



Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló,  
2016. április 9.  
Szimulációs feladat

## Sugárvédelmi optimumkeresés

**A szimulációs feladat során egy reaktorhoz közeli mérőhely sugárvédelmi optimalizációját végezzük el. A rendelkezésünkre álló helyen megpróbáljuk megkeresni a megadott anyagokból készült védőrétegek olyan konfigurációját, amiben a dózisteljesítmény minimális.**

A sugárforrásunk egy kis méretű kutatóreaktor, hasonló a BME Oktatóreaktorához. A reaktor mellett található ún. „forró kamrában” frissen besugárzott anyagok vizsgálatát lehet elvégezni. Fontos, hogy ennek a kamrának a reaktorból származó háttérdózisa minél kisebb legyen. Az egyszerűség kedvéért a szimulációban a természetes háttérsugárzás hatását elhanyagoltuk.

A reaktorból származó sugárzások közül sugárvédelmi szempontból hármat különböztetünk meg: 1) gyors neutronok, 2) termikus neutronok és 3) gamma fotonok. (A béta- és alfa részecskék nagyon rövid úton elnyelődnek a reaktorban illetve az aköri anyagokban, így ezekkel most nem kell számolni.) Az egyes sugárzások élettani hatása különböző, ezért az *egyenérték dózis* számításakor eltérő súlyfaktort veszünk őket figyelembe. A gammák súlya 1, a termikus neutronoké (ebben a feladatban) 5, míg a gyors neutronok súlya 20. A teljes dózis a különböző sugárzások beütésszámának súlyozott összegéből számítható:  $D \sim N_{\text{gamma}} + 5 \cdot N_{\text{termikus}} + 20 \cdot N_{\text{gyors}}$ .

Az árnyékolásra felhasznált anyagokban különböző folyamatok mehetnek végbe. Mind a három féle sugárzás elnyelődhet (abszorpció, amit nem követ semmi), a gyors neutronok termikusra lassulhatnak vagy gammát kelthetnek, illetve a termikus neutronok is gammát kelthetnek. Tehát amíg a gyors neutronok fluxusa csak csökkenhet, addig a termikus neutronok és a gammák fluxusa az említett folyamatoknak köszönhetően akár nőhet is egy-egy anyag hatására. Az egyszerre lezajló 6 különböző folyamat egységnyi vastagságú anyagra vonatkozó valószínűsége minden anyag és folyamat esetén más, és egymástól is több nagyságrenddel különböző lehet. A szimulációba épített  $3 \times 6 = 18$  valószínűségi paraméter realiztikus, valós méréseken és szimulációkon alapul.

Három féle anyag áll rendelkezésünkre: 1) paraffin, 2) bórsavas víz és 3) ólom. Ez a három anyag a sugárvédelemben elterjedt, ugyanakkor mindegyik markánsan különböző módon viselkedik az egyes folyamatok tekintetében: a paraffin kiváló moderátor, a bóros víz moderátor és egyben neutron- és gamma elnyelő, az ólom hatékony gamma abszorbens.



Együttműködő partnerünk: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.



**Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló,  
2016. április 9.  
Szimulációs feladat**

A feladatunk, hogy a rendelkezésre álló 100 centiméteres térben megfelelő sorrendben megfelelő vastagságú rétegeket helyezünk el, amivel a dózis minimalizálható. Mivel sem az egyes folyamatok valószínűségei, sem a kiindulási sugártér összetétele nem ismert, ezért az optimalizációt érdemes több lépcsőben elvégezni. Segítségünkre szolgál, hogy a dózisteljesítmény mérése mellett van egy beütésszámlálónk is, ami a detektorba jutó részecskék detektálási hatásfoknak megfelelő összegét méri. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a három sugárzástípus detektálási hatásfoka nem azonos a sugárzási tényezőkkel, amelyeket a dózisteljesítmény meghatározásánál használunk! Van továbbá egy dózismérőnk is, amely a mérési idő alatt leadott dózist méri. Mivel a nukleáris folyamatok csak statisztikusan értelmezhetők, ezért a reaktorból jövő fluxusnak sem a nagysága, sem az összetétele (a fluxusok mindenkori aránya) nem fix, hanem az egyes sugárzások fluxusának várható értéke (átlaga) körül ingadozik. Hogy csökkentsük a mérés szórását és ezáltal az optimum bizonytalanságát, minden beállítás mellett szükség van egy minimális mérési időre, aminek meghatározása a mi feladatunk. Próbáljunk meg mindig egy olyan mérési időt találni, amivel az eredmények szórása 10% alatt van.

**Feladatok:**

- 1) **Gondosan olvassuk végig a teljes mérésleírást!**
- 2) Gondoljuk végig, hogy eddigi tanulmányaink és a leírás alapján mit várunk az egyes anyagok sugárzásra gyakorolt hatásától? Ez alapján hova lehet érdemes majd az egyes anyagokat helyezni, és milyen arányban kellene őket alkalmazni?
- 3) Először végezzünk mérést üresen, árnyékolás nélkül, és állapítsuk meg az árnyékolatlan dózisteljesítményt, illetve az átlagos beütésszám nagyságát.
- 4) Következő lépésben csak egy-egy féle anyagot használjunk. Minden anyaggal végezzünk mérést több vastagság mellett, és jegyezzük fel a tapasztalatainkat.
- 5) Ezután az egyszerűség kedvéért vegyünk csak kétféle anyagot: próbáljunk ki különböző sorrendeket és vastagságokat. Itt szintén jegyezzük fel tapasztalatainkat. Milyen sorrendben, milyen vastagság arányokkal érdemes az egyes anyagokat használni, ha csak két anyagunk van? Mi lehet ennek az oka?
- 6) Az előző pontok után rátérhetünk mind a három anyag szimultán használatára. Próbáljuk meg a dózisteljesítményt a természetes háttérsugárzásnak megfelelő  $\sim 100$  nSv / óra érték alá vinni! Figyelem! A pontozást nem az elért végső dózis, hanem az oda vezető gondolatmenet határozza meg.



Együttműködő partnerünk: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.



**Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló,  
2016. április 9.  
Szimulációs feladat**

- 7) Amikor már optimálisnak gondoljuk a konfigurációt, kattintsunk a „Konfiguráció elmentése“ menüpontra. Ez egy automatikusan, a versenyzői kódunkkal generált fájlba menti el az adatainkat annak érdekében, hogy a zsűri megvizsgálhassa. Egyetlen ilyen fájl jön csak létre, ha többször is rákattintunk, az előző változatot mindig felülírja a program. Ezért is **fontos a program indításakor a kódunk helyes beírása!**
- 8) Hogyan győződhetünk meg róla, hogy az általunk optimálisnak gondolt konfiguráció valóban optimálisnak tekinthető?
- 9) Milyen bizonytalanságokkal terhelt a mérés? Mekkora ezek nagyságrendje?
- 10) Készítsünk jegyzőkönyvet a mérésről, gondolatmenetünkről, tapasztalatainkról. Ha még más számítógépes fájlt is használunk, a fájlt az „Asztal”-ra tegyük, a fájlnev pedig XX.yyy, ahol XX a versenyző kódja, yyy a kiterjesztés (pl. „84.xls”).

**A pontozás alapja a jegyzőkönyv minősége: annak rendezettsége, a mért és számított adatok közlési formája, a gondolatmenet követhetősége, valamint az, hogy a mérés a jegyzőkönyv alapján megismételhető-e. A logikus, és a jegyzőkönyv alapján követhető gondolatmenet fontosabb, mint az abszolút minimum megtalálása!**

**Megjegyzések:**

- **Ne habozzunk segítséget kérni, ha valami furcsaságot észlelünk a szimuláció során!** Előfordulhatnak programhibák vagy egyéb problémák.
- Az optimális konfigurációhoz mind a háromféle anyagot használni kell.
- Az idő rövideje miatt nem célszerű rengeteg konfigurációt véletlenszerűen kipróbálni, törekedjünk a logikus munkára.



Együttműködő partnerünk: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.



**Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló,  
2016. április 9.  
Szimulációs feladat**

**Javaslatok a jegyzőkönyvhöz:**

**Az elfogadható jegyzőkönyv olyan, ami alapján a mérés megismételhető, tehát minden lényeges információ, paraméter és adat megtalálható benne.**

A beadott jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell:

- A versenyző kódszámát;
- A mérés körülményeit, a mérés menetét;
- A méréshez használt módszert, annak indoklását;
- A mért adatokat;
- A mért adatokból számított / kikövetkeztetett adatokat és a számítás menetét;
- Ha szükséges, ábrá(ka)t;
- A mért eredmények szöveges értékelését, a levont konklúziókat;
- A mérési bizonytalanság és különböző típusú hibák becslését.

A jegyzőkönyv beadható papíron és elektronikus formátumban is a versenyző döntésétől függően (egyik sem jelent pontbeli megkülönböztetést). Amennyiben a jegyzőkönyv egyébként rendezett, olvasható és értelmezhető, úgy a külalak és extra formázás szintén nem jelent pontbeli előnyt.

Mellékelhetők elektronikus fájlok (pl. word dokumentum, a versenyző által írt program, excel táblázat, képernyőkép stb.), de csak ha a fájlnev egyértelműen tartalmazza a versenyző kódját. A fájlok olvashatóságáért és megnyithatóságáért a versenyző felel. Ha egynél több elektronikus fájlt adunk be, azokat helyezzük egy mappába a munkaasztalon, ahol a mappa neve a kódunk. Amennyiben csak elektronikus fájlokat adunk be, a papír jegyzőkönyvet akkor is **KÖTELEZŐ** beadni, ezesetben írjuk rá hogy „A jegyzőkönyvet lásd: <fájlnev>”.

Az elmúlt évek tapasztalata alapján egy maximális pontot érő tömör, ugyanakkor minden lényeges információt tartalmazó jegyzőkönyv nem kell feltétlenül hosszabb legyen körülbelül 2 oldalnál (adatokkal, ábrákkal stb együtt).



Együttműködő partnerünk: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.



Országos Szilárd Leó fizikaverseny II. forduló,  
2016. április 9.  
Szimulációs feladat

**A program leírása:**

A programot az Asztalon lévő „Arnyekol” ikonra kattintva lehet elindítani. **Az indítás után meg kell adni az azonosító kódot.** A program kezelőfelülete több fő részből áll:

- A bal felső sarokban tudjuk megadni a kívánt mérési időt, illetve a szimulációt indítani és leállítani.
- Jobbra mellette található az elhelyezett árnyékoló rétegek tételes listája.
- Felül középen található a konzol, amivel rétegeket tudunk hozzáadni. A kívánt vastagság begépelése után az anyagminőség gombra kattintva adjuk hozzá az új réteget, amit mindig a már ott lévő rétegek végére (jobb oldalára) helyez a program. A vastagság lehet valós szám is, a program tizedes

o

 pontot fogad el. A törlés gomb a **teljes** összeállítást törli!
- Jobb felső sarokban található a dózisteljesítmény mérő, ami nSv/óra egységben jelzi ki a dózisteljesítményt. A statisztikus ingadozás csökkentése érdekében a műszer az utolsó 10 másodpercre átlagolt dózisteljesítményt mutatja.  
**Figyeljünk arra, hogy a kijelzés normálalakban történik! ( $x \cdot 10^y$ )**
- Alul középen láthatjuk grafikusán az egyes rétegeket a reaktor és a mérőhely között. Az egyes rétegek jobb egérgombbal külön-külön is törölhetők.
- Jobb oldalt alul található a beütéseket számláló detektor, ami a detektorba jutó részecskék detektálási hatásfokának megfelelő összegét méri. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a három sugárzástípus detektálási hatásfoka nem azonos a sugárzási tényezőkkel, amelyeket a dózisteljesítmény meghatározásánál használunk!
- Van továbbá egy dózismérőnk is, amely a mérési idő alatt leadott összes dózist méri. (Összes dózis = átlagos dózisteljesítmény x mérési idő)
- A program menüpontjai közül a „Súgó” menüpontból érhető el ez a leírás.
- A program menüpontjai között szerepel a „Konfiguráció elmentése” menüpont is. Ez egy automatikusan, a versenyzői kóddal generált fájlba menti el az adatainkat annak érdekében, hogy a zsűri megvizsgálhassa. Egyetlen ilyen fájl jön csak létre, ha többször is rákattintunk erre a menüpontra, az előző változatot mindig felülírja. Ezért is **fontos a program indításakor a kódunk helyes beírása!**



Együttműködő partnerünk: MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.