

MAURIZIO PELLICIONI

Fondamenti fisici della radioprotezione



PITAGORA EDITRICE BOLOGNA

Indice

1.1 CAMPI DI RADIAZIONE

1.1. I diversi tipi di radiazioni	1
1.2. Le grandezze di campo	3
1.3. Le grandezze usate nella teoria del trasporto della radiazione	8

2. LE INTERAZIONI DELLE RADIAZIONI DIRETTAMENTE IONIZZANTI CON LA MATERIA

2.1. Generalità	13
2.2. Le perdite di energia delle particelle cariche pesanti	15
2.3. Il percorso nella materia delle particelle cariche pesanti	19
2.4. Le perdite d'energia per collisione delle particelle cariche leggere	24
2.5. Il percorso nella materia delle particelle cariche leggere	25
2.6. Le perdite di energia delle particelle cariche leggere per irraggiamento e il potere frenante massico totale	31
2.7. Il LET	43

3. LE INTERAZIONI DELLE RADIAZIONI INDIRETTAMENTE IONIZZANTI CON LA MATERIA

3.1. Premessa	47
3.2. Generalità sulle interazioni dei raggi X e gamma con la materia	47
3.3. L'effetto fotoelettrico	49
3.4. L'effetto Compton	50
3.5. La diffusione coerente	52
3.6. La creazione di coppie	53
3.7. Attenuazione di un fascio di fotoni in condizioni di buona geometria	54
3.8. I coefficienti di interazione usati in dosimetria	57
3.9. Generalità sulle interazioni dei neutroni con la materia	66
3.10. Le interazioni dei neutroni con i nuclei leggeri	68
3.11. Le interazioni dei neutroni con i nuclei intermedi e pesanti	70
3.12. Le varie sezioni d'urto dei neutroni	74

4. CONCETTI DI DOSIMETRIA

4.1. La dosimetria e le grandezze dosimetriche	77
4.2. Le condizioni di equilibrio	78

4.3. L'esposizione	80
4.4. L'energia impartita	82
4.5. La dose assorbita	85
4.6. Connessioni tra teoria del trasporto della radiazione e dosimetria	87
4.7. Il calcolo della dose assorbita	88
4.8. La dose assorbita e l'esposizione	91
4.9. Il kerma	94
4.10. Il kerma e le grandezze di campo	95
4.11. Il kerma in aria e l'esposizione	99
4.12. Il kerma e la dose assorbita	100
4.13. Le grandezze dosimetriche all'interfaccia tra due diversi mezzi materiali	103
4.14. La misura della dose assorbita	105
4.15. Le grandezze microdosimetriche	113

5. LA RADIOATTIVITÀ E LE SORGENTI RADIOATTIVE

5.1. Generalità sui decadimenti radioattivi	119
5.2. Attività di una sorgente radioattiva	120
5.3. Le serie radioattive	121
5.4. La radioattività naturale	123
5.5. Le sorgenti di raggi gamma	127
5.6. Il calcolo della densità di flusso in aria per una sorgente di raggi gamma	129
5.7. Le sorgenti β^-	132
5.8. Le sorgenti alfa	140
5.9. Le sorgenti di neutroni	140

6. GLI INDICATORI DEL RISCHIO DA RADIAZIONI IONIZZANTI

6.1. Introduzione	147
6.2. L'equivalente di dose	148
6.3. Il fattore di qualità	152
6.4. L'irradiazione del corpo umano	156
6.4.1. Caratteristiche dell'irradiazione esterna	156
6.4.2. Caratteristiche dell'irradiazione interna	160
6.5. La relazione dose-effetto	162
6.6. L'equivalente di dose efficace	164
6.7. Le altre grandezze protezionistiche relative all'individuo esposto	169
6.8. Le grandezze protezionistiche relative alla popolazione	174
6.9. Le nuove grandezze operative per il controllo dell'irradiazione esterna	181

7. NOZIONI DI DOSIMETRIA INTERNA

7.1. Premessa	187
7.2. Il calcolo della dose assorbita in un organo e gli aspetti fisico-geometrici	188
7.3. Il metabolismo dei radionuclidi	192
7.4. Le funzioni metaboliche	194
7.5. Calcolo dell'equivalente di dose impegnato	199
7.6. Calcolo dell'energia specifica efficace	200

7.7. Calcolo del numero di disintegrazioni nell'organo sorgente e modello a compartimenti	201
7.8. Modello dosimetrico per il sistema respiratorio	205
7.9. Modello dosimetrico per il tratto gastro-intestinale	211
7.10. Modello dosimetrico per l'osso	214
7.11. Modello biocinetico generale	216
7.12. Le tabulazioni dell'ICRP	218
7.13. Il calcolo dell'accumulo corporeo	221
8. IL SISTEMA DI LIMITAZIONE DELLE DOSI RACCOMANDATO DALL'ICRP	
8.1. Le attività con rischio da radiazioni	227
8.2. Basi concettuali del sistema di limitazione delle dosi raccomandato dall'ICRP	230
8.3. Giustificazione dell'attività	232
8.4. Ottimizzazione della radioprotezione	233
8.5. Limitazione delle esposizioni individuali	237
8.6. I diversi standard di protezione	239
8.7. Il calcolo degli ALI	241
8.8. Il calcolo dei DAC	243
8.9. Limiti derivati per contaminazione di superfici e della pelle	245
8.10. Limiti derivati per i membri del pubblico	249
8.11. Qualche concetto di natura tecnico-legale	250
9. DOSIMETRIA E CONTAMINAZIONE AMBIENTALE	
9.1. L'inquinamento ambientale da sostanze radioattive	253
9.2. Le grandezze protezionistiche usate e i gruppi critici della popolazione	256
9.3. I modelli ambientali per le previsioni dosimetriche	258
9.4. Modelli ambientali indipendenti dal tempo	261
9.5. Modelli ambientali dipendenti dal tempo	263
9.6. Il trasporto in atmosfera	264
9.6.1. Il calcolo della concentrazione di attività in aria	265
9.6.2. La deposizione di radioattività al suolo	267
9.6.3. Calcolo della concentrazione media di attività in aria nel caso di rilasci cronici ...	269
9.7. Calcoli di dose per i rilasci in atmosfera	270
9.7.1. Irradiazione esterna alla nube	270
9.7.2. Inalazione diretta dalla nube	272
9.7.3. Inalazione di attività risospesa	272
9.7.4. Irradiazione esterna da attività depositata al suolo	273
9.7.5. Ingestione di alimenti contaminati	273
9.8. Il trasporto dei radionuclidi nell'ambiente terrestre	274
9.9. Concentrazione dei radionuclidi in alcune componenti della dieta	278
9.10. Destino delle sostanze radioattive immesse nelle acque	280
9.11. Sui calcoli di dose per i rilasci nei corpi d'acqua	282
10. STRUMENTAZIONE DI radioprotezione	
10.1. Introduzione	285

10.2. La misura delle grandezze di campo	285
10.3. Determinazione della distribuzione spettrale del campo di radiazione	288
10.4. Misura dell'esposizione	292
10.5. Misura della dose assorbita	295
10.5.1. Il metodo ionometrico	298
10.5.2. Il metodo della termoluminescenza	300
10.6. La misura degli spettri microdosimetrici	305
10.7. La determinazione dell'equivalente di dose	309
10.8. Il controllo dell'irradiazione esterna e la dosimetria personale	313
10.8.1. I sistemi di dosimetria personale per fotoni	314
10.8.2. I sistemi di dosimetria personale per neutroni	317
10.9. Determinazione delle grandezze operative raccomandate per il controllo dell'irradiazione esterna	323
10.10. Le misure di attività	326
10.11. Il controllo dell'irradiazione interna e la dosimetria personale	328

11. LE SCHERMATURE COME ELEMENTO DELLA RADIOPROTEZIONE

11.1. Generalità	333
11.2. Gli obiettivi di progetto	334
11.3. Criteri da seguire nel calcolo degli schermi	337
11.4. I materiali di schermo	339
11.5. Qualche utile considerazione pratica	342

12. ATTENUAZIONE DEI FOTONI

12.1. Premessa	345
12.2. Attenuazione di fasci paralleli di fotoni monoenergetici	345
12.3. Sorgenti puntiformi isotrope	351
12.4. Schermature per radionuclidi gamma emettitori	357
12.5. Il caso delle sorgenti estese	363
12.6. Sorgenti non monoenergetiche	367
12.7. Un cenno all'attenuazione dei fasci di alta energia	369
12.8. Schermature per tubi a raggi X di uso medico	372
12.8.1. Le barriere primarie	373
12.8.2. Le barriere secondarie	376
12.9. Un cenno ai criteri di schermo delle sorgenti di particelle β -	379
12.10. La trasmissione dei fotoni attraverso labirinti e condotti	380
12.11. L'effetto di skyline	390

13. ATTENUAZIONE DEI NEUTRONI

13.1. Introduzione	395
13.2. I gamma di cattura	397
13.3. L'attenuazione dei neutroni nei materiali leggeri	399
13.4. L'attenuazione dei neutroni nei materiali pesanti e negli schermi eterogenei	405
13.5. La teoria della sezione d'urto di rimozione	408
13.6. L'attenuazione dei neutroni delle sorgenti radioattive	413

13.7. Un cenno all'attenuazione dei neutroni di alta energia ($E_n > 150$ MeV)	416
13.8. Problemi di trasmissione della radiazione riflessa	419
13.9. L'effetto di skyshine	424
Appendice	431
Addendum	433
Riferimenti bibliografici	435
Indice analitico	455
Note di aggiornamento	467