

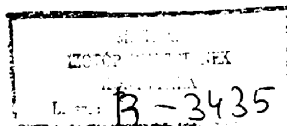
DR. LENGYEL TAMÁS - JÁSZ ÁRPÁD

**IZOTÓPLABORATÓRIUMI  
ZSEBKÖNYV**



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST 1966

Lektorálta:  
DR. NAGY LAJOS GYÖRGY



ETO: 621.039.3 (022)  
539.163 (022)  
539.183.2: 542.1 (083.4/.5)

Copr.: Dr. Lengyel Tamás — Jász Árpád, 1966

Felelős kiadó: SOLT SÁNDOR igazgató  
Felelős szerkesztő: DOBOSNÉ SZABÓ ÉVA okl. vegyészmérnök

## TARTALOMJEGYZÉK

Előszó .....	9
Bevezetés .....	11
Alkalmazott jelölések .....	13
<b>A) Matematikai és fizikai adatok .....</b>	<b>17</b>
Görög ábécé .....	19
Fontosabb számállandók .....	19
Tizesalapú logaritmus-tábla .....	20
Exponenciális függvény értékek .....	24
Fontosabb fizikai állandók .....	35
Tizes számrendszerű egységek többszöröseinek és tört- részeinek elnevezése és jele .....	36
Mértékegységek átszámítási tényezői .....	37
Az elemek fontosabb jellemzői .....	44
Az atomok elektronszerkezete .....	48
<b>B) A nuklidok jellemzői .....</b>	<b>53</b>
A nuklidok rendszere .....	55
A nuklidok fontosabb adatai .....	66
Az elemek karakterisztikus röntgensugár-energiái keV-ban .....	284
$\alpha$ -sugárzó nuklidok csoportosítása felezési idő és sugárzási energia szerint .....	289
$\beta$ -sugárzó nuklidok csoportosítása felezési idő és maximális sugárzási energia szerint .....	294
$\gamma$ -sugárzó nuklidok csoportosítása felezési idő és sugárzási energia szerint .....	308
Egy percnél hosszabb felezési idejű és ismert energiájú tiszta $\alpha$ -sugárzó nuklidok .....	330
Egy percnél hosszabb felezési idejű és ismert energiájú tiszta $\beta$ -sugárzó nuklidok .....	330
Természetes radioaktív bomlássorozatok (Tórium-sorozat) .....	331
Természetes radioaktív bomlássorozatok (Aktínium-sorozat) .....	332
Természetes radioaktív bomlássorozatok (Urán-sorozat) .....	334
Természetben előforduló radioaktív nuklidok .....	336
Spontán hasadással bomló nuklidok .....	337

<b>C) Radioaktív izotópok keletkezése és bomlása</b> .....	339
A radioaktivitás, egységei, a radioaktív bomlás jellemző paramétereinek számítása .....	341
A radioaktivitás mértékegységeinek átszámítási tényezői .....	342
Egyszerű radioaktív bomlás .....	344
Leányelem keletkezésével járó radioaktív bomlás .....	345
Radioaktív bomlóssor .....	352
Radioaktív bomlási módok .....	354
Negatív béta-bomlás .....	355
Pozitív béta-bomlás .....	356
Elektronbefogás .....	356
Alfa-bomlás .....	357
Késleltetett neutronemisszió .....	358
Spontán maghasadás .....	358
A radioaktív bomlásnál jelentkező sugárzásfajták .....	358
$\gamma$ -sugárzás .....	358
Annihilációs sugárzás .....	359
Belső, ill. külső fékezési sugárzás .....	359
Karakterisztikus röntgensugárzás .....	359
Konverziós elektronsugárzás .....	360
Magreakciók .....	360
A $B$ bomlási faktor ( $e^{-0,69315t/T}$ ) és a $K$ képződési faktor ( $1 - e^{-0,69315t/T}$ ) a bomlási, ill. aktiválási idő és a felezési idő hányadosának ( $t/T$ , ill. $\tau/T$ ) függvényében .....	361
Fontosabb aktiválási reakciótypusok .....	369
Neutronok által kiváltott aktiválási magreakciók általános vonatkozásai .....	373
Neutronokkal kiváltott egyszerűbb aktiválási magreakciók .....	380
Egy radioaktív nuklidhoz vezető aktiválási magreakciók .....	381
Leányelem képződésével két radioaktív nuklid keletkezéséhez vezető aktiválási magreakciók .....	385
Szekunder magreakcióval két radioaktív nuklidhoz vezető aktiválás .....	386
Párhuzamosan lejátszódó, két izomer radioaktív nuklidhoz vezető aktiválási magreakciók .....	387
Neutronokkal kiváltott hasadási magreakciók .....	388
Töltött részecskével kiváltott aktiválási magreakciók .....	391
Egyszerű aktiválási reakciókra vonatkozó számítások menete a (83) egyenlet követelményeitől eltérő feltételek esetén ..	392
Szakaszosan végrehajtott egyszerű aktiválás .....	392
A céltárgy önárnyékoló hatásának figyelembevétele .....	392

A $W$ és $f_w$ valószínűségi faktor értékei termikus neutronok és termikus reaktorneutronok által indukált aktiválási reakcióknál fellépő önárnyékoló hatás figyelembevételéhez, lemezformájú céltárgy és izotrop neutronfluxus esetén .....	393
A számítás menete célvegyület esetén .....	394
Alapvető jellemzők összefüggése .....	395
Számítás a célanyag összetételének súlyszázalékban való megadása esetén .....	395
1-86 rendszámú elemek neutronok által indukált aktiválási magreakcióinak hatáskeresztmetszet-értékei .....	398
A 87-nél nagyobb rendszámú elemek neutronok által indukált aktiválási magreakcióinak hatáskeresztmetszet-értékei ..	414
Maghasadásnál keletkező nuklidok hasadási hozamai ....	416
Radioaktív nuklidok ismert hatáskeresztmetszetű, előállítási magreakciói .....	428
Hordozómentes radioaktív izotóp fajlagos aktivitása .....	445
Hordozómentes radioaktív izotóp súlya .....	445
Hordozómentes radioaktív izotóp aktív atomjainak száma .....	446
Néhány hordozómentes radioaktív izotóp fajlagos aktivitása, ill. egy curie aktív anyag súlya .....	446

<b>D) Magsugárzások mérésével kapcsolatos adatok és számítások</b> .....	447
Az aktivitás mérésének statisztikus jellege és a mérési eredmény szórása .....	449
$\alpha$ -sugárzás .....	458
$\beta$ -sugárzás .....	459
A $\beta$ -sugárzás abszorpciója; önabszorpció .....	460
A $\beta$ -részecskék visszaszóródása .....	467
Geometriai faktor .....	468
Holtidő-korrekción .....	469
A mérés bomláskorrekción .....	469
$\gamma$ -sugárzás .....	472
A $\gamma$ -sugárzás abszorpciója .....	472
Visszaszóródás .....	480
Önabszorpción .....	480
$\gamma$ -spektrometria .....	481
Neutronsugárzás .....	528
Fontosabb $\alpha$ -neutronforrások .....	529
Fontosabb $\gamma$ -neutronforrások .....	530

E) Dozimetria, sugárzás elleni védelem .....	531
Fogalmak, mértékegységek .....	533
Különböző sugárzásokra vonatkozó RBE értékek .....	533
Fontosabb dozimetriai összefüggések .....	535
Az orvosi gyakorlatban használatos fontosabb radioizotópok dózisszámításhoz szükséges adatai .....	537
Sugárvédelem .....	539
A fontosabb izotópok besorolása radiotoxicitásuk szerint	540
Fontosabb radioizotópok megengedhető maximális koncent- rációja és szabadforgalmú aktivitása, valamint effektív felezési ideje ( $T_{eff}$ ) .....	542
Különböző szintű izotóplaboratóriumokban engedélyezett aktivitások .....	544
F) Függelék .....	547
Számítási példák a C) fejezethez .....	549
Magyarázat a mellékletként adott nomogram használatához	557
Felhasznált és ajánlott irodalom .....	559
Tárgymutató .....	563

## ELŐSZÓ

Az elmúlt tíz évben hazánkban igen széles körben elterjedtek a radioaktív izotópok alkalmazásán alapuló módszerek. A fejlődés ütemére gyorsítólag hatott az első hazai atomreaktor üzembehelyezése 1959-ben. Magyarországon megindult és jelentős eredményeket ért el az izotópok és az izotópokkal jelzett vegyületek előállítására. Évente több száz izotópkészítményt állítanak elő az országban hazai és külföldi felhasználók számára.

Az utolsó évtizedben megindult a nukleáris laboratóriumi és ipari műszerek hazai gyártása is. Évről-évre nagyobb számban gyártjuk a nukleáris műszerek legkülönbözőbb típusait, az egyszerű laboratóriumi számlálótól és sugárvédelmi célokat szolgáló műszerektől a sokcsatornás amplitúdóanalizátorokig.

A hazai izotópkészítményeket és műszereket kiegészítik a külföldről — elsősorban a baráti országokból — importált sugárzó anyagok és nukleáris mérőkészülékek. Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy az izotópok alkalmazásának két igen fontos előfeltétele biztosítva van.

Az izotópok hazai alkalmazását jellemző számszerű adatok igen biztatóak. A hazai felhasználók rendelkezésére bocsátott izotópszállítmányok száma 1965-ben már meghaladja az 5000-et, az izotópot rendszeresen felhasználók száma pedig megközelíti a 200-at. A felsőfokú oktatási intézmények, műszaki és természettudományos kutatóintézetek nagy részében izotóplaboratóriumok működnek. Az elmúlt évek során szakmai továbbképzések keretében jelentős számban sajátították el az izotópok alkalmazásához szükséges szakismereteket vegyészek, orvosok, agronómusok. Az izotópok alkalmazása tehát kiterjedt hazai bázissal rendelkezik.

Az atomtechnikai módszerek felhasználási területe igen széles, felöleli a modern technika és a természettudományok legtöbb

ágát. Egyre nagyobb számban olvashatunk a sugárzó anyagok alkalmazásáról olyan látszólag távolabb eső területeken is, mint a régészet vagy a kriminalisztika.

E módszerek effektív alkalmazásának fontos feltétele, hogy azokat ne kizárólag az atomtechnikával képezésük folytán is szoros kapcsolatban levő fizikusok, vegyészek alkalmazzák. Igen fontos, hogy az atomtechnikai módszerek alkalmazásához szükséges alapismeretekkel más tudományos területeken dolgozó kutatók, valamint a gyakorlati szakemberek, a mérnökök, orvosok, mezőgazdák is minél nagyobb számban rendelkezzenek.

Elsősorban az adott szakterület specialistája tudja eldönteni, hogy az előtte álló feladat megoldásához segítséget nyújthat-e az izotópos módszer. Fontos azonban, hogy a rendelkezésre álló eszközök között az izotópok is szerepeljenek. Csak így válik lehetővé, hogy az izotópokat alkalmazzák ott — és csak ott — ahol alkalmazásuk hozzájárul az adott feladat megoldásához.

Ezért jelentős az izotóplaboratóriumi zsebkönyv kiadása. A Műszaki Könyvkiadó igen jó szolgálatot tesz az izotópalkalmazás ügyének e kézikönyv közreadásával. Az ebben összegyűjtött alapfogalmak, gyakorlati példák, táblázatok hasznos segítséget adnak az atomtechnikai módszerek alkalmazásához szükséges ismeretek még szélesebb körben való elterjesztéséhez.

*Tétényi Pál*

## BEVEZETÉS

A radioaktív izotópok és az atomtechnikai módszerek fokozott térhódítása a gyakorlati élet és a tudományos kutatás szinte valamennyi területén főként az elmúlt évtizedre esik. E szakterületnek az elmúlt időszakban egyre terebélyesedő irodalma ellenére az izotóplaboratóriumokban dolgozó különféle képzettségű és érdeklődési körű szakemberek méltán érezhették egy olyan zsebkönyvnek hiányát, amely a munka kapcsán felmerülő számítási, mérési, tervezési és sugárvédelmi problémák megoldásának alapját képező, a szakfolyóiratokban és monográfiákban elszórtan közlésre került adatokat az általánosságra és teljességre való törekvés igényével dolgozza fel.

Könyvünkben az izotóplaboratóriumok munkájában nélkülözhetetlen adatokat és számítási módszereket elsősorban táblázatok, ábrák és nomogramok formájában kívántuk összefoglalni. Természetesen egy mégoly bőseges adattár is nehezen kezelhetővé válik, ha az abban foglalt ábra- és táblázatgyűjtemény közvetlen felhasználását valamilyen egységes szerkesztési koncepció nem hatja át. A rendelkezésre álló eredmények feldolgozásakor éppen ezért csupán a szakterület átlagos ismeretét tételeztük fel, és a fejezetek elé írt bevezetésekkel, valamint egyes esetekben a táblázatok és ábrák használatára vonatkozó utalásokkal, továbbá néhány kidolgozott számítási példával kívántuk a könyvben foglalt adatok használatát és egységes kezelését elősegíteni.

Ennek az elvnek és a könyv címében is kifejezett célkitűzésnek megfelelően az öncélú elméleti ismertetéseket és a gyakorlat szempontjából nehezen alkalmazható adatok közlését általában mellőztük, és a tárgykörhöz kapcsolódó matematikai összefüggéseket is csak az elengedhetetlenül szükséges mélységben ismertettük.

Részletesen kitértünk viszont a radioaktív bomlással és az aktiválással kapcsolatos számításokra és az ezzel összefüggő mérés-technikai problémákra, mert a hazai irodalomban ez az egyébként is viszonylag mostohán kezelt