

Folyadékszintillációs spektroszkópia

OLAR ALEX

Eötvös Loránd Tudományegyetem



I. Mérés célja

A labor során megismerkedtünk a folyadékszcintillációs spektroszkópia módszerével.

II. Elméleti összefoglaló

A mérés során a negatív béta-bomló trícium atomot vizsgáltuk és ennek kaptuk meg 19 db spektrumát. A bomló trícium a bomlás során kibocsájt egy elektront és héliummá alakul, az elektronokat coincidenciában lehetőségünk van detektálni egy fotoelektron sokszorozó segítségével.

A felszabaduló energia nem kizárólag az elektrorra fordítódik, hiszen egy antineutrínó is keletkezik a folyamat során így az elektron energia spektruma folytonos lesz. Az alakja jellemezhető a következő formulával.

$$\rho(E)dE \sim \sqrt{E}(Q - E)^2 \quad (1)$$

A kapott kifejezéssel felírva a várható értéket:

$$\langle E \rangle = \frac{1}{3}Q \quad (2)$$

A bomlás során maximálisan 18.6 keV energia szabadul fel, ennek harmada az mely a várható érték lesz.

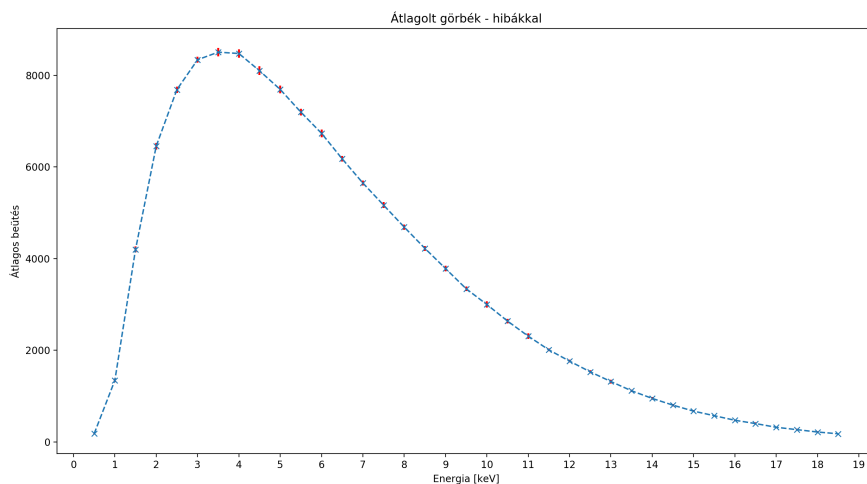
$$\langle E \rangle \approx 6.2 \text{ keV} \quad (3)$$

A kiértékelés során megillesztettük az (1)-es összefüggést, majd kiszámoltuk az energia várható értékét a súlyozott átlagokból, majd az (1)-es összefüggést kiegészítettük a labor mellé kapott cikkből származtatott Fermi-függvénnyel.

III. Kiértékelés

III.1. Átlag spektrum

A mért adatok átlag spektruma hibákkal:



1. ábra. A spektrumok átlaga

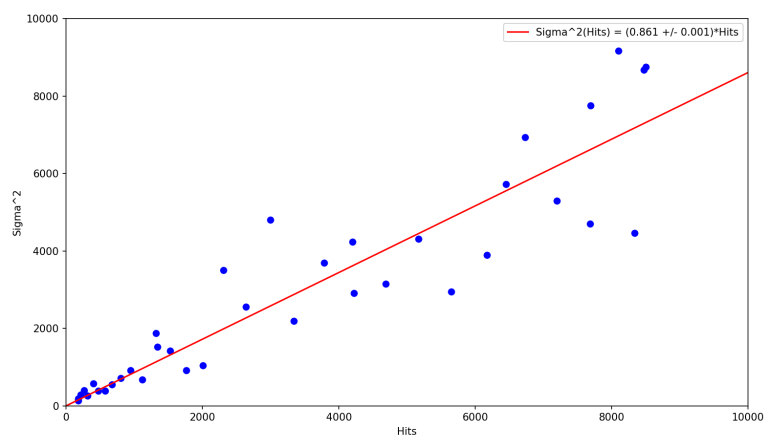
Jól látható, hogy a hibák elenyészően kicsik, a különböző mérések nagyban fedésben vannak.

III.2. Szórás és beütés szám

Az egyes 'bin-ekben lévő beütések hibáját (σ) véve az átlag beütések számának a következő összefüggést kell elméleti úton mutatnia:

$$\sigma^2 = m \cdot N$$

Ahol N a beütések átlagos száma adott 'bin-ben, míg σ a szórás.



2. ábra. Szórás

Látható, hogy az illesztés paraméterei:

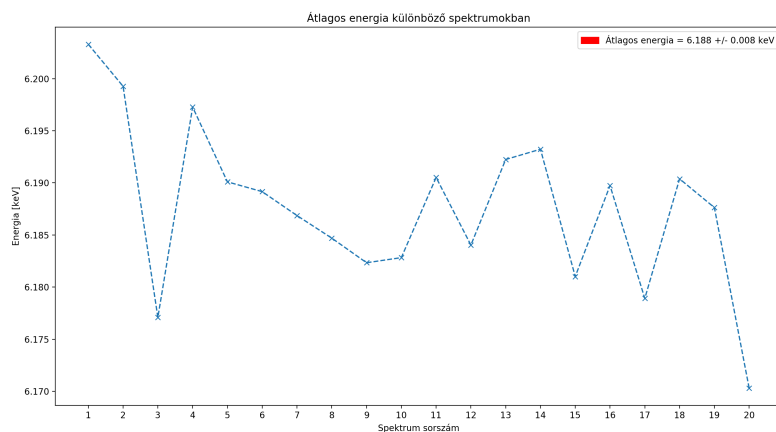
$$\sigma^2 = m * N = (0.861 \pm 0.001) * N$$

III.3. Átlagos energia

Az energia átlagok a súlyozott spektrum átlagokból pedig:

$$\langle E \rangle = 6.1875 \pm 0.0076 \text{ keV}$$

ami nagyban összevág a kívánt, elméleti adattal.



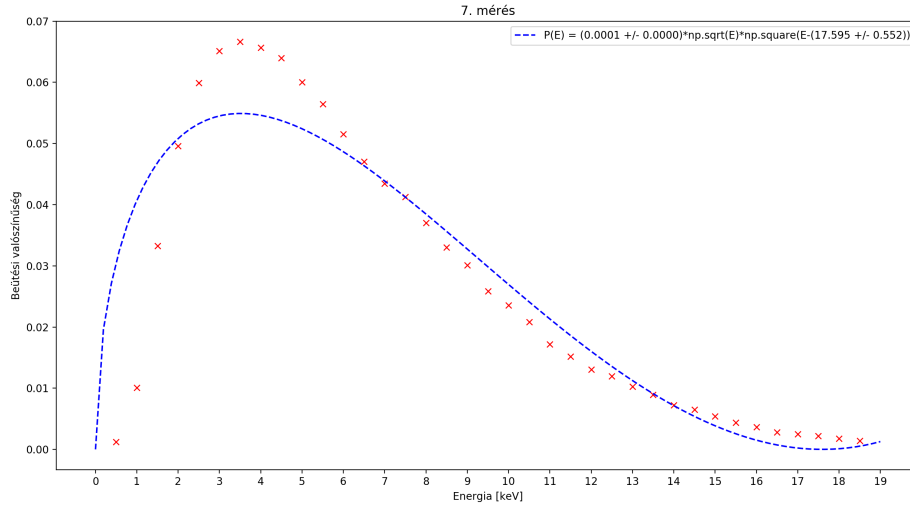
3. ábra. Átlagos energia alakulása a különböző spektrumokban

III.4. Illesztések

III.4.1. Fermi függvény nélkül

Először az (1) - es összefüggést illesztettük meg. Ez többé kevésbé sikerült. Az illesztés során két paramétert használtunk Q -t és egy normálási tényezőt N -t. Az illesztést Pythonban végeztük el, és hiába állítottuk a paramétereket, nem kaptunk sokkalta változatosabb illesztéseket. Az illesztett görbék paramétereit táblázatban tüntetem fel és csak egy ábrát közlök, hiszen feleslegesnek érzem mind a 19-et belerakni a jegyzőkönyvbe.

Norm factor	Q [keV]
0.0001 ± 0.00000	17.662 ± 0.544
0.0001 ± 0.00000	17.645 ± 0.553
0.0001 ± 0.00000	17.588 ± 0.532
0.0001 ± 0.00000	17.628 ± 0.542
0.0001 ± 0.00000	17.633 ± 0.546
0.0001 ± 0.00000	17.598 ± 0.545
0.0001 ± 0.00000	17.595 ± 0.552
0.0001 ± 0.00000	17.589 ± 0.530
0.0001 ± 0.00000	17.580 ± 0.548
0.0001 ± 0.00000	17.596 ± 0.557
0.0001 ± 0.00000	17.601 ± 0.536
0.0001 ± 0.00000	17.592 ± 0.544
0.0001 ± 0.00000	17.638 ± 0.553
0.0001 ± 0.00000	17.625 ± 0.559
0.0001 ± 0.00000	17.606 ± 0.538
0.0001 ± 0.00000	17.612 ± 0.551
0.0001 ± 0.00000	17.561 ± 0.553
0.0001 ± 0.00000	17.621 ± 0.550
0.0001 ± 0.00000	17.612 ± 0.550
0.0001 ± 0.00000	17.544 ± 0.550



4. ábra. A 7. illesztés - paraméterivel

III.4.2. Fermi függvénnyel

Az irodalomban [2] található Fermi-függvényt használva, mely kisebb magokra, β^- -bomlásra a következő:

$$P(E)_\eta = \eta^2 P(E) 2\pi \frac{Y(\eta)}{(1 - e^{-2\pi Y(\eta)})}$$

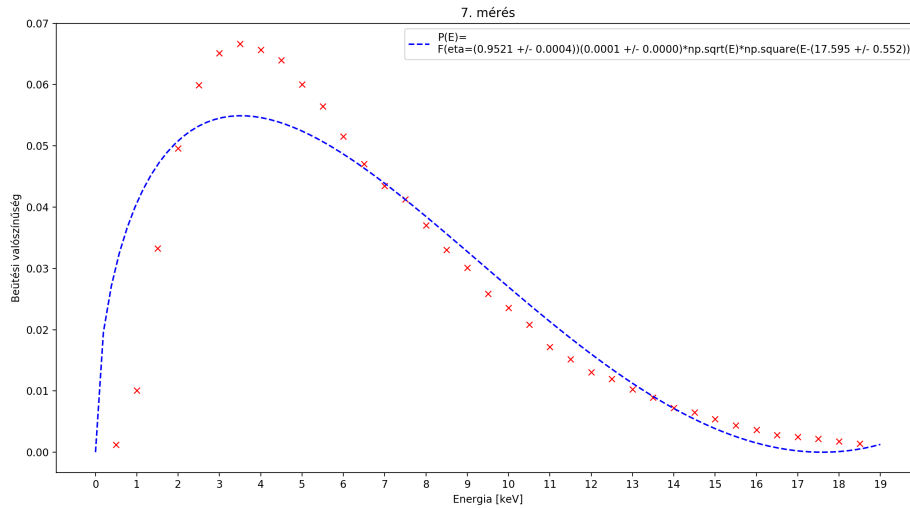
$$P(E) = N \sqrt{E} (E - Q)^2$$

$$Y(\eta) = \frac{3}{137} \cdot \frac{(1 + \eta^2)^{\frac{1}{2}}}{\eta}$$

Jól látható, hogy $P(E)_\eta$ egy három paraméteres függvény melynek illesztése nem triviális és a számítógép nem is bírkózott meg vele sajnálatos módon. Ezért azt a módszert alkalmaztuk, hogy a felhasználtuk az előző illesztés N, Q paramétereit és csakis az η paramétert illesztettük meg az előbbi függvényben. Ezáltal az illesztések konvergáltak, de precízek sajnos nem lettek.

η	Norm factor	Q [keV]
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.662 ± 0.544
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.645 ± 0.553
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.588 ± 0.532
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.628 ± 0.542
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.633 ± 0.546
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.598 ± 0.545
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.595 ± 0.552
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.589 ± 0.530
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.580 ± 0.548
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.596 ± 0.557
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.601 ± 0.536
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.592 ± 0.544
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.638 ± 0.553
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.625 ± 0.559
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.606 ± 0.538
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.612 ± 0.551
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.561 ± 0.553
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.621 ± 0.550
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.612 ± 0.550
0.9521 ± 0.0004	0.0001 ± 0.00000	17.544 ± 0.550

η lényegében konstans lett minden egyes görbére. Ez nem feltétlenül probléma abból a szempontból, hogy a görbék, mint az az átlagolás során kiderült nem térnek el jelentős mértékben. Itt is ábrát mellékelek csak.



5. ábra. A 7. illesztés - paraméterivel

IV. Diskusszió

A mérés során a műszerhez kapcsolt számítógép kék halált kapott. A gép csatlakoztatva van az internetre és még mindig csak Windows XP fut rajta. A mérési adatokat ezért később kaptuk meg és a mérést nem mi végeztük el valójában.

Hivatkozások

- [1] <http://metal.elte.hu/oktatas/alkfizlab/meresleirasok/FSS.pdf>
- [2] I. Feister - Numerical evaluation of the Fermi-Beta Distribution Function