

Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

**„Atomerőművek termohidraulikája és üzemtana”**

Tárgycsoport tételei

1. (TH+ÜT) Az UO<sub>2</sub> anyagjellemzőinek alakulása a legfontosabb fizikai és technológiai paraméterek függvényében.
2. (TH+ÜT) A hővezetés általános differenciálegyenlete és annak megoldása különböző üzemanyag geometriák esetén. Üzemanyagpálca teljes hőátvitelének leírása.
3. (TH+ÜT) A hidraulikai egyenletrendszer és annak hasonlóságelméleti megoldása a hőátadás számítására.
4. (TH+ÜT) Forrásos hőátadás jellemzői, forrásgörbe, forráskrízisek. Kétfázisú áramlások vízszintes és függőleges csövekben. Áramlási térképek.
5. (TH+ÜT) Hűtőközeg-csatorna stacionárius viszonyai egy- és kétfázisú áramlás esetén.
6. (TH+ÜT) Az aktív zónán belüli teljesítmény-eloszlás, üzemi korlátok, a termohidraulikai jellemzők és üzemi korlátok üzem közbeni monitorozása.
7. (TH+ÜT) A moderáltság és a reaktivitástényezők (és azok üzemi és biztonsági vonatkozásai).
8. (TH+ÜT) A xenon- és a szamárium-mérgezettség üzemviteli hatásai.
9. (TH+ÜT) Az atomreaktorok szabályozása, önszabályozó-képessége és manőverező-képessége.
10. (TH+ÜT) Az atomreaktor üzemi paramétereinek alakulása a kiegészi ciklus (kampány) alatt, a ciklusnyújtás lehetőségei és feltételei.
11. (TH+ÜT) A fűtőelemek üzemi viselkedése, a fűtőelemek és a reaktortartályok állapot-ellenőrzése.
12. (TH+ÜT) Az atomreaktor és a primerkör mint sugárforrás és annak üzemi vonatkozásai.
13. (TH+ÜT) Aktívzóna-monitorozás, in- és ex-core detektorok, üzemi mérések.

Budapest, 2013. május 17.

Dr. Aszódi Attila és Dr. Czifrus Szabolcs

## Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

---

### „Hő- és atomerőművek”

Tárgycsoport tételei

1. rész: Atomerőművek

1. (AE) Mely reaktortípusok tartoznak a III. generációs reaktorok közé? Ismertesse az EPR fő jellemzőit, berendezéseit!
2. (AE) Milyen megfontolásokat kell figyelembe venni egy új atomerőmű telephelyének kiválasztása során? Ismertesse a figyelembe veendő külső hatásokat, telephelyi jellemzőket!
3. (AE) Ismertesse jelképes vázlat segítségével egy PWR primer és szekunder köri főberendezéseit, néhány mondattal jellemezve azokat!
4. (AE) Ismertesse a gőzfejlesztő működését! Melyek az álló és fekvő gőzfejlesztők közötti legfontosabb különbségek?
5. (AE) Ismertesse általánosságban, hogy miért van szükség vízzel hűtött reaktoroknál kondicionáló anyagokra, illetve a vízkémia alkalmazására! Ismertesse röviden a primerköri és szekunder köri vízkémia alapjait (VVER-440 esetén)!
6. (AE) Ismertesse az üzemzavari hűtőrendszerek fajtáit, működését!
7. (AE) Milyen funkciót lát el a lokalizációs torony? Ismertesse a lokalizációs torony működési elvét!
8. (AE) Ismertesse az atomerőművek hűtésének speciális követelményeit, a normál üzemi illetve üzemzavari hűtés lehetőségeit!
9. (AE) Ismertesse a fő PWR konténment típusokat! Ismertesse röviden a konténment tervezésekor figyelembe vett követelményeket (tervezési alap)!

Budapest, 2016. január 1.

Boros Ildikó



## Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

### „Hő- és atomerőművek”

#### Tárgycsoport tételei

#### 2. rész: Erőművek

1. Gőzkörfolyamatok alapfogalmai: alapkörfolyamatok felépítése, hatásfok meghatározása, elhanyagolások; valós körfolyamatok. Energiaátalakító körfolyamatok analízise: veszteségfeltárás energia és hőmérséklet/entrópia szemlélettel. A gőzerőmű strukturális felépítése: alrendszerek, alrendszerek közötti energiaáramok. A gőzerőmű eredő hatásfoka („nyolc-éta-formula”); az eredő hatásfokra vonatkozó összefüggés levezetése.
2. A gőzerőmű hatásfokának javítására szolgáló módszerek és azok befolyása az erőmű berendezéseire és részhatásfokaira: kezdőparaméterek változtatása; végparaméterek változtatása; a körfolyamat felépítésének módosítása.
3. A tápvízelőmelegítés elmélete: végtelen sok fokozatú előmelegítés; egyfokozatú előmelegítés; többfokozatú előmelegítés; a hatásfokra gyakorolt hatás. A tápvízelőmelegítő rendszer legkedvezőbb kialakítása: az előmelegítési véghőmérséklet, fokozatszám és a fokozatbeosztás legkedvezőbb módja (a meghatározás gondolatmenete). A tápvízelőmelegítő rendszer kialakítása és üzeme (néveleges terhelésen); segédelőmelegítők (gőzhűtők és csapadék-utóhűtők).
4. Újrahevítés: újrahevítés a hagyományos gőzerőműben (az újrahevítés legkedvezőbb nyomásának megválasztása); újrahevítés az atomerőművi telített-gőz körfolyamatban.
5. A kondenzációs berendezés: keverő és felületi gőzkondenzátorok, a kondenzátorok üzemeltetésének sajátosságai. Hűtési rendszerek: frissvízhűtés (tározók méretezésnek alapfogalmai); visszahűtéses rendszerek (hűtőtó, szóróhűtő, nedves hűtőtorony, száraz hűtőtorony, kombinált és hibrid eljárások); közvetlen légekondenzációs rendszer.
6. Gázturbinás erőművek (nyílt ciklus: felépítés, berendezések, kompresszió, expanzió, blokk-diagram, Sankey-diagram,  $\eta_E$ , optimalizálás). Gázturbina teljesítményszabályozás (kompresszor és turbina együttműködése, kompresszor és turbina jelleggörbék, teljesítményváltoztatási lehetőségek). Hatásfokjavítási lehetőségek egytengelyes GT egységben (osztott kompresszió, soros égőtér kialakítása, újrahevítés, belső hőhasznosítás,  $T-s$  diagramok, kapcsolási vázlatok, előnyök, hátrányok)
7. Kombinált ciklusú (gáz/gőz) erőművek (kapcsolási megoldások bemutatása, kazán és GT együttműködése, tápvízrendszeren keresztüli kombináció, hőhasznosító kazán, az integráció bemutatása  $T - \dot{S}$  diagramban) Kombinált ciklus hőhasznosító kazánnal (körfolyamat felépítése, optimális kezdőnyomás, tömegáram-változtatás, max. termikus hatásfok, kombinált gáz/gőz erőművek gőzkörfolyamati része).
8. Póttüzelés kombinált ciklusú egységeknél (alkalmazása, előnyök, hátrányok, kapcsolási vázlat,  $T - \dot{Q}$ -diagram,  $\eta_E$  változása). STIG (CHENG)-ciklus (víz, ill. gőz bevezetés az égőtérbe, előny, hátrány, élettartam-befolyás). HAT ciklusok. Levegő-előhűtéses gázturbinák. A gázturbina élettartam-gazdálkodása (egyenértékű élettartam, súlyfaktorok, események).



## Ajánlott irodalom:

- LÉVAI ANDRÁS: Hőerőművek I., Nehézipari könyv- és folyóiratkiadó vállalat, Budapest, 1953.
- LÉVAI ANDRÁS: Hőerőművek II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.
- LÉVAI A.–ZETTNER T.: Hőerőművek IV., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- BIHARI P.–BALOGH A.: Erőművek. Jegyzet kézirat (ftp.energia.bme.hu).**
- BÜKI GERGELY: Erőművek. Műegyetemi Kiadó, 2004.**
- BÜKI GERGELY: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, 2007.
- BÜKI GERGELY: Energiaátalakítás, gáz- és gőzerőművek. Akadémiai Kiadó, 2000.
- BÜKI GERGELY: Energiatermelés, atomtechnika. BME Egyetemi jegyzet
- BÜKI GERGELY: Erőművi berendezések. BME Egyetemi jegyzet
- BÜKI GERGELY: Hőkörfolyamatok I. BME Egyetemi jegyzet**
- GÁCS IVÁN: Erőművek. Kézirat. (rövid összefoglaló, ftp.energia.bme.hu)**
- PETZ ERNŐ: Hőerőművek I., Gazdasági vizsgálatok. BME Egyetemi jegyzet
- LÉVAI ANDRÁS: Hőerőművek II., Hőkapcsolások. BME Egyetemi jegyzet
- MARGULOVA T. H.: Atomerőművek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

A kifejezetten ajánlott kiadványokat **félkövér** szedéssel kiemeltük.

A vizsgán mindenki három kérdést kap (húz véletlenszerűen), egyet az első (1..8), egyet a második (9..16) és egyet a harmadik (17..24) harmadból.

Budapest, 2013. december 12.

Dr. Bihari Péter

egyetemi docens



## Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

### „Energetika”

#### Tárgycsoport tételei

#### 1. Az energetika általános kérdései

- 1./ Primerenergia, szekunder energiahordozók, energiamérleg, energiahordozó szállítása, végfelhasználása.
- 2./ A tiszta tüzelőanyagok égésének fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátása, a hálózatra adott villamos energia fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátása. A világ és Magyarország CO<sub>2</sub>-kibocsátása.
- 3./ A világ és Magyarország tüzelőanyag készlete ( $\tau$ , év) konvencionális/nem konvencionális kitermelési eljárással.
- 4./ A megújuló energiaforrások potenciálja a világon és Magyarországon.
- 5./ A szekunder energiahordozók termelése a világon, EU-27-ben és Magyarországon.
- 6./ Az energiapolitika definíciója, az EU-27 és Magyarország energiapolitikája.
- 7./ Globális problémák, fenntartható fejlődés és fenntartható energetika koncepciója.

#### 2. Szénhidrogén energetika

- 1./ A kőolaj elemi összetétele, szénhidrogén csoportjai, minősítése, szennyezői. Az üzemanyag oktánszáma, szenzibilitása, cetánszáma.
- 2./ Kőolaj-vertikum: bányászat, stabil olaj szállítása, kőolaj-finomítás, termékek.
- 3./ A földgáz összetétele, tulajdonságai. Földgáz vertikum: bányászat, a száraz földgáz szállítása, tárolása.
- 4./ A cseppfolyósított földgáz tengeri szállítása (lehűtés, szállítás hajóban, felmelegítés, betáplálás a hálózatba).
- 5./ Szén- és biomassza elgázosítás: szintézisgáz, metán (szintetikus földgáz) előállítása és feldolgozása üzemanyaggá.
- 6./ 1. (bioalkohol, biodízel), 2. (szintetikus üzemanyagok, metán) és 3. generációs bioüzemanyagok (biometán, biohidrogén): definíció, technológiák.

#### Hőtermelés

- 1./ Hőtermelő berendezések.
- 2./ Gőzkazánok, forróvíz és melegvíz-kazánok.
- 3./ Hőszivattyús hőtermelés.
- 4./ Fűtési hőigény energetikus és épületgépész szemlélettel, hazai megtakarítási potenciál.
- 5./ Használati melegvíz hőigény, hazai megtakarítási potenciál. Technológiai hőigény.
- 6./ Kompresszoros, abszorpciós hűtőgép, hűtőház.
- 7./ Téli, nyári légkondicionálás.

### **Villamosenergia-termelés hőerőművekben**

- 1./ Fosszilis tüzelőanyagú gőzerőművek (kapcsolás, hőkörfolyamat h-s és T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 2./ Fosszilis tüzelőanyagú gőzerőművek (fő berendezések, energiaátalakítás és lejátszódo folyamatok).
- 3./ Gőzerőművek hűtővíz rendszerei.
- 4./ Nyomottvizes atomerőmű primerkör (kapcsolás, atomreaktor (nukleáris gőzfejlesztő rendszer) és hőteljesítménye, biztonsági filozófia).
- 5./ Nyomottvizes atomerőmű szekunderkör (kapcsolás, gőzfejlesztő és gőzturbina, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 6./ Nyitott egytengelyes gázturbina (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 7./ Kombinált gáz-gőz erőmű (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző). Feltöltött kazánban integrált gáz-gőz erőmű.
- 8./ CO<sub>2</sub>-leválasztó technológiák (tüzelés után, oxy-fuel tüzelés, tüzelés után), CO<sub>2</sub> földalatti elhelyezése, hatásfok-csökkenés.

### **Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés**

- 1./ Ellennyomású fűtőerőművek (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 2./ Kondenzációs fűtőerőművek (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 3./ Gázturbina és forróvíz vagy gőzkazán kombinációja (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, hőhasznosító  $t - \dot{Q}$  diagramja, energetikai jellemző).
- 4./ Gázturbina és ellennyomású vagy elvételes-kondenzációs gőzturbina kombinációja (kapcsolás, hőkörfolyamat T-s diagramban, teljesítménymérleg, hőhasznosító  $t - \dot{Q}$  diagramja, energetikai jellemző).
- 5./ Gázmotoros kombináció (kapcsolás, teljesítménymérleg, energetikai jellemző).
- 6./ A közvetlen és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés összehasonlítása.

### **Megújuló energiaforrások hasznosítása hő- és villamosenergia-termelésre**

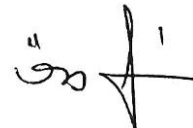
- 1./ Vízerőművek (vízerő-potenciál, vízturbina és vízerőmű típusok, működés, teljesítménye és rendelkezésre állása).
- 2./ Szélerőművek (szélerő-potenciál, szélturbina-generátor, működés, teljesítménye és rendelkezésre állása).
- 3./ Napelemek, naperőművek (napenergia-potenciál, naperőmű kapcsolás, napelem típus, működés, hatásfok, teljesítmény és rendelkezésre állás).
- 4./ Napkollektorok (napenergia-potenciál, napkollektor típus, működés, hatásfok, teljesítmény és rendelkezésre állás).

- 5./ A geotermikus energia hasznosítása hőtermelésre (Hódmezővásárhely), kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre (típus, teljesítmény).
- 6./ A biomassa hasznosítása hőtermelésre (tűzifa, pellet, hulladék), kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre (fűtőerőmű típus).
- 7./ A biomassa elgázosítása (szintézisgáz, biogáz, depóniagáz), metán- és hidrogén előállítása.
- 8./ Hidrogénenergetika, üzemanyag és tüzelőanyag-cellák.

### **Vezetékes energiaellátó rendszerek**

- 1./ Földgázellátás (minőségi jellemzők, igény, az ellátás fizikai folyamata, ellátásbiztonság).
- 2./ Villamosenergia-ellátás (minőségi jellemzők, igény, az ellátás fizikai folyamata).
- 3./ A villamos energia ellátásbiztonsága (tartaléktartás, primer, szekunder, terciér tartalék, az erőművek szabályozhatósága, a villamosenergia-rendszer pillanatnyi teljesítménye).
- 4./ A földgáz- és villamosenergia-ellátás piaci működési és szervezeti modellje, költsége és ára.
- 5./ Forróvizes távhőellátás (minőségi jellemzők, igény, az ellátás fizikai folyamata, ellátásbiztonság, működési modell), költsége és ára.

Budapest, 2014. december 7.



Dr. Ósz János  
egyetemi docens



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

## Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

---

### **„Nukleáris környezetvédelem„**

#### Tárgycsoport tételei

#### **Környezeti sugárvédelem**

1. Dózismennyiségek és a közöttük fennálló összefüggések
2. A belső sugárterhelés meghatározásának mérési és számítási módszerei
3. A dózis- és dózisteljesítmény-mérés elméleti alapjai és mérés technikai megoldásai
4. A természetes radioaktivitás összetevői, a radon jelentősége, meghatározási módszerei
5. Az ionizáló sugárzások egészségkárosító hatásai
6. A sugárvédelmi szabályzás rendszere, az immisszió és emisszió korlátozása
7. A szennyezések terjedésének számítása, szerepe a hulladékok elhelyezésének kijelölésében

#### **Radioaktív hulladék-gazdálkodás**

1. A radioaktív hulladékok osztályozása, a rájuk vonatkozó szabályozás
2. A nukleáris energiatermelés radioaktív hulladékainak csoportjai
3. A nukleáris energiatermelésen kívüli forrásokból származó radioaktív hulladékok csoportjai
4. A radioaktív hulladékok térfogatcsökkentési módszerei
5. A radioaktív hulladékok kondicionálási módszerei
6. A radioaktív hulladékok átmeneti és végleges elhelyezése

#### **Nukleáris mérés technika**

1. Elemi részecskék csoportosítása. Sugárzások és anyag kölcsönhatása.
2. A részecskedetektálás alapelvei.
3. Detektorok általános jellemzői. Detektorok csoportosítása típus és felhasználás szerint.
4. Gázionizációs detektorok: ionkamrák, proporcionális számlálók, GM csövek. Működési elv. Karakterisztikák. Alkalmazások.
5. Szcintillációs detektorok, működési elvük szerves és szervesetlen kristályoknál, szcintillátor anyagok. Kis- és nagyméretű kristályok, alkalmazások.
6. Félvezető detektorok, típusok, alkalmazási területek.
7. Spektroszkópiai alapismeretek, a különböző spektroszkópiai alkalmazások detektortípusai.





8. Neutronok detektálása: alapelvek, detektortípusok, alkalmazások.
9. Nukleáris létesítményekben használatos detektortípusok. Ex-core és in-core detektorok.
10. Dozimetriai detektorok működési elvei.
11. Speciális detektorok.
12. Különleges méréstechnikai módszerek. Kis és nagy aktivitások mérése.
13. A méréskiértékelés matematikai statisztikai alapjai

## **Radioanalitika**

1. Atommag, nukleonok, radioaktív sugárzások eredete, tulajdonságaik, sugárzások kölcsönhatása anyaggal, radioaktív bomlási folyamatok.
2. Az  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugárzás detektálási módszerei és legfontosabb eszközei.
3. A periódusos rendszer felépítése.
4. Az elemek keletkezése, természetes eredetű radioaktív izotópok, kozmikus és földi eredetű radioaktív izotópok.
5. Kormeghatározási módszerek.
6. Izotópeffektus.
7. Radioanalitikai alapfogalmak: érzékenység, mátrixhatás, kémiai kitermelés, pontosság, nyomjelző, mintavétel, feltárás, kémiai elválasztási módszerek, nyomjelzés.
8. Természetes és mesterséges eredetű izotópok elemzésének módszerei radiokémiai és nukleáris spektroszkópiai módszerekkel.
9. Elemanalitikai eljárások, nukleáris módszerek a kémiai tulajdonságok és az anyagszerkezet vizsgálatában.

### **Ajánlott irodalom:**

- Az előadások közzétett prezentációi;
- Deme S., Fehér I. (szerk.): Sugárvédelem (ELTE Eötvös Kiadó, 2010).



## Energetikai mérnök BSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

---

### „Reaktorfizika”

#### Tárgycsoport tételei

1. Az atommag alaptulajdonságai (összetétel, méret, sűrűség, tömeg, kötési energia, stabilitás)
2. Radioaktív bomlások (bomlások típusai, tulajdonságaik; bomlástörvény, aktivitás, bomlási sorok, egyensúlyi állapotok)
3. Magreakciók (magreakciók típusai, mechanizmusok, megmaradó mennyiségek, hatáskeresztmetszetek, neutron által kiváltott magreakciók, reakciósűrűség)
4. Maghasadás és fúzió (energia felszabadítás módjai magreakciók révén, maghasadás leírása a cseppmodellel, hasadványok, későneutronok)
5. A reaktorfizika alapfogalmai (neutronsűrűség, vektorfluxus, skalárfluxus, áramsűrűség, neutronáram, parciális áramok)
6. Általános diffúzióegyenlet, diffúziós közelítés feltételei, peremfeltételek, egycsoport közelítés
7. Sztatikus és kinetikus sajátértékek, tulajdonságaik, meghatározásuk az egycsoport elméletben
8. Helmholtz-egyenlet, kritikusság, görbületi paraméterek, a neutronfluxus helyfüggése
9. Reaktorkinetika, a pontkinetikai egyenletrendszer, általános forrásmentes megoldás, reciprokóra egyenlet, időállandók tulajdonságai, szabályozhatóság, prompt kritikusság, reaktivitás
10. Lassuláselmélet alapfogalmai (spektrum, szórási magfüggvény, lassulási és szórási sűrűség, lassulási egyenlet)
11. Lassulási egyenlet megoldási (végtelen közegre, hidrogénre, általánosan)
12. Rezonanciaintegrál, rezonanciakikerülési valószínűség, Doppler-effektus, Fermi-kor
13. Kevéscsoport elmélet, csoportállandók, kétcsoport diffúzióegyenlet 1D-ban, négyfaktor formula
14. Heterogén reaktorok, reaktivitás tényezők
15. Kiegészítés (plutónium izotópok keletkezése, szamárium és xenon mérgeződés)

Budapest, 2015. december 1.

Dr. Kis Dániel Péter  
sk.