

SPEKTROSKOPIE DER RÖNTGENSTRAHLEN

VON

DR. MANNE SIEGBAHN
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT UPSALA

ZWEITE
UMGEARBEITETE AUFLAGE

MIT 225 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG
BERLIN HEIDELBERG GMBH 1931

ISBN 978-3-642-50474-7 ISBN 978-3-642-50783-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-50783-0

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.

COPYRIGHT 1931 BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI JULIUS SPRINGER IN BERLIN 1931
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 2ND EDITION 1931

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Es ist die Absicht des Verfassers gewesen, die Spektroskopie der Röntgenstrahlen, von den rein technischen Anfängen bis zu den wichtigsten Ergebnissen mit besonderer Berücksichtigung der Atomphysik, darzulegen. Was den erstgenannten Teil der Aufgabe, die Darstellung der technisch-experimentellen Methoden und der Apparate, angeht, so habe ich versucht, sie so ausführlich zu geben, daß der Weg für einen Forscher, der sich diesem Gebiete widmen will, möglichst gebahnt wird. Dabei habe ich daran gedacht, mit den Hinweisen, welche sich hier finden, auch denen zu nützen, die für andere Zwecke mit röntgenographischen Methoden arbeiten. Daß die Beschreibung der Methoden und der Instrumente, welche im Laboratorium des Verfassers ausgearbeitet und probiert worden sind, einen verhältnismäßig großen Raum erhalten hat, dürfte wohl zu keiner irrtümlichen Auffassung Anlaß geben.

Was den letzten Teil des hier behandelten Themas, nämlich die Beziehung der Ergebnisse der Röntgenforschung für die Atomphysik betrifft, so habe ich hauptsächlich die direkten, aus dem empirischen Material zu ziehenden Schlußfolgerungen besprochen. Ein tieferes Eingehen auf die mehr theoretische Seite des Problems habe ich dagegen unterlassen. In dieser Beziehung findet der Leser in dem berühmten Buch von SOMMERFELD: „Atombau und Spektrallinien“ von berufener Seite eine Darstellung, die auch die allerletzten Ergebnisse der experimentellen Forschung berücksichtigt.

Der Begrenzung des Materials stellten sich gewisse Schwierigkeiten in den Weg. So habe ich nach vielem Zögern von einer Behandlung der Absorptionsphänomene in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge abgesehen, wenn sie auch in mancher Hinsicht mit den hier behandelten Fragen sehr stark zusammenhängen. Ebenso habe ich die Streuung der Röntgenstrahlen beiseite gelassen.

Upsala, September 1923.

MANNE SIEGBAHN.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die rege Entwicklung der Röntgenspektroskopie während der Jahre, welche seit der Fertigstellung des Manuskriptes der ersten Auflage dieses Buches (Anfang 1923) verflossen sind, machte eine sehr tiefgehende und umfassende Neubearbeitung des Stoffes nötig. Trotzdem

im wesentlichen dieselbe Begrenzung des Materials wie in der ersten Auflage innegehalten wurde, war es nicht zu umgehen, daß diese Auflage etwa den doppelten Umfang gegenüber der früheren erhielt.

Seit dem Erscheinen der vorigen Auflage dieses Buches ist innerhalb der Strahlungsphysik eine der bedeutsamsten Errungenschaften zu verzeichnen: die Verknüpfung des Wellenlängengebietes der Röntgenstrahlen mit dem der optischen Strahlung mittels Untersuchungsmethoden von großer Zuverlässigkeit und hoher Genauigkeit. Durch die Ausnutzung dieser Methoden, welchen ein neues Kapitel des Buches gewidmet ist, hat die Atomphysik sicherlich wichtige, neue Ergebnisse zu erwarten.

Neu hinzugekommen sind auch die in dem Kapitel: Optik der Röntgenstrahlen besprochenen Untersuchungen über Beugung der Röntgenstrahlung, wo langwellige, monochromatische Strahlen zur Anwendung gekommen sind. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß auf diesem Wege — durch Ersatz der größeren Wellenlängen der gewöhnlichen Optik durch die 100- bis 1000fach kleineren Wellenlängen der Röntgenstrahlung — eine dem feineren Maßstab entsprechende Erhöhung der Meßtechnik (z. B. bei Längen- und Abstandmessungen usw.) erzielt werden wird. In demselben Kapitel sind auch die Arbeiten besprochen, durch die eine Klärung gewonnen wurde in der für die Röntgenspektroskopie grundlegenden Frage betreffend die an der BRAGGSchen Gleichung anzubringenden Korrekturen, um mit ihrer Hilfe die richtigen Wellenlängen aus den gemessenen Größen ermitteln zu können.

Als Einheit für die Wellenlängen im Röntgengebiete wurde hier wie in der vorigen Auflage die X-Einheit benutzt. Aus den neuesten, in § 15 behandelten Untersuchungen scheint hervorzugehen, daß diese mit Hilfe von dem Krystallgitterabstand beim Kalkspat definierte Einheit nicht genau mit 10^{-11} cm übereinstimmt, sondern wahrscheinlich um ein paar zehntel Prozent davon abweicht. Diese Frage ist jedoch noch nicht endgültig geklärt.

Da, wie oben angegeben, die Streuung der Röntgenstrahlen nicht in die Darstellung einbezogen wurde, sind auch der Comptoneffekt und die damit zusammenhängenden Phänomene hier nicht behandelt worden.

Bei der Revision des Textes für die Neuauflage konnte die Literatur, wie aus dem Literaturverzeichnis am Anhang ersichtlich, nur bis Anfang dieses Jahres berücksichtigt werden.

Es sei mir endlich gestattet, dem Verlage, der in jeder Beziehung die Arbeit an der Neuauflage, besonders bei der Herstellung des Figurenmaterials, erleichtert hat, meinen herzlichen Dank zu sagen.

Upsala, 18. August 1931.

MANNE SIEGBAHN.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Kurze Zusammenfassung unserer Kenntnisse von der charakteristischen Röntgenstrahlung bis zu der Entdeckung von LAUE	1
1. Einleitung	1
2. Charakterisierung der Röntgenstrahlen durch ihr Durchdringungsvermögen	1
3. Sekundärstrahlen und charakteristische Strahlung der Elemente	2
4. <i>K</i> - und <i>L</i> -Strahlung der Grundstoffe	4
5. Absorption und Emission von der charakteristischen Strahlung	6
II. Optik der Röntgenstrahlen	7
6. Interferenz der Röntgenstrahlen in Krystallen	7
7. Die BRAGGSche Gleichung	9
8. Die experimentelle Anordnung von BRAGG und die Bestimmung der Atomabstände im Steinsalz	11
9. Die Fokussierungsbedingung	15
10. Die Abweichungen von der BRAGGSchen Gleichung.	16
11. Brechung und Spiegelung der Röntgenstrahlen	28
12. Dispersion der Röntgenstrahlen	36
13. Die korrigierte BRAGGSche Gleichung: Gitterkonstantwerte der wichtigsten für die Spektroskopie benutzten Krystalle	42
14. Beugung und Interferenz der Röntgenstrahlen.	49
15. Beugung bei Liniengittern. Absolutwerte der Wellenlängen.	55
III. Technik der Röntgenspektroskopie	62
16. Erregung der Röntgenstrahlen	62
17. Ionenröhren	65
18. Elektronenröhren	72
19. Spektroskopische Apparatur	88
20. Hochspannungsquellen für den Röhrenbetrieb	134
21. Hochvakuumtechnik	140
IV. Emissionsspektren.	142
22. Übersicht über die Emissionsspektren	142
23. Erregungsgesetze der Röntgenspektren	147
24. Die <i>K</i> -Reihe	158
25. Die <i>L</i> -Reihe	193
26. Die <i>M</i> -Reihe	248
V. Absorptionsspektren	259
27. Allgemeine Übersicht über die Absorptionsspektren	259
28. Die <i>K</i> -Absorption	264
29. Die <i>L</i> - und <i>M</i> -Absorption	269
30. Abhängigkeit der Absorption von chemischer Bindung des Stoffes. Sekundärabsorption	278

	Seite
VI. Systematik und Theorie der Röntgenspektren	306
31. Allgemeine Vorstellungen über das Zustandekommen von Röntgenspektren. Niveauschema	306
32. Dubletts in den Röntgenspektren	313
33. Quantentheoretische Deutung der Gesetzmäßigkeiten.	320
34. Das normale Niveauschema	331
35. Intensitätsregeln	353
36. Natürliche Linienbreite	362
37. Röntgenspektren von mehrfach ionisierten Atomen. Nichtdiagrammlinien	370
38. Feinstruktur bei den Absorptionsspektren. Sekundärabsorption .	378
39. Röntgenspektren und periodisches System der Elemente	384
VII. Erweiterung der Röntgenspektren gegen größere Wellenlängen	393
40. Die Liniengittermethode	393
41. Ergebnisse der Liniengittermessungen	410
42. Ermittlung der inneren Energieniveaus mittels magnetischer Spektren der Sekundärelektronen	413
43. Bestimmung von Absorptionsdiskontinuitäten im ultraweichen Gebiete	428
44. Messung von kritischen Potentialen.	434
VIII. Das kontinuierliche Röntgenspektrum	441
45. Der allgemeine Charakter des kontinuierlichen Spektrums . . .	441
46. Bestimmungen der Grenzwellenlängen des kontinuierlichen Spektrums und die Ermittlung der PLANCKSchen Konstante h	445
47. Gesamtintensität und spektrale Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum	450
48. Räumliche Intensitätsverteilung der kontinuierlichen Strahlung .	464
Anhang:	
Anregungsspannungen der Röntgenserien	467
Periodisches System der Elemente	468
Absorptionskoeffizienten und Halbwertschichten bei einer Reihe von Stoffen	469
Tabellen zur Ermittlung von Absorptionskoeffizienten	470
Zusammenstellung der stärksten Linien nach Wellenlänge geordnet . .	471
Schlagweiten bei Kugelfunkenstrecken	480
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Steinsalz	482
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Kalkspat	483
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Quarz.	484
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Gips	485
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Glimmer	486
Reflexionswinkel und Wellenlängen bei Zucker	487
Literatur	488
Namenverzeichnis	561
Sachverzeichnis	570