

FÖLDIÁK GÁBOR

**AZ IZOTÓPOK
IPARI
ALKALMAZÁSA**



AZ IZOTÓPOK IPARI ALKALMAZÁSA

Szerkesztette:

DR. FÖLDIÁK GÁBOR

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1972

Előszó

Szerzők:

DR. BÁNYAI ÉVA

okl. vegyész, docens,
a kémiai tudományok kandidátusa

BIRÓ TAMÁS

okl. fizikus

CZEGLÉDI ISTVÁN

okl. geofizikus

DR. FÖLDIÁK GÁBOR

okl. vegyészmérnök,
c. egyetemi tanár,
a kémiai tudományok doktora

HIRLING JÓZSEF

okl. gépészmérnök

Lektor:

DR. TÉTÉNYI PÁL

okl. vegyészmérnök,
c. egyetemi tanár,
az MTA levelező tagja

DR. KEÖMLEY GÁBOR

okl. magkémiai szakmérnök

DR. LENGYEL TAMÁS

okl. vegyészmérnök,
c. egyetemi tanár,
a kémiai tudományok doktora

RÓZSA SÁNDOR

okl. villamosmérnök

DR. SZABÓ ELEK

okl. vegyészmérnök,
c. egyetemi tanár,
a kémiai tudományok doktora

Az elmúlt évtizedek fejlődésének egyik jellemzője a tudományos kutatások gyorsuló ütemű hasznosítása. E folyamat jó példája az atomtudományok eredményeinek értékesítése: az atomenergetika, a természet átalakítására végzett békés célú atomrobbantások, és nem utolsósorban az izotópok alkalmazása. Ezek versenyképessége egyre fokozódik, sőt részint már gazdaságosabbak is a „klasszikus” módszereknél. A radioaktív izotópok ipari alkalmazása sem öncél tehát, hanem a műszaki fejlesztésnek sok esetben legcélszerűbb eszköze.

Ugyanakkor — főleg a fejlődés kezdeti szakaszában — az izotópalkalmazást nehezítette az idegenkedés a sugárzó anyagoktól, hiszen azokat általában az emberiséget elpusztítani képes atombombákkal, és nem pl. az ébresztőórák teljesen köznapi világító számlapjaival azonosították. Bár a radioaktív anyagok veszélyessége nem lebecsülhető és mindig szem előtt tartandó, nem is fetisizálható, mint ahogy — az óvórendszabályok figyelembevételével — nem okoz különösebb nehézséget a robbanóanyagok, mérgek vagy fertőző baktériumok ipari előállítására sem. A népgazdaság egyes területein dolgozó szakemberek azonban csak a radioaktív anyagokra vonatkozó ismeretek birtokában tudnak válaszolni azokra a műszaki és egészségvédelmi kérdésekre, amelyek a tervezett vagy végzett izotópos munkát érintik.

Ehhez a nem könnyű feladathoz kíván segítséget nyújtani ez a kiadvány, amelyet az Olvasó kezében tart. A könyv felépítése és metódikája nemzetközi viszonylatban is újszerű, főleg azért, hogy az összes — tágabb értelemben vett — ipari izotóppalkalmazás-típust többé-kevésbé egységes szerkezetben, arányos terjedelemben, a kölcsönös összefüggések kiemelésével és zsebkönyvszerűen, tehát érté-

© Dr. Földiák Gábor, Budapest, 1971

ETO: 621.039.8

Felelős kiadó: SOLT SÁNDOR igazgató

Felelős szerkesztő: MÜNNICHNÉ DR. MOZOLOVSZKY ALEXANDRA okl. vegyész

3-6506/72

keléshez szükséges és rendelkezésre álló főbb mennyiségi adatok, valamint számítási példák közlésével tárgyalja, teszi kézzelfoghatóvá.

Elismerés illeti — a könyv szerzőin és szerkesztőjén kívül — elsősorban a Műszaki Könyvkiadót és munkatársait, hogy a nehéz feladatra vállalkoztak, ezzel is segítve az izotóptechnika egyre gyorsabb terjedését a hazai iparban. Előlegezett köszönetet kell azonban mondani azoknak a szakembereknek is, akik a könyv használata során szerzett tapasztalataikról a Kiadót tájékoztatni fogják.

Dr. Tétényi Pál

a Magyar Tudományos Akadémia
levelező tagja,
az Országos Atomenergia Bizottság
elnökhelyettese

Tartalomjegyzék

Előszó

1. Alapvető adatok és ismeretek (*dr. Lengyel Tamás*) 15
 - 1.1. Jelmagyarázat 15
 - 1.2. Fontosabb izotóptechnikai fogalmak 17
 - 1.3. A legfontosabb 100 radioaktív izotóp főbb adatai 27
 - 1.4. Fontosabb radioaktív izotópok és izotópkészítmények főbb tulajdonságai 36
 - 1.4.1. Radioaktív izotópok általános jellemzői 40
 - 1.4.2. Zárt sugárforrások főbb jellemzői 52
 - 1.4.2.1. α -Sugárforrások 53
 - 1.4.2.2. β -Sugárforrások 53
 - 1.4.2.3. γ -Sugárforrások 55
 - 1.4.2.4. Neutron-sugárforrások 57
 - 1.4.2.5. Speciális sugárforrások 58
 - 1.5. Magsugárzások mérésére alkalmazott fontosabb detektor- és mérőműszer-típusok 61
 - 1.5.1. Detektorok 61
 - 1.5.1.1. Gázionizációs detektorok 61
 - 1.5.1.2. Szcintillációs detektorok 66
 - 1.5.1.3. Félvezető detektorok 67
 - 1.5.2. Mérőműszerek és tartozékaik 68
 - 1.5.2.1. Impulzusszámlálók 70
 - 1.5.2.2. Impulzusszámítógép-mérők 70
 - 1.5.2.3. Amplitúdóanalizátorok 71
 - Irodalom 71
 2. Nukleáris ipari mérés technika (*Rózsa Sándor*) 72
 - 2.1. Az alkalmazás alapelvei 73
 - 2.1.1. Sugárforrások, sugárvédelem 73
 - 2.1.2. Sugárzásdetektorok 75
 - 2.1.2.1. Ionizációs kamra 75

2.1.2.2.	Geiger—Müller-számlálócső	77
2.1.2.3.	Szcintillációs számláló	81
2.1.2.4.	Félvezető detektor	83
2.1.3.	Mérési rendszerek	84
2.1.4.	A statisztikus mérési hiba	86
2.2.	Fizikai anyagjellemzők meghatározása	87
2.2.1.	Szintmagasságmérés	87
2.2.1.1.	Szintmagasságjelzés	89
2.2.1.2.	Folyamatos szintmérés	102
2.2.2.	Vastagságmérés	109
2.2.3.	Sűrűségmérés	120
2.2.4.	Folyamatos mennyiségmérés	128
2.3.	Kémiai anyagösszetétel-meghatározás	129
2.3.1.	Sugárzás abszorpciójának mérése	130
2.3.2.	Sugárzás szóródásának mérése	133
2.3.3.	Másodlagos sugárzás mérése	137
2.3.4.	Neutronsugárzás mérése	139
2.3.5.	Mössbauer-effektus	143
2.4.	Nukleáris kéziműszerek	143
	Irodalom	149
3.	Nyomjelzéstechnika (dr. Keömley Gábor)	150
3.1.	Általános módszertani kérdések	150
3.1.1.	A vizsgálatok előkészítése	155
3.1.1.1.	A nyomjelző izotóp megválasztása	156
3.1.1.2.	A mérés előkészítése, az izotóp aktivitásának számítása	160
3.2.	Tárgyak azonosítása és hibahelyek felderítése	171
3.2.1.	Anyagok azonosítása és mozgásuk követése	171
3.2.2.	Repedések és szivárgási helyek felderítése	174
3.3.	Áramlási sebességek meghatározása	179
3.3.1.	Pillanatszerű jelzőanyag-adagolás	181
3.3.2.	Folyamatos jelzőanyag-adagolás	185
3.3.3.	Alkalmazási példák	187
3.4.	Termelési folyamatok anyagmozgásainak vizsgálata	190
3.4.1.	Vegyipari műveleti alapfogalmak	190
3.4.2.	A tartózkodási idő eloszlás függvények meghatározása	196
3.4.3.	Ipari példák anyagáramlások minősítésére	202
3.5.	Anyagmennyiségek és anyagátvitel mérése	206
3.5.1.	Anyagmennyiségek meghatározása	206
3.5.2.	Kopásvizsgálatok	210

3.6.	Keverékek homogenitásának vizsgálata	219
3.7.	Izotópos kormeghatározás	224
	Irodalom	228
4.	Radioanalitika (dr. Bányai Éva és dr. Szabó Elek)	229
4.1.	Aktivációs analízis	231
4.1.1.	A módszer elvi alapjai	231
4.1.1.1.	A neutronaktiváció	231
4.1.1.2.	A γ -aktiváció	240
4.1.1.3.	Meghatározások töltött részecskékkel	241
4.1.2.	Az aktivációs elemzéshez használt sugárforrások	243
4.1.3.	A radioaktív minták mérése	253
4.1.3.1.	Detektorok	253
4.1.3.2.	A γ -spektrumok felvétele és értékelése	254
4.1.3.3.	Kémiai elválasztások (roncsolásos módszerek)	265
4.1.4.	A gyakorlati alkalmazás fontosabb területei	268
4.2.	Radiometriás titrálások	271
4.2.1.	Az indikátorként használható radioaktív izotópok	272
4.2.2.	Extraktív titrálások	272
4.2.3.	EDTA titrálások	276
4.2.4.	Csapadékos titrálások	276
4.2.5.	Redoxi- és sav—bázis titrálások	279
4.3.	Radioreagensek	280
4.4.	Izotóphígításos analízis	283
4.4.1.	Az egyszerű izotóphígításos módszer	284
4.4.2.	A fordított és kettős izotóphígításos módszer	285
4.4.3.	Néhány gyakorlati alkalmazás	286
4.5.	Szubsztöchiometriás izotóphígításos módszer	287
4.5.1.	Fémkelátok szolvens extrakciója	290
4.5.2.	Egyéb szubsztöchiometriás elválasztások	299
4.6.	Radio-kromatográfias módszerek	301
4.6.1.	Ioncserélő radio-kromatográfia	301
4.6.2.	Radio-papirkromatográfia	306
4.6.3.	Radio-papirelektroforézis	308
4.6.4.	Radio-vékonyrétegekromatográfia	310
4.6.5.	Radio-gázkromatográfia	311
4.7.	Izotópcseré-reakciók	312
	Irodalom	316
5.	Nukleáris mélyfúrás geofizika (Czeplédi István)	318
5.1.	Természetes γ -szelvényezés	321

5.1.1.	A kőzetek természetes γ -aktivitása	321
5.1.2.	A módszer elmélete	322
5.1.3.	A természetes γ -szelvények interpretációja	326
5.1.4.	A természetes γ -módszer alkalmazási területe	330
5.1.5.	Természetes γ -spektroszkópia	333
5.2.	γ -sugárforrást alkalmazó módszerek	333
5.2.1.	γ - γ -sűrűség szelvényezés	333
5.2.1.1.	Az eljárás végzése és interpretációja	334
5.2.1.2.	A módszer alkalmazási területei	336
5.2.2.	Szelektív γ - γ -módszer	339
5.2.3.	Egyéb γ - γ -eljárások	342
5.2.4.	γ -neutron-módszer	345
5.3.	Neutronforrásokat alkalmazó módszerek	346
5.3.1.	Izotópos neutronforrásokon alapuló eljárások	346
5.3.1.1.	Konvencionális neutron-eljárások	346
5.3.1.2.	Neutron- γ -spektroszkópia	357
5.3.1.3.	Neutronaktivációs módszerek	358
5.3.2.	Neutrongenerátoros eljárások	359
5.3.2.1.	A neutronok rugalmatlan szóródásán alapuló eljárások (gyors-neutron-neutron-szelvényezés)	360
5.3.2.2.	Gyorsneutronos aktivációs módszerek	361
5.3.2.3.	Neutronélettartam-szelvényezés	361
5.4.	Mélyfúrás-geofizikai nyomjelzéstechnika	365
	Irodalom	369
6.	Sugárhatás-technológiák (dr. Földiák Gábor)	370
6.1.	Sugárhatás-fizikai eljárások	375
6.1.1.	Az anyagszerkezet megváltoztatása	375
6.1.1.1.	Villamos vezető anyagok	376
6.1.1.2.	Félvezető anyagok	377
6.1.1.3.	Szigetelőanyagok	377
6.1.2.	A magenergia átalakítása	379
6.1.2.1.	Radioaktív fényforrások	379
6.1.2.2.	Radioaktív feszültségforrások	380
6.1.3.	A környezet vezetőképességének megváltoztatása	383
6.1.3.1.	Sztatikus elektromos töltések eltávolítása	383
6.1.3.2.	Elektromos kisülések begyűjtása	387
6.2.	Sugárhatás-kémiai eljárások	389
6.2.1.	Szervetlen anyagok	389
6.2.1.1.	Gázok	389
6.2.1.2.	A víz és vizes oldatok radiolízise	391

6.2.2.	Szerves anyagok sugárhatás-kémiai reakciói	393
6.2.2.1.	Szénhidrogének radiolízise	393
6.2.2.2.	Preparatív eljárások	398
6.2.2.3.	Polimerkémiai folyamatok	400
6.3.	Sugárbiológiai eljárások	410
6.3.1.	Élelmiszer-gazdasági eljárások	411
6.3.2.	Gyógyszer- és gyógyászati eszköz sterilizálás	415
6.4.	A besugárzások technológiája	418
6.5.	A besugárzások ellenőrzése	423
6.5.1.	Fricke-féle dozimetria	424
6.5.2.	Klór-benzolos dozimetria	427
6.5.3.	Dózisindikátorok	430
	Irodalom	433

7. Ipari radiográfia (Hirling József) 435

7.1.	A radiográfiai eljárások osztályozása	435
7.1.1.	Osztályozás a sugárzások fajtái szerint	435
7.1.2.	Osztályozás a sugárforrások energiája szerint	437
7.1.3.	Osztályozás a hibakimutatás eszköze szerint	438
7.2.	A radiográfiai felvétel készítés-technikája	440
7.2.1.	Radiográfiai laboratóriumok	441
7.2.2.	Helyszíni radiográfiai vizsgálatok	446
7.2.3.	A felvételkedészítés műveletei	449
7.2.3.1.	A sugárforrás kiválasztása	450
7.2.3.2.	A felvételi elrendezés tervezése	450
7.2.3.3.	Az expozíciós idő meghatározása	452
7.2.3.4.	A felvételkedészítés kiegészítő műveletei	455
7.2.3.5.	A film előhívása és kezelése	456
7.3.	A felvételek radiográfiai érzékenysége	457
7.3.1.	A képminőség mérőszáma	458
7.3.2.	A képminőség hatása a radiográfiai érzékenységre	459
7.3.2.1.	A képkontrasztot meghatározó tényezők	459
7.3.2.2.	A kép kontúrélességét meghatározó tényezők	461
7.3.3.	A filmminőség hatása a radiográfiai érzékenységre	463
7.3.3.1.	A filmkontrasztot meghatározó tényezők	463
7.3.3.2.	A film kontúrélességét meghatározó tényezők	463
7.4.	Radiográfiai felvételek értékelése	464
7.4.1.	A hegesztési hibák osztályozása és értékelése	464
7.4.2.	Az öntvényhibák osztályozása és értékelése	466
7.5.	Ipari autoradiográfia	468
	Irodalom	470

8.	Sugárvédelem (Bíró Tamás)	472
8.1.	Általános kérdések	472
8.1.1.	A sugárvédelem feladata	472
8.1.2.	A sugárvédelemben használatos dózisfogalmak	473
8.1.3.	Maximális megengedhető dózisok és radioaktív szennyezettségek	475
8.1.4.	A dózisintenzitás számítása	480
8.1.4.1.	A dózisintenzitás számítása szabad térben	480
8.1.4.2.	Sugárzásgyengítő (elnyelő, árnyékoló) falak méretezése	489
8.1.5.	A dózis, ill. dózisintenzitás mérése	496
8.2.	A megelőzés módszerei	498
8.2.1.	Technikai védelem	498
8.2.2.	Sugárvédelmi intézkedések	499
8.2.3.	Sugárzó anyagok csomagolása és szállítása	500
8.2.3.1.	Csomagolás	500
8.2.3.2.	Szállítás	501
8.2.4.	A szennyezett termékek és hulladékok kezelése, dekontaminálás	502
8.3.	Az ellenőrzés módszerei	504
8.3.1.	Személyi dózismérés	504
8.3.1.1.	Egyéni dózismérők	504
8.3.1.2.	Az inkorporált radioaktivitás mértékének megállapítása	506
8.3.2.	A munkahely sugárvédelmi ellenőrzése	507
8.3.2.1.	A dózisintenzitás mérése	508
8.3.2.2.	A felületi szennyezettség mérése	509
8.3.2.3.	A levegőszennyezettség mérése	511
8.3.2.4.	Ipari termékek és hulladékok	512
8.3.3.	Nyilvántartások	513
8.4.	Zárt sugárforrások alkalmazása	513
8.4.1.	A zárt sugárforrások fogalma és ellenőrzése	513
8.4.2.	A zárt sugárforrások tartói	515
8.4.3.	Általános feladatok	516
8.4.3.1.	A védekezés módszerei	516
8.4.3.2.	Előkészületek	517
8.4.3.3.	Elhelyezés és ellenőrzés	518
8.4.3.4.	Karbantartás, javítás	519
8.4.3.5.	Rendellenességek: üzemzavar, baleset	519
8.4.4.	Egyedi feladatok	520
8.4.4.1.	Nukleáris ipari műszerek	520
8.4.4.2.	Ipari radiográfia	522

8.4.4.3.	Sugárhatás-technikák	523
8.5.	Nyitott radioaktív készítmények alkalmazása	526
8.5.1.	Általános feladatok	526
8.5.1.1.	A védekezés módszerei	526
8.5.1.2.	Előkészületek	526
8.5.1.3.	A vizsgálandó anyag, ill. termék jelzése	528
8.5.1.4.	Ellenőrzés	529
8.5.1.5.	A jelzett anyagok, termékek kibocsátása	530
8.5.1.6.	Rendellenességek: üzemzavar, baleset	531
8.5.2.	Egyedi feladatok	532
8.5.2.1.	Nyomjelzéstechnika	532
8.5.2.2.	Radioanalitika	532
	Irodalom	532

Függelék (Lengyel Tamás)	535
Táblázatok	535
Nomogramok	540

Tárgymutató	547
--------------------	------------