

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

9. MÉRÉS – MAGSPEKTROSZKÓPIAI VIZSGÁLATOK

LABORVEZETŐ: DEÁK FERENC

SZILVÁSI ÁDÁM, FIZIKA BSC
MÉRŐTÁRSAK: MÁRTON ISTVÁN,
SZIGLIGETI ATTILA
MÉRÉS DÁTUMA: 2010. ÁPRILIS 22.
LEADÁS DÁTUMA: 2010. JÚNIUS 11.

1) A MÉRÉS CÉLJA

A mérés célja a béta- és gamma spektroszkópia alapjaival, valamint a különböző detektorokkal való megismerkedés.

2) GAMMA SPEKTROSKÓPIA

A gamma spektroszkópiai méréseknél NaI(Tl) szcintillációs mérőfejjel dolgoztunk, amely a bétaspektroszkópiánál használatos detektorokhoz hasonlóan energia-szelektív számlálótípus. A szcintillátor egy fotoelektron sokszorozó mellett helyezkedik el. A beütéseket számítógépes program regisztrálja.

A) A MŰSZER STABILITÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE

A szcintillációs számlálókkal végzett munkáknál fontos feladat annak eldöntése, hogy a berendezés elegendően stabil-e. Például az elektronsokszorozóra adott nagyfeszültség ingadozása a jel nagyságokat meghamisíthatja. Ilyen jellegű zavarok miatt a berendezést mérés előtt ellenőrizni kell. Ha a beütésszámok szórása a statisztikai érték környékén van, a műszer működése kielégítő. 10 s-os mérésidővel megmértük a csúcs területét, ami nem más, mint az adott energiaintervallumban a másodpercenkénti beütésszám. A mért adatokat az 1. táblázat tartalmazza 1/s-ban.

3997	4023	3944	4012	3878	4023
3913	4014	4058	3903	3854	3982
3884	4003	4001	3965	3951	4035
4036	3931	3963	3966	3869	4049
3923	3972	4034	3959	3955	3983

Az impulzusszám átlaga és szórásnégyzete:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^p n_i}{p} = 3969,3; \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (\bar{n} - n_i)^2}{p - 1} = 3155,9.$$

Ezek felhasználásával K :

$$K = \frac{s^2 - \bar{n}}{\bar{n} \sqrt{\frac{2}{p-1}}} \approx -0,780$$

adódik, ami kisebb, mint 1, tehát a detektor statisztikailag megbízható.

B) KALIBRÁCIÓ

A sokcsatornás analizátort a mérés megkezdése előtt kalibrálni kell. Ennek az a célja, hogy meghatározzuk a csatornaszám-energia függvényét. A kalibrációt a 2. táblázatban látható adatokkal végeztem. Az illesztett $E = a \times i + b$ egyenes paramétereire a következőket kaptam:

$$a = (7,1 \pm 0,1) \text{ keV}; b = (-32 \pm 16) \text{ keV}.$$

Az illesztés az 2. ábra látható.

Forrás	i	E [keV]
^{137}Cs	99,15	662
^{60}Co	169,57	1173
^{60}Co	195,13	1333
^{22}Na	76,49	511
^{22}Na	183,56	1274

C) SÓK KÁLIUM-TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA

Ebben a részben konyhasó, kálium-kloriddal dúsított konyhasó, illetve a háttér spektrumát vettük fel. A csúcs $\sim 1442 \text{ keV}$ -nél volt. Elsőként a kálium-kloriddal dúsított konyhasót mértük, ahol a terület 1646 1/s , konyhasó esetében 426 1/s , minta nélkül pedig 559 1/s volt. Azt, hogy a tiszta konyhasónak kisebb a gamma aktivitása,

mint a háttérnek, azzal magyarázhatjuk, hogy a tiszta NaCl gyakorlatilag nem tartalmaz ^{40}K -et, viszont árnyékolja a háttérsugárzást. A háttérben kimérhető ^{40}K -csúcs egy része valószínűleg az épület anyagából ered.

3) BÉTA SPEKTROSKÓPIA

A béta spektrumok kiértékelése jóval összetettebb a gamma spektrumokhoz képest, mivel a béta-bomlás során keletkező neutrínók és antineutrínók miatt a sugárzás nem monoenergiás. A mérés során ^{90}Sr , ^{137}Cs béta-instabil izotópokkal foglalkoztunk, a detektáláshoz pedig kis rendszámú anyagból készült szerves szcintillációs detektort használtunk. Célunk ezen két izotóp bomlási energiájának meghatározása volt.

A) KALIBRÁLÁS

A béta-detektor kalibrálásához a ^{137}Cs izotópot használtuk, ami 630 keV -es konverziós elektront bocsájt ki. Ez a csúcs a 69-es csatornánál adódott. Még egy kalibrációs pontra szükségünk van, de mivel ez nem állt rendelkezésre, feltettük, hogy a 5-ös csatornához $\sim 0\text{ keV}$ tartozik. Így az előző jelöléssel a kalibrációs egyenes:

$$a = 9,84\text{ keV}; b = -49,22\text{ keV}.$$

A bomlás energiájának meghatározásához a Fermi-Curie-egyenest van szükség. Jelölje E a kirepülő részecske kinetikus energiáját, W pedig a részecske teljes energiáját m_0c^2 egységekben! Legyen W_m a maximális kinetikus energiájú részecske energiája, így:

$$W = \frac{E}{m_0c^2} + 1; W_m = \frac{E_m}{m_0c^2} + 1.$$

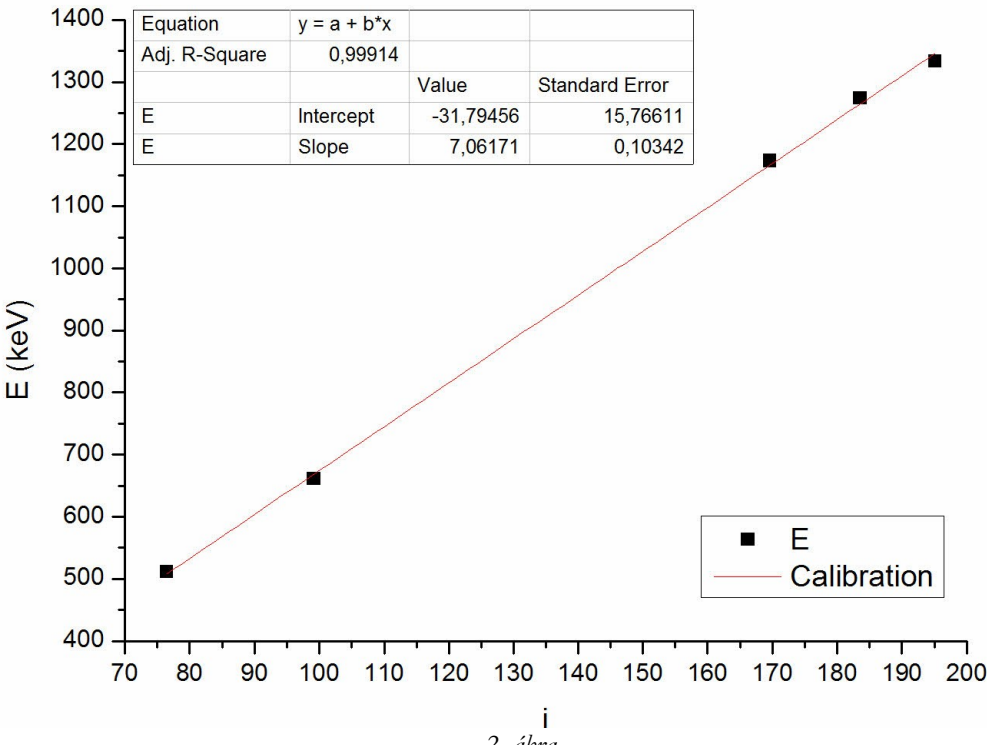
Ha p a részecske impulzusa m_0c egységekben, akkor teljesül a $p^2 = W^2 - 1$ egyenlet. Ha képezzük a $Q = \sqrt{\frac{N}{GW^2}}$ mennyiséget, ahol N a beütésszám, G pedig a módosított Fermi-féle függvény, melynek értékei p függvényében megtalálhatók a jegyzetben. Ha Q -t ábrázoljuk W függvényében, a spektrum egy egyenessé transzformálódik, amelynek a tengelymetszete éppen W_m lesz, amiből a bomlás energiája meghatározható:

$$Q = K(W_m - W).$$

A ^{137}Cs spektruma a látható, a spektrum elejét a zaj miatt elhagytam. Az egyenest úgy illesztettem, hogy a szórásnégyzet reciprokával súlyoztam az egyes tagokat. Az illesztett $Q = a - KW$ egyenes paramétereire $a = 23.9 \pm 1.3$, $K = 11.3 \pm 0.8$ értékeket kaptam. Ezek felhasználásával a bomlási energiára $570 \pm 22\text{ keV}$ kaptam.

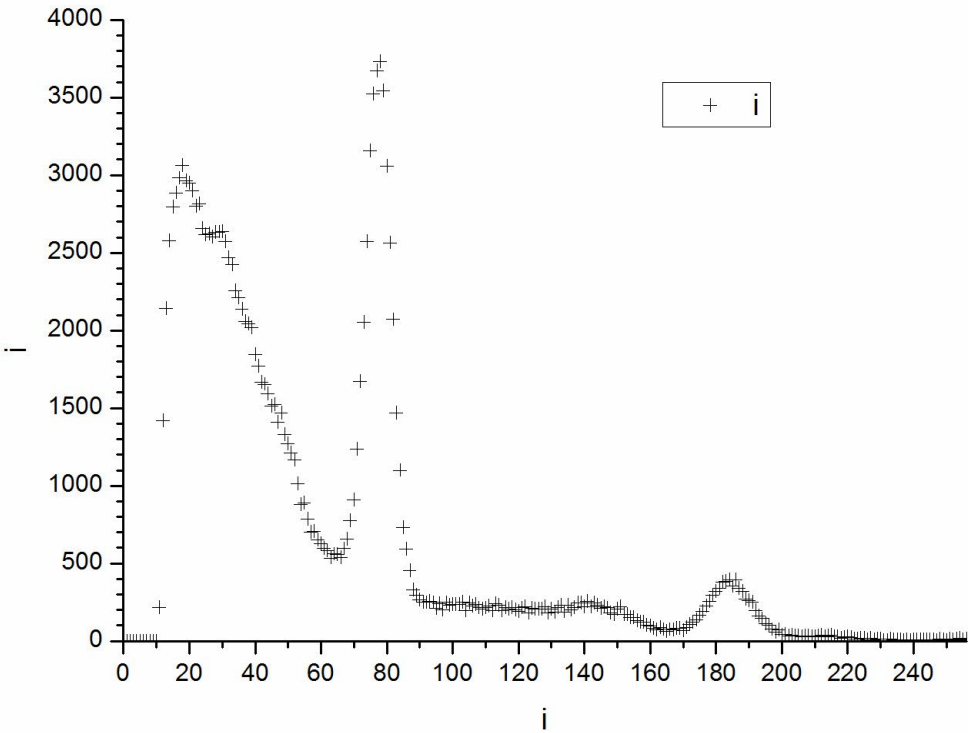
B) A ^{90}Sr SPEKTRUMA

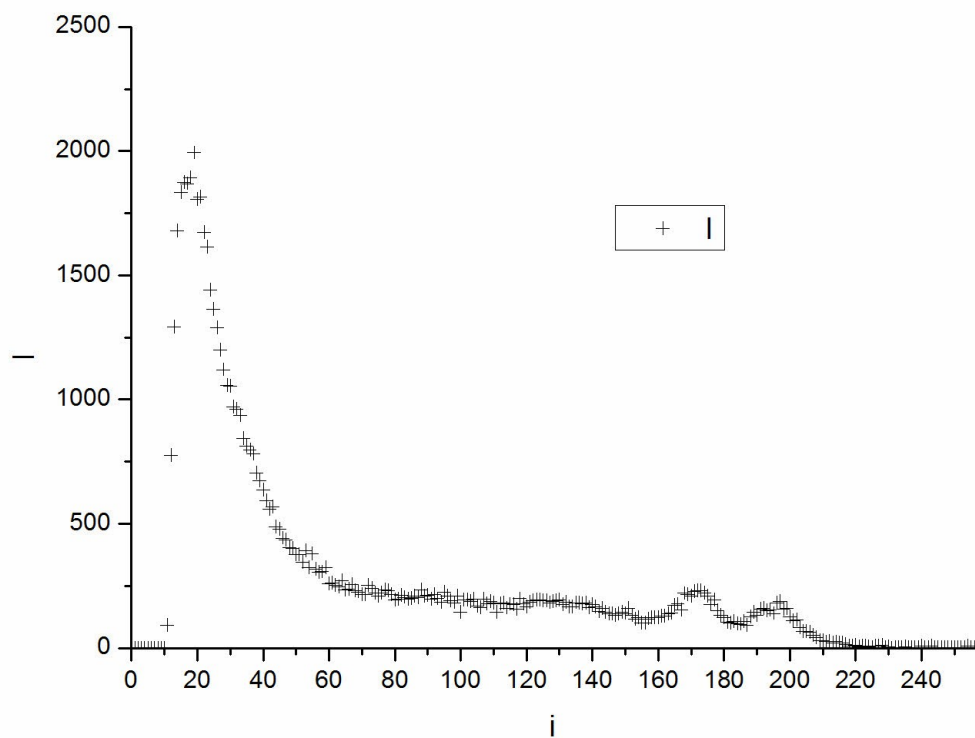
A ^{90}Sr bomlásakor keletkező ^{90}Y szintén béta-bomló. A spektrumban két béta-részecske együttes hatását láthatjuk. Ezért először a spektrum nagy energiás részének transzformáltjára illesztettünk egyenest (5., 6. ábra). A transzformációhoz szükséges Fermi-függvény értékeket, a leírásban megadott pontok alapján interpolációval határoztam meg. Az illesztett $Q = a - KW$ egyenes paramétereit: $a = 11.8 \pm 0.5$, $K = 2.5 \pm 0.1$, ahonnan $E_m = 1904 \pm 60\text{ keV}$. Ezt az egyenest visszatranszformálva és levonva az eredeti spektrumból megkapjuk a kisebb energiájú béta-részecske spektrumát. Ebből viszont még egy transzformációs lépéssel megkapjuk a kisebb energiájú béta-részecske spektrumát, ez látható a 7. ábrán. Az oda-vissza transzformálás megnöveli a relatív hibát, így ezt kevésbé pontosan tudjuk meghatározni. A 7. ábrán látható egyenes szakaszra illesztve a következő paraméterértékeket kaptam (a korábbi jelölésekkel): $a = 17.1 \pm 1.1$ és $K = 7.5 \pm 0.6$. Az illesztés a 8. ábrán látható. Ezek felhasználásával a kisebb energiájú béta-részecske energiája $654 \pm 50\text{ keV}$.



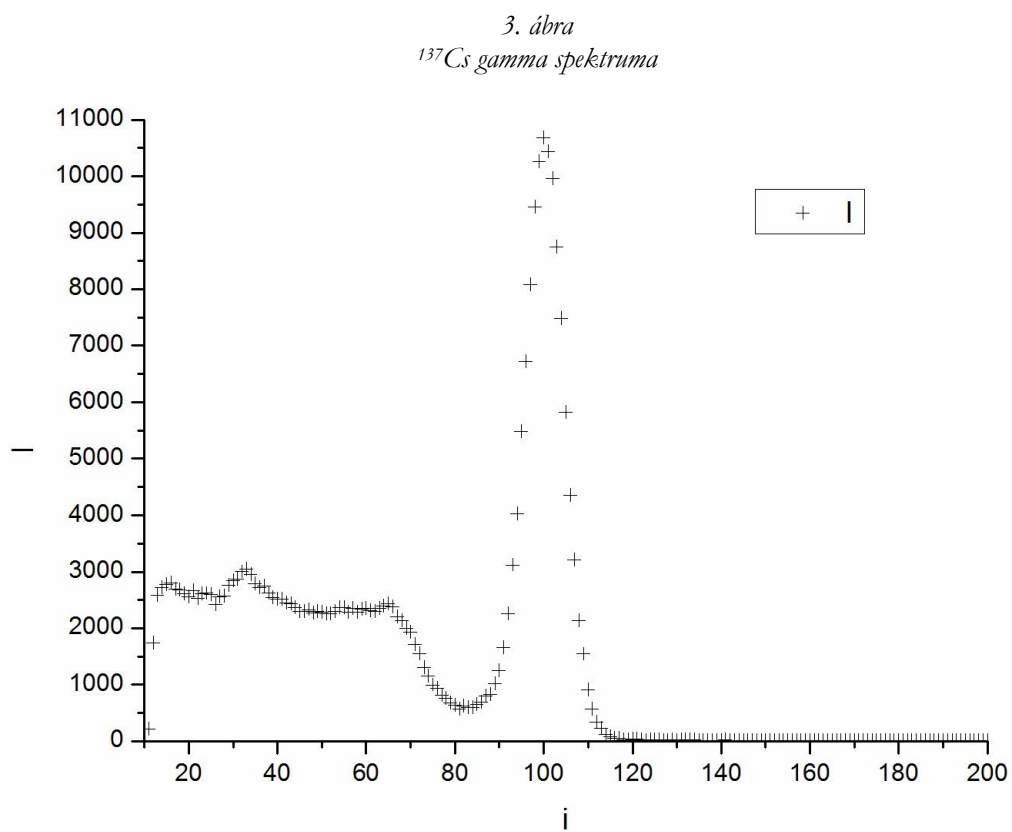
2. ábra
Gammaspektroszkópia kalibrációja

1. ábra
 ^{22}Na gamma spektruma

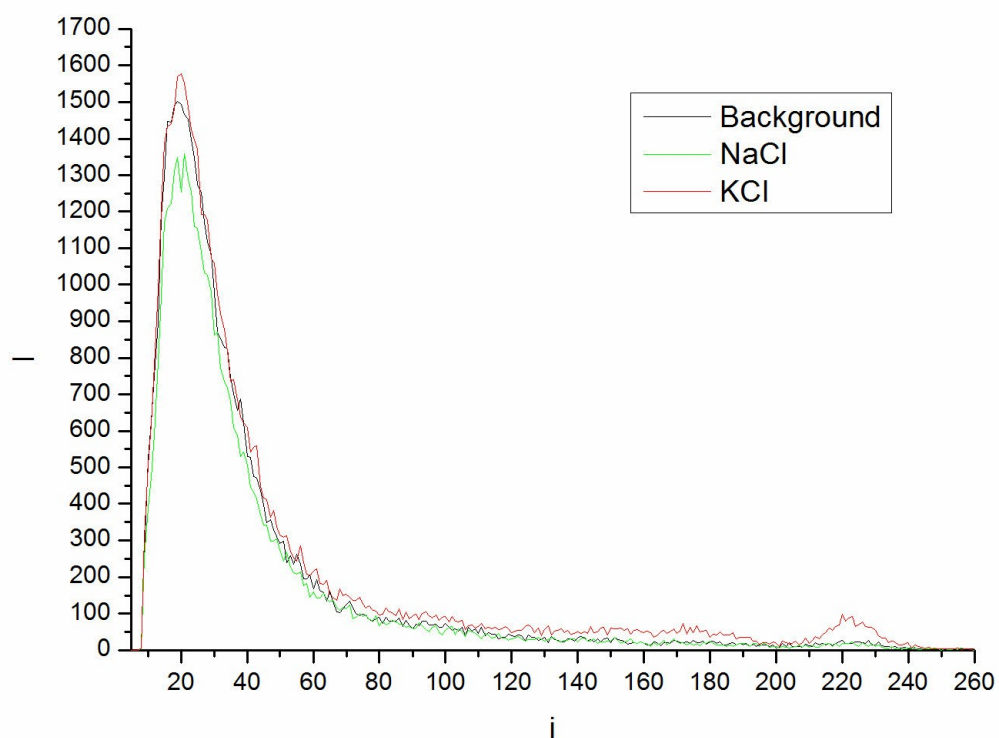




4. ábra
 ^{60}Co gamma spektruma

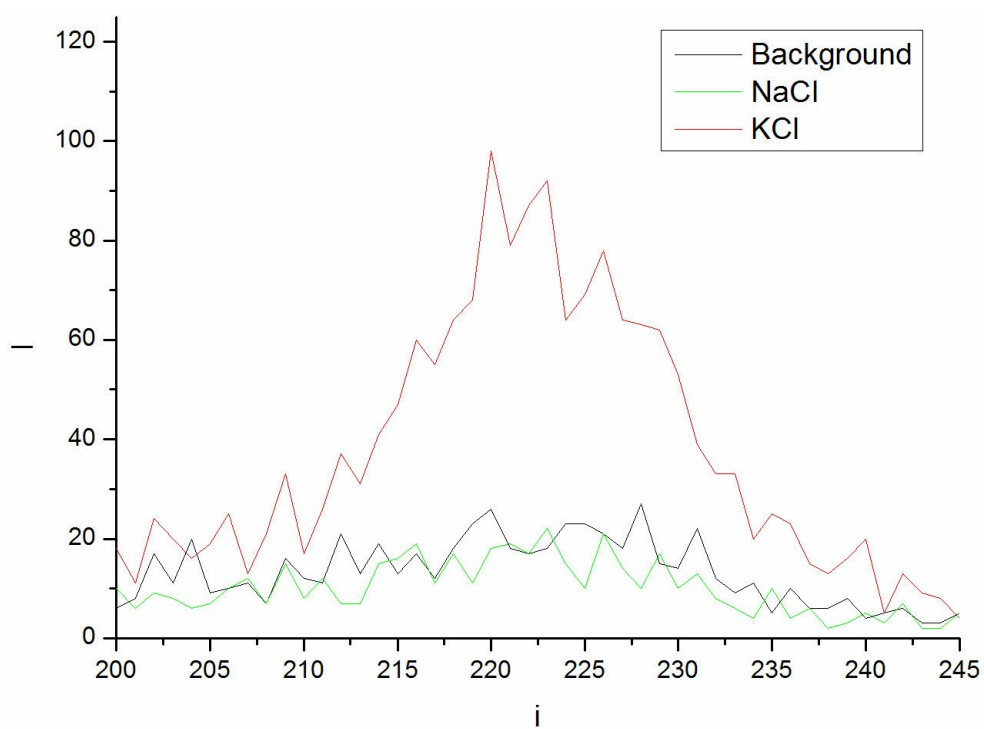


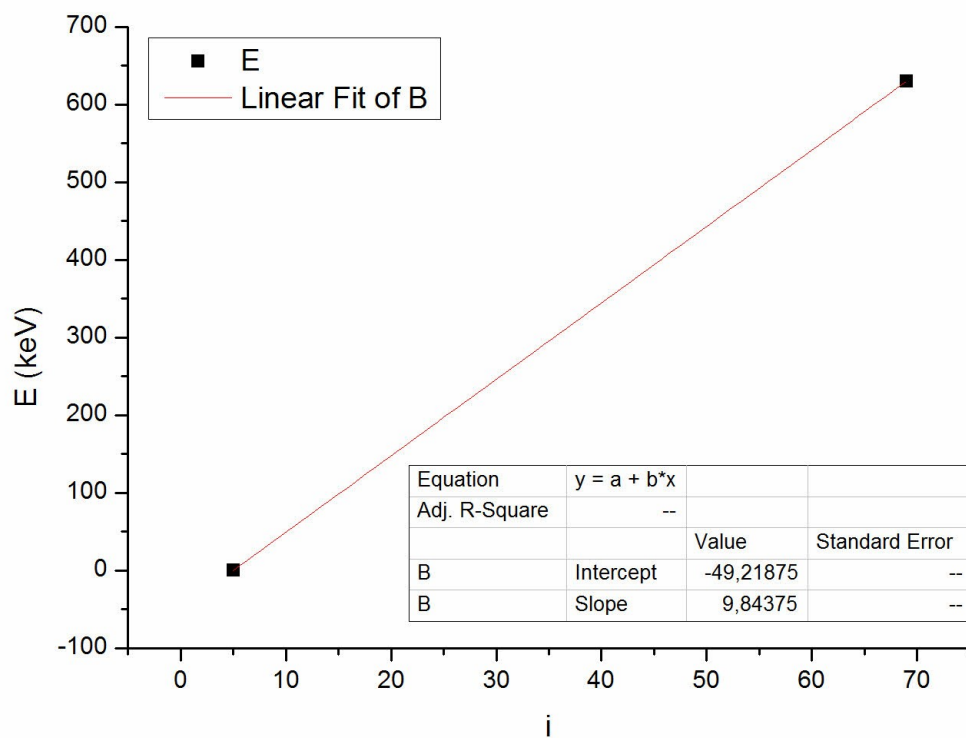
3. ábra
 ^{137}Cs gamma spektruma



5. ábra
Konyhasó aktivitása

6. ábra
 ^{40}K csúcsa





7. ábra
Béta spektroszkópia kalibrációja