. Az atomerőmű tervezésének logikája, fő lépései és szempontjai. Az atomerőmű létesítés szakaszai, az építés előkészítésének lépései.
17. Ismertesse az üzemzavari hűtőrendszerek fajtáit, működését!
18. Milyen funkciót lát el a lokalizációs torony? Ismertesse a lokalizációs torony működési elvét!
19. Ismertesse az atomerőművek hűtésének speciális követelményeit, a normál üzemi illetve üzemzavari hűtés lehetőségeit!
20. Ismertesse a fő PWR konténment típusokat! Ismertesse röviden a konténment tervezésekor figyelembe vett követelményeket (tervezési alap)!
21. Ismertesse az atomerőművek irányítástechnikai rendszereinek és ember-gép kapcsolati rendszereinek fő jellemzőit, tervezési alapelveiket!

Összeállította: Dr. Aszódi Attila (1-21.).



## Energetikai mérnök BSc<sup>2017</sup> képzés, Atomenergetika specializáció

### „Nukleáris mérés technika és sugárvédelem”

nevű „specializációs” záróvizsga tárgycsoport tételei, mely a **Nukleáris mérés technika és sugárvédelem** című tárgy tételeiből áll

1. tétel: Dózismennyiségek és a közöttük fennálló összefüggések
2. tétel: A belső sugárterhelés meghatározásának mérési és számítási módszerei
3. tétel: A dózis- és dózisteljesítmény-mérés elméleti alapjai és mérés technikai megoldásai, dozimetriai detektorok.
4. tétel: A természetes radioaktivitás összetevői, a radon jelentősége, meghatározási módszerei
5. tétel: Az ionizáló sugárzások egészségkárosító hatásai
6. tétel: A sugárvédelmi szabályzás jogi és hatósági rendszere, az immisszió és emisszió dózisalapú korlátozása
7. tétel: A radioaktív szennyezések terjedésének számítása, szerepe a radioaktív hulladékok elhelyezésének megoldásában
8. tétel: A radioaktív hulladékok osztályozása, a rájuk vonatkozó szabályozás
9. tétel: A nukleáris energiatermelés radioaktív hulladékainak csoportjai
10. tétel: A nukleáris energiatermelésen kívüli forrásokból származó radioaktív hulladékok csoportjai
11. tétel: A radioaktív hulladékok térfogatcsökkentési módszerei
12. tétel: A radioaktív hulladékok kondicionálási módszerei
13. tétel: A radioaktív hulladékok átmeneti és végleges elhelyezése
14. tétel: Elemi részecskék csoportosítása. Sugárzások és anyag kölcsönhatása.
15. Atommag, nukleonok, radioaktív sugárzások eredete, tulajdonságaik, sugárzások kölcsönhatása anyaggal, radioaktív bomlási folyamatok.
16. tétel: Az  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugárzás detektálási módszerei és legfontosabb eszközei.
17. tétel: Detektorok általános mérés technikai jellemzői. Detektorok csoportosítása típus és felhasználás szerint.
18. tétel: Gázionizációs detektorok: ionkamrák, proporcionális számlálók, GM csövek. Működési elv. Karakterisztikák. Alkalmazások.
19. tétel: Szcintillációs detektorok, működési elvük szerves és szervetlen kristályoknál, szcintillátor anyagok. Kis- és nagyméretű kristályok, alkalmazások.
20. tétel: Félvezető detektorok típusai a gamma-, röntgensugárzás és alfarészecskék detektálására, alkalmazási területek.
21. tétel: Spektroszkópiai alapismeretek: különböző spektroszkópiai módszerek, detektorok elektromos jelének erősítése, formázása, digitalizálása, sokcsatornás analízátor.
22. tétel: Neutronok detektálása: alapelvek, detektortípusok, alkalmazások, nukleáris létesítményekben használatos néhány detektortípus.
23. tétel: Speciális detektorok: termolumineszcens detektor, Cserenkov-sugárzás, radiográfiai filmek, ködkamrák, kis és nagy aktivitások mérésének módszerei.
24. tétel: Gamma-spektrumok szerkezete, kiértékelésének módszerei, kimutatási határ fogalma.
25. tétel: A periódusos rendszer felépítése, a kémiai elemek keletkezése, természetes, kozmikus és földi eredetű radioaktív izotópok.
26. tétel: Izotópeffektus, kormeghatározási módszerek.
27. tétel: Radioanalitikai alapfogalmak: érzékenység, mátrixhatás, nyomjelző, minta feltárása, kémiai elválasztási módszerek, kromatográfia, kémiai kitermelés.
28. tétel: Elemanalitikai eljárások a kémiai tulajdonságok vizsgálatára: neutronaktivációs analízis, ICP-MS és ICP-OS módszerek, XRF elemzés.
29. tétel: Elemanalitikai eljárások a kémiai tulajdonságok vizsgálatára: Mössbauer-spektrometria, LIBS, Raman-spektrometria, elektronsugaras mikroanalízis.
30. tétel: Elemanalitikai eljárások a kémiai tulajdonságok és anyagszerkezet vizsgálatára: PET, röntgendiffrakció, CT, radiográfia, NMR.

Összeállította: Dr. Zagyvai Péter (1-13.) és Dr. Szalóki Imre (14-30).