

Modern Fizika Laboratórium Fizika Bsc.
10.Pozitron annihiláció vizsgálata

A mérést végezte:

Kőmíves Janka, Albert Andrea

A mérés ideje: 2020.03.04, 8.00-12.00

Szerdai csoport

A beadás ideje: 2020. május 16.

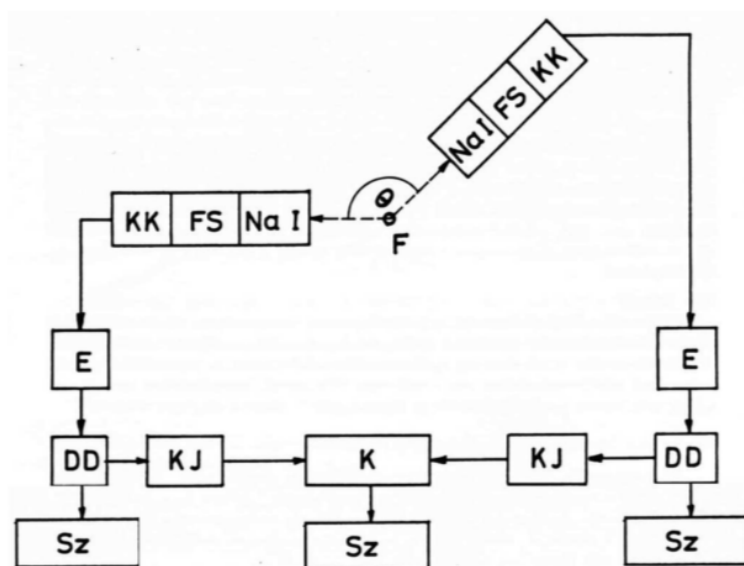
1. A mérés célja

A mérés célja a pozitron annihiláció vizsgálata volt, olyan módon, hogy az orvosi gyakorlatban is használt diagnosztikai eljárás, a pozitronemissziós tomográfia (PET) segítségével térképeztünk fel radioaktív izotópokat egy próbatest belsejében.

2. A mérőberendezés

A mérés során a PET tomográf egyszerűsített modelljével (az ún. pozitronszkennerrel, amelyet a PET előtt használtak az orvosi gyakorlatban) dolgoztunk két dimenzióban. Ezzel végeztünk vizsgálatokat a próbababán.

- Pozitív béta-bomló ^{22}Na izotóp
- Próbatest, amelyben korábban elhelyezésre került az izotóp
- Számítógép
- Detektoregység (Szczintillátor, Számláló, Erősítő, Fotonelektron-sokszorozó, DD (Differenciál diszkriminátor), Koincidencia-egység)



1. ábra. A mérőberendezés logikai rajza: F: gamma forrás, NaI: szcintillátor; FS: fotoelektron-sokszorozó; KK: illesztő áramkör; E: erősítő; DD: differenciál diszkriminátor; KJ: késleltető és jelformáló áramkör; K: koincidencia-egység; Sz: számláló

A mérés során olyan szcintillációs mérőfejeket használunk, amelyekben a fotoelektron-sokszorozóra NaI(Tl) szcintillátor kristály illeszkedik. Az egyik detektor a mérés alatt mindvégig mozdulatlan maradt, a másik helyzetét ehhez képest 120° -tól 240° -ig beépített szögmérő segítségével állítottuk be. A detektorok feszültségét egy közös tápegység biztosította. A Differenciál diszkriminátorokkal választottuk ki a mérés során a mérni kívánt teljes energiájú csúcsot. A DD-ből kijövő jeleket kettéosztottuk, az egyik ág számolta a két detektor jeleit (külön-külön), a másik ágban az álló detektor jelei közvetlenül, a mozgó detektor jelei késleltetés után a koincidencia-egységbe jutnak, és a koincidencia-egység kimenő jeleit is számláltuk.

A mérési elv bővebben az alábbi oldalon olvasható: <http://wigner.elte.hu/koltai/labor/parts/modern10.pdf>

3. Mérési eredmények

3.1. A fotoenergia-spektrum felvétele

A differenciál diszkriminátorok alapszintjét 0.4 V-tól 0.1 voltonként változtatva kimértük a ^{22}Na spektrumát, úgy, hogy lejegyeztük a két detektorba érkező beütéseket és a koincidenenciát. A diszkriminátorok csatornaszélessége 0.1 V-ra, a mérési idő pedig 0.2 percre (12 s) volt állítva.

A mért értékeket a következő táblázat tartalmazza:

| Alapvonal [V] | 1.detektor [db] | 2.detektor [db] | Koincidencia [db] |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 0.4 | 241 | 271 | 3 |
| 0.5 | 117 | 156 | 0 |
| 0.6 | 89 | 87 | 0 |
| 0.7 | 162 | 89 | 6 |
| 0.8 | 225 | 343 | 65 |
| 0.9 | 51 | 137 | 0 |
| 1.0 | 37 | 37 | 0 |
| 1.1 | 22 | 27 | 0 |
| 1.2 | 36 | 28 | 0 |
| 1.3 | 15 | 32 | 0 |
| 1.4 | 22 | 36 | 0 |
| 1.5 | 19 | 33 | 0 |
| 1.6 | 21 | 21 | 0 |
| 1.7 | 18 | 17 | 0 |
| 1.8 | 16 | 15 | 0 |
| 1.9 | 25 | 13 | 0 |
| 2.0 | 38 | 64 | 0 |
| 2.1 | 11 | 40 | 0 |
| 2.2 | 13 | 7 | 0 |
| 2.3 | 12 | 12 | 0 |
| 2.4 | 3 | 9 | 0 |
| 2.5 | 0 | 4 | 0 |
| 2.6 | 2 | 0 | 0 |
| 2.7 | 3 | 0 | 0 |
| 2.8 | 2 | 4 | 0 |
| 2.9 | 3 | 1 | 0 |
| 3.0 | 0 | 3 | 0 |

1. táblázat. Mért adatok

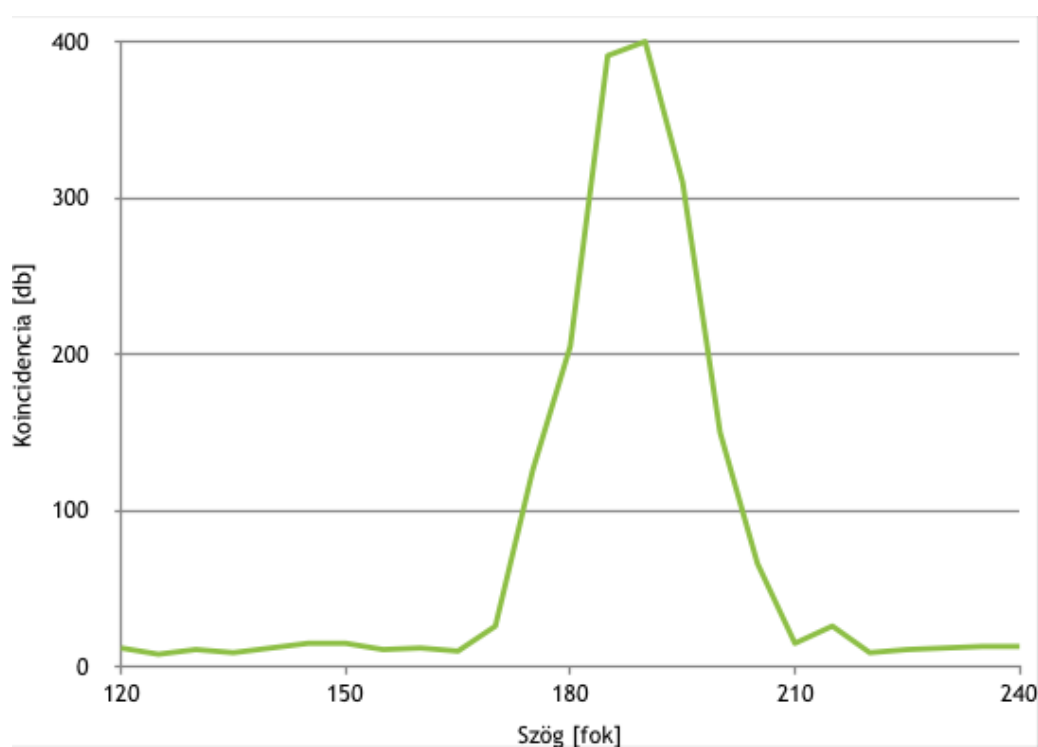
A grafikonon két csúcs látható: az egyik a minket érdeklő 511 energiájú fotonokhoz tartozik, melyek a pozitron annihilációja során keletkeztek, míg a másik ahhoz a 1280 energiájú fotonhoz tartozik amelyik akkor keletkezik amikor a gerjesztett mag alapállapotba kerül.

3.2. Koincidencia szögfüggése

A mintatartót egy tetszőleges pozícióba állítva megmértük a koincidencia szögfüggését úgy, hogy a mozgatható detektor szögét változtattuk 120°-tól 240°-ig 5°-ként. A koincideniára és a két detektorba érkező beütésekre a következő értékeket kaptuk:

| Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] | Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] |
|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 120 | 3086 | 3892 | 12 | 185 | 3201 | 3955 | 391 |
| 125 | 3116 | 3862 | 8 | 190 | 3207 | 3919 | 400 |
| 130 | 3096 | 3736 | 11 | 195 | 3199 | 3895 | 310 |
| 135 | 3064 | 3843 | 9 | 200 | 3142 | 3850 | 150 |
| 140 | 3113 | 3928 | 12 | 205 | 3115 | 3857 | 66 |
| 145 | 3226 | 3809 | 15 | 210 | 3225 | 3912 | 15 |
| 150 | 3277 | 3851 | 15 | 215 | 3268 | 3829 | 26 |
| 155 | 3059 | 4016 | 11 | 220 | 3233 | 3874 | 9 |
| 160 | 3175 | 3966 | 12 | 225 | 3201 | 3824 | 11 |
| 165 | 3082 | 3933 | 10 | 230 | 3176 | 3884 | 12 |
| 170 | 3154 | 3930 | 26 | 235 | 3181 | 3906 | 13 |
| 175 | 3060 | 3910 | 126 | 240 | 3187 | 3884 | 13 |
| 180 | 3127 | 3885 | 205 | | | | |

2. táblázat. Mért adatok: első pozíció



2. ábra. Az első mérés koincidencia szögösszefüggése.

A maximális koincidenciához tartozó szögértékhez (190°) visszaállítottuk a detektort és a detektorok középpontjai között egy cérnát megfeszítve, annak mentén berajzoltuk a fóliára a válaszegyenest.

Ezután a mintán fordítottunk valamikorát és az előző eljárással azonosan megmértük koincidencia szögfüggését.

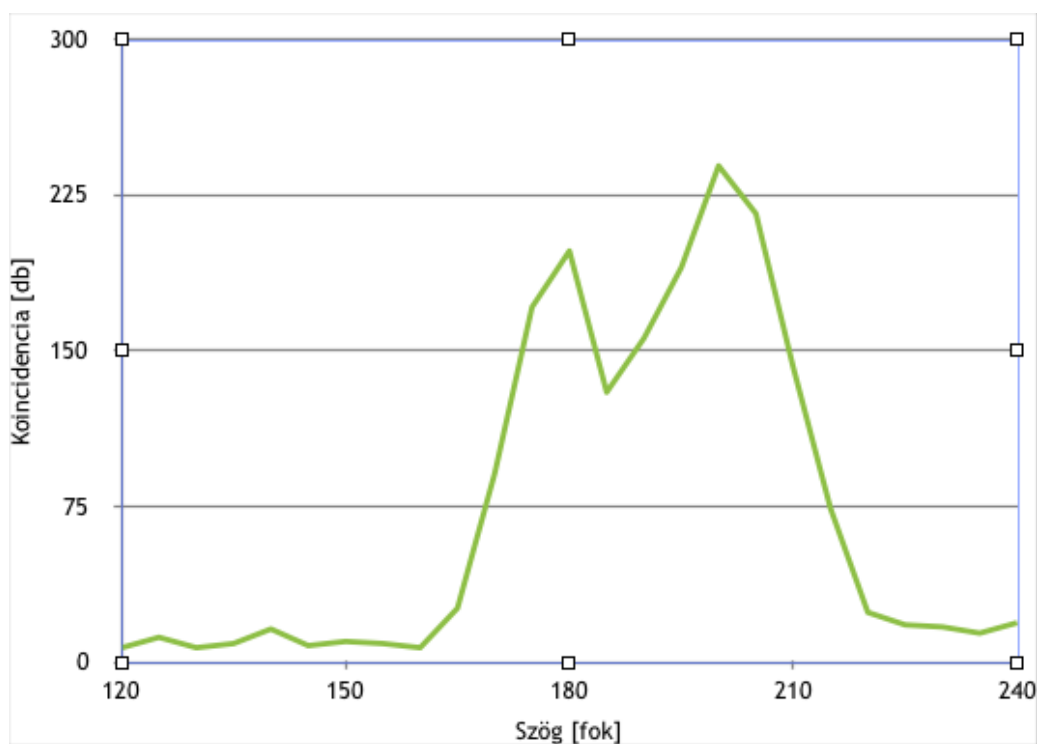
Az így kapott értékek:

Itt már két csúcs is megfigyelhető, amiből arra lehet következtetni, hogy két sugárforrás is van a mintában.

A detektort szintén beállítottuk a maximumokhoz tartozó helyzetekbe és meghúztuk a két válaszegyenest (a fólián a nagyobb maximumhoz tartozó vonal mellé írtunk egy n betűt)

| Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] | Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] |
|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 120 | 3147 | 3674 | 7 | 185 | 3161 | 3532 | 130 |
| 125 | 3162 | 3546 | 12 | 190 | 3172 | 3517 | 156 |
| 130 | 3151 | 3516 | 7 | 195 | 3041 | 3698 | 190 |
| 135 | 3110 | 3502 | 9 | 200 | 3281 | 3598 | 239 |
| 140 | 3214 | 3479 | 16 | 205 | 3059 | 3485 | 216 |
| 145 | 3186 | 3613 | 8 | 210 | 3161 | 3594 | 142 |
| 150 | 3233 | 3602 | 10 | 215 | 3236 | 3499 | 74 |
| 155 | 3141 | 3573 | 9 | 220 | 3219 | 3580 | 24 |
| 160 | 3249 | 3519 | 7 | 225 | 3315 | 3619 | 18 |
| 165 | 3207 | 3597 | 26 | 230 | 3344 | 3569 | 17 |
| 170 | 3087 | 3645 | 91 | 235 | 3391 | 3596 | 14 |
| 175 | 3312 | 3564 | 171 | 240 | 3300 | 3465 | 19 |
| 180 | 3237 | 3589 | 198 | | | | |

3. táblázat. Mért adatok: második pozíció



3. ábra. A második mérés koincidencia szögösszefüggése.

Még egy utolsót fordítottunk a mintán és ugyancsak megmértük a koincidenciákat. Ebben az esetben a maximumot 172,5°-hoz állítottuk, mivel nem volt egyértelmű, hogy hol volt a legnagyobb koincidencia

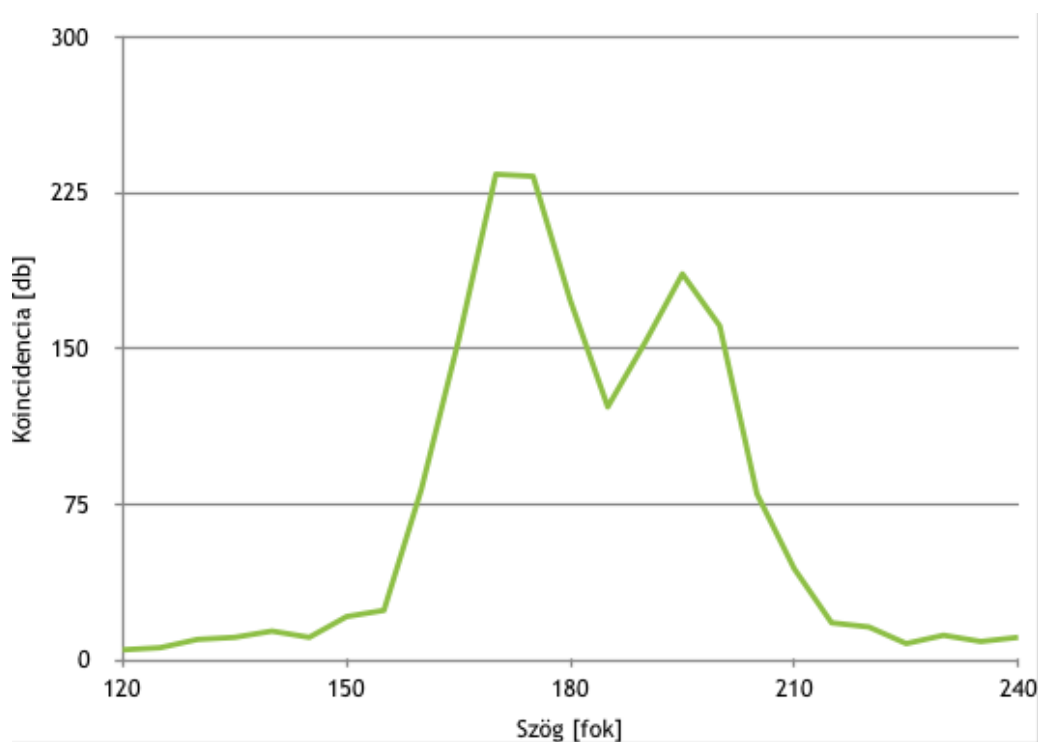
4. Hibaszámítás

4.1. Szögmérés hibája

A mérési szögek beállításánál adódhatnak hibák a leolvasás pontatlanságából, mivel a szögmérő skála egész fokonként volt beosztva, ez egy $\pm 0,5^\circ$ -os járulékot ad a hibához. Ennél nagyobb

| Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] | Szög[fok] | 1.d[db] | 2.d[db] | Koinc[db] |
|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 120 | 3145 | 3692 | 5 | 185 | 3142 | 3589 | 122 |
| 125 | 3342 | 3763 | 6 | 190 | 3157 | 3782 | 153 |
| 130 | 3222 | 3640 | 10 | 195 | 3108 | 3673 | 186 |
| 135 | 3241 | 3689 | 11 | 200 | 3091 | 3650 | 161 |
| 140 | 3150 | 3767 | 14 | 205 | 3034 | 3815 | 80 |
| 145 | 3305 | 3608 | 11 | 210 | 3021 | 3617 | 44 |
| 150 | 3137 | 3684 | 21 | 215 | 3178 | 3681 | 18 |
| 155 | 3233 | 3704 | 24 | 220 | 3102 | 3668 | 16 |
| 160 | 3050 | 3699 | 82 | 225 | 3142 | 3648 | 8 |
| 165 | 3139 | 3665 | 154 | 230 | 3106 | 3692 | 12 |
| 170 | 3178 | 3766 | 234 | 235 | 3140 | 3721 | 9 |
| 175 | 3145 | 3785 | 233 | 240 | 3119 | 3729 | 11 |
| 180 | 3200 | 3579 | 173 | | | | |

4. táblázat. Mért adatok: harmadik pozíció



4. ábra. A harmadik mérés koincidencia szögösszefüggése.

pontatlanság adódik az emberi tényező miatt, mivel a skálát kb. 20 cm-ről láttuk, és onnan sem volt merőleges a rálátás. Az ebből származó hiba körülbelül 2° lehet. Valamint a mérési feladatoknál nem mindig ugyanaz az ember állította a szögmérőt, ez is okozhat különbséget a leolvasások pontosságában. A szögmérés hibájának járuléka az egyenesek helyzetnének pontosságát rontja.

4.2. A válaszegyenesek metszéspontjának hibája

Látható, hogy a válaszegyenesek metszeteivel kijelölt háromszögek területe jóval kisebb, mint a sugárforrások kiterjedése. Ebből következtethetünk arra, hogy a mérésünk elég pontos lett.



5. ábra. A plüssmedve vonalrajza a behúzott válaszegyeneseikkel.

5. Diszkusszió

A válaszegyenések berajzolásával megállapítottuk, hogy két darab 22-es Na izotóp lett korábban elhelyezve, az alábbi ábra szerint egy a plüssmedve mellkasánál, egy pedig a nyakánál.