

S. SANDRI M. D'ARIENZO A. CONIGLIO

RADIOPROTEZIONE DI BASE

APPARECCHI RADIOLOGICI CON TENSIONE
DI ACCELERAZIONE INFERIORE A 400 KV



INDICE

<i>Prefazione</i>	Pag. XI
<i>Introduzione</i>	» XIII

CAPITOLO I

Interazione radiazione materia

1.1 L'atomo e la meccanica quantistica	» 1
1.2 Il nucleo	» 6
1.3 Le radiazioni ionizzanti	» 7
1.4 Sezione d'urto	» 9
1.5 Interazione tra particelle cariche e materia	» 11
1.5.1 Interazione delle particelle cariche pesanti	» 11
1.5.2 Range delle particelle cariche pesanti	» 16
1.5.3 Interazione delle particelle cariche leggere	» 18
1.5.4 Range delle particelle cariche leggere	» 19
1.5.5 Perdita di energia per bremsstrahlung	» 20
1.6 Interazione dei fotoni con materia	» 23
1.6.1 Diffusione Reyleigh	» 23
1.6.2 Effetto fotoelettrico	» 23
1.6.3 Effetto Compton	» 25
1.6.4 Produzione di coppia elettrone-positrone	» 27

CAPITOLO II

Dosimetria delle radiazioni

2.1 Grandezze e unità di misura	» 33
2.1.1 Le grandezze di sorgente	» 33
2.1.2 Le grandezze di campo	» 34
2.1.3 Costanti del mezzo per radiazione ionizzante: i coefficienti di attenuazione	» 35
2.1.4 Costanti del mezzo per radiazione direttamente ionizzante: i poteri frenanti massici	» 39
2.1.5 Il LET	» 42
2.1.6 Energia di ionizzazione	» 43
2.2 Grandezze dosimetriche	» 44
2.2.1 Trasferimento di energia: il kerma	» 44
2.2.2 Dose assorbita	» 46
2.2.3 Esposizione	» 47
2.2.4 Relazione tra esposizione e kerma	» 49
2.2.5 Relazione tra dose assorbita e kerma: condizione di EPC	» 49
2.2.6 Relazione tra dose assorbita e esposizione	» 51
2.3 Misura dell'esposizione con camera ad aria libera	» 52
2.4 Teoria della cavità di Bragg-Gray	» 53
2.5 Curve di dose	» 55

VI Indice

2.6 Grandezze di protezione	Pag.	57
2.6.1 Dose equivalente	»	57
2.6.2 Dose efficace	»	61
2.7 Stima del rischio	»	62

CAPITOLO III

Principi di rivelazione

3.1 Rivelatori in fisica sanitaria	»	67
3.2 Generalità sui rivelatori attivi	»	67
3.2.1 Statistica di conteggio	»	68
3.2.2 Sensibilità	»	70
3.2.3 Risoluzione energetica di un rivelatore	»	71
3.2.4 Funzione di risposta	»	73
3.2.5 Efficienza di rivelazione	»	74
3.2.6 Risoluzione temporale	»	76
3.3 Rivelatori a gas	»	77
3.3.1 Camere a ionizzazione	»	79
3.3.2 Rivelatori proporzionali	»	81
3.3.3 Contatori Geiger-Müller	»	83
3.4 Rivelatori a scintillazione	»	84
3.4.1 Scintillatori organici	»	85
3.4.2 Scintillatori inorganici	»	89
3.4.3 La fotomoltiplicazione	»	93
3.5 Rivelatori allo stato solido	»	95
3.6 Generalità sui rivelatori passivi	»	98
3.6.1 Linearità della risposta	»	98
3.6.2 Risposta con l'energia	»	99
3.7 Pellicole fotografiche	»	99
3.8 Dosimetri a termoluminescenza	»	103
3.8.1 Dosimetria personale	»	105
3.8.2 Dosimetria ambientale	»	106
3.8.3 Dosimetria clinica	»	106
3.8.4 Trattamenti ad alte dosi	»	106
3.9 Dosimetri chimici	»	106

CAPITOLO IV

Dispositivi medici per diagnostica e terapia: sorgenti di raggi X

4.1 Produzione di raggi X di energia inferiore a 400 keV	»	109
4.1.1 Produzione di raggi delta	»	109
4.1.2 Produzione di raggi X di fluorescenza	»	110
4.1.3 Produzione di raggi X di bremsstrahlung	»	112
4.2 Tubi a raggi X	»	115
4.2.1 L'ampolla di vetro	»	116
4.2.2 Il catodo	»	116
4.2.3 L'anodo	»	117
4.2.4 La cuffia protettiva	»	117

4.3 Proprietà dei tubi a raggi X	Pag.	118
4.3.1 L'effetto termioionico	"	118
4.3.2 La macchia focale	"	120
4.3.3 Il carico termico del tubo	"	122
4.4 Generatori di corrente e trasformatori di tensione	"	123
4.4.1 Qualità di un apparecchio radiografico	"	126
4.5 L'immagine radiologica	"	127
4.6 Protezione dell'operatore e del paziente in radiografia	"	131
4.7 Apparecchiature radiografiche medicali	"	131
4.7.1 Apparecchi per diagnosi dentale	"	131
4.7.2 Mammografia	"	131
4.7.3 Tomografia computerizzata	"	133
4.7.4 Mineralometria ossea computerizzata	"	133

CAPITOLO V

Apparati per uso industriale e di ricerca

5.1 Gli spettrometri	"	135
5.2 Diffratometro con tubo radiogeno	"	137
5.3 Generatori di radiofrequenza	"	137
5.4 Microscopi elettronici	"	140
5.5 Apparecchiatura con tubo radiogeno per radiografia in bunker	"	141
5.6 Provvedimenti e norme di radioprotezione generali	"	141

CAPITOLO VI

Schermaggio delle radiazioni

6.1 Attenuazione della radiazione	"	143
6.1.1 Geometrie di irraggiamento: il coefficiente di build-up	"	144
6.2 Limiti e vincoli progettuali	"	147
6.3 Le norme di buona tecnica	"	148
6.4 Il procedimento di calcolo	"	148
6.4.1 Fascio primario	"	149
6.4.2 Radiazione diffusa	"	149
6.4.3 Radiazione di fuga	"	150
6.4.4 Barriere primarie e secondarie	"	150
6.5 Materiali e spessori	"	155
6.6 Accessi	"	162
6.7 Complementi di vestiario schermante	"	162
6.8 Misura operativa della dose attorno a un impianto a raggi X	"	163

CAPITOLO VII

Irraggiamento esterno e dosimetria individuale

7.1 Fattori che influenzano l'esposizione	"	165
7.2 Grandezze operative	"	167
7.3 Dosimetria personale esterna	"	169

VIII Indice

CAPITOLO VIII

Le basi e i principi della radioprotezione

8.1 Le basi scientifiche e i principi cardine	Pag. 171
8.2 Il principio di giustificazione	» 171
8.3 Il principio di ottimizzazione	» 172
8.4 Rispetto dei limiti di dose	» 172
8.5 La determinazione dei limiti di dose	» 173
8.6 Significato dei limiti di dose e dosi "ammissibili"	» 174
8.7 Applicazione dei principi in fase progettuale	» 175

CAPITOLO IX

Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti

9.1 La cellula	» 177
9.2 Il materiale genetico: cromosomi e DNA	» 178
9.3 Radiazioni ionizzanti e materia vivente	» 179
9.4 Danno chimico: formazione di radicali	» 180
9.5 Danno biomolecolare: alterazioni di proteine e del DNA	» 182
9.6 Danno biologico: morte cellulare	» 183
9.7 Effetti delle radiazioni sull'uomo	» 184
9.7.1 Effetti deterministici	» 184
9.7.2 Effetti stocastici	» 189
9.8 La curva dose-risposta	» 195
9.9 Gli effetti psicologici e psicosomatici	» 198
9.10 La nuova pubblicazione ICRP 103 (2007)	» 198

CAPITOLO X

Valutazione del rischio radiologico per operatori e popolazione

10.1 Il rischio radiologico	» 205
10.2 La valutazione del rischio	» 205
10.3 Sistemi di riduzione del rischio	» 207
10.4 Accorgimenti gestionali ed organizzativi	» 207
10.5 Monitoraggio degli ambienti e sistemi di segnalazione o di allarme ..	» 209
10.6 Valutazione delle dosi	» 210

CAPITOLO XI

Pianificazione e gestione delle emergenze

11.1 Le emergenze	» 213
11.2 Procedure di emergenza	» 215

CAPITOLO XII

Organizzazione della radioprotezione

12.1 Compiti e responsabilità	» 217
12.1.1 L'esperto qualificato e il medico autorizzato	» 217
12.1.2 Datore di lavoro, dirigenti e preposti	» 218
12.1.3 I lavoratori	» 219
12.2 La documentazione per la sorveglianza fisica	» 220

12.2.1 Scheda personale dosimetrica	Pag.	220
12.2.2 Libretto personale di radioprotezione	"	223
12.2.3 Registro di sorveglianza fisica	"	224
12.3 Sistemi di elaborazione automatica dei dati	"	225

CAPITOLO XIII

Aspetti normativi

13.1 Evoluzione della normativa	"	227
13.2 Generalità sul decreto 230/95	"	228
13.3 Definizioni contenute nel decreto	"	231
13.4 Classificazione delle aree e dei lavoratori. Limiti di dose	"	232
13.5 Obblighi, attribuzioni e documentazione	"	234
13.6 Regime autorizzativo	"	239

CAPITOLO XIV

Protezione del paziente e controlli di qualità

14.1 Giustificazione e ottimizzazione	"	243
14.2 Responsabilità e procedure	"	247
14.3 Formazione	"	248
14.4 I controlli di qualità	"	250
14.5 I criteri minimi di accettabilità	"	253
14.5.1 Impianti radiodiagnostici in generale	"	253
14.5.2 Radiografia dentale	"	255

Appendice A	"	257
-------------------	---	-----

Appendice B	"	261
-------------------	---	-----

Appendice C	"	267
-------------------	---	-----

<i>Bibliografia</i>	"	269
---------------------------	---	-----