

1. A szigorlat menete

A szigorlatot a Fizikus MSc orvosi fizika specializációs hallgatóknak a **második vagy harmadik** szemeszterük folyamán ajánljuk letenni.

A szigorlat során **4 tételt** kell húzniuk, 1-1 tétel kifejtésére k.b. negyed órát száhatnak, legalább ugyanennyi időt kapnak a felkészülésre is.

A szigorlat négy tantárgy(csoport) tematikájából áll össze:

- A) Magfizika
- B) Nukleáris Méréstechnika és Sugárvédelem
- C) Képkotó diagnosztikai eljárások
- D) Sugárterápia

A négy tantárgycsoportból a vizsgáztatás egymással párhuzamosan zajlik. Minden témakörből a vizsgázónak legalább elégséges érdemjegyet kell szereznie, a végleges érdemjegy a négy rész-érdemjegy átlagából születik a szigorlati bizottság döntése alapján felfelé vagy lefelé kerekítve.

Szigorlati időpontok igény szerint lesznek kialakítva, törekedni kell, hogy félévente legalább egy évközi és egy vizsgaidőszaki alkalomra kerülhessen sor.

2. szigorlati tételsor

„A” tételsor: Magfizika

- A1. A mag teljes impulzusmomentuma, kapcsolata a mérhető mennyiségekkel (mágneses momentum, elektromos kvadrupólmomentum); rotációs gerjesztések; az impulzusmomentum szerepe a bomlási folyamatokban; héjmodell.
- A2. A magerők alaptulajdonságai a szórás folyamatok és a deuteron tulajdonságainak ismeretében; Yukawa-potenciál (nem-centrális, n-p kicserélő erők, izospin és töltésfüggetlenség), töltés-multiplettek.
- A3. Magmodellek és alaptulajdonságok. Fermi-gáz modell (telítettség, szimmetria energia); héjmodell és a mágikus számok, kollektív modell és az elektromágneses momentumok, tömeg kvadrupólmomentum.
- A4. A maghasadás és a fúzió energetikai viszonyai; reakciómechanizmusok; maghasadás, mint közbelső mag képződésével járó reakció; spontán hasadás. Fúziós energiatermelés a csillagokban és a Földön.
- A5. Magreakciók és leírásuk. Megmaradó mennyiségek, energiaviszonyok. Hatáskeresztmetszetek, kettős additivitás. Differenciális hatáskeresztmetszet. Hatáskeresztmetszetek mérése. Magreakciók leírása: parciális hullámok módszere, Born közelítés, DWBA és használatuknak feltétele.
- A6. Gamma-bomlás: Fermi-féle aranyszabály általános esetben. Az elektromágneses tér kifejtése speciális gömbfüggvényekkel. A paritás szerepe. Kiválasztási szabályok, átmeneti valószínűségek mágneses és elektromos átmenetekre, Weisskopf egységek, és a használt közelítések. Az átmeneti valószínűségek mérési lehetőségei. Szögkorreláció és multipolaritás. Béta-bomlás: megmaradó mennyiségek. A neutrínó. A béta spektrum leírása Fermi-aranyszabállyal, az állapotsűrűség meghatározása. Átmeneti mátrixelem, és a kölcsönhatási operátort összetevő tagok. Lehetséges átmenetek osztályozása, Fermi-féle és Gamow-Teller féle bomlások. Paritásvioláció, Wu-kísérlet.
- A7. Alfa-bomlás: alagúteffektus, transzmissziós együttható számítása 1D és 3D esetben. Coulomb-potenciál és a Gamow-faktor. Geiger-Nuttall törvény. Alfa-csomó képződése az atommagokban, és ennek kísérleti bizonyítékai. Maghasadás elmélete: elvi alapok, hasadási gát. A maghasadás leírása a cseppmodell alapján. Hasadványok tömegeloszlásának jellegzetességei. Neutronnal indukált hasadási hatáskeresztmetszetek viselkedése. Reakciótermékek. Energiaviszonyok. Prompt és késő neutronok.

„B” tételsor: Nukleáris Méréstechnika és Dozimetria

- B1. Dózisfogalmak: elnyelt dózis és KERMA, egyenértékűdózis, effektív dózis, lekötött dózis és kollektív dózis. Dózis és dózisteljesítmény.
- B2. Dózisok mérése és számítása: külső és belső dózis számítási összefüggései, dózistényező és dóziskonverziós tényező, külső sugárterhelés mérési elve és módszerei, belső sugárterhelés mérési elve és módszerei. A dózismérés és a nukleáris analízis mérési elveinek, céljainak összehasonlítása.
- B3. Természetes és mesterséges eredetű radioaktivitás. A sugárzás biológiai hatásai. A sugárhatást befolyásoló tényezők. LET és RBE fogalma és meghatározásai. A sugárvédelem alapelvei, dóziskorlátozási rendszer. Lakossági és munkavállalói dóziskorlátok.
- B4. Kis és nagy aktivitású radioaktív anyagok nukleáris analízise: alfa- és béta-sugárzás

mérése, kalibrációk, mérési bizonytalanság, kimutathatóság, mérési érzékenység a nukleáris mérési eljárásokban.

- B5. Detektorok általános jellemzése, működési elvek. Impulzus és áram üzemmód. Méréstechnikai paraméterek: energia- és határfok-kalibráció, holtidő, energiafelbontás, kiszökési jelenségek. Valódi és véletlen koincidencia. Gáztöltésű detektorok fő jellemzői, működési tartományok, karakterisztikák.
- B6. Szcintillációs detektorok. Felépítés, szerves és szervetlen szcintillátor anyagok, jellemzőik. Alkalmazási területek. Fotoelektron-sokszorozók. Lavina fotodióda.
- B7. Félvezető detektorok működési elve. Alfa- béta- és gamma-sugárzás spektroszkópiája. PIN dióda, SD és CZT detektorok.

„C” tételsor: Képkeltő diagnosztikai eljárások

- C1. Röntgendiagnosztika és planáris leképezések. Röntgen források, detektorok, röntgensugárzás kölcsönhatása anyaggal, kontraszt az emberi testben, a képminőség tényezői, a CT evolúciója, Hounsfield egység, fan-beam rekonstrukció, projekció alapfogalmi (képnagyítás, forrásnagyítás), projekció lineáris konvolúciós formája, pontszerű forrás és tárgy képe, rés képe, átviteli függvény
- C2. Izotópdiaagnosztika: Gamma kamera és SPECT. Az Anger-elv. Kollimátorok, pinhole és multipinhole leképezés. Izotópdiaagnosztika gamma-kamerás síkleképezéssel: alkalmazott forrástípusok (radiofarmakonok), határfok, elérhető képparaméterek, felbontóképesség, zajforrások, vizsgálható szervek, vizsgálati célok. A SPECT elve, kivitelezésének módjai, képminőséget befolyásoló tényezők, alkalmazási irányok.
- C3. Izotópdiaagnosztika: PET. A PET elve, koincidencia-technikák. Időzítés. Valódi, véletlen és szórásból származó koincidenenciák, aktivitás-számlálási sebesség összefüggése, zaj-ekvivalens számlálási sebesség (NEC rate), single ráta, random ráta. Pozitron-range, annihilációs fotonok non-kollinearitása. A PET detektorok jellemzői, képminőséget befolyásoló tényezők, alkalmazási irányok
- C4. Ultrahangdiagnosztika és lineáris átviteli rendszerek. UH források és detektorok, az UH kölcsönhatása anyaggal, szöveti modellek, A-, B- és M-módú képkeltés, doppler-mód, Lineáris rendszerek, eltolási-invariáns transzformáció, szuperpozíció elve, Fourier, Laplace, Z, Walsh transzformált, szűrők, digitális Fourier transzformált, mintavételezési törvény
- C5. Mágneses Rezonancia képkeltés (MRI). Az MRI alapfogalmi (gerjesztés, spin, Larmor frekvencia, giromágneses faktor), spinek rendeződése és relaxációja külső mágneses térben, T1, T2 relaxáció, Bloch egyenletek, az MRI készülék felépítése és működése, FID, Pulse-echo és Inversion Recovery szekvenciák, 3D MRI képkeltés
- C6. A diagnosztikai célú felvételek tulajdonságai. A kép fogalma, digitális kép, a 2D kép tulajdonságai (színezet, telítettség, fényesség), a képminőség alapjellemezői (kontraszt, zaj, felbontás), a képi alapjellemezők egyesített fogalmi (MTF, SNR, DQE), képfelismerési modellek és mérőszámok - Rose modell és alkalmazása Poisson modelle, ROC), a digitális képfeldolgozás elemei, DICOM szabvány

- C7. A 2D Radon transzformáció tulajdonságai és a 2D inverz Radon transzformáció. Egyenes paraméterezése a síkban, vonalmenti integrál (t, θ paraméterezéssel, tulajdonságok és transzformációs tételek, konvolúció, Központi/Fourier szeletelési tétel, Fourier inverziós képlet, visszavetítő operátor, adjungált Radon transzformált, Hilbert transzformált és szerepe a Radon inverzióban, szűrt visszavetítés, szűrt visszavetítés diszkrét formában, Ram-Lak, Shepp-Logan, Cos szűrők
- C8. Iteratív rekonstrukciós eljárások determinisztikus modellben és analitikus képrekonstrukció magasabb dimenziókban. Radon transzformált voxelbázison, Kaczmarz iteráció, Maximum-Likelihood becslés, Maximum A posteriori becslés, ML-EM módszer, az emissziós tomográfiai rekonstrukció E és M lépése, MAP-LM, OSEM rekonstrukciók, Radon transzformált magasabb dimenziókban, Radon inverziós formula multidimenzióval esetben, általános inverziós képlet tetszőleges dimenzióra, sugártranszformált, a sugártranszformált kiegészítése teljes Fourier transzformálttá, 3D szűrt visszavetítés

„D” tételsor: Sugárterápia

- D1. Sugárfizika alapjai, a dóziszfogalom kialakulása, a doziméterek jellemzői. A sugárterápiában alkalmazott ionizációs kamrák típusai, alkalmazhatósági feltételei, felépítésük és kalibrációs faktorai, film dozimetria, gél dozimetria, TLD. Sugárterápiás fantomok szerepe a sugárterápiában, fajtái és főbb tulajdonságai. Besugárzóeszközök szerepe a sugárterápiában, mélyterápiás röntgen készülékek jellemzői, kobalt ágyú tulajdonságai, felépítése. Lineáris gyorsítók működési elve, felépítése, jellemző paraméterei.
- D2. Foton- és elektronnyaláb kalibráció (Dozimetriai mennyiségek, Foton terápia paraméterei, Négyzetes fogyás, besugárzási mező, ekvivalens mezőméret, mezőillesztés, a foton nyaláb áthaladása páciensen, Kollimátor faktorok, Százalékos mélydózis, PDD mérés vízben és levegőben, SSD és SAD besugárzási technikák jellemzői, TAR, TPR és TMR meghatározása és mérése, Mezőprofilok, Szövethiány kompenzálása, Inhomogenitás korrekció.
- D3. Besugárzástervezés a foton teleterápiában (Besugárzástervezés folyamatábrája, Rögzítés és betegbeállítás, Képképzés szerepe a sugárterápiában (PET, CT, MRI), A védendő szervek és célterületek meghatározása, besugárzástervezési technikák, mezőmódosító eszközök, besugárzási tervek érzékelése, dózis-térfogat hisztogramok szerepe és fajtái, kezelési tervek ellenőrzése, port filmek és elektronikus mezőellenőrző berendezések fajtái és szerepe, kezeléskor előforduló hibák típusai és korrekciós lehetőségek.
- D4. Elektronsugárzás alkalmazása a sugárterápiában (Az elektron interakciója az elnyelő közeggel, a klinikumban alkalmazott elektron energia tartomány, mélydózis görbe mérése és jellemzői, inverz négyzetes törvény, gyakorlati hatótávolság (R_p), R_{CSDA} , Elektron dózis gradiens, Az elektron sugár spektruma, az elektronnyaláb minőségim

paraméterei, elektronsugárzás dozimetriája, dózisprofil jellemzői, applikátorok alkalmazása, klinikai alkalmazásának feltételei, Szöveti inhomogenitás figyelembevétele, dózisszámolási algoritmus elektronsugárzás esetében.)

- D5. Brachyterápia (Brachyterápiás besugárzási technikák, Brachyterápiás sugárforrások jellemzői, afterloading kezelések, HDR készülékek felépítés és minőségbiztosítása, applikátorok alkalmazása és dóziselőírásai, Dózisteljesítmény defíniációk, Bétasugárzó izotópok, Interstitiális brachyterápia dozimetriája.
- D6. Speciális sugárterápiás technikák (IMRT alapjai, inverz besugárzástervezés jellemzői, IMRT besugárzási technikák, Tomoterápiás besugárzókészülékek működési elve, Cyber-kés működési elve, IMRT tervek dozimetriai ellenőrzése, Képezérelt sugárterápia technikai lehetőségei, Beteg beállítási pontatlanságok, Szisztematikus és random hibák, Sugársebészet és Protonbesugárzás fizikai alapjai.)
- D7. Minőségbiztosítás a sugárterápiában (Minőségbiztosítás alapfogalmai, besugárzókészülékek minőségellenőrzése, tervezőrendszerek minőségbiztosítása, nemzetközi protokollok jelentősége, IAEA 398, 430 protokolljainak ismerete,
- D8. Sugárbiológia a sugárterápiában (A biológiai hatások kialakulásának időbeni lefolyása, Szabadgyök képződés, EQD2, BED meghatározásai, Sugárzás biológiai hatásait befolyásoló tényezők, LQ modell, Frakcionált és hiperfrakcionált sugárterápia, BED számítás a teleterápiában, brachyterápiában és protonterápiában.