

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

FSS – FOLYADÉKSZCINTILLÁCIÓS SPEKTROSKÓPIA

LABORVEZETŐ: HORVÁTH ÁKOS

SZILVÁSI ÁDÁM, FIZIKUS MSC
MÉRŐTÁRSAK: MÁRTON ISTVÁN,
ANGLER GÁBOR

MÉRÉS DÁTUMA: 2010. 09. 30.
LEADÁS DÁTUMA: 2010. 10. 19.

1) A MÉRÉS CÉLJA

A mérés célja a folyadékszcintillációs spektroszkópia eszközeivel való ismerkedés, illetve ezek segítségével egy trícium és egy radon minta spektrumának kiértékelése.

2) A MÉRÉSI MÓDSZER

A mérést egy TriCarb 1050 típusú detektorral végeztük. Az alfa- és bétasugárzó minták szcintillációs koktélokban voltak feloldva, és standard 20ml-es küvetákba voltak bezárva. A felvett spektrumot a feldolgozó program automatikusan fényhozam-intenzitás adatsorokká alakította, mi pedig ezeket értékeltük ki.

3) A MÉRÉS KIÉRTÉKELÉSE**A) TRÍCIUM AKTIVITÁSA**

Egy ${}^3\text{H}$ minta A_0 aktivitása 103000 DPM (η hatásfok 67%), mekkora egy $t=8$ perces mérés σ relatív hibája %-ban?

A mérés során körülbelül $N = A_0 \eta t = 552080$ beütést mérünk, melynek $\sigma = 1/\sqrt{N} = 0,001346$ a relatív mintavételi hibája, azaz a relatív hiba 0,13 %.

B) BÉTA-BOMLÁS ÁTLAGOS ENERGIÁJA

Számold ki egy $E_0 = 18,6$ KeV-es béta-bomlás elektronjának átlagos energiáját!

A számoláshoz először meg kell határoznunk a béta-bomlás spektrumának energia szerinti eloszlását. Ehhez a béta-bomlás Fermi-féle elméletét használjuk fel. A Fermi-féle arany szabályt a következőképpen írhatjuk fel:

$$w_{if} = \frac{2\pi}{\hbar} \rho(E) |\langle f | H | i \rangle|^2$$

Fermi azt a feltételezést tette, hogy a keletkező bomlástermékek között az energia véletlenszerűen oszlik el, és a spektrum alakját így a fázistér határozza meg. E szerint $|\langle f | H | i \rangle|^2$ nem függ a kirepülő részecskék p és q impulzusától, illetve:

$$\rho(E) dE = p^2 dp q^2 dq = p^2 \frac{dp}{dE} q^2 \frac{dq}{dE_q} dE dE_q$$

E_0 energián az elektron nem-relativisztikus, az elektron és neutrínó diszperziós relációi:

$$E = \frac{p^2}{2m_e}; E_q = qc; E_0 - E = dE_q$$

$$\frac{dp}{dE} = \frac{m_e}{p}; \frac{dq}{dE_q} = \frac{1}{c}$$

Innen az eloszlásra a következőt kapjuk:

$$\rho(E) dE = p^2 \frac{m_e}{p} q^2 \frac{1}{c} dE|_{E_q=E_0-E} = C \sqrt{E} (E_0 - E)^2 dE$$

Ebből kiszámolhatjuk az E_0 energiájú béta-bomlás átlagenergiáját:

$$\bar{E} = \frac{\int_0^{E_0} E \rho(E) dE}{\int_0^{E_0} \rho(E) dE} = \frac{C \int_0^{E_0} E \sqrt{E} (E_0 - E)^2 dE}{C \int_0^{E_0} \sqrt{E} (E_0 - E)^2 dE} = \frac{\int_0^{E_0} (E_0^2 E^{3/2} - 2E_0 E^{5/2} + E^{7/2}) dE}{\int_0^{E_0} (E_0^2 E^{1/2} - 2E_0 E^{3/2} + E^{5/2}) dE} =$$

$$= \frac{\frac{2}{5}E_0^{9/2} - 2\frac{2}{7}E_0^{9/2} + \frac{2}{9}E_0^{9/2}}{\frac{2}{3}E_0^{7/2} - 2\frac{2}{5}E_0^{7/2} + \frac{2}{7}E_0^{7/2}} = \frac{\left(\frac{2}{5} - \frac{4}{7} + \frac{2}{9}\right)E_0^{9/2}}{\left(\frac{2}{3} - \frac{4}{5} + \frac{2}{7}\right)E_0^{7/2}} = \frac{1}{3}E_0 \approx 6,2 \text{ KeV}$$

Ezek szerint az elektron átlagenergiája 6,2 KeV.

C) MÉRT TRÍCIUM SPEKTRUM ALAKJÁNAK VIZSGÁLATA

Hasonlítsd össze a lemért energiaspektrumok alakját a kiszámítottal, értelmezd a különbséget!

A trícium spektrumára illesztettem az $A\sqrt{E}(E_0 - E)^2$ összefüggést. Az illesztés az 1. ábrán található. Azt találtam, hogy az alakja hasonló, de nem illeszkedik jól az adatsorra. Ennek magyarázata az lehet, hogy az atommagból kilépő elektron érzi a mag pozitív potenciálját, így a mag elhagyásához energiát kell befektetnie, ezért az eloszlás alacsonyabb energiák felé tolódik. Ezt az effektust a Fermi-féle elmélet eredeti alakjában a Fermi-függvény korrigálja.

D) ALFA-BOMLÁS FÉNYHOZAMA

Határozd meg az alfa-bomlás fényhozamát a Rn mintában!

Az alfa-részecske nagyobb tömege és kétszeres pozitív töltése miatt nem ugyanolyan fényhozammal rendelkezik, mint egy azonos energiájú elektron. Ha felvesszük a radon spektrumát, ezt a hatásfokot kiszámíthatjuk az ismert energiájú alfa-csúcsok helye alapján. A radon spektrumában három alfa-csúcs található: egy 5,5 MeV-nél, egy 6 MeV-nél és egy 7,7 MeV-nél. Az első két csúcs összemosódása miatt a számtani közepüket vettem, illetve feltételeztem, hogy egy 0 MeV energiájú alfa-részecske 0 KeVee fényhozammal rendelkezik. Az így kapott kalibrációs egyenes a 2. ábrán látható. A hatásfok: $(0,011 \pm 0,001) \frac{\text{MeV}}{\text{KeVee}}$

