

Atommag sugárzások mérés technikái

Bódizs Dénes

ATOMMAGSUGÁRZÁSOK MÉRÉSTECHNIKÁI



TYPOTEX

Budapest, 2006

© Bódizs Dénes; Typotex, 2006

ISBN 963 9664 31 6

Témakör: *fizika*

Kedves Olvasó!

Önre gondoltunk, amikor a könyv előkészítésén munkálkodtunk. Kapcsolatunkat szorosabbra fűzhetjük, ha belép a *Typoklubba*, ahonnan értesülhet új kiadványainkról, akcióinkról, programjainkról, és amelyet a www.typotex.hu címen érhet el. Honlapunkon megtalálhatja az egyes könyvekhez tartozó hibajegyzéket is, mert sajnos hibák olykor előfordulnak.

Kiadja a Typotex kiadó, az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.

Felelős kiadó: Votisky Zsuzsa

Felelős szerkesztő: Porohnavac József

Tördelte: Gerner József

A borítót tervezte: Tóth Norbert

Terjedelem: 19 (A/5) ív

Készült a Dabas Jegyzet Kft. nyomdájában

Felelős vezető: Marosi György

Tartalom

Előszó	7
1. fejezet: Alapfogalmak áttekintése	11
1.1. Radioaktivitás, magreakciók, bomlássemák	11
1.2. Atommagsugárzások és kölcsönhatásaik az anyaggal	13
1.2.1. Alfa-sugárzás és kölcsönhatása az anyaggal	14
1.2.2. Béta-sugárzás és kölcsönhatása az anyaggal	23
1.2.3. Gamma-sugárzás és kölcsönhatása az anyaggal	31
1.2.4. Neutronsugárzás és kölcsönhatás	39
2. fejezet: Általános detektorjellemzők	43
2.1. Egyszerűsített detektormodell	43
2.2. Spektrumformák	48
2.3. Detektorkarakterisztikák	50
2.4. Energiafelbontás	51
2.5. A detektor válaszideje	54
2.6. A detektor hatásfoka	55
2.7. Holtidő	58
3. fejezet: Detektortípusok	61
3.1. Gáztöltésű detektorok	61
3.1.1. Ionizációs kamrák	72
3.1.2. Proporcionális detektorok	80
3.1.3. Geiger–Müller-detektor	86
3.2. Szcintillációs detektorok	95
3.2.1. Szcintillátorok	96
3.2.2. Foelektronsokszorozó-cső	114
3.2.3. Fotodiódák	120
3.2.4. Elektronika a szcintillációs detektorokhoz	121
3.3. Félvezető detektorok	122
3.3.1. Félvezető anyagok tulajdonságai	123
3.3.2. Félvezetők, mint radioaktív sugárzást mérő detektorok	138
3.3.3. Félvezetődetektor-típusok	144

3.4.	Neutrondetektálás	161
3.5.	Egyéb detektorfajták	168
4.	fejezet: Elektronikus jelfeldolgozás	173
4.1.	Impedanciák	174
4.2.	Elektromosimpulzus-formálás	176
4.3.	Elektronikus egységek	188
4.3.1.	Erősítők	188
4.3.2.	Detektortápfeszültség-források	195
4.3.3.	Egyéb jelformálók	196
4.3.4.	Sokcsatornás analizátorok	200
5.	fejezet: Komplet mérőberendezések	207
5.1.	Impulzusszámláló, ratemeter	207
5.2.	Spektrométerek	209
6.	fejezet: Spektrometria	211
6.1.	Alfa-spektrometria	211
6.1.1.	Alfa-spektrométer felépítése	212
6.1.2.	α -forrás készítése	214
6.1.3.	Mérés és spektrumkiértékelés	217
6.2.	Folyadékszcintillációs mérés technika – β -spektroszkópia	220
6.2.1.	A szcintillációs koktél összetevői	222
6.2.2.	A szcintillációs jel	223
6.2.3.	A kioltás	226
6.2.4.	Háttér	227
6.2.5.	Az LSC technika főbb alkalmazási területei	230
6.3.	Gamma-spektrometria	232
6.3.1.	Forráskészítés és a spektrum mérése	235
6.3.2.	Spektrumkiértékelés	241
6.3.3.	Korrekciók	247
7.	fejezet: Speciális mérés technikák	253
7.1.	Kis aktivitások mérés technikája	253
7.1.1.	Mérési idő	254
7.1.2.	Mérési határfok növelés	254
7.1.3.	Háttér csökkentés	256
7.2.	Nagy intenzitások mérés technikája	261
7.3.	Relatív és abszolút mérési módszerek	263
7.3.1.	Relatív módszerek	263
7.3.2.	Abszolút módszerek	265
8.	fejezet: Mérőberendezések minőségbiztosítása	269

Előszó

*Aki egy embertől lop ötleteket, az plagizál
aki többitől, az kutat.*

(kissé módosított Murphy)

Tisztelt Olvasó! Egy olyan írást tart a kezében, amelynek elkészítésére az készítetett, hogy több évig (1995–2003) tanítottam a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézetben, főleg mérnök-fizikus hallgatóknak, a „Nukleáris méréstechnika” tárgyat. Gyakran találkoztam azzal a problémával, hogy a félév végi, vagy államvizsga közeledtével a hallgatók (szorgalmasabb része) megkeresett, javasoljak irodalmi anyagot, amelynek segítségével sikeresen készülhetnek fel a vizsgára (ha halaszthatatlan problémáik miatt esetleg nem tudtak részt venni az előadások egy részén). Tudtam, ez csak annak udvarias formában történő közlése, hogy az előadások (néha?) zavarosak, unalmasak voltak. Ezt a figyelmességet értékeltem és ezért készségesen soroltam fel a következő segédanyagokat (a felsorolást mindig a külföldi anyagokkal kezdtem egyrészt, mert ezek valóban jobban fedték az előadás anyagát és kevésbé régiek, másrészt, a bevett rossz magyar szokás szerint így is igyekeztem súlyt helyezni a tárgy fontosságára):

Felhasznált irodalom

1. G. F. Knoll: Radiation detection measurement, J.Wiley, N.Y., 1989;
2. W. R. Leo: Techniques for nuclear and particle physics experiments, Springer Verlag, 1987;
3. K. Debertin, R. G. Helmer: Gamma- and X-ray spectrometry with semiconductor detectors, North Holland P.C.Amsterdam, 1988;
4. G. Gilmore, J. D. Hemingway: Practical gamma-ray spectrometry, J.Wiely, N.Y., 1996;
5. N. Tsoulfaidis: Measurement and detection of radiation, Hemisphere Publ. Comp., 1983;

6. Liquid scintillation analysis, Publ.No. 169–3052, Packard Instrument Co.Inc., 1989;
7. Detectors and instruments for nuclear spectroscopy, EG and G ORTEC Catalogue, 1992;
8. Applied Radiation and Isotopes **38** No.8 (1988), spec. Issue;
9. Applied Radiation and Isotopes **35** No.4 (1984);
10. IEEE Standard test procedures for Ge gamma-ray detectors, ANSI/IEEE Std. 325, 1986;
11. X-ray and gamma-ray standards for detector calibration, IAEA-TECDOC-619, Vienna, 1991;
12. M. F. L. Annunziata: Radionuclid tracers, Academy Press, London, 1987;
13. ORTEC application note, AN 34 Experiments in nuclear science, 1980;
14. Nuclear electronics laboratory manual, IAEA-TECHDOC-309, Vienna, 1984;
15. SILENA application note: An introduction to spectroscopy amplifiers, Milano, 1982;
16. J. LaRosa, N.Vajda et al.: J. Environmental Radioactivity **17** (1992) pp. 183–209;
17. L. A. Currie: Anal. Chem. **40** (1968) p.586;
18. Dési S.: Nukleáris detektorok, Tankönyvkiadó, Bp. 1966;
19. Deme S.: Félvezető detektorok magsugárzás mérésére, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1968;
20. Deme S.: Gázionizációs detektorok, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1985;
21. Keszthelyi L.: Atomok és atomi részecskék, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1959;
22. Keszthelyi L.: Szcintillációs detektorok, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1964;
23. Nagy L. György: Radiokémia és izotóptechnika, Tankönyvkiadó, Bp. 1989;
24. Dr. Szatmáry Z.: Mérések kiértékelése, BME, egyetemi jegyzet, 2005;
25. Szabó E., Simonits A.: Aktivációs analízis, Műszaki Könyvkiadó, 1973;
26. CANBERRA Edition Ten Product Catalog, 2000;

27. Technological challenges: radiation detection, assesments and compli-
ance in the 1990s, Conference cosponsored by the Power, the Environ-
mental Sciences, the Isotopes and Radiations, and the Radiation Protec-
tion and Shielding Division S.C.E., Irvine, 1994;
28. Proceedings of the 7th International Workshop on room temperature
semiconductor X and gamma-ray detectors and associated electronics,
Ravello, Italy, Sept. 23–28, 1991.
29. M. J. Kessler: Liquid Scintillation Analisis, Science and Technology;
Packard Instrument Company, 1989.

Mivel a lista hosszának növekedésével általában láttam az arcokon az ér-
deklődés lanyhulását, úgy gondoltam, talán hasznos lenne a fenti kiváló mű-
vek felhasználásával, valamint sok éves gyakorlati tapasztalataim alapján,
egy „rövidített”, az újabb eredményeket is tartalmazó, magyar nyelvű össze-
foglalást írni. Ez készített ennek a könyvnek a megírására.

Komolyra fordítva a szót, a kiindulási gondolatból következik, hogy a
könyvemben olvasható anyag legfeljebb egy sikeres vizsgára való lelkiismer-
etesebb felkészülést tesz lehetővé. Azok számára, akik későbbi munkájuk
során – remélhetőleg jó – kapcsolatba kerülnek az ionizáló sugárzások mér-
réstechnikájával, csupán rövid összefoglalásul, talán hasznos *iránymutatásul*
szolgál és nem pótolja, hogy alaposan áttanulmányozzák (és gyakorlatban ki
is próbálják) a fentebb felsorolt, esetleg azóta megjelent olyan újabb mun-
kákban foglaltakat, amelyek sokkal mélyebben foglalkoznak egy-egy szű-
kebb területtel.

Talán azoknak is hasznos lehet, akik nem a fenti témakörben dolgoznak
ugyan, de ismereteket kívánnak szerezni egy olyan szakterületről, amely ma-
napság a mindennapi életünkben is megjelenik, mint orvosi, ipari, mezőgaz-
dasági stb. alkalmazás, továbbá segítséget nyújt helyesen értelmezni a mé-
diából időnként ránk ömlesztett – az atomenergetikával, radioaktív sugárzá-
sokkal kapcsolatos – „tájékoztatásokat”.

Kihagytam egy pontot, amely pedig fontos, nevezetesen a mérési eredmé-
nyek bizonytalansága, megbízhatósága. Úgy gondoltam, ezzel általánosan,
több területet érintően (nem csak a nukleáris mérés technikát) elég sok iro-
dalom foglalkozik (pl. [24]). Viszont helyette a 8. fejezetben ismertetem a
mérőberendezésekre, mérési módszerekre vonatkozó, manapság elengedhe-
tetlen, minőségbiztosításhoz szükséges főbb kritériumokat.

Végezetül a felsorolt irodalom azon írásokat tartalmazza, amelyek alapján
készítettem az anyagot, tehát egyben ez az *irodalomjegyzék* is. Az ábrák, az
adatok és a táblázatok nagy része is ezekből a munkákból származik (ld.

hivatkozások). Ezzel a kijelentéssel kívánom kivédeni a plagizálás elleni vádat.

Itt mondok köszönetet Vajda Nórának az „Alfaforrás készítés” valamint a „Folyadékszcintillációs mérés technika – β -spektrometria” című fejezetek megírásáért, és akinek biztatása, támogatása nélkül nem tudom elkészült volna-e ez az írás. Továbbá Dési Sándornak és Deme Sándornak, a fizikai tudomány kandidátusainak, akik vállalták a szakmai lektor felelősségteljes, fáradságos munkáját, valamint az ábrák elkészítéséért Zólyomi Éva kolléganőmnek, továbbá mindazoknak a kollégáimnak, akik tanácsaikkal segítettek.

Köszönettel tartozom a BME Nukleáris Technikai Intézetnek, amiért anyagi támogatásával lehetővé tette e könyv megjelenését.

A szerző