Korszerű mérési módszerek laboratórium

Sugárvédelem és dozimetria

Mérési jegyzőkönyv

Rudolf Ádám

Fizika BSc., Fizikus szakirány

Mérőtársak: Kozics György, Májer Imre

Mérésvezető: Pávó Gyula

Mérés időpontja: 2011. május 17.

Leadás időpontja: 2011. június 7.

1. Bevezetés

A laborgyakorlat célja volt egy általános bevezetőt nyújtani a mérőcsoportnak a sugárvédelem, és dozimetria területére. A gyakorlat három részből állt: dózisteljesítmény mérése az egyetemen több helyen, filmdoziméter kiértékelése, és munka a PILLE dózismérővel.

A jegyzőkönyvhöz szükséges elmélet megtalálható a mérésleírásban, ezért nem részletezném, a felhazsnált összefüggéseket közlöm az odavágó helyen.

A gyakorlaton eldőlt, hogy én az **1. feladatokat** kapom (első 5 pontra illesztek, 499-es és 472-es mintákat értékelem ki.)

2. Dózisteljesítmény mérése

Első feladatunk az volt, hogy az egyetem területén két helyen is megmérjük a dózisteljesítményt egy kézi eszközzel. A helyeket úgy választottuk meg, hogy nagyjából egymás fölött legyenek, de az első helyszín az alagsorban volt, a második pedig kb. e fölött, a 2. emeleti teraszon. Így tudjuk vizsgálni, hogy a födémek, és az épület egyéb részei mennyit árnyékolnak le a kozmikus háttérsugárzásból. Mindkét helyen 5 mérést végeztünk, amik kb. 3 percig tartottak, de legalább addig, amíg a műszer által mutatott értéket stabilnak találtuk. Az adatoknak kiszámoltam az átlagát, és szórását, amit a hibának lehet venni. A mért, és számolt adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

	Alagsor (µGy/h)	Terasz (µGy/h)
1. mérés	0,13	0,10
2. mérés	0,16	0,07
3. mérés	0,18	0,12
4. mérés	0,16	0,20
5. mérés	0,13	0,11
Átlag	0,152	0,120
Szórása	0,022	0,048

1. táblázat. Kézi mérővel mért értékek, azok átlaga és szórása.

Látszik, hogy várakozásainkkal ellentétben az épületben mértünk nagyobb dózisteljesítményt. Ennek az építőanyagokban felhalmozódott ^{40}K sugárzó hatása lehet az oka, ami erősebb, mint az épület árnyékoló hatása.

3. Filmdoziméterek kiértékelése

Második feladatként egy sor filmdozimétert kaptunk, amit sugárveszélyes helyen dolgózók által kapott dózis mérésére használnak. Ez egy fotólemez, aminek feketedése arányos a kapott dózissal. A filmek különböző részeit különböző szűrők árnyékolják le, így a különböző energiatartományokat külön-külön is elemezni tudunk. Mi a plasztik (Pl), a dural (Du), és az ón-ólom (SnPb) szűrők alatti területeket értékeltük ki.

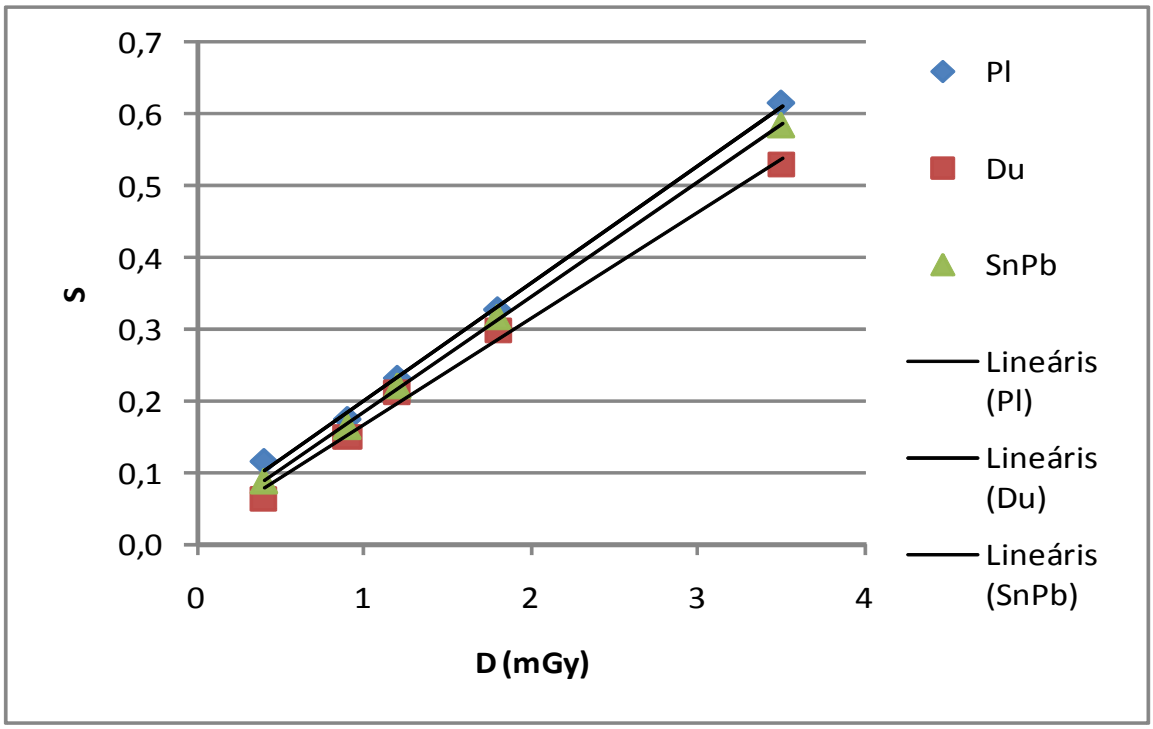
Röviden összefoglalva a következőket csináltam végig:

A kapott mintasorozatot átvilágítottuk egy fénymérő eszközzel, és a filmek által áteresztett fény I intenzitását feljegyeztük mindhárom szűrőre. Ebből meghatároztam a sötétedések értékeit:

$$S = \ln \frac{I_0}{I}$$

Ahol I_0 a fátyol, azaz a nem besugárzott filmen mért fényesség. Ezt 15 mérésből átlagoltam. Ezek alapján fevettem a kobalt forrás által besugárzott mintasorozat *S(D)* függvényeit a három szűrőre. Ezt azért tudtam megtenni, mert ezek ismert dózist kaptak. Ezek a besugárzások konstans 1250 keV effektív energián történtek. Személyre szabott feladatom szerint az első öt pontot ábrázoltam, és ezekre illesztettem egyeneseket.

Az ábra az adatpontokkal, és egyenesekkel:



1. ábra. S(D) függvények, az illesztett egyenesekkel

Ezen egyenesek (pontosabban az inverzük) alapján meghatároztam a többi mintára a D^* értékeket. Az egyenesek inverzeinek egyenletei:

$$D*_{Pl}(S)=6{,}05\cdot S-0{,}2$$
$$D*_{Du}(S)=6{,}70\cdot S-0{,}12$$
$$D*_{Pl}(S)=6{,}22\cdot S-0{,}15$$

Minden esetben a korreláció 0,99 fölött volt. D^* értékek ismeretében már ki tudtam számolni az *Nrel*, azaz a D^*/D értékeket az energia sorozat mintáira, amiknek szintén ismert a kapott dózisuk. Ezután meghatároztam az energia sorozatra, és az ismeretlen mintákra D^*_{Pl}/D^*_{Du}, és D^*_{Du}/D^*_{SnPb} értékeket, és felrajzoltam ezek energiafüggését.

Ezen adatok ismeretében már hozzákezdhettem az ismeretlen minták adatainak meghatározásához. Személyre szabott feladatom szerint a 499-es és 472-es mintákat értékeltem ki. A $D^*_{Pl}/D^*_{Du}(E)$, és $D^*_{Du}/D^*_{SnPb}(E)$ függvények ismeretében lineáris interpolációval meghatároztam az ismeretlen mintákat ért sugárzás energiáját. Sajnos csak egy értéket kaptam mindkét mintára, mert D^* értékekre az egyik kérdéses energián negatív szám jött ki (ezt egy piros kötőjel jelzi a táblázatban). Azokat az energiaértékeket, amiket sikerült meghatároznom, mind lineáris interpolűációval számoltam. N_{rel} energiafüggése alapján N_{rel} értékeket már meg tudjuk adni a mintákra, amiből viszont D^*-ok ismeretében számolható D, azaz maga a valódi dózis. Ezzel tulajdonképpen megvan maga az eredményünk.

Második feladatként kaptuk, hogy meghatározzuk: ha egy dolgozó két hónapig hordta ezt a dózismérőt, és 11 hónapot dolgozik egy évben, mekkora dózis éri évente, s ez hány százaléka az éves dóziskorlátnak (öt évre átlagolva). A mintákra számolt dózist megszoroztam 11/2-del. Az 5 évre átlaglolt maximális dózis sugárveszélyes helyen dolgozók számára 20 mSv. Ez alapján számoltam a %-okat.

Összefoglalva:

- **499-es minta**

  E = 34,75 keV

  D = 0,75 mGy

  Ilyen terhelés mellett a dolgozó az éves maximális dózis 20,6 %-át kapja.

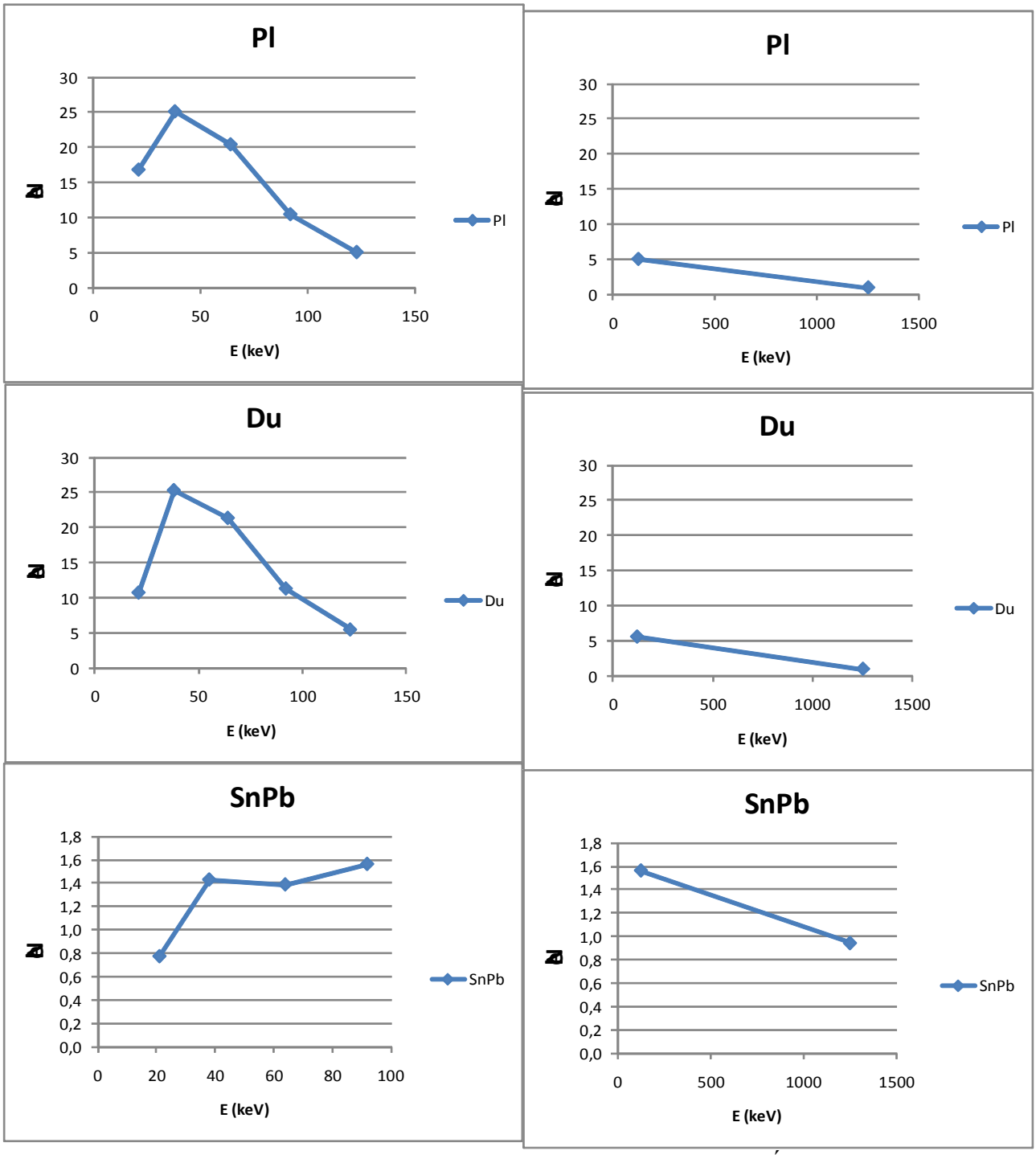
- **472es minta**

  E = 30,36 keV

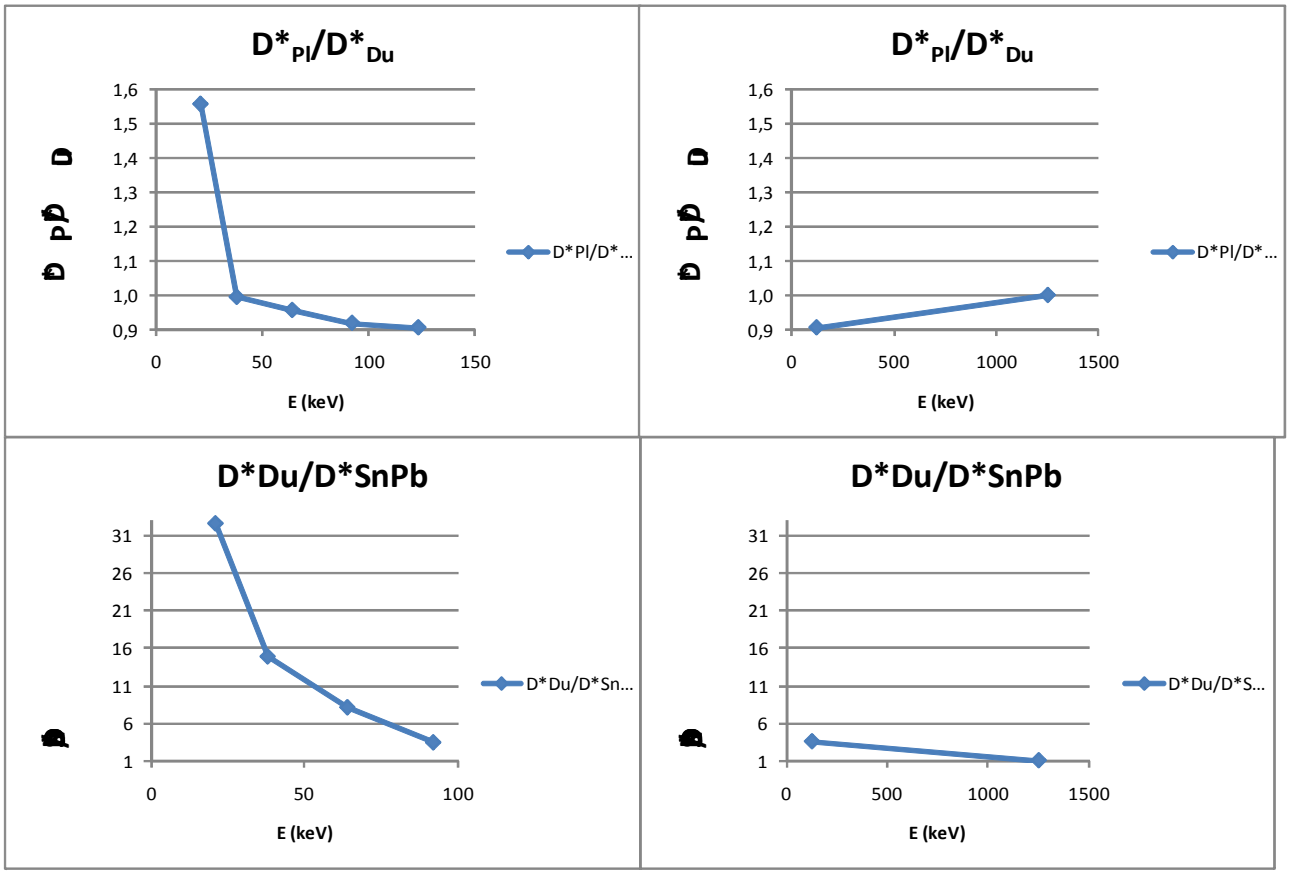
  D = 0,85 mGy

  Ilyen terhelés mellett a dolgozó az éves maximális dózis 23,5 %-át kapja.

A feladathoz tartozó adatok és számolások megtalálhatóak a *ev110517_5s_500.XLS* nevű file-ban. A méréshez tartozó ábrák:



2 - 7. ábrák: N_{rel} értékek a három szűrőre, két energiaintervallumban. (Én nem tudom, hogy a függőleges tengely feliratát miért rontja el a program másoláskor: mindegyik N_{rel}. Az Excel file-ban helyesen szerepelnek.)



8 - 11. ábrák. D/D* értékek két energiaintervallumban.(A függőleges tengelyfeliratok itt is rondák: próbáltam megoldani, hiába. Mindegyik felirat ugyanaz, mint az ábra címe.)*

4. Mérések a PILLE doziméterrel

A PILLE egy termolumineszcens doziméter (TLD). A hozzá való mérőkulcsokban lévő TLD kristályok elektronjai sugárzás hatására gerjesztődnek, és felfűtés hatására alapállapotba hullanak, fotonkibocsátás mellett. Maga az eszköz végzi el a felfűtést, és a fotonok detektálását, a hozzá tartozó mérőprogram megadja a mérőkulcsot ért dózist, és a legutóbbi mérés óta eltelt időt.

Az előttünk történt legutóbbi mérés éppen egy héttel, az előző laborban történt. Azóta a mérőkulcsokat a természetes háttérsugárzás érte. A dózisteljesítményt az egyszerű dózis/idő osztással határoztam meg, a dózis hibájának pedig a mérésleírás alpján (és a négyzetes összegzés alapján) ezt vettem: $\Delta \dot{D} = \sqrt{0{,}2^2 + (\sqrt{1 + (\frac{33}{D})^2} \cdot D/100)^2}$. A három mérőkulcs által szolgáltatott adatokat átlagoltam, és ezt vettem a laborban mérhető dózisteljesítménynek:

$$\dot{D} = (0{,}075 + 0{,}015)\,\mu Gy/h$$

Az OMSZ mérése szerint Pestszentlőrincen most (2011. május 7-én, 21:20-kor) a gamma dózisteljesítmény:

$$\dot{D}_{OMSZ} = 77{,}5\,nGy/h$$

Ez elég jól egyezik a PILLE eszközzel mérttel.

Következőnek egy ^{241}Am forrás közelébe tettük a három dózismérő kulcsot, a következőképpen: az elsőt (2-es) közvetlenül a forrás mellé, a másikat (193-as) 40 cm-re, árnyékolás nélkül (de annak vonalába), a harmadikat (199-es) pedig a mérésvezető helyére, a számítógép elé. Ezek adatait is kiértékeltük, a leírt módon.

A kapott eredmények:

$$\dot{D}_2 = (6900 + 1400)\,\mu Gy/h$$
$$\dot{D}_{193} = (148 + 30)\,\mu Gy/h$$
$$\dot{D}_{199} = (0{,}44 + 0{,}26)\,\mu Gy/h$$

Minden számítás megtalálható a *johnny.xls* nevű file-ban.

Utolsó feladatunk volt megbecsülni, hogy egy egyetemi hallgatónak mennyi ideig kell a berendezés közelében tartózkodnia, hogy az attól származó sugárzás elérje a háttérsugárzásból adódó napi dózist.

Magyarországon a természetes háttérsugárzás értéke 2-4 mSv/év. Legyünk "pesszimisták", mondjuk azt, hogy az alsó határt elérve már megkaptuk a napi dózist! Ez 2 mSv/365 nap = 5,48 μSv/nap. Így (továbbra is a mérőkulcsok számával jelölve) e dózis megkapásához szükséges idők:

$$t_2 = 1{,}14\ perc$$

$$t_{193} = 0{,}9\ óra$$

$$t_{199} = 12{,}5\ nap$$

Ebből látszik, hogy ilyen helyen dolgozni (ha nem mászunk be az árnyékolás mögé) alig ad plusz járulékot a természetes háttérsugárzásból származó értékhez.