Gamma spektroszkópia

laborjegyzőkönyv

A mérést végezték:	Kondor Dániel, Mohácsi István, Széchenyi Gábor
A jegyzőkönyvet írta:	Kondor Dániel
Laborvezető:	Csorba Ottó
A mérés dátuma:	2009. 12. 2.
A beadás dátuma:	2009. 12. 18.

1. A mérés menete

A mérés során gamma detektorral vettük fel több minta spektrumát. A detektorban a fotonok egy félvezető kristályban keltettek áramimpulzusokat, amik nagysága arányos a foton energiájával. A jelet egy sokcsatornás analizátor dolgozta fel, az adatokat számítógéppel rögzítettük. A méréshez először kalibráltuk a berendezést, ezt egy ^{232}Th tartalmú gázharisnyával tettük meg. A kalibrációnál a ^{232}Th két csúcsát vettük figyelembe. A $238,6\,\mathrm{keV}$ energiájú csúcs a $355.$ csatornára, a $2614\,\mathrm{keV}$ energiájú a $3936.$ csatornára esett. Így a mért energia a csatornaszám (x) függvényében: $E = x{\cdot}0,66333\,\mathrm{keV}{+}3,1163\,\mathrm{keV}$

A gyakorlat alatt felvettük egy káliumtartalmú konyhasó (Horváth Rozi márkájú, 30%-os KCl tartalommal), egy uránfesték és egy vele festett csempe spektrumát. A gyakorlat előtt a laborvezető felvette egy Balassagyarmatról 2007 december 2-án begyűjtött föld minta spektrumát. A spektrumok kiértékeléséhez egy számítógépes programot használtunk, ami a csúcsokra elméleti görbéket (Gauss-görbét) illesztett, megmérte a csúcsok területét (a csúcshoz tartozó csatornák beütésszámát), és meghatározta a helyüket. A számítógépen levő adatbázisból kerestük ki az adott csúcshoz tartozó elemeket, és a csúcsnak az adott elemnél vett relatív intenzitását.

A detektor hatásfokát egy számítógépes szimulációval becsültük meg. A programnak paraméterként lehetett megadni a mérési elrendezést és a minta paramétereit, amiből a megadott energiával rendelkező fotonok pályáját szimulálta, mérve, hogy mekkora részük kelt jelet a detektorban.

A mért spektrumok az 1-5 ábrákon láthatóak.

2. A föld minta urántartalmának meghatározása

A jegyzőkönyvbeli személyre szabott feladatom a balassagyarmati föld minta spektrumának elemzése volt. A minta tömege $336\,\mathrm{g}$ volt. A laborgyakorlat alatt a spektrumból 7 csúcsot választottunk ki, amikre kikerestük az adott energiás fotont kibocsátó izotópokat. A csúcsok méretéből meghatározható ezeknek az izotópoknak az aktivitása. A csúcsok adatai, és a belőlük számolt aktivitások az 1. táblázatban láthatóak.

A beütésszám az aktivitásból az $N = \eta T p A$ képlettel számolható, ahol A az aktivitás, η a detektor hatásfoka (amit a gyakorlat alatt elvégzett számítógépes szimulációval becsültünk meg), $T = 5160\,\mathrm{s}$ a mérés ideje és p a csúcs energiájának megfelelő fotonok aránya az adott elem által kibocsátott összes fotonhoz képest. Ha egy csúcs több elemhez is tartozik, akkor a beütésszámot fel kell osztani közöttük. A $239\,\mathrm{keV}$ energiájú csúcsnál az összes izotóp a ^{232}Th sorában van, így feltehetjük róluk, hogy az aktivitásuk megegyezik, így a csúcsok relatív intenzitásának arányában lehet a beütésszámot felosztani. A $186\,\mathrm{keV}$ energiájú csúcsnál az ^{238}U és az ^{235}U sorában levő elemek szerepelnek. Itt azt tehetjük, hogy feltesszük, hogy a minta a természetes arányban tartalmazza a két uránizotópot, amiből relatív aktivitások meghatározhatóak: $A_{238}/A_{235} = 22,86$, ahol A_{238} az ^{238}U és leányelemeinek aktivitása és A_{235} az ^{235}U aktivitása. Ez alapján itt is kiszámolhatóak az aktivitások.

A $296\,\mathrm{keV}$ energiájú csúcshoz is az ^{235}U és az ^{238}U leányelemei tartoznak, itt viszont az aktivitásokat nem lehet az előzőek alapján számolni, mert az ^{214}Pb a bomlási sorban a Rn után következik, így az aktivitása kisebb lehet, mint a Rn előtti elemeké, mert a Rn egy

energia [keV]	terület (beütésszám)	detektor hatásfok	izotóp	csúcs intenzitása	izotóp beütésszáma	aktivitás [1/s]	bomlási sor
186	85 ± 24	$2,57\%$	^{234}Pa	$0,0204$	$22,3$	$8,2433$	^{238}U
			^{226}Ra	$0,0328$	$35,855$		
			^{227}Th	$0,017273$	$0,8278$	$0,3614$	^{235}U
			^{223}Fr	$0,002853$	$0,13672$		
			^{235}U	$0,54$	$25,88$		
239	156 ± 26	$2,14\%$	^{212}Pb	$0,44646$	$143,32$	$2,907$	^{232}Th
			^{224}Ra	$0,0395$	$12,68$		
296	80 ± 18	$1,76\%$	^{214}Pb	$0,19247$	$79,862$	$4,5689$	^{238}U
			^{227}Th	$0,0042$	$0,1378$	$0,3614$	^{235}U
352	115 ± 20	$1,53\%$	^{234}Pa	$0,006121$			^{238}U
			^{214}Pb	$0,3721$			
			^{227}Th	$0,00118$			^{235}U
609	97 ± 17	$0,92\%$	^{214}Bi	$0,46281$	97	$4,415$	^{238}U
661	74 ± 14	$0,87\%$	^{234}Pa	$0,00306$	$1,132$	$8,2433$	^{238}U
			^{137}Ba	$0,8998$	$72,868$	$1,80394$	^{137}Cs
1460	241 ± 22	$0,432\%$	^{228}Ac	$0,009972$	$1,8324$	$8,2433$	^{238}U
			^{234}Pa	$0,00306$	$0,5623$		
			^{40}K	$0,1067$	$238,6$	$92,2079$	^{40}K

1. táblázat. A föld minta spektrumának kiértékelése

része kidiffundálhat a mintából. Ezért itt a ^{227}Th aktivitását a $186\,\mathrm{keV}$-es csúcsból számolt értékűnek vettem, és a maradékból határoztam meg az ólom aktivitását. Az eredmény alapján azt mondhatjuk, hogy a radon nagyjából $(45 \pm 34)\%$-a kijut a mintából a levegőbe, amielőtt tovább bomlana.

A $661\,\mathrm{keV}$ és $1460\,\mathrm{keV}$ energiájú csúcsoknál szerepel egy-egy olyan elem, ami nincs benne egyik bomlási sorban sem, ezért itt a többi elem aktivitását a korábban meghatározott értékekkel helyettesítettem, így a beütésszáukat a mért értékből levonva ezek az aktivitások is kiszámolhatóak.

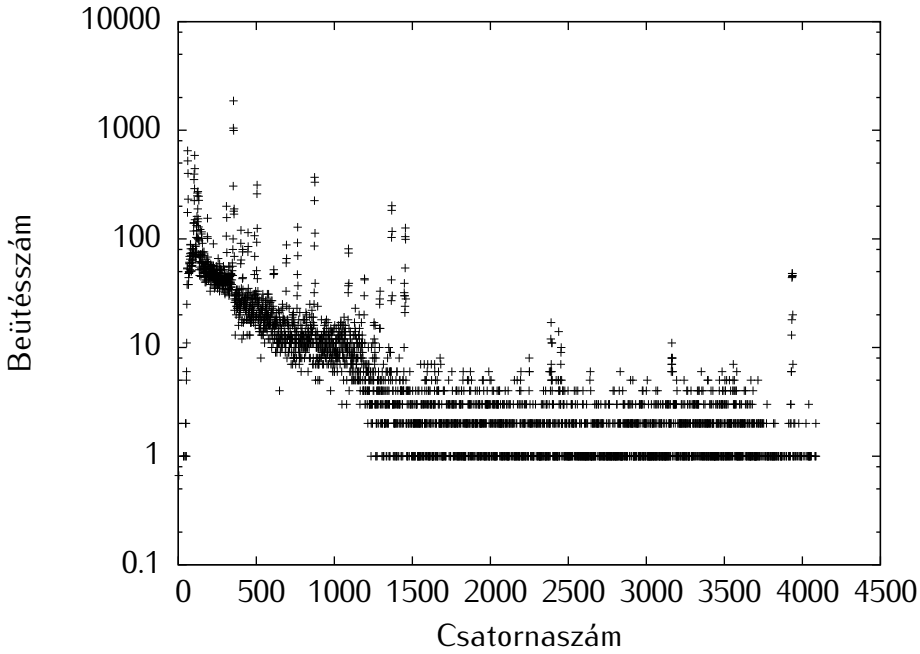
Az aktivitások meghatározása után, azokból a bomlási állandók ismeretében a hozzájuk tartozó elemek anyagmennyisége kiszámítható, az eredményt a 2. táblázatban foglaltam össze.

Az eredményül adódó mennyiségek hibája az aktivitások és a hatásfok (20%-nak vett) relatív hibájának négyzetösszegének gyöke.

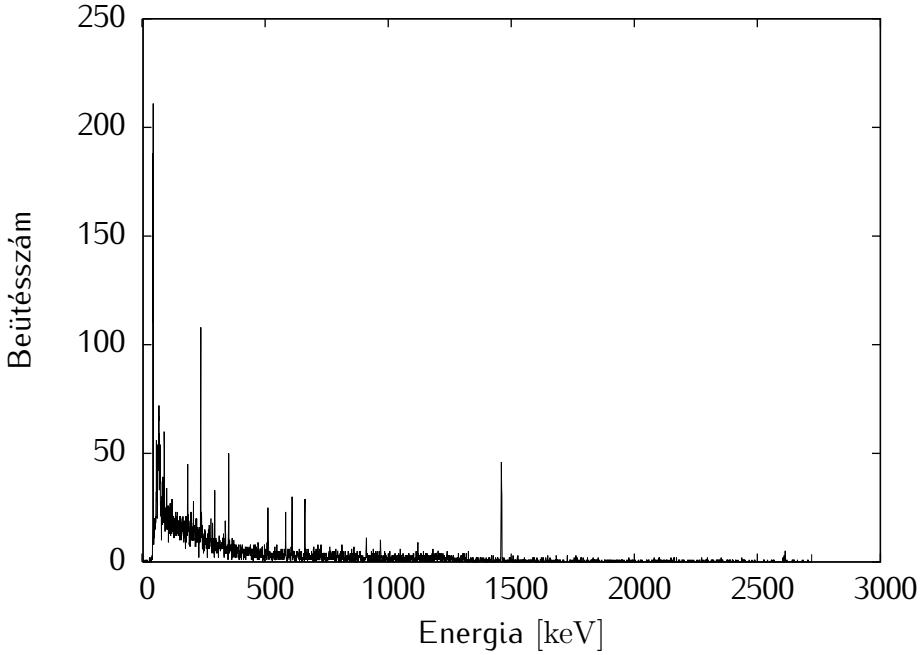
Az elem neve	Aktivitás [1/s]	Anyagmennyiség [μmol]	Tömeg [μg]	Tömegarány ($m/m\%$)
^{238}U	$8,2 \pm 3,8$	$2,8 \pm 1,3$	665 ± 305	$(2 \pm 0,9) \cdot 10^{-6}$
^{235}U	$0,36 \pm 0,33$	$0,02 \pm 0,018$	$4,6 \pm 4,2$	$(1,4 \pm 1,3) \cdot 10^{-8}$
^{232}Th	$2,9 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,8$	715 ± 185	$(2,15 \pm 0,55) \cdot 10^{-6}$
^{137}Cs	$1,8 \pm 0,5$	$(4,1 \pm 1,1) \cdot 10^{-9}$	$(5,6 \pm 1,6) \cdot 10^{-7}$	$(1,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-15}$
^{40}K	92 ± 20	$8,7 \pm 1,9$	350 ± 75	$(1,05 \pm 0,22) \cdot 10^{-6}$

2. táblázat. A föld mintában levő radioaktív elemek

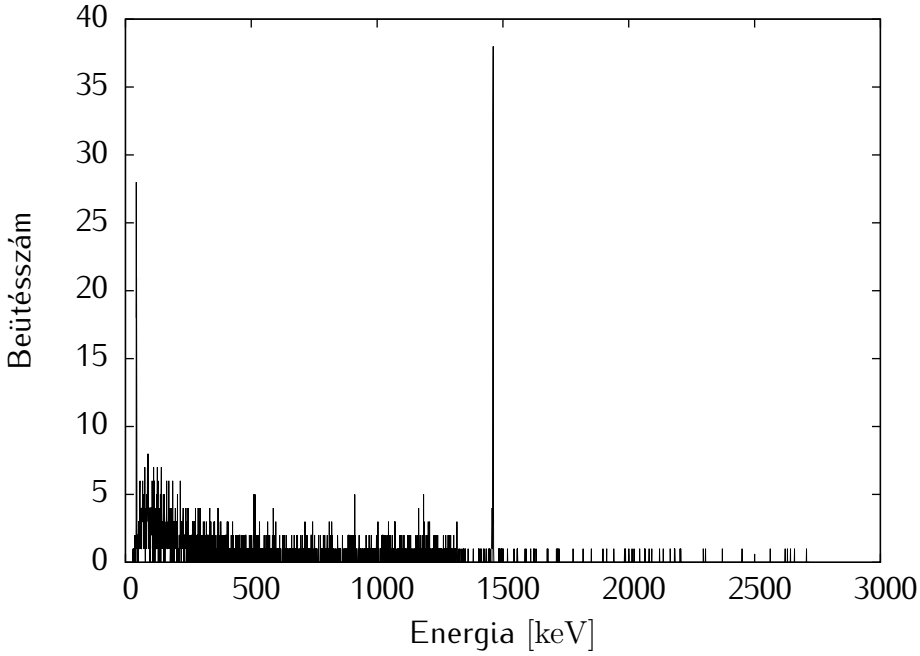
3. Ábrák



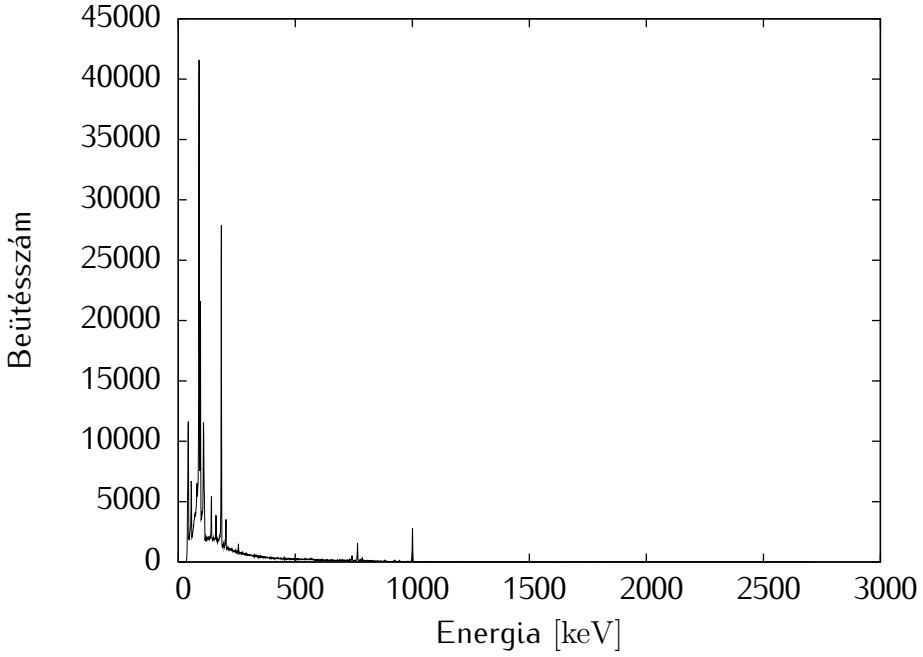
1. ábra. A kalibrációhoz használt ^{232}Th tartalmú minta spektruma



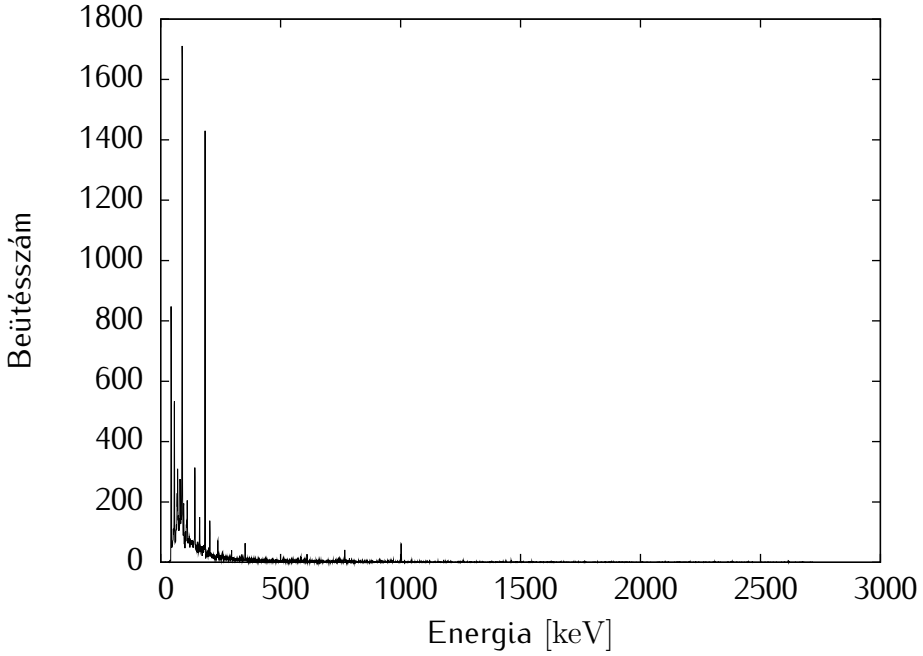
2. ábra. A talajminta spektruma, 86 perc mérés után



3. ábra. A konyhasó minta spektruma, 20 perc mérési idő után



4. ábra. Az uránfesték spektruma, 20 perc mérés után



5. ábra. A csempe spektruma