

MARCO **D'ARIENZO** SANDRO **SANDRI** ANGELA **CONIGLIO**

RADIOPROTEZIONE AVANZATA

RADIONUCLIDI E
ACCELERATORI DI ELETTRONI
FINO A 10 MeV

CISU

INDICE

<i>Prefazione</i>	Pag. 11
<i>Introduzione</i>	» 13
 CAPITOLO PRIMO	
Radioattività	» 17
1.1 La struttura nucleare.....	» 17
1.2 Stabilità nucleare.....	» 20
1.3 Fattore Q di una reazione.....	» 27
1.4 Attività.....	» 28
1.5 Attività specifica.....	» 30
1.6 <i>Branching ratio</i> e modi di decadimento.....	» 30
1.7 Formazione di un radionuclide B da un progenitore A.....	» 31
1.8 Decadimenti in cascata.....	» 34
1.9 Formazione di un radionuclide A da una reazione (n, γ) su nuclide A.....	» 35
<i>Reference e letture consigliate</i>	» 36
 CAPITOLO SECONDO	
Decadimenti radioattivi	» 37
2.1 Transizione isomerica (decadimento γ).....	» 37
2.2 Conversione interna.....	» 39
2.3 Decadimento beta.....	» 40
2.4 Cattura elettronica (EC).....	» 45
2.5 Decadimento alfa.....	» 47
2.6 Fissione spontanea.....	» 50
2.7 Emissione di protoni.....	» 54
2.8 Emissione di neutroni.....	» 55
<i>Reference e letture consigliate</i>	» 60
 CAPITOLO TERZO	
Contaminazione interna	» 61
3.1 Introduzione di sostanze radioattive nell'organismo.....	» 61
3.2 Metabolismo delle sostanze radioattive nell'organismo.....	» 63
3.3 Dosimetria da contaminazione interna.....	» 65
3.4 Studio della cinetica di un composto radioattivo: modello a compartimenti per introduzione unica.....	» 66
3.5 Funzioni metaboliche: ritenzione ed escrezione.....	» 70
3.6 Cinetica di un radionuclide per introduzione prolungata.....	» 72
3.7 Algoritmi di calcolo: i modelli MIRD e ICRP.....	» 73
3.8 Il modello ICRP per il tratto respiratorio.....	» 83
3.9 Il modello ICRP per l'apparato gastrointestinale.....	» 85
3.10 Metodi di misura della contaminazione interna.....	» 88

3.11 Valutazione operativa della contaminazione interna.....	Pag. 91
3.12 Programma di sorveglianza della contaminazione interna.....	» 94
3.13 Interventi sull'individuo in caso di contaminazione interna.....	» 96
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 97
CAPITOLO QUARTO	
Grandezze in radioprotezione	» 99
4.1 Grandezze impiegate in radioprotezione per l'esposizione esterna.....	» 99
4.2 Dose equivalente e dose efficace.....	» 100
4.3 Grandezze operative.....	» 106
4.4 Esposizione interna.....	» 109
4.5 Esposizione del pubblico.....	» 112
4.6 Esposizione mediche dei pazienti.....	» 113
4.7 Applicazioni della dose efficace.....	» 113
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 115
CAPITOLO QUINTO	
Diffusione del contaminante in ambiente	» 117
5.1 Introduzione al trasporto in atmosfera.....	» 117
5.2 Il modello gaussiano.....	» 118
5.3 Modelli di rilascio semplificati.....	» 127
5.4 Termini sorgente per rilasci accidentali.....	» 128
5.5 Risospensione in aria da contaminazione superficiale.....	» 130
5.6 Dose da immersione in nube radioattiva e dal terreno.....	» 130
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 131
CAPITOLO SESTO	
Impiego di radionuclidi e radiofarmaci in medicina	» 133
6.1 Medicina nucleare.....	» 133
6.2 Brachiterapia.....	» 135
6.3 Laboratori RIA.....	» 136
6.4 Criteri generali.....	» 136
6.5 Caratteristiche dei nuclidi impiegati in diagnostica e terapia.....	» 139
6.6 Criteri di progettazione di un reparto di medicina nucleare.....	» 144
6.7 Programmi di monitoraggio.....	» 157
6.8 Impostazione dei livelli di protezione.....	» 163
6.9 Norme e procedure di prevenzione e sicurezza.....	» 164
6.10 Procedure di emergenza.....	» 167
6.11 Situazioni incidentali e piani di emergenza.....	» 169
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 175
CAPITOLO SETTIMO	
Impiego di acceleratori e radionuclidi nell'industria e nella ricerca	» 179
7.1 Le radiazioni ionizzanti in diagnostica non distruttiva.....	» 179
7.2 Applicazioni nei settori industriale, biologico e alimentare.....	» 183
7.3 Le radiazioni ionizzanti in geologia e nella ricerca petrolifera.....	» 188
7.4 Tecniche di attivazione neutronica.....	» 190
7.5 Sorgenti impiegati nelle reazioni di attivazione.....	» 193
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 194

CAPITOLO OTTAVO

Produzione di radiofarmaci e impiego in diagnostica PET	Pag. 195
8.1 La tomografia a emissione di positroni	» 195
8.2 Radioprotezione presso il laboratorio di produzione di radioisotopi	» 196
8.3 Processi di attivazione	» 200
8.4 Situazioni incidentali nel ciclotrone	» 205
8.5 Radioprotezione presso il reparto diagnostico	» 208
8.6 Esempi di calcolo delle schermature in un reparto PET per indagini con ^{18}F	» 212
8.7 Valutazione delle dosi	» 214
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 217

CAPITOLO NONO

Sorgenti e generatori di radioisotopi	» 221
9.1 Generatore di $^{99\text{m}}\text{Tc}$	» 221
9.2 Generatore di ^{82}Rb	» 224
9.3 Produzione di ^{186}Re e ^{188}Re	» 225
9.4 Generatore di ^{90}Y	» 226
9.5 Produzione di ^{18}F	» 226
9.6 Produzione di ^{13}N	» 227
9.7 Sorgenti di radiazioni alfa	» 227
9.8 Sorgenti di radiazioni beta	» 228
9.9 Sorgenti di radiazioni gamma	» 230
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 232

CAPITOLO DECIMO

Acceleratori di elettroni fino a 10 MeV	» 233
10.1 Radioprotezione attorno gli acceleratori	» 233
10.2 Tipologie di acceleratori	» 233
10.3 Acceleratori elettrostatici	» 237
10.4 Acceleratori circolari	» 239
10.5 Acceleratori lineari	» 243
10.6 Acceleratori in campo sanitario	» 250
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 256

CAPITOLO UNDICESIMO

Schermature per acceleratori di elettroni fino a 10 MeV	» 257
11.1 Requisiti e norme di buona tecnica	» 257
11.2 Schermature	» 258
11.3 Labirinti e porte per acceleratori di energia inferiore a 10 MeV	» 265
11.4 Labirinti e porte per acceleratori di energia superiore a 10 MeV	» 269
11.5 L'effetto cielo e i soffitti	» 274
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 276

CAPITOLO DUDICESIMO

Schermature per radionuclidi	» 277
12.1 Schermature per sorgenti gamma puntiformi e isotrope	» 277

12.2 Sorgenti beta	Pag 284
12.3 Sorgenti alfa	» 290
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 290

CAPITOLO TREDICESIMO

Radionuclidi di origine naturale	» 291
13.1 Radioattività naturale	» 291
13.2 Le radiazioni ionizzanti naturali negli ambienti di lavoro	» 292
13.3 Il radon e il toron	» 293
13.4 Emissione gamma diretta da materiali terrestri	» 293
13.5 Radioattività nei materiali da costruzione	» 293
13.6 I raggi cosmici	» 294
13.7 Attività lavorative a rischio	» 295
13.8 Attività con esposizione a radon e toron	» 295
13.9 Aree ad alta concentrazione di radon	» 296
13.10 Accumulo e impiego di materiali contenenti radioattività naturale	» 297
13.11 Attività nelle terme	» 298
13.12 Obblighi di misura, controllo e comunicazione	» 299
13.13 Metodiche di misura radon	» 301
13.14 Comunicazioni e autorizzazioni	» 307
13.15 Principi e sistemi di prevenzione e bonifica	» 308
13.16 Esempi applicativi	» 310
13.17 Residui da estrazione di idrocarburi	» 314
13.18 Controlli in ambienti termali	» 316
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 318

CAPITOLO QUATTORDICESIMO

Rifiuti radioattivi	» 321
14.1 Produzione	» 321
14.2 Classificazione	» 324
14.3 Gestione	» 329
14.4 Problematiche di radioprotezione	» 335
14.5 Protezione della popolazione	» 337
14.6 Produzione e gestione dei rifiuti in alcune pratiche lavorative	» 340
14.7 Contaminazione e decontaminazione	» 342
14.8 La legge italiana	» 344
14.9 Smaltimento temporaneo o definitivo, le realtà esistenti	» 346
14.10 Il sito italiano	» 347
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 348

CAPITOLO QUINDICESIMO

Trasporto di sostanze radioattive	» 349
15.1 I colli da trasporto	» 349
15.2 Le regole e i mezzi per il trasporto	» 353

15.3 I documenti e le autorizzazioni per il trasporto	Pag. 352
15.4 Le norme italiane per il trasporto	» 354
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 355

CAPITOLO SEDICESIMO

Aspetti normativi	» 357
16.1 Evoluzione della normativa	» 357
16.2 Generalità sul decreto 230/95	» 358
16.3 Definizioni contenute nel decreto	» 364
16.4 Classificazione delle aree e dei lavoratori – limiti di dose	» 364
16.5 Obblighi, attribuzioni e documentazione	» 366
16.6 Regime autorizzativo	» 374
16.7 Disciplina delle attività lavorative con sorgenti naturali di radiazioni	» 379
16.8 Regime giuridico per importazione, produzione, commercio, trasporto e detenzione	» 381
<i>Referenze</i>	» 382

CAPITOLO DICIASSETTESIMO

Sorgenti orfane e di alta attività	» 383
17.1 Il campo di applicazione	» 385
17.2 Sorgenti di tipo riconosciuto	» 386
17.3 Individuare la sorgente	» 388
17.4 Integrazione in fase autorizzativa	» 389
17.5 Registrazione delle sorgenti	» 391
17.6 Responsabile e sorveglianza fisica	» 394
17.7 Controlli periodici	» 394
17.8 Importazione e esportazione	» 396
17.9 Ritrovamenti di sorgenti orfane	» 398
17.10 Formazione e consulenza	» 398
17.11 Servizio integrato e operatore nazionale	» 399
17.12 Piani di intervento	» 399
17.13 Resoconti	» 400
<i>Referenze e letture consigliate</i>	» 400