

3

ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK

HERAUSGEGEBEN UNTER MITWIRKUNG
DER
DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

VON
KARL SCHEEL

Sonderabdruck Band 35, Heft 10

H. Mark und L. Szilard

**Die Polarisierung
von Röntgenstrahlen durch Reflexion an Kristallen**



VERLAG VON JULIUS SPRINGER, BERLIN

1926

Die

Zeitschrift für Physik

erscheint zwanglos in einzelnen Heften, die zu Bänden von 60 Bogen vereinigt werden.

Die Zeitschrift für Physik ist durch jede Buchhandlung sowie durch die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24 zu beziehen. Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft haben Anspruch auf einen Vorzugspreis bei unmittelbarem Bezuge vom Verlage.

Die Verfasser erhalten von Arbeiten bis zu $1\frac{1}{2}$ Druckbogen Umfang 100 Sonderabdrucke, von größeren Arbeiten 50 Sonderabdrucke kostenfrei, weitere gegen Berechnung.

Manuskriptsendungen sind zu richten an Herrn **Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstr. 28.**

35. Band.

Inhalt.

10. Heft.

	Seite
Hans Thirring , Kritische Bemerkungen zur Wiederholung des Michelsonversuches auf dem Mount Wilson. Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 15. Dezember 1925)	723
H. Seemann , Bemerkungen zur Röntgen-Spektroskopie des Compton-Effektes und der Clark-Duane-Pseudolinien. Mit drei Abbildungen. (Eingegangen am 18. Dezember 1925)	732
H. Mark und L. Szilard , Die Polarisierung von Röntgenstrahlen durch Reflexion an Kristallen. Mit fünf Abbildungen. (Eingegangen am 27. November 1925)	743
E. Gaviola , Die Abklingungszeiten der Fluoreszenz von Farbstofflösungen. (Vorläufige Mitteilung.) Mit sieben Abbildungen. (Eingegangen am 10. Dezember 1925)	748
Wilhelm Anderson , Die physikalische Natur der Sonnenkorona. III. Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 18. Dezember 1925)	757
G. I. Pokrowski , Über die Lichtstreuung im Auge. Mit fünf Abbildungen. (Eingegangen am 19. Dezember 1925)	776
A. Predwoditelew und A. Witt , Zur Frage nach der photoelektrischen Ermüdung. Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 11. Dezember 1925)	783
A. Frumkin , Über die Beeinflussung der Adsorption von Neutralkmolekülen durch ein elektrisches Feld. Mit fünf Abbildungen. (Eingegangen am 11. Dezember 1925)	792

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Lehre vom Raumsinn des Auges

Von

Professor Dr. F. B. Hofmann

Geh. Medizinalrat, Direktor des Physiol. Instituts der Universität Marburg

(Sonderabdruck aus „Handbuch der gesamten Augenheilkunde“. Zweite Auflage)

Erster Teil

Seite 1—214 mit 78 Textfiguren und 1 Tafel
1920. — 7,50 RM

Zweiter Teil

Seite 215—668 mit 77 Textfiguren. 1925
24 RM

Die Polarisierung von Röntgenstrahlen durch Reflexion an Kristallen.

Von H. Mark und L. Szilard in Berlin-Dahlem.

Mit fünf Abbildungen. (Eingegangen am 27. November 1925.)

Es wird in einigen Fällen gezeigt, daß das an einem Kristall unter 90° nach der Braggschen Beziehung reflektierte Röntgenlicht praktisch vollständig polarisiert ist und daß bei Belichtung eines Kristalls mit linear polarisiertem Röntgenlicht keine Reflexion eintritt, falls die Richtung des reflektierten Strahles in die Schwingungsrichtung des polarisierten einfallenden Strahles fällt. Es lassen sich so Kristalle als Polarisatoren und Analysatoren für Röntgenstrahlen verwenden. Dabei erfolgt gleichzeitig eine spektrale Auflösung, so daß die Polarisationsverhältnisse des Fluoreszenzlichtes und des abgebeugten Lichtes getrennt zutage treten. Es zeigte sich so bei der Verwendung von Eisen als Streustrahler, daß die Fluoreszenzstrahlung im Gegensatz zum abgebeugten Licht auch unter einem Winkel von 90° zum primären Strahl unpolarisiert ist. Die Polarisationsverhältnisse beim abgebeugten Licht lagen auch bei den untersuchten schweren Elementen so, als ob die Zerstreuung durch isotrop gebundene Elektronen erfolgen würde.

Die grundlegenden Versuche über die Polarisationserscheinungen an Röntgenstrahlen sind im Jahre 1905 von Barkla durchgeführt worden¹⁾. Er zerstreute ein Bündel von Röntgenstrahlen an einem Kohleblock und fand, daß die unter 90° zum Primärstrahl abgehenden sekundären — gestreuten — Strahlen sich insofern bemerkenswert verhalten, als die durch sie an einem zweiten Kohlestück ausgelösten Tertiärstrahlen sich bezüglich ihrer Intensität ungleichförmig um den Sekundärstrahl herum verteilen. Seine Beobachtung deutete er durch die Annahme, daß die unter 90° vom ersten Streustrahler ausgehenden gestreuten Strahlen vollständig polarisiert sind und daß dieses polarisierte Licht bei der Zerstreuung durch den zweiten Kohleblock in der Schwingungsrichtung des elektrischen Vektors keine und senkrecht hierzu die maximale Intensität ergibt. Das Ergebnis seiner Versuche läßt sich zusammenfassen in die Aussage: Bei der diffusen Zerstreuung von Röntgenstrahlen durch Kohle und andere leichte Elemente verlaufen die Erscheinungen so, als ob die Zerstreuung durch isotrop gebundene Elektronen nach den Gesetzen der klassischen Elektrodynamik erfolgte.

Es schien uns nun der Mühe wert, die Laueschen Kristallreflexionen mit Bezug auf die Polarisation zu untersuchen. Da die Reflexion am Kristall als eine Beugungserscheinung aufgefaßt werden muß, hat man

¹⁾ Vgl. den zusammenfassenden Bericht von Ch. G. Barkla, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 5, 246; 1908.

auf Grund der Barklaschen Versuche mit diffus zerstreutem Lichte zu erwarten, daß das an einer Kristallfläche nach der Braggschen Beziehung unter dem Glanzwinkel reflektierte Röntgenlicht vollständig polarisiert ist, falls der reflektierte Strahl senkrecht zum Primärstrahl steht. Ebenso war zu erwarten, daß ein Kristall oder Kristallpulver linear polarisierte Röntgenstrahlen überhaupt nicht reflektiert, wenn der reflektierte Strahl in die Richtung des elektrischen Vektors des polarisierten Primärstrahles fallen würde.

Um zu sehen, ob dies tatsächlich zutrifft, wurde ein Versuch an-
gestellt, welcher durch Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Die mono-

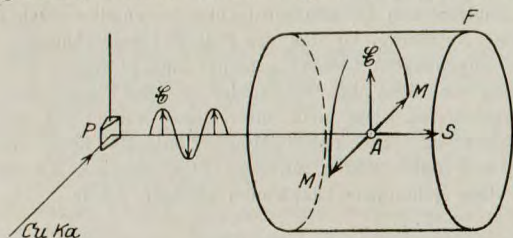


Fig. 1.

Schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

chromatische K -Strahlung einer Kupferantikathode wird an einem Steinsalzkrystall (Polarisator P) so reflektiert, daß der Ablenkungswinkel nahezu 90° beträgt. Der reflektierte Strahl S fällt dann auf

ein Kristallpulver A und erzeugt Debye-Scherrerkegel. Uns interessieren nun jene Kegel, deren Erzeugende ungefähr einen Winkel von 90° mit dem Primärstrahl einschließen. Wenn nämlich die am Polarisator reflektierte Strahlung vollständig polarisiert ist, dann schwingt der elektrische Vektor des auf A treffenden Strahles S parallel der Richtung E , und die vom analysierenden Kristallpulver A unter 90° ausgehenden Debye-Scherrerkegel dürfen in der Richtung E keine Intensität enthalten; senkrecht hierzu müssen sie hingegen die Maximalintensität besitzen.

Legt man um das Kristallpulver einen zylindrischen Film F , dessen Achse mit dem Strahl S zusammenfällt, so wird dieser durch die Debye-Scherrerkegel in Kreisen geschnitten, welche nach dem Ausbreiten des Zylinders in gerade Linien übergehen. Die Schwärzung entlang dieser geraden Linien wird nun keineswegs gleichförmig sein, wie dies bei einem Debye-Scherrerkreis der Fall wäre, welcher in der gebräuchlichen Weise mit unpolarisiertem Licht erzeugt ist; sie wird vielmehr einen charakteristischen Verlauf zeigen.

Die Fig. 2 zeigt ein in dieser Weise aufgenommenes Bild. Statt an einem Kristallpulver wurde an einer Aluminiumfolie als Analysator reflektiert, welche um die Strahlachse gedreht wurde, um eine eventuell vorhandene Abweichung von der regellosen Verteilung der Kriställchen

auszugleichen. Die beiden geraden Linien sind durch Aufrollen des Films aus den Debye-Scherrerkreisen hervorgegangen, welche den Reflexionen an zwei verschiedenen Netzebenen entsprechen [(222) und (311)]; man sieht deutlich die zu erwartenden Maxima und Minima der Schwärzung.

Bei der Fig. 2 verschwindet im Minimum die Schwärzung nicht vollkommen, was wohl damit zusammenhängt, daß die beiden Reflexionen an den betreffenden Stellen nicht genau unter 90° erfolgten. Bei der als

Cu $K\alpha$ -Strahlung an NaCl (422) polarisiert. $\vartheta = 86^\circ$.



Fig. 2.

Zn $K\alpha$ -Strahlung an Al polarisiert. $\vartheta = 90^\circ$.

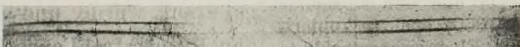
Al (400) $\vartheta = 90^\circ$.



Fig. 3.

Cu $K\alpha$ -Strahlung an NaCl (422) polarisiert. $\vartheta 86^\circ$.

86° (222) :
 80° (311) :



Pt-Folie.

96° (222) :
 $90^\circ 30'$ (311) :



Cu-Folie.

Fig. 4.

Fig. 3 wiedergegebenen Aufnahme war dies jedoch der Fall; eine Schwärzung ist hier in der Tat im Minimum nicht bemerkbar.

In Fig. 4 sind zwei Aufnahmen wiedergegeben, welche mit polarisierter Kupfer- K -Strahlung an Kupfer- und Platinfolien als Analysator erhalten wurden. Man sieht auch hier einen Schwärzungsverlauf, welcher einer praktisch vollständigen Polarisation entspricht.

Auch bei den schwereren Elementen erfolgt also offenbar die Beugung so, als ob sie klassisch durch isotrop gebundene Elektronen bewirkt würde. Barkla fand bei seinen Versuchen an schwereren Elementen allerdings einen scheinbar geringeren Polarisationsgrad. Man muß aber

bedenken, daß bei Polarisationsversuchen mit diffus zerstreuten Röntgenstrahlen die Fluoreszenzstrahlung sich dem abgelenkten Lichte überlagert und so einen zu geringen Polarisationsgrad vortäuschen kann. Dies war auch die Deutung, die Barkla seinen Beobachtungen bei schwereren Elementen gab.

Während die bisherigen Untersuchungen stets mit diffus zerstreuten Strahlen vorgenommen wurden, ergibt sich bei der Verwendung eines Kristallpulvers oder eines Einkristalls als Analysator der Vorteil, daß dann zugleich eine spektrale Auflösung erfolgt und daß man daher unterscheiden kann, wie die Polarisationsverhältnisse bei den verschiedenen Wellenlängen liegen, welche im einfallenden Röntgenlicht vorhanden sind.



Fig. 5.

Cu K -Strahlung wurde an Eisen unter 84° gestreut (211) und der Sekundärstrahl an Gips (060) spektroskopiert. Hierbei wird die Fluoreszenzstrahlung Fe $K\alpha$ unter einem Winkel von 101° reflektiert; sie ist unpolarisiert; die gestreute Cu $K\alpha$ -Strahlung wird unter $75^\circ 40'$ reflektiert und zeigt normalen Polarisierungseffekt.

der Verwendung eines Einkristalls statt eines Kristallpulvers als Analysator steht eine geringere Mannigfaltigkeit von Kristallagen zur Verfügung, und es muß daher das auf den Analysator fallende Bündel einen bestimmten Öffnungswinkel haben, wenn die in ihm vorhandenen verschiedenen Wellenlängen zur Reflexion kommen sollen. Im Falle unseres Versuchs enthält das Bündel hauptsächlich die abgelenkte Kupfer- K -Strahlung und die Fluoreszenzstrahlung des Eisens, welche von der Kupfer- K -Strahlung stark angeregt wird. Der Glanzwinkel der Kupfer- K -Strahlung lag ungefähr in demselben Betrag unter 90° , um welchen der Glanzwinkel für die Eisenstrahlung 90° überschritt, so daß die Intensitätsverteilung entlang der beiden Interferenzkreise bei gleichem Polarisationsgrad für beide Strahlungen dieselbe sein mußte. Wie die Aufnahme zeigt, erscheint jedoch der Eisenkreis als praktisch unpolarisiert, während der Kupferkreis deut-

So erkennt man an Hand von Fig. 5 im Falle des Eisens, daß die unter 90° abgelenkte Strahlung fast vollständig polarisiert ist, während die Fluoreszenzstrahlung unter 90° nicht merklich polarisiert ist. Die Aufnahme erfolgte so, daß die Strahlung einer Kupferantikathode an einem Eisenblock — Polarisator — zerstreut wurde und ein senkrecht zum Primärstrahl ausgehendes Bündel auf einen gedrehten Kristall — Analysator — traf, welcher die Rolle des bei den früheren Versuchen verwendeten Kristallpulvers spielte. Bei

lich den Polarisationsseffekt zeigt, so daß man aus der Aufnahme auf das Fehlen der Polarisation bei der Fluoreszenzstrahlung schließen und die diesbezüglichen Angaben von Barkla bestätigen kann.

Der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaften danken wir bestens für die gewährte Unterstützung, und insbesondere möchten wir nicht verfehlen, Herrn Dr. Stuchtey für seine stets bereitwillige Hilfeleistung zu danken.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie und Institut für theoretische Physik an der Universität Berlin.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Idee der Relativitätstheorie

Von

Hans Thirring

a. o. Professor der theoretischen Physik an der Universität Wien

Zweite, durchgesehene und verbesserte Auflage

175 Seiten mit 8 Textabbildungen. 1922. 4,50 RM

Struktur der Materie in Einzeldarstellungen

Herausgegeben von

M. Born, Göttingen und **J. Franck, Göttingen**

Die Sammlung „Struktur der Materie“ bringt in knappen, voneinander unabhängigen Bänden eine Darstellung aller für die moderne Atomphysik wichtigen Gebiete der Physik. Sie ist nicht nur zum Studium der erforschten Gebiete bestimmt, sondern soll auch dem experimentierenden oder rechnenden Physiker bei neuen Untersuchungen helfen. Daher ist für jedes einzelne Gebiet ein Autor gewonnen worden, der durch eigene Arbeiten die Forschung gefördert hat und als Autorität gelten darf.

I. Band

Zeemaneffekt

und Multiplettstruktur der Spektrallinien

Von

Dr. E. Back

Privatdozent für Experimentalphysik
in Tübingen

Dr. A. Landé

und a. o. Professor für theoretische Physik
in Tübingen

225 Seiten mit 25 Textabbildungen und 2 Tafeln. 1925
14,40 RM; gebunden 15,90 RM

II. Band

Vorlesungen über Atommechanik

Von

Dr. Max Born

Professor an der Universität Göttingen

Herausgegeben unter Mitwirkung von

Dr. Friedrich Hund

Assistent am physikalischen Institut Göttingen

Erster Band. 367 Seiten mit 43 Abbildungen. 1925
15 RM; gebunden 16,50 RM

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Das Atom und die Bohrsche Theorie seines Baues

Gemeinverständlich dargestellt von

H. A. Kramers und **Helge Holst**

Dozent am Institut für theoretische
Physik der Universität Kopenhagen

Bibliothekar an der Königl.
Technischen Hochschule Kopenhagen

Deutsch von

F. Arndt

Professor an der Universität Breslau

199 Seiten mit 35 Abbildungen, 1 Bildnis und 1 farbigen Tafel. 1925
7,50 RM; gebunden 8,70 RM.

Inhaltsübersicht:

- Erstes Kapitel: Atome und Moleküle:** Die Atomtheorie und die Chemie. — Physikalische Molekulartheorien.
- Zweites Kapitel: Die Lichtwellen und das Spektrum:** Die Wellentheorie des Lichtes. — Die Auflösung des Lichtes in Farben. — Spektrallinien.
- Drittes Kapitel: Ionen und Elektronen:** Ältere elektrische Theorien und Gesetze. — Elektrolyse. — Erscheinungen in Entladungsröhren. — Die Natur der Elektrizität. — Die Lorentzsche Elektronentheorie. — Luftionisierung durch Strahlen. Radioaktivität.
- Viertes Kapitel: Das Atom als Planetensystem:** Einleitung. — Das Rutherfordsche Atommodell. — Kernladung, Atomnummer und Atomgewicht. — Der Bau der Atomkerne. — Grundstoffverwandlung und Gewinnung von Atomenergie.
- Fünftes Kapitel: Die Bohrsche Theorie des Wasserstoffspektrums:** Das Rutherfordsche Atom und die Elektrodynamik. — Die Quantentheorie. — Die Grundzüge der Bohrschen Theorie. — Ableitung der Rydbergschen Konstanten. — Das Korrespondenzprinzip. — Das falsche Wasserstoffspektrum. — Einführung von mehr als einer Quantenzahl. — Einflüsse von magnetischen und elektrischen Feldern auf die Wasserstofflinien.
- Sechstes Kapitel: Die Wechselwirkung zwischen Licht und Stoff:** Einleitung. — Die Theorie der Lichtquanten. — Einsteins Theorie der Wärmestrahlung. — Bohrs neue Auffassung der Grundpostulate.
- Siebentes Kapitel: Verschiedene Anwendungen der Bohrschen Atomtheorie:** Einleitung. — Verschiedene Emissionsspektren. — Elektronenstöße. — Absorption.
- Achtes Kapitel: Der Atombau und die chemischen Eigenschaften der Stoffe:** Die Vereinigung von Atomen zu Molekülen. — Das periodische System der Elemente.
- Anhang. I.** Erklärung der Symbole, die im Buche mehrfach vorkommen, und Angabe der Zahlenwerte wichtiger physikalischer Konstanten. — **II.** Die einfachsten Rechnungen der Bohrschen Theorie des Wasserstoffatoms. Sachverzeichnis.