

Dózisteljesítmény-mérés (segédlet laboratóriumi gyakorlathoz)

Bevezetés

Az elnyelt dózis az ionizáló sugárzások fizikai hatására vonatkozik:

$$D = \frac{dE}{dm} \approx \frac{\Delta E}{m} \left[\frac{J}{kg}, Gray, Gy \right] \quad [1]$$

A sugárzások általános, küszöbdózishoz nem kötött, tehát bármilyen kis dózisznál is lehetséges, véletlenszerű (sztochasztikus) biológiai hatása (kártétele) az egyenérték dózissal lesz arányos:

$$H = D \cdot w_R [Sievert, Sv] \quad [2]$$

w_R a sugárzás károsító képességére jellemző relatív szám, a sugárzási súlytényező ($R = \text{radiation} = \text{sugárzás}$). w_R értéke α -sugárzásra 20, β -, γ - és röntgensugárzásra 1, neutronsugárzásra pedig – a neutronok igen különböző, erősen neutronenergia-függő kölcsönhatásainak megfelelően – változó, a hatályos magyar jogszabályban (487/2015. kormányrendelet és későbbi módosításai) 2,5 és 20 közötti értékek szerepelnek.

Az egyes emberi szövetek nem egyformán érzékenyek az ionizáló sugárzás sztochasztikus hatására, azaz a sugárzás dózisa által okozott génmutációk nyomán a rosszindulatú daganatok kialakulására. A gyors életciklusú, viszonylag nagy sejtmagot tartalmazó sejtekből felépülő szövetek esetében a legnagyobb a kockázat. A szövetek relatív érzékenysége szerint súlyozni kell a szerveket érő, adott esetben (pl. belső sugárterhelés, azaz a sugárforrások inkorporációja esetén) különböző egyenérték dózisokat, ez az effektív dózis.

$$H_E = \sum_T H_T w_T [Sv] \quad [3]$$

$$\sum_T w_T = 1 \quad [4]$$

w_T a szövetek érzékenységét jellemző relatív szám, a szöveti súlytényező ($T = \text{tissue} = \text{szövet}$). A hatályos magyar jogszabályban alkalmazott w_T értékek: 0,08: nemi szervek; 0,12: vörös csontvelő, tüdő, emlő, gyomor, bélrendszer; 0,04: hólyag, máj, nyelőcső, pajzsmirigy; 0,01: bőr, csontfelszín, agykörnyéki szövetek, nyálmirigyek; a további „maradék” összesen 0,12.

Az említett dóziszfogalmaknak értelmezhető a teljesítményük (idő szerinti deriváltjuk) is. Az egyes dózisteljesítmények mértékegysége Gy/h illetve Sv/h.

A gyakorlat leírása

A gyakorlat két részből áll. Az első részben a mérésvezető bemutatja egy hitelesített dózisteljesítmény-mérő (FH 40 G) és egy kiegészítő személyi dózismérő (DMC 2000) működését, majd ellenőrző mérést végeznek velük, összehasonlítva egy ismert minőségű és aktivitású sugárforrástól származó várt dózisteljesítményt a ténylegesen mért értékkel. A második részben az oktatóreaktor sugárvédelmi rendszerét ismerik meg, és végeznek vele érzékelési próbát.

A dózis- és dózisteljesítmény-mérők a radioaktív sugárforrásokkal dolgozó munkavállalók biztonságos munkavégzését szolgálják. A személyi dozimetriában alkalmazott eszközöket időszakonként hitelesíteni kell. A beállítások pontosságát kalibrációval is ellenőrizni lehet,

ezt a munkahelyen rendszeresen el kell végezni. Az alábbi eszközöket használjuk a gyakorlat során:

1) **MGP DMC 2000S** azonnal leolvasható elektronikus dózismérő

A DMC 2000S doziméter energiatartománya a röntgen és gamma sugárzás esetében 50 keV ÷ 6 MeV, dózisteljesítmény méréstartománya pedig a természetes háttér esetén > 10 Sv/h. Tulajdonságai:

- Programozható riasztási szintek (előriasztás és riasztás)
- Vízálló és felhasználóbarát, hang és fényjelzések riasztáskor
- Önálló eszközként vagy egy kiolvasóval ellátott, számítógépes alapú rendszer részeként is használható
- Nagy belső memória a hisztogram (esemény napló) tárolására
- Öndiagnosztika ellenőrzi az elemet, a detektorokat és a kiértékelési paramétereket
- Vezeték nélküli adatcsere



A gyakorlat alatt a csoport egyes tagjai ilyen dózismérőt viselnek, a mutatott értéket a gyakorlat kezdetén és végén is leolvassák, és beírják a mérési jegyzőkönyvbe.

2) **Thermo Scientific FH 40G** dózisteljesítmény-mérő készülék

Méréshatár H*(10) „G” verzió	100 nSv/h-tól 1 Sv/h-ig
Optimális üzemi hőmérséklet	-30°C és +55°C
Meghibásodás nélküli túlterhelhető	100 Sv/h-ig
Energiatartománya	30 keV – 4,4 MeV
Adattárolás	256 adat részletes tárolása

Beépített energia-kompenzált proporcionális detektorral történik a sugárzás detektálása. Az eszköz a belső detektor és az opcionálisan csatlakoztatható külső mérőfejek (NaI(Tl) sugárforrás-kereső szonda, gamma dózisteljesítmény-mérő, neutronforrás-kereső és neutrondózisteljesítmény-mérő, szennyezettségmérő szondák) egyidejű működtetésére képes. A mért adatok digitális LCD kijelzőn jelennek meg egy vertikális, 3 dekádós analóg oszlop diagrammal együtt. Az adatok feldolgozásra továbbíthatók a soros interfész használatával. Hang és fény kijelzésű dózis- és dózisteljesítmény-riasztási szintek beállíthatók.



3) Geiger-Müller számlálók – ezeket a gyakorlat második részében, az oktatóreaktor sugárvédelmi ellenőrző rendszerének bemutatásakor fogják használni.

1-3 cm átmérőjű fémből készült gázzal töltött csövek, ahol a két elektróda között a részecskék ionizáló hatására elektromos áramimpulzusok keletkeznek, ezek megszámlálhatók. A csőre kapcsolt feszültség 500-1000 V között mozog. Általában henger alakú, a közepén egy vékony dróttal. A henger palástja a katód, a drót az anód. A GM-cső általában 1-3 cm átmérőjű fém-, vagy üveghenger, amelynek tengelyében vékony, 0,05-0,2 mm átmérőjű fémszál van kifeszítve. A hengert kb. $1,3 \cdot 10^4$ Pa nyomású Ar-gázzal töltik meg (számlálógáz) amely 10% többatomos gőzt (alkoholt, étert), vagy gyakrabban halogén (Cl_2 , Br_2) és gázt tartalmaz (kioltógáz).

1. Hordozható dózisteljesítmény-mérő ellenőrző kalibrációs mérése

A méréshez FH 40G dózisteljesítmény-mérőt és ismert aktivitású ^{137}Cs vagy ^{60}Co pontszerű sugárforrást használnak. A sugárforrások aktivitását a mérésvezető közli. A ^{137}Cs levegőre vonatkoztatott, emberi testszövetre is alkalmazható dózisteljesítményezője $k_\gamma=79$ ($\mu\text{Sv/h}$)/(GBq/m²), a ^{60}Co -é $k_\gamma=305$ ($\mu\text{Sv/h}$)/(GBq/m²). A dózisteljesítmény (dD/dt), az aktivitás (A) és a sugárforrástól való távolság (r) összefüggése:

$$\frac{dD}{dt} = k_{\gamma} \cdot \frac{A}{r^2} \quad [5]$$

A feladat az, hogy a detektort a rögzített, a detektor felé nyitott tartóban elhelyezett sugárforrástól ismert (80 – 120 cm közötti) távolságokra elhelyezve leolvassák a tapasztalt dózisteljesítményt, levonják belőle a sugárforrás távollétében mért háttérrel, és összevetik az eredményeket az [5] egyenlettel számolt értékekkel. Az eredményekről a jegyzőkönyvbe táblázatot készítenek. A mérés végén a hiteles FH 40G dózisteljesítmény-mérővel megállapítják a mérés második felében felhasználandó, kis aktivitású ^{137}Cs vagy ^{60}Co pontszerű sugárforrástól 10 cm-re várható nettó dózisteljesítményt, aminek el kell érnie a $20 \mu\text{Sv/h-t}$. A mérés idején kívül a sugárforrásokat védőtokban kell tartani.

2. Az oktatóreaktor sugárvédelmi rendszerében alkalmazott dózisteljesítmény-mérők működésének tesztelése

A mérésvezető a reaktor operátorok segítségével bemutatja a mérőcsoportnak a reaktorcsarnokban elhelyezett területi GM-csőves dózisteljesítmény-mérőket, és a vezénylőben a detektorok mérési adatait rögzítő és kijelző rendszert. Az operátor engedélyével egy tokban elhelyezett sugárforrással, ami 10 cm távolságról a sugárvédelmi rendszerben riasztást kiváltó $20 \mu\text{Sv/h-t}$ meghaladó dózisteljesítményt fejt ki, megvizsgálják a riasztás kiváltásának menetét. (Ennek megfelelőségét az 1. rész végén ellenőrizték.). Feljegyezik, hogy keletkezett-e riasztás, és milyen értéket mutatott az egyes detektoroknál a vezénylőben leolvasott kijelző. Az eredményekről készített táblázat is szerepeljen a mérés jegyzőkönyvében.