

Alkalmazott fizikai módszerek laboratórium

I.: Gamma spektroszkópia

Pál Balázs*

*Eötvös Loránd Tudományegyetem

2019. szeptember 22.

Abstract

Az *Alkalmazott fizikai módszerek laboratórium* első alkalmával a gamma-spektroszkópia témakörét jár-tuk körül a labormunka során, melyen különböző radioaktív elemeket tartalmazó minták gamma spek-trumait vizsgáltuk. A labor ideje alatt megismerkedtünk a méréshez használt berendezéssel, egy ger-mánium félvezető detektorral, és a hozzá tartozó eszközökkel. Felügyeltük a detektor előzetes beállítását és elvégeztük a rendszer energiakalibrációját, majd egyéni mérőfeladatokat hajtottunk végre a laborvezető utasításai alapján. Végezetül meghatároztuk ezek esetében a detektor hatásfokát is.

Az egyéni feladat során egy ismeretlen, sárga színű, kristályos felületű anyag gamma-spektrumának vizs-gálatát kellett elvégeznem.

1. BEVEZETÉS

A gamma-spektroszkópia módszere arra a megfigye-lésre alapul, miszerint a γ -bomlásra képes magok karakterisztikus hullámhosszú, és így meghatáro-zott energiájú fotonokat bocsájtanak ki magukból, mikor gerjesztett állapotból egy alacsonyabb álla-potba kerülnek. Ezek a fotonok egy detektorban képesek leadni az energiájukat, amely energiát de-tektnálni vagyunk képesek.

A labormunka során egy nagy tisztaságú germáni-um félvezető detektor segítségével mértük ki külön-böző anyagok gamma-spektrumait, melyben az el-haladó nagyenergiás γ -fotonok - Compton-szórás, fotoeffektus, vagy párkeltés során - ionizálják a kör-nyezetüket, ezzel elektron-lyuk párokat keltve a fél-vezetőben. A detektorra kapcsolt feszítőfeszültsé-g ezeket a kialakult párokat eltávolítja egymástól, megakadályozva azok gyors rekombinációját, elődi-ézve egyúttal egy áramimpulzust a félvezetőben. Ez az impulzus detektálható és a foton által leadott energiával arányos. Sok hasonló foton energiájának megméréseivel megkapjuk a minta pontos gamma-spektrumát, mely alapján a benne található elemek beazonosítható válnak.

2. A MÉRÉSI MÓDSZER

3. ENERGIAKALIBRÁCIÓ

A mérés során nem közvetlenül a detektorba csapó-dó fotonok energiáját, hanem az érzékeny, félvezető részében ionizáció hatására létrejövő áramimpulzu-sok nagyságát vagyunk képesek mérni. Ezeket az impulzusokat egy ún. „amplitúdó-analizátor” fo-lyamatosan rögzíti. Az analizátor feladata, hogy egy adott áramerősség tartományt egyenlő széles-ségű *bin*ekre felossson, majd számolja, hogy a mé-rés ideje alatt minden tetszőleges $[I, I + \delta I]$ *bin*be hány darab áramimpulzus érkezik a detektorból. Ennek a jele egy számítógépre van kötve, melyen valós időben követhetjük ezen hisztogram fejlődé-sét. Az adott minta aktivitásától függően, vi-szonylag rövid idő alatt már jól felismerhető vá-

lik a gamma-spektrum ismert alakja, a mintában található elemekre jellemző karakterisztikus foto-csúcsokkal együtt.

Az energiakalibráció során egy olyan ismert spekt-rumú anyagot helyezünk a detektorba, melynek ka-rakterisztikus csúcsait könnyen azonosítani tudjuk és ismerjük a pontos energiájukat. Ezzel viszony-lag pontosan meg tudjuk határozni az analizáto-runk skálázását és annak *bin* – energia függvényét. Ezt követően már egy ismeretlen mintából szár-mazó csúcsokhoz tartozó energiákat is meg tudjuk mondani.

Esetünkben ezt a kalibrációt egy ^{232}Th tartalmú, Auer-gázégő izzóharisnyájával végeztük el. A mé-rést $t = 300$ s hosszan végeztük, mely során $N = 3473$ áramimpulzust észleltünk. Az általunk használt analizátor névlegesen 4095 *bin*-re bontja fel a mért áramimpulzus-spektrumot, azonban a mi mé-résünk során csak 4083 *bin* működött, feltehetően a műszer hibájából fakadóan. Néhány karakterisztikus csúcs azonosítása után a mérőszoftver segítsé-gével elvégeztük a koordináta-tengely transzformá-ciót, mely *bin* helyiértékekből keV mértékegységbe váltja át a skálánkat. Az alábbi összefüggést kaptuk az illesztés után:

$$E = 0.9255 \cdot \text{BIN} - 1.7434 \quad (1)$$

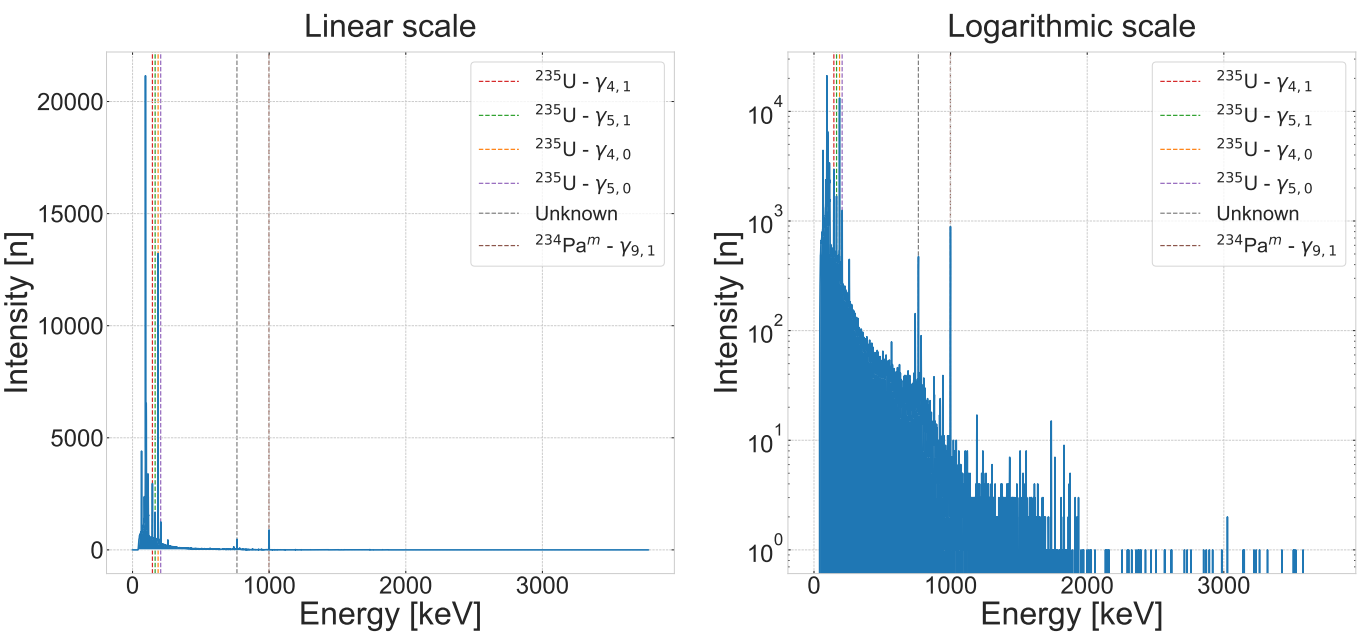
ahol $[E] = \text{keV}$, BIN pedig az adott *bin* helyiér-teke 0 és 4083 között. Ezáltal az X-tengelyen az energiaskála $E = -1.7434$ keV és $E = 3777.0731$ keV értékek között húzódott, magyarul kb. 2 keV-el mértünk minden helyen többet, mint a valós ér-ték. Megjegyzendő, hogy ez nem a minden helyen vett pontos eltérés, hanem csak egy közelítő becslés, mely igazán csak a kalibráció során az illesztéshez használt foto-csúcsaink közötti szakaszra megfelelő.

4. A HATÁSFOK MÉRÉSE

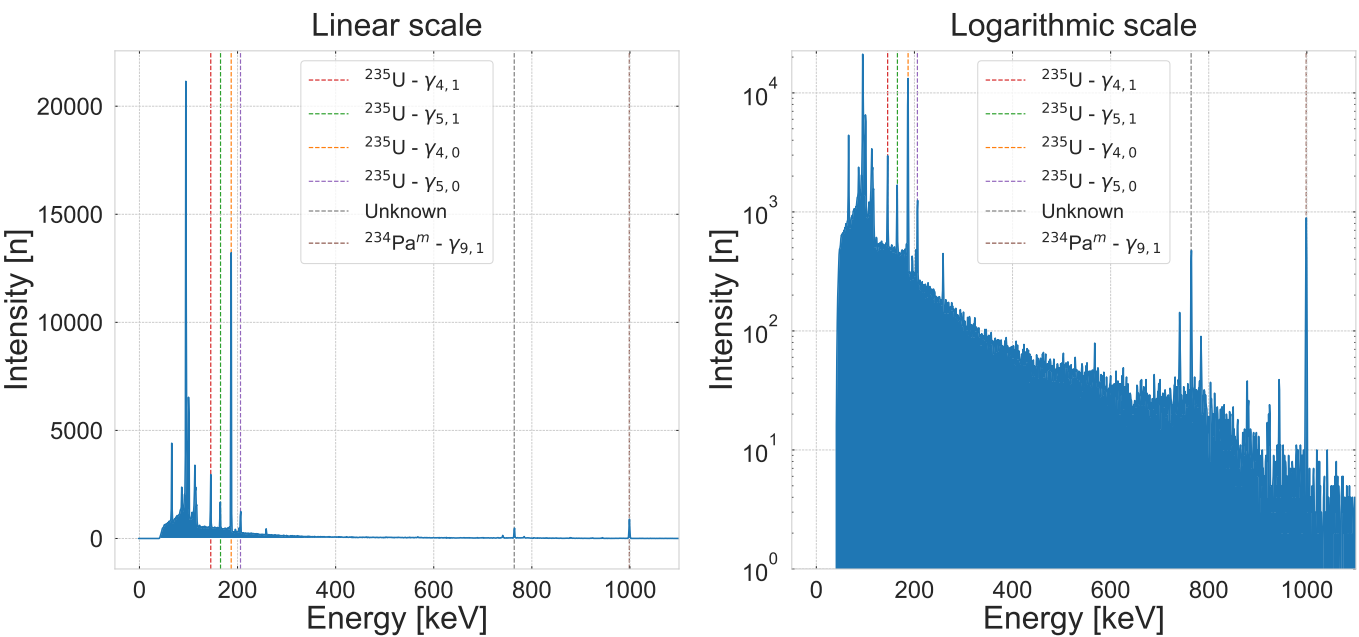
5. EGYÉNI FELADAT KIÉRTÉKELÉSE

6. SZÁMÍTÁSOS FELADATOK

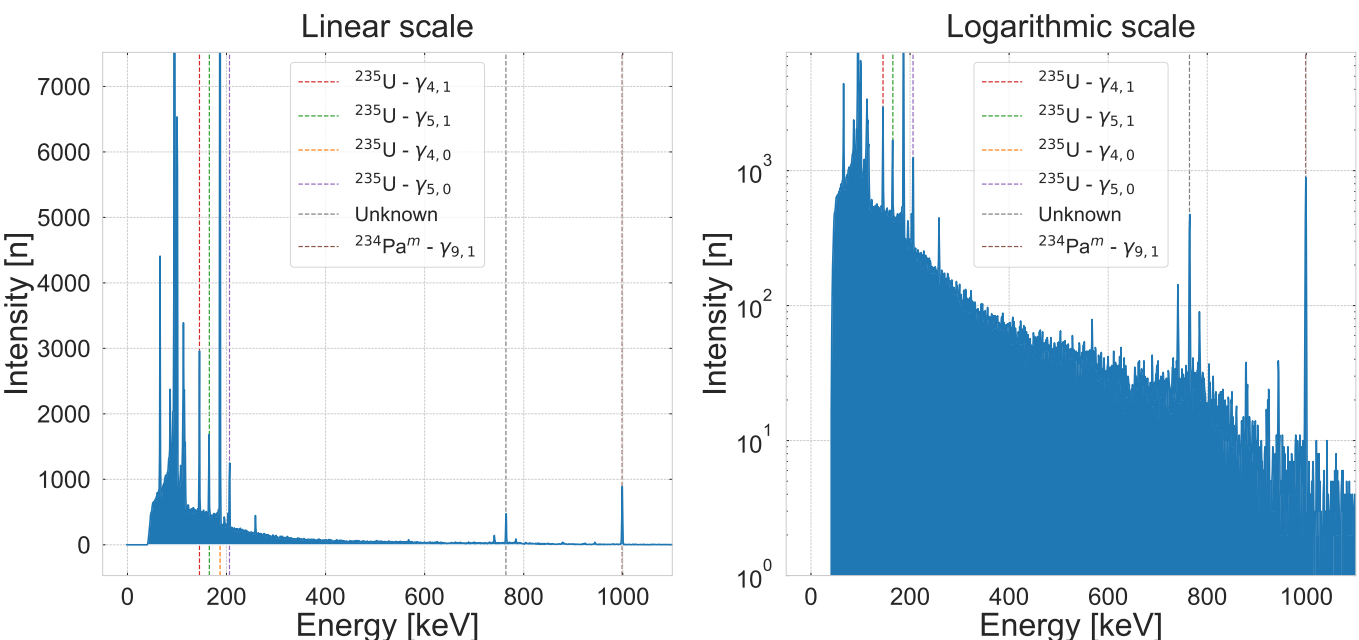
APPENDIX A - ÁBRÁK



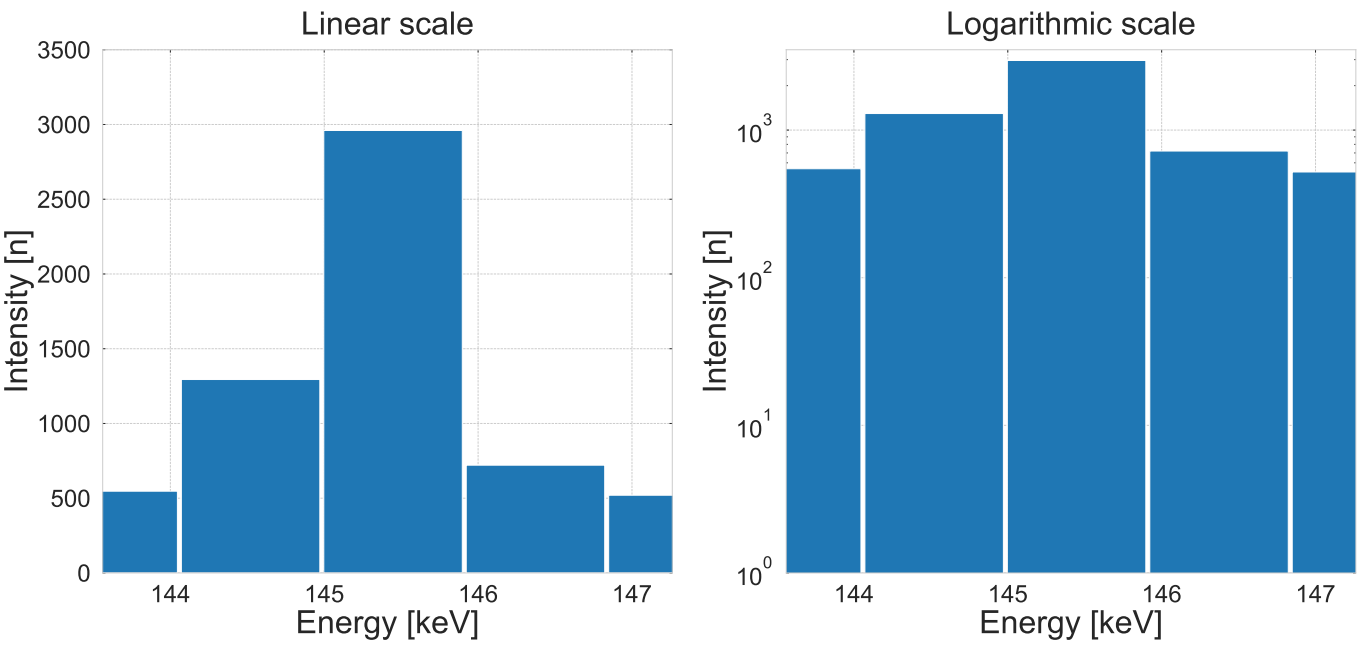
1. ábra. Az általam vizsgált anyag teljes leírt gamma-spektruma. Az egyes karakterisztikus csúcsok színes, szaggatott vonallal vannak jelölve.



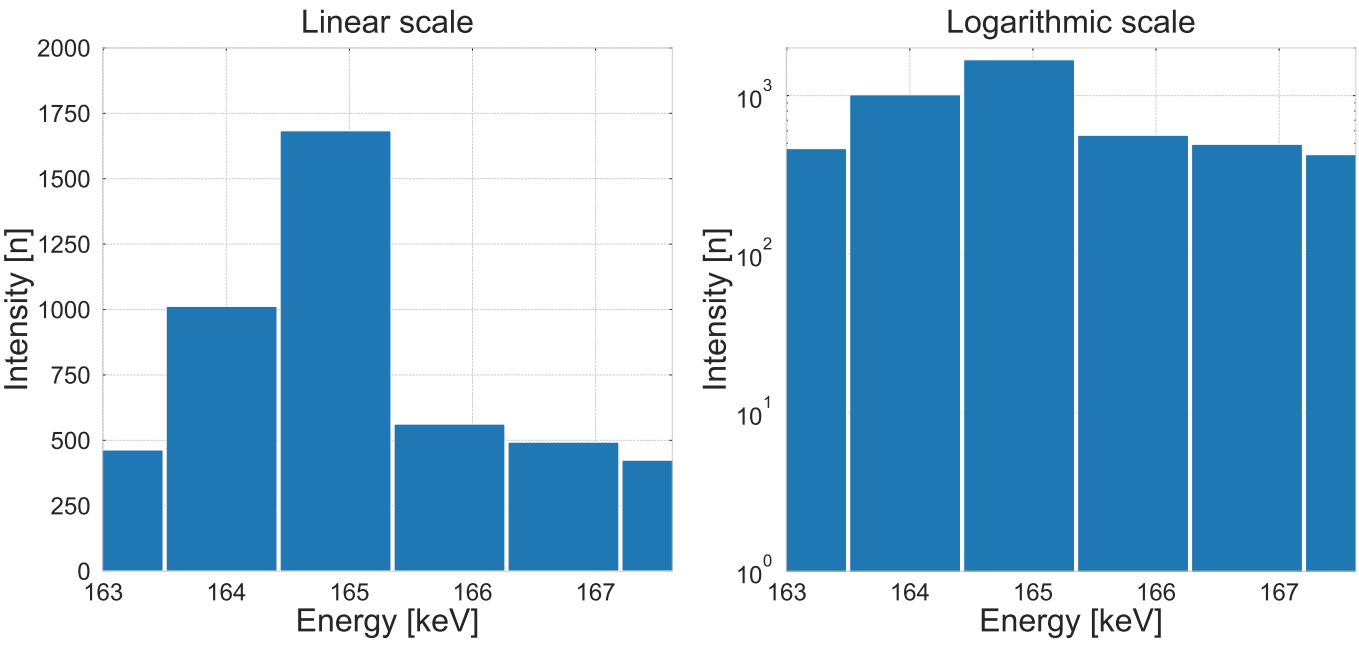
2. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektruma a 0 keV – 1100 keV intervallumban. Az egyes karakterisztikus csúcsok színes, szaggatott vonallal vannak jelölve.



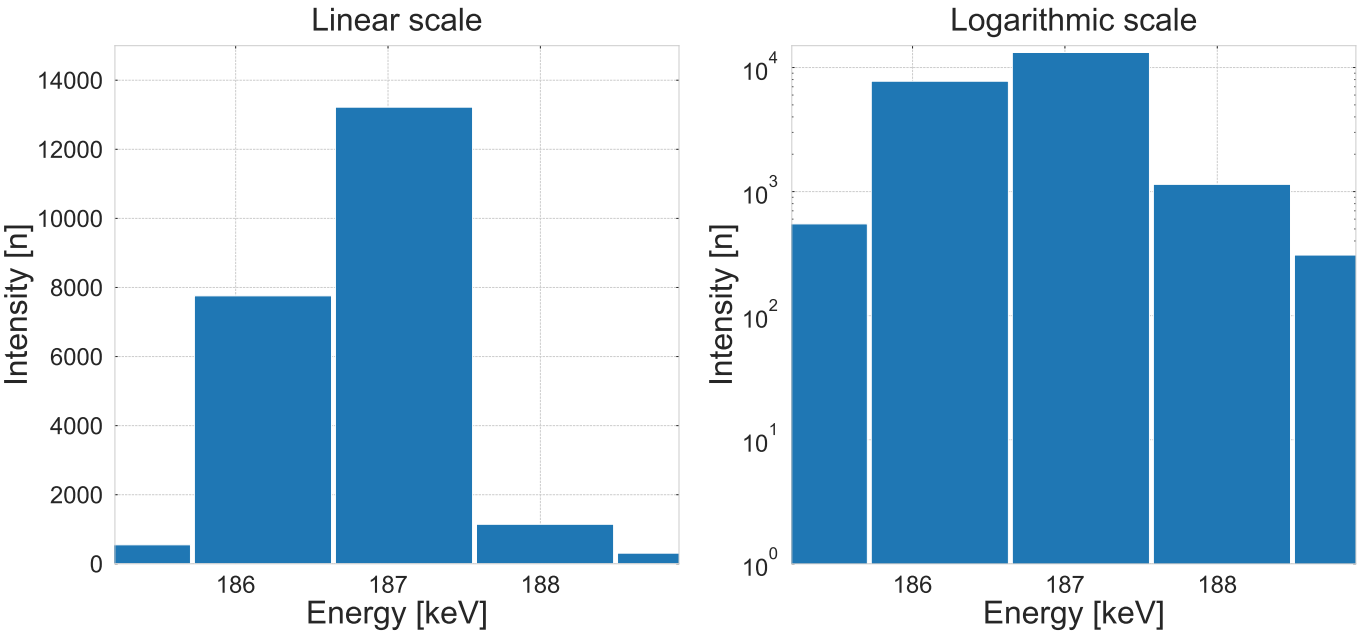
3. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektruma a 0 keV – 1100 keV intervallumban. Az ábrán a (??)-es ábrán szereplő y -tengely alsó harmada van megjelenítve. Az egyes karakterisztikus csúcsok színes, szaggatott vonallal vannak jelölve.



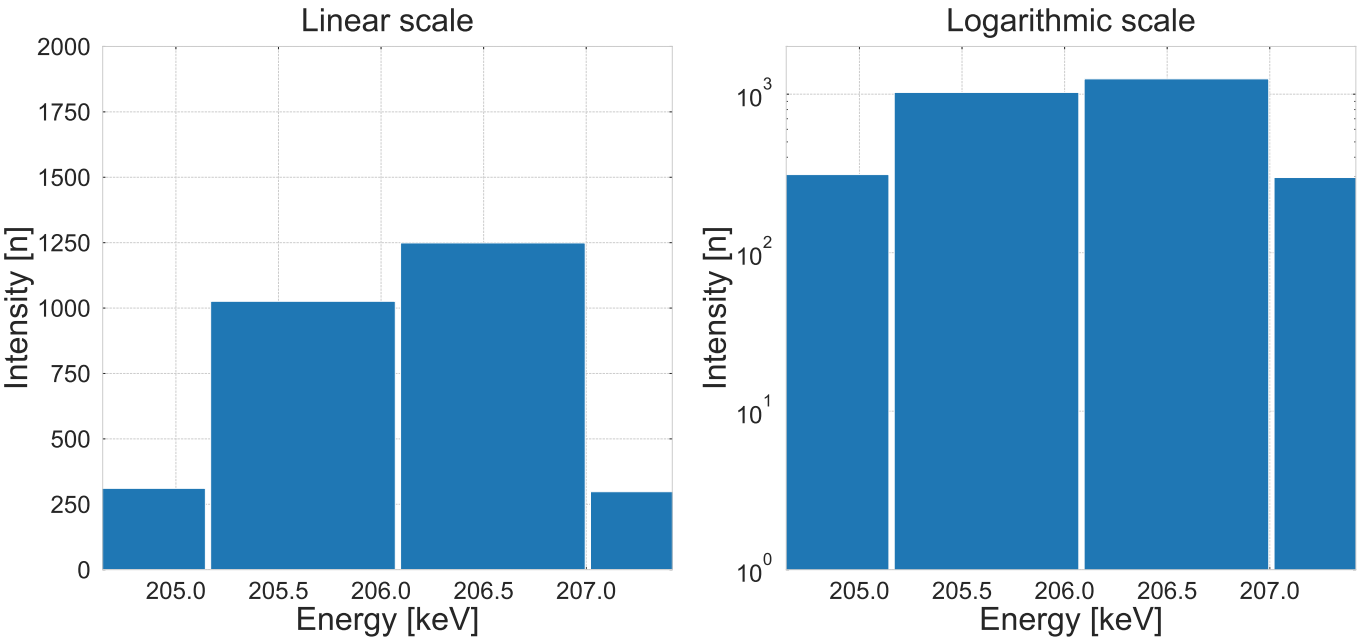
4. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{4,1}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.



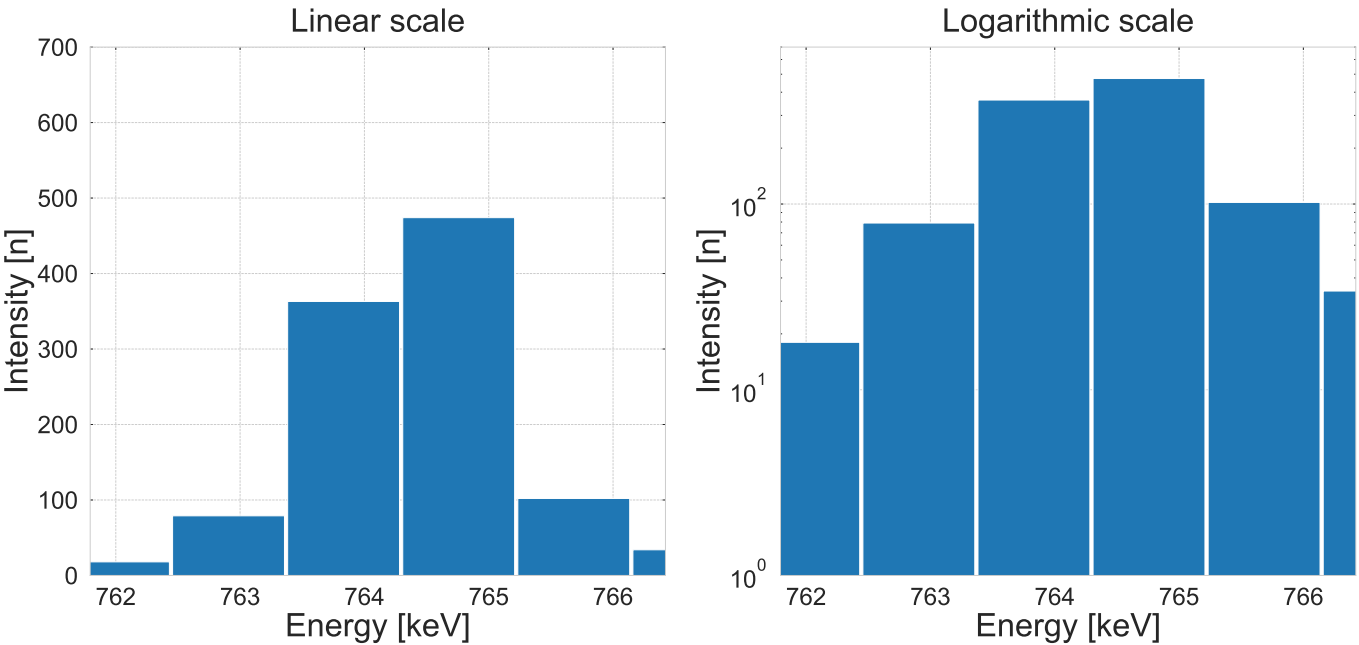
5. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{5,1}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.



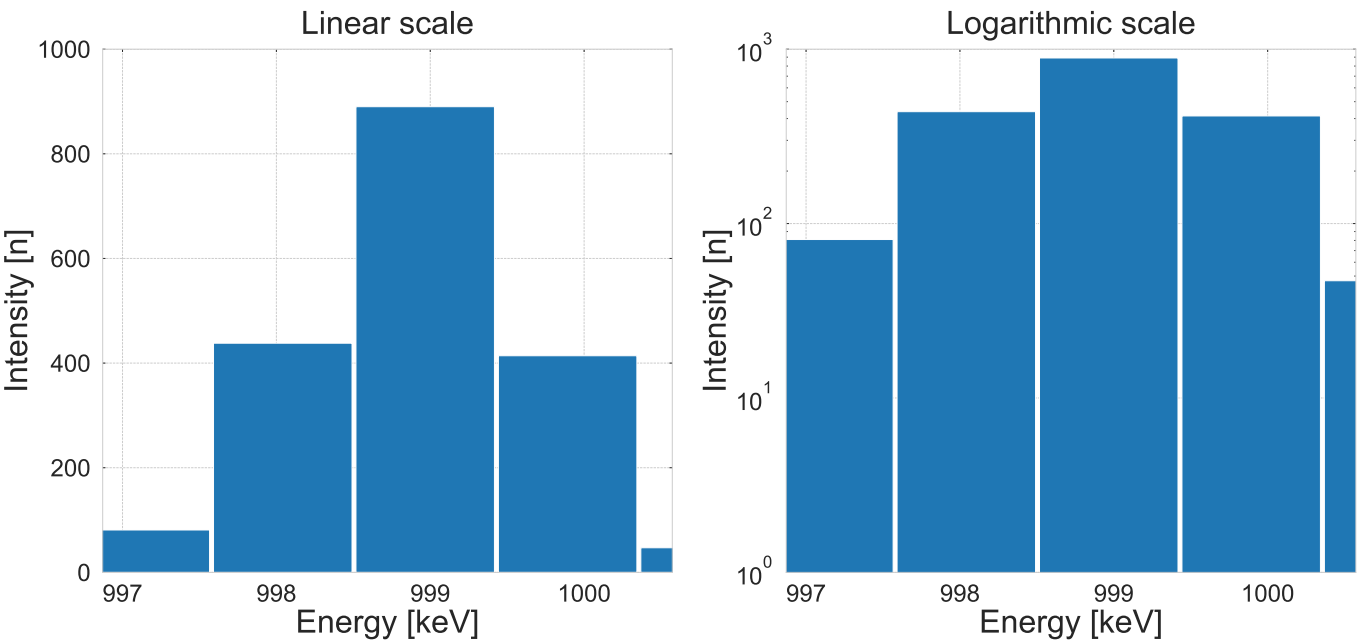
6. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{4,0}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.



7. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{6,0}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.



8. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{5,1}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.



9. ábra. Az általam vizsgált anyag gamma-spektrumában található ^{235}U , $\gamma_{4,0}$ tranziensből származó fotonjának foto-csúcsa.