

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zum Gesamtwerk	IX
Vorwort	XIII
1 Phänomenologische Identifizierung von α-, β- und γ-Strahlung	1
1.1 Zur Einführung in das Sachgebiet „Radioaktive Strahlung“ im Unterricht	1
1.1.1 Übersicht	1
1.1.2 Erkennen der Strahlung radioaktiver Stoffe	1
1.1.3 Wirkungen der Strahlung radioaktiver Stoffe	3
1.1.4 Unterscheidung der Strahlungsarten radioaktiver Stoffe	3
1.1.5 Ionisierungsvermögen, Reichweite, Durchdringung von Materie	4
1.1.6 Ablenkung in magnetischen und elektrischen Feldern	5
1.2 Natur der α -Strahlung	7
1.2.1 Entstehung der α -Strahlung	7
1.2.2 Ionisierungsvermögen und Reichweite in Luft	7
1.2.3 Ablenkung von α -Strahlung in magnetischen und elektrischen Feldern	13
1.2.4 Identifizierung der α -Teilchen als Heliumkerne	22
1.3 Natur der β -Strahlung	24
1.3.1 Entstehung der β -Strahlung	24
1.3.2 Ionisierungsvermögen und Reichweite in Luft	25
1.3.3 Absorption von β -Strahlung	27
1.3.4 Ablenkung von β -Strahlung in magnetischen und elektrischen Feldern	28
1.4 Natur der γ -Strahlung	35
1.4.1 Entstehung der γ -Strahlung	35
1.4.2 Ionisierungsvermögen und Reichweite in Luft	35
1.4.3 Absorption von γ -Strahlung in Materie	36
1.4.4 Identifizierung von γ -Strahlung als elektromagnetische Strahlung	41
2 Energiespektroskopie radioaktiver Strahlung und deren Wechselwirkung mit Materie ...	45
2.1 Übersicht über Aufgaben und Methoden der Kernstrahlungs-Spektroskopie	45
2.2 Energiespektren	46
2.2.1 Definition und Beispiele	46
2.2.2 Prinzipieller Aufbau eines Kernstrahlen-Spektrometers	50
2.2.3 Impulshöhenanalyse - Einkanal- und Vielkanalanalysatoren	51
2.2.4 Auswertung von Spektren	55
2.2.5 Totzeit von Spektrometern	57
2.2.6 Aktivitätsbestimmungen	60
2.3 α -Strahlung	63
2.3.1 Grundlagen der Wechselwirkung von α -Strahlung mit Materie	63
2.3.2 Radioaktive Quellen für α -Strahlung	65
2.3.3 Spektroskopie von α -Strahlung	66
2.3.4 Bestimmung der Aktivität einer α -Quelle	73
2.3.5 Spektroskopische Untersuchungen von α -Strahlung	75
2.3.6 Experimente mit Nebelkammer, Ionisationskammer, Zählrohr	85
2.3.7 Quantitative Beschreibung der Wechselwirkung von α -Strahlung mit Materie	88
2.4 β -Strahlung	96

2.4.1	Allgemeine Beschreibung des Kern- β -Zerfalls	96
2.4.2	Das β -Spektrum	99
2.4.3	β -Strahlen-Spektroskopie	104
2.4.4	β -Strahlen-Spektroskopie im Unterricht	110
2.4.5	Wechselwirkung von β -Strahlen mit Materie; Streuung, Absorption und Reichweite	119
2.5	γ -Strahlung	131
2.5.1	Grundlagen der Wechselwirkung von γ -Strahlung mit Materie	131
2.5.2	Spektroskopie von γ -Strahlung	138
2.5.3	Eigenschaften der γ -Strahlung nach Durchgang durch Materie	160
3	Dosimetrie radioaktiver Strahlung	172
3.1	Vorbemerkungen	172
3.2	Dosisbegriffe und Dosisseinheiten	172
3.2.1	Überblick	172
3.2.2	Energiedosis	174
3.2.3	Ionendosis	176
3.2.4	Zusätzliche Dosisbegriffe für den Strahlenschutz	176
3.3	Zur Dosimetrie von Photonenstrahlung (γ -Strahlung)	183
3.3.1	Dosen bei Sekundärelektronengleichgewicht	183
3.3.2	Berechnung von Dosen für γ -Strahlung	187
3.3.3	Schulexperimente zur Dosimetrie von Photonenstrahlung	192
3.4	Dosimetrie von β -Strahlung	198
3.4.1	Einführung	198
3.4.2	Berechnung von Dosen für β -Strahlung	199
4	Biologische Wirkungen radioaktiver Strahlung	204
4.1	Grundlagen der Strahlenwirkung	204
4.1.1	Dosis und Wirksamkeit	204
4.1.2	Treffertheorie	206
4.1.3	Strahlenchemie	208
4.1.4	Reparaturprozesse an der DNA	209
4.2	Akute und genetische Strahlenwirkungen beim Menschen	212
4.2.1	Strahlenkrankheit	213
4.2.2	In-utero-Exposition menschlicher Föten	214
4.2.3	Probleme der Dosimetrie	215
4.3	Spätfolgen: Strahlenkrebs	215
4.3.1	Mechanismen der Krebsentstehung und Dosis-Häufigkeits-Beziehungen	216
4.3.2	Häufigkeit von Strahlenkrebs beim Menschen	219
4.3.3	Künftige Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl	225
4.3.4	Strahlenwirkung einzelner Elemente	226
4.3.5	Leukämie in der Umgebung von Kernkraftanlagen	227
4.4	Spätfolgen: Keimbahnmutationen	227
5	Strahlenschutz in Schulen	230
5.1	Rechtsgrundlagen	230
5.2	Quellen ionisierender Strahlen für den Schulunterricht	230
5.2.1	Neutronenquellen	230
5.2.2	Radioaktive Präparate und radioaktive Mineralien	231
5.2.3	Röntengeräte und Gasentladungsröhren	233

5.3	Strahlenschutzverantwortliche und Strahlenschutzbeauftragte	233
5.3.1	Strahlenschutzverantwortliche	233
5.3.2	Strahlenschutzbeauftragte	234
5.4	Umgang mit Quellen ionisierender Strahlen	234
5.4.1	Kennzeichnung, Aufbewahrung und Ablieferung	234
5.4.2	Einsatz von Quellen ionisierender Strahlen im Unterricht	235
6	Kernstrahlungsquellen für den Unterricht	237
6.1	Radioaktive Präparate	237
6.1.1	Grundsätzliche Überlegungen	237
6.1.2	Bauartzugelassene Präparate	238
6.1.3	Genehmigungs- und anzeigefreie radioaktive Stoffe und Präparate	248
6.2	Neutronenquellen	253
6.2.1	Einführung	253
6.2.2	Neutronenquelle der Firma AMERSHAM-BUCHLER	254
6.2.3	Neutronenquelle der Firma LEYBOLD-HERAEUS	255
6.2.4	Neutronenquelle der Firma PHYWE	257
7	Detektoren zum Nachweis von Kernstrahlung	259
7.1	Die Ionisationskammer - Prinzip und Wirkungsweise	259
7.2	Ionisationskammern für den Unterricht	262
7.2.1	Ionisationskammer der Firma NEVA	262
7.2.2	Ionisationskammer der Firma PHYWE zum Nachweis und zur Untersuchung von α -Strahlung	263
7.2.3	Ionisationskammer der Firma LEYBOLD-HERAEUS	264
7.3	Versuche mit Ionisationskammern	265
7.4	Der Funkenzähler	266
7.4.1	Prinzip	266
7.4.2	Versuchsanordnung und Durchführung	267
7.5	Die Nebelkammer	268
7.5.1	Die Expansionsnebelkammer	268
7.5.2	Die Diffusions- oder kontinuierlich arbeitende Nebelkammer	268
7.5.3	Nebelkammern für den Unterricht	268
7.5.4	Demonstrationsversuche mit Nebelkammern	271
7.5.5	Nebelkammeraufnahmen	272
7.6	Kernspuremulsionen	274
7.6.1	Eigenschaften von Kernspuremulsionen und Prinzip des Strahlennachweises	274
7.6.2	Kernspuraufnahmen für den Unterricht	275
7.7	Das Spinthariskop	275
7.8	Sonstige Detektoren	276
7.8.1	Festkörperspurdetektoren	276
7.8.2	Photografisches Filmmaterial	279
7.9	Zählrohre	282
7.9.1	Einführung	282
7.9.2	Rekombinations- und Ionisationskammerbereich	285
7.9.3	Proportionalbereich und Proportionalzählrohre	285
7.9.4	Der Bereich der beschränkten Proportionalität	286
7.9.5	Der Auslösebereich und das <i>Geiger-Müller</i> -Zählrohr	287
7.9.6	Eigenschaften von selbstlöschenden Zählrohren und Halogenzählrohren	290

7.9.7	Zählrohre für den Unterricht	296
8	Detektoren für die Spektroskopie von Kernstrahlung	300
8.1	Allgemeine Detektoreigenschaften	300
8.1.1	Energiespektrum, Energieauflösung	300
8.1.2	Detektormaterialien	302
8.1.3	Ansprech- und Nachweiswahrscheinlichkeit	302
8.1.4	Totale und Photopeak-Ansprechwahrscheinlichkeit bei γ -Strahlung	303
8.2	Detektoren zur Spektroskopie von α -, β - und γ -Strahlung	304
8.2.1	Detektoren für α -Strahlung	304
8.2.2	Detektoren für β -Strahlung (und Neutronen)	305
8.2.3	Detektoren für γ -Strahlung	307
8.3	<i>pn</i> - und <i>pin</i> -Halbleiterzähler	309
8.3.1	Funktionsprinzip, Rauschen des Detektorsystems	309
8.3.2	Oberflächen-Sperrschichtzähler	311
8.3.3	Reinst-Ge-, Si-, Ge(Li)- und Si(Li)-Zähler	312
8.4	Szintillationszähler	313
8.4.1	Funktionsprinzip und Szintillator-Materialien	313
8.4.2	Photomultiplier	314
8.4.3	Großflächige Si- <i>pin</i> -Dioden-Szintillationszähler	318
8.5	Technische Hinweise	319
8.5.1	Messgeometrie und Abschirmung	319
8.5.2	Zubehör	319
8.5.3	Energiekalibrierung des Spektrometers	320
8.5.4	Betriebshinweise	323
8.6	Spektrometer für γ -Strahlung mit CsI(Tl)-Szintillationsdetektor und <i>pin</i> -Photodiode	325
8.6.1	Aufbau des Szintillationsdetektors	325
8.6.2	Eigenschaften des Detektors	327
8.6.3	Weitere Einsatzmöglichkeiten von <i>pin</i> -Photodioden	328
Anhang		
A 1	Zerfallsschemata von Radionukliden in radioaktiven Strahlungsquellen für den Unterricht	329
A 2	Die natürlichen radioaktiven Zerfallsreihen	331
A 3	Tabelle: Massenschwächungskoeffizienten einiger Stoffe für Photonenstrahlung	333
Register		335