

Abszolút és relatív aktivitás mérése

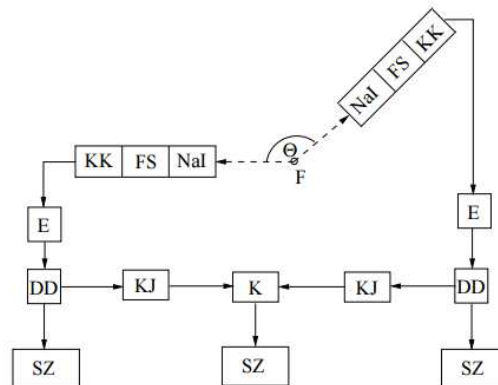
Mérést végezte: Ugi Dávid
B4VBAA
Szak: Fizika
Mérésvezető: Lökös Sándor
Mérőtársak: Musza Alexandra
Török Mátyás

Mérés ideje: 2016 02 18
Leadási ideje: 2016 02 22

ELTE TTK

1. Bevezetés

Jelen labormérés során a ^{22}Na és ^{60}Co izotópok bomlásaival és mérési módszereivel ismerkedhettünk meg. Az 1. ábra F pontjába helyezett aktív minta fotonjait a NaI vel jelzett szcintillációs szilárdtest detektorok detektálják. A detektor anyagában a γ foton energiájával arányos mennyiségű látható foton keletkezik. Ezek a fotonok fotoelektronokat hoznak létre, majd a fotoelektron sokszorozó (FS) mérhető elektromos jellé konvertálja azokat.



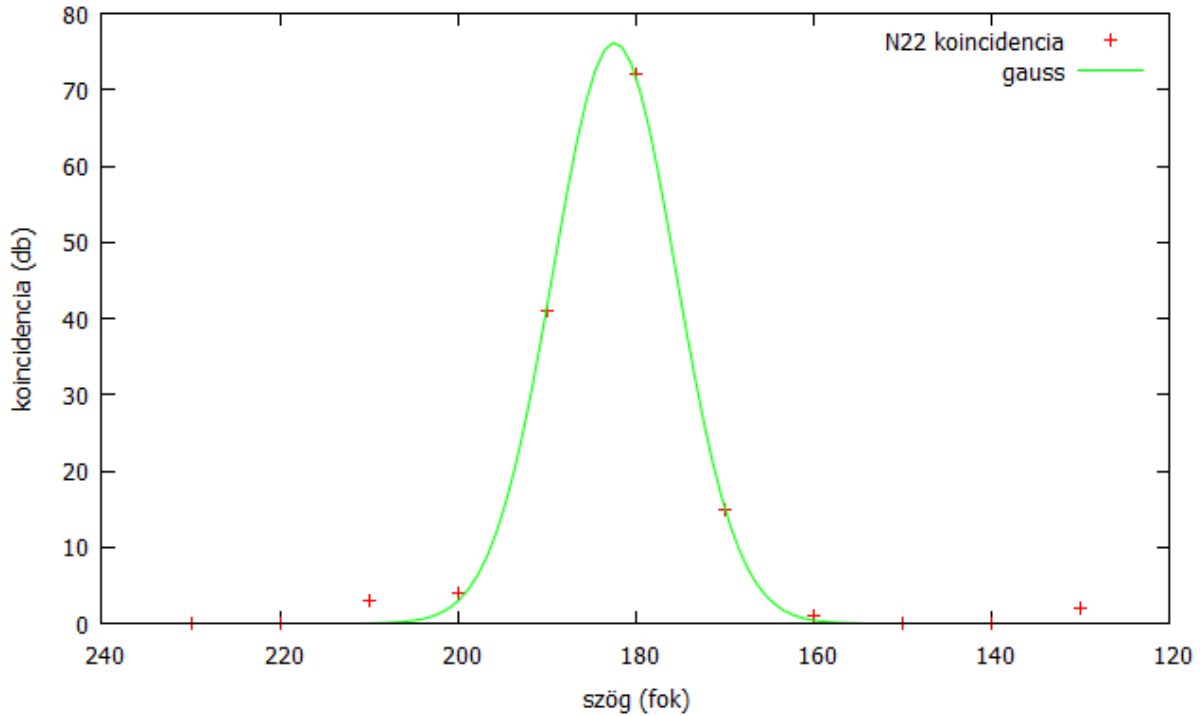
1. ábra Mérési elrendezés [1]

^{22}Na [1] alapján β^+ bomló aktív mag, azaz bomlásakor egy pozitron keletkezik. A bomlási séma általában a következő: A pozitron impulzusát elvesztve találkozik egy kötött elektronnal, amivel 2 db 511 keV energiájú fotonná annihilál. Ezt a két foton a két detektorunkkal koincidenzában észlelhetjük. Ezeknek az észleléseknek a számából következtethetünk az izotóp aktivitására.

2. ^{22}Na sugárzásának szögfüggése

A mérés első lépésében felvettük a ^{22}Na spektrumát 2. ábra. A két detektor egymással szemközti helyzetét neveztük 180° -nak. Mivel a két annihiláló részecske impulzusa nem számottevő, így az impulzus megmaradás törvénye miatt, a koincidenzá mutató detektálásokat 180° -os detektorállásnál várjuk. Mivel az elektron-pozitron pár impulzusa nem pontosan nulla, illetve nem nulla valószínűséggel előfordulhat, hogy a részecskék energiáján három foton osztozik, úgy elképzelhető a koincidenzá egyéb detektorállásoknál is.

A mérést 250 ns-os koincidenzá ablakkal, 12 s-ig végeztük. Ekkor a detektorfeszültség 0.7-3.7 V volt. Ezen a tartományon kívül eső detektálásokat, a diszkriminátor nem továbbította a számlálóhoz. Ezekkel a beállításokkal 130° - 230° között mozgattuk a detektort 10° -onként. Az eredményeket a 2. ábrán feltüntettem.



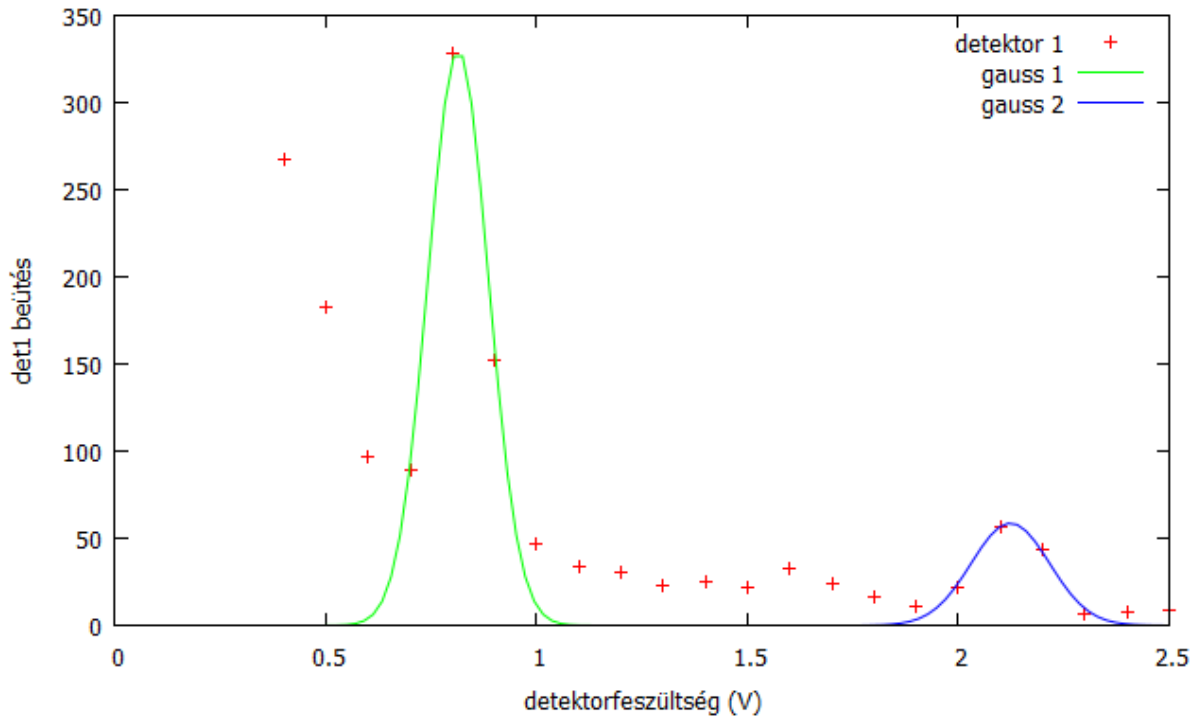
2. ábra ^{22}Na izotóp koincidenciát mutató fotonjainak szögfüggése

A 2. ábrán jól látszik, hogy a kalibrálás bekezdésnél leírt koincidenciában lévő detektálások szögfüggése megegyezik az elvárttal. Az adatokra illesztett gauss görbe (1) m paramétere $(182.4 \pm 0.2)^\circ$ ami a várt 180° -tól mérési hibán kívül tér el. Ennek oka a mérési elrendezésben keresendő, valószínűleg a szögmérő tökéletlen beállításából adódik. Az illesztés további paraméterei: $\sigma = (6.9 \pm 0.2)^\circ$, $a = 1317 \pm 26$.

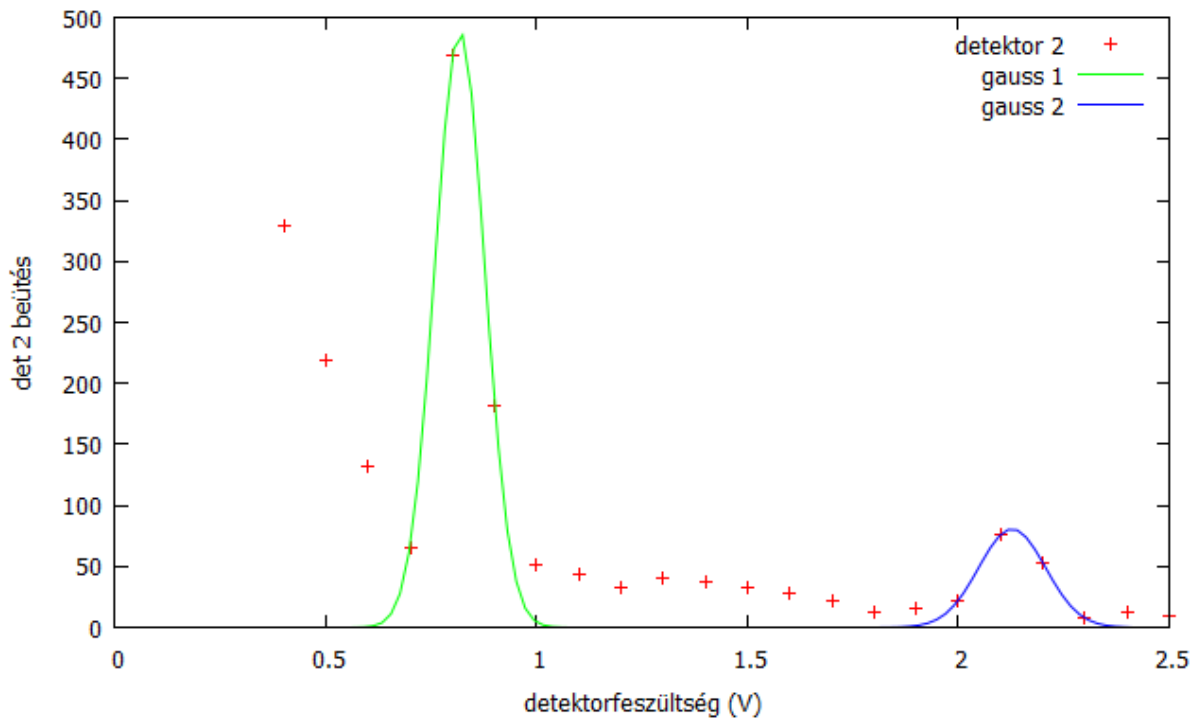
$$f(x) = \frac{a}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

3. Kalibráció

A kalibrációt a ^{22}Na izotóppal végeztük. Ebben az esetben ismert a detektált részecske energiája. A detektorokat 180° -os állásba állítottuk, a mérési időt és a koincidencia ablakot változatlanul hagytuk. A spektrum felvételéhez megszámoltuk a bizonyos feszültségű jelet adó beütések számát, a feszültség függvényében. A 0.1 V különbséget mutató fotonokat nem különböztettük meg, így a spektrumot 0.4 V-tól 2.5 V-ig 0.1 V-os lépésekkel pásztáztuk végig 3.-4. ábra, 1. táblázat. A 0.4 V alatti beütések energiájukból is adódóan a háttérnek tulajdonítottuk, így azokat nem számoltuk.



3. ábra det1 ^{22}Na spektruma és az illesztett görbék

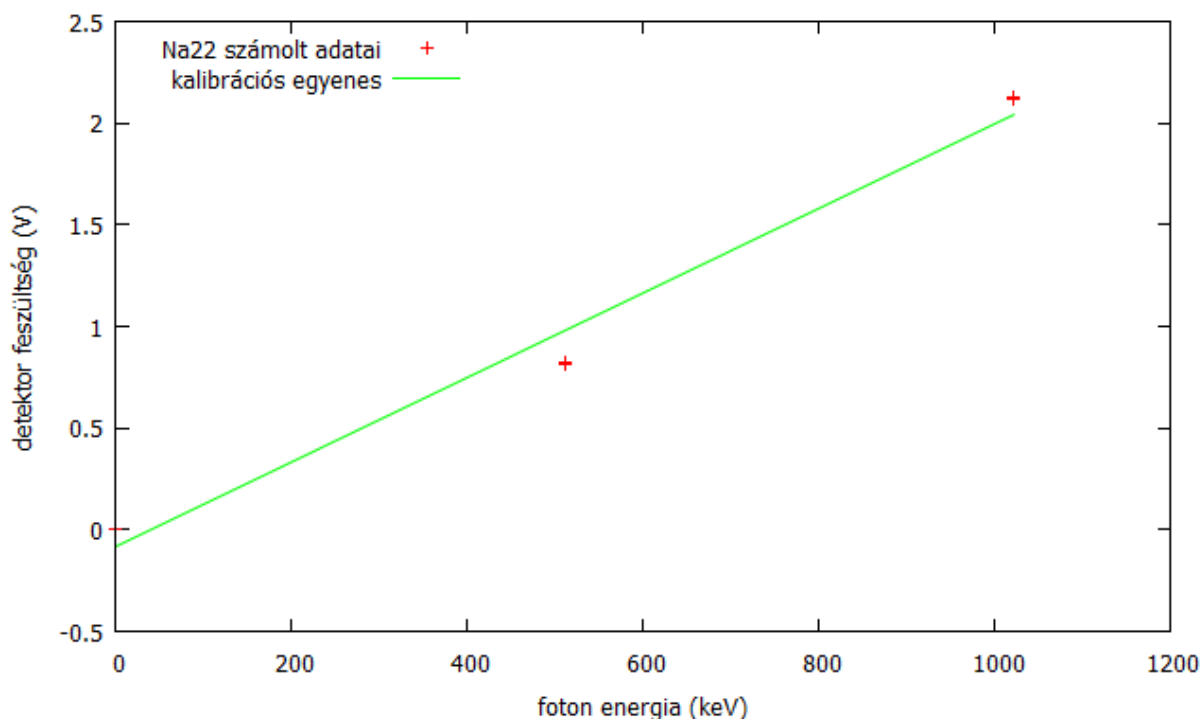


4. ábra det2 ^{22}Na spektruma és az illesztett görbék

	σ (°)	m (°)	a
det1 gauss1	0.072 ± 0.009	0.81 ± 0.01	59 ± 7
det1 gauss2	0.09 ± 0.01	2.12 ± 0.01	13 ± 1
det2 gauss1	0.059 ± 0.008	0.82 ± 0.01	73 ± 8
det2 gauss2	0.0794 ± 0.0006	2.1276 ± 0.0005	16.0 ± 0.1

1. táblázat ^{22}Na spektrumára illesztett görbék paraméterei

A 3-4 ábra illesztett görbéinek várható értékeit (m) ábrázoltam a feszültség függvényében, 5. ábra. A két detektor két-két jelének értéke mellett, a nulla energiához tartozó nulla adatot is belevettem az illesztésbe detektoronként egyszer, így az 5. ábra 6 db rosszul elkülönülő mérési pontot tartalmaz, azokra illesztettem.

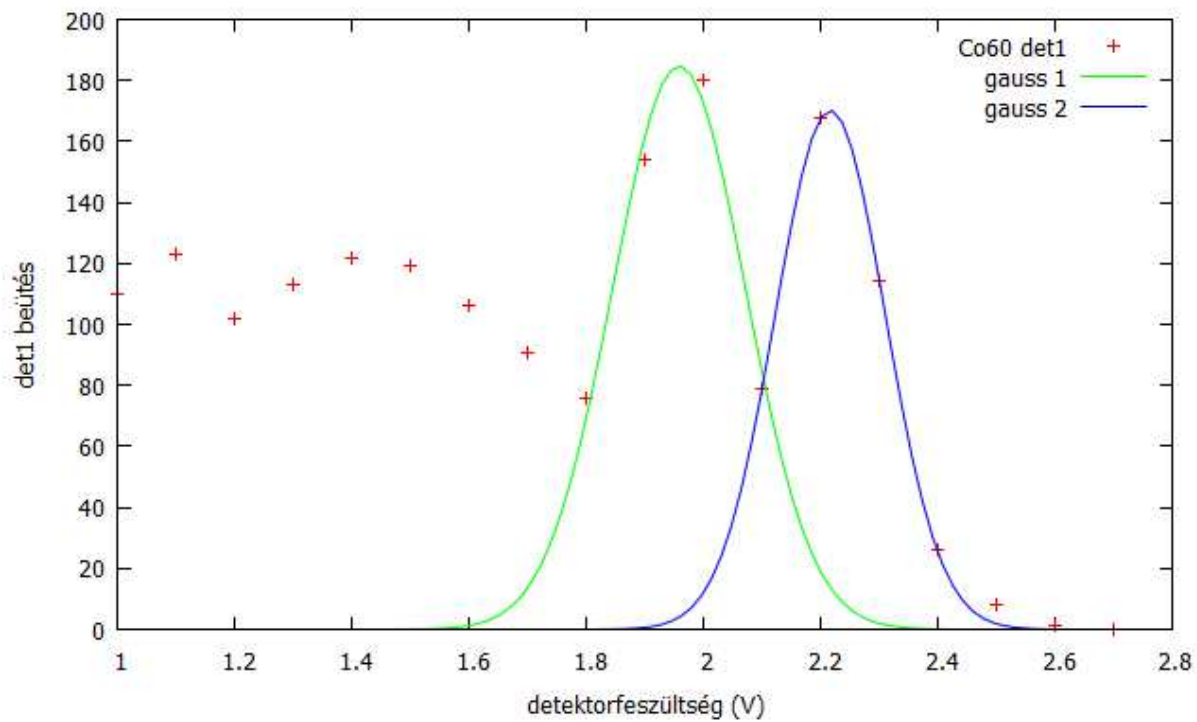


5. ábra A kalibrációs egyenes

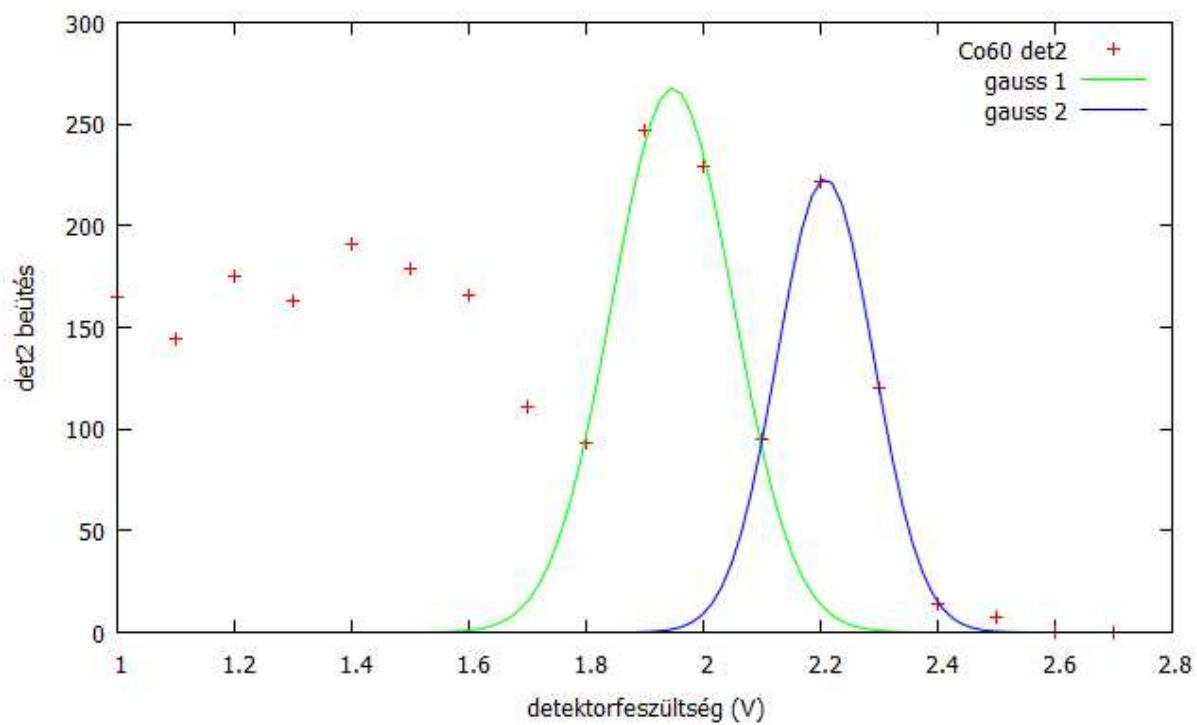
Az illesztett egyenes meredeksége $a = 0.0020 \pm 0.0001 \text{ V/keV}$, tengelymetszete $b = -0.08 \pm 0.09 \text{ V}$. Ebből a kalibráció egyenlete $x(\text{keV}) = 500y(\text{V}) + 40$.

4. ^{60}Co spektruma

A ^{60}Co spektrumát a kalibráció bekezdésénél leírtak szerint végeztük. A feszültséget 1 V - 2.7 V között 0.1 V-onként változtattuk, az adatokat a 6.-7. ábrán feltüntettem. Az illesztett gauss függvények paraméterei a 2. táblázatban láthatók. A hibaszámolásnál az illesztett görbe paramétereinek (σ, m) legnagyobb hibáját vettem alapul, $\delta = 13.6\%$.



6. ábra det1 ^{60}Co spektruma és az illesztett görbék



7. ábra det2 ^{60}Co spektruma és az illesztett görbék

	σ (°)	m (°)	a
det1 gauss1	0.11±0.01	1.958±0.009	52±3
det1 gauss2	0.0094	2.216	40
det2 gauss1	0.104±0.005	1.947±0.004	69±2
det2 gauss2	0.08	2.21	46

2. táblázat ^{60}Co sperktumára illesztett görbék paraméterei

A kalibrációs egyenesből (m paraméter) számolható a csúcsok energiaértéke 3. táblázat. A 2. táblázat gauss2 jelű illesztéseinek nem tüntettem fel a hibát. Ennek oka, hogy az illesztés csak négy pontra történt, aminek illesztési hibája elhanyagolhatóan kicsi lett.

^{60}Co	det1 csúcs1	det1 csúcs2	det2 csúcs1	det2 csúcs2
E (keV)	1019	1148	1014	1145
ΔE (keV)	139	156	138	156

3. táblázat ^{60}Co csúcsainak energiaértékei

Az irodalom alapján [1] várt értékek: 1173 keV és 1333 keV. A kapott értékek keV nagyságrendben (elhanyagolható) lógnak ki a hibahatárból. Mivel a mért értékek ~15%-al kevesebbek ezért szisztematikus hibát gyaníthatunk, ami kimaradt a számolásból. Valószínűleg a mérési összeállításból adódik az eltérés.

5. ^{60}Co Aktivitás

Az aktivitás számolásához figyelembe kell venni a háttérsugárzást, és a véletlen koincidenkiákat. A háttérsugárzást egy szintén 600 s-os méréssel vesszük figyelembe, amikor az aktív izotóp nincs jelen. A véletlen koincidenkiák mérését a műszer késleltetésével tudjuk kivitelezni. Így a műszer akkor mutat koincidenkiát, ha két jel 100 μs időeltéréssel érkezik a detektorba. Ezek a koincidenkiajelek csak véletlen eseményekből adódhatnak (4. táblázat). A mérést 600 s-ig végeztük.

Késleltetés	koincidenkia	N_1	N_2	szög
0	36	29462	39023	180
100 μs	7	29619	39164	180
0	40	29856	39476	90
100 μs	7	29773	39403	90

4. táblázat ^{60}Co beütései

[1] alapján ismert a (2) képlet. Ez ^{60}Co esetében használható, mivel a két foton energiája közel van egymáshoz, és 4. táblázat alapján látható, hogy a beütésszámok szögfüggetlenek.

$$A = \frac{N_1 N_2}{2tN_k} \quad (2)$$

⁶⁰ Co	N ₁ -N ₁ ^h	N ₂ -N ₂ ^h	N _k -N _v	A (kBq)	ΔA (kBq)
180°	26190	26549	29	20	1.6
90°	26584	26703	33	18	1.3

5. táblázat ⁶⁰Co aktivitásának számolása

N₁ és N₂ hibáját a Poisson-eloszlásból számoltam, a koincidencia hibáját a két detektor átlagából. (A számolásnál a koincidencia értékeit megtartottam detektoronként.)

6. ⁶⁰Co-ból Elnyelt dózis

$$D = k_v \frac{A}{R^2} \quad (3)$$

[1] alapján ⁶⁰Co-ra vonatkozó dózisállandó $k_v=305$. R a forrástól való távolság (m), A az aktivitás (GBq). (3) képletet [2] alapján adtuk meg, miszerint **4 óra alatt 0.024 μGy dózis ér minket.**

7. ²²Na aktivitása

Késleltetés	koincidencia	N ₁	N ₂	szög (°)
0	3575	38326	47868	180
100μs	4	37926	47733	180
100μs	8	37827	47758	90
0	133	37663	47616	90

6. táblázat ²²Na beütései

6. táblázatban is jól látszik a ²²Na koincenciában lévő beütések detektálásának szögfüggése. A 180°-os detektorállásból számolva 3571 koincenciát tapasztaltunk 600 s alatt. A detektor átmérőjéből számolt (7. táblázat) detektorfelület $F=4\pi \cdot 30.25 \text{ cm}^2$. A detektorok átlagosan 14.25 cm-re helyezkedtek el a sugárforrástól, azaz $G=4\pi \cdot 203.06 \text{ cm}^2$ felületen sugároztak. A fenti adatokból, a forrásból 600 s-onként jövő koincenciát mutató részecskék száma $N=3571 \cdot G/F=23971.15$. Ebből az aktivitás $A_{Na} \approx 40 \text{ Bq}$.

R ₁ (cm)	R ₂ (cm)	d (cm)
15.5	13	5.5

7. táblázat A mérőrendszer geometriai adatai

8. Hivatkozások

[1] Fizikai mérések, ELTE TTK Oktatói, 182-194

[2] <http://www.kankalin.bme.hu/Dok/eloadasok/radiokemia/radiokemia-I-2008.pdf>