Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough Fonds

Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung
Nr. 205

Die K-β-Linien der Elemente der Eisenreihe; II.

Von
Gustav Ortner

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Mai 1927)

In einer früheren Mitteilung (1) wurde über das Verhalten der Komponenten der K-β_1-Linie von Eisen berichtet und hauptsächlich die bei den Eisenverbindungen beobachtete Trennung der an der langwelligen Seite von β_1 liegenden Linie β' von der Hauptlinie hervorgehoben. Im vorliegenden wurden nun Kalium, Calcium, Titan und Vanadium im elementaren Zustand und in einigen Verbindungen untersucht und Cobalt und Nickel gleichfalls in verschiedenen chemischen Zuständen bei einer größeren Dispersion aufgenommen.

Die bei den Aufnahmen von Cobalt und Nikel verwendete Apparatur unterscheidet sich in einigen Punkten von der in der früheren Mitteilung beschriebenen. Der Spektrograph ist nicht evakuiert und hat einen Durchmesser von zirka 455 *mm*. Ein drehbarer Hohlzylinder, der auf einem feststehenden Kern aufgeschliffen ist, trägt den Plattenhalterarm und einen Zeiger, der auf einer in ganze Grade geteilten feststehenden Kreisteilung gleitet. In dem festen Kern ist ein Konus eingeschliffen, der den Krystalltisch und einen in Grade geteilten Kreis trägt, der mit dem Krystalltisch fest verbunden gegen eine feststehende Marke verdreht wird. Der Krystalltisch gleicht dem eines Siegbahn'schen Vakuumspektrographen. Da infolge des größeren Abstandes zwischen Spalt und Platte und der Absorption durch die dazwischen liegende Luft längere Expositionszeiten (ein bis zwei Stunden) notwendig sind, muß man dafür sorgen, daß die untersuchte Antikathodensubstanz während dieser Zeit mehrmals erneuert wird. Um zu diesem Zweck die Röhre nicht immer öffnen zu müssen, wurde eine spezielle Antikathode konstruiert. Die Röhre gleicht im allgemeinen der Siegbahn'schen Metallröhre mit linienförmigem Brennfleck (2). Aber die Antikathode besteht aus einem Kupferkegel, der sehr flach abgeschrägt ist. Seine Lage zur Glühspirale garantiert dafür, daß während einer vollen Umdrehung der Antikathode im Schliff in jeder Lage derselben frische Substanz der Kathode gegenüberliegt. Der Kegel verdeckt gleichzeitig den Glühelektronen, zum weitaus

[1] Siehe Literatur am Schlusse der Mitteilung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

größten Teil den rückwärtigen Teil der Antikathode (Fig. 1). Auf diesen letzteren Umstand ist es vielleicht zurückzuführen, daß sich Durchschläge im Rohr nicht in besonderer Häufigkeit bemerkbar gemacht haben. Das Rohr wurde in der vorliegenden Arbeit mit 30 bis 35 Kilovolt und 5 bis 8 Milliampere betrieben.

Alle Aufnahmen wurden mit Kalkspat gemacht. Die Wiederholung einiger Eisenaufnahmen mit der größeren Dispersion bestätigte den früher mitgeteilten Effekt und ergab eine sehr deutliche Trennung der Linien β_1 und β'. $FeSO_4$ und Fe_2O_3 ergaben innerhalb der Fehlergrenzen den gleichen Abstand von 3·8 X. E.

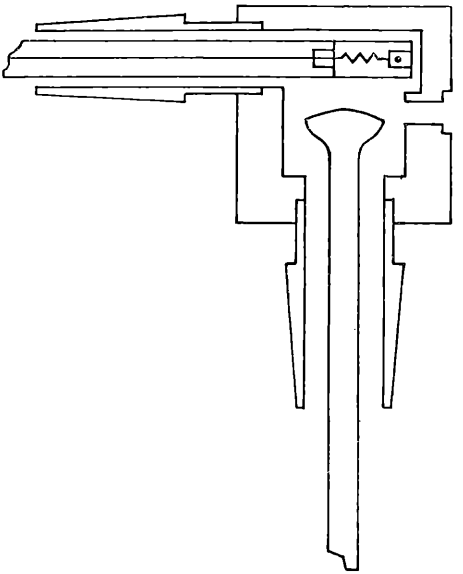

Fig. 1 ($1^1/_2$ nat. Größe).

Bei Eisen in Blechform konnte auch diesmal keine deutliche Trennung wahrgenommen werden. Die neuen Aufnahmen von Cobalt als Element (Blech) zeigen β' von β_1 nicht getrennt; der langwellige Rand von β' ist von der Mitte von β_1 3·2 X. E. entfernt. Bei Cobaltoxyduloxyd (Co_3O_4) und Cobaltchlorid ($CoCl_2$) dagegen ist β' von β_1 deutlich getrennt; der Abstand Mitte β_1 bis Mitte β' ist 2·7 X. E. Desgleichen zeigt Nickelblech β' von β_1 nicht getrennt; der Abstand Mitte β_1 bis langwelliger Rand von β' beträgt 2·6 X. E. Dann wurde noch Nickeloxyd (NiO) untersucht, wo eine Trennung der Linien β_1 und β' eben noch erkennbar war. Die Mitte β_1 ist von der Mitte β' 2·0 X. E. entfernt. Eine Aufnahme von Nickelkaliumzyanid ($KNiCy_4$) zeigt β_1 und β' ungetrennt (siehe Tafel).

Es war von Interesse, die langwelligen Satelliten auch bei den Elementen vor Mangan auf eine etwaige Abhängigkeit von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Art des chemischen Zustandes zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden mit der in der früheren Mitteilung beschriebenen Apparatur Kalium, Calcium, Titan und Vanadium als Elemente und in einigen Verbindungen aufgenommen.

Kalium.

Als Substanzen wurden verwendet metallisches Kalium, Kaliumkarbonat (K_2CO_3) und Kaliumpermanganat (KM_nO_4). Die Substanz wurde während einer Aufnahme häufig erneuert (insbesondere beim Metall). Außer β_1 und β'' in einem Abstand von 3·9 X. E. von β_1 auf der kurzwelligen Seite wurde noch β_2 mit dem Abstand 11·9 X. E. von β_1 und eine weitere sehr schwache, aber meßbare Linie (schwächer als β_2) zwischen β_2 und β'' gefunden mit einem Abstand von 8·3 X. E. von β_1. Die letztere Linie mit einer Wellenlänge von 3438·6 X. E. scheint nicht als Verunreinigung erklärlich und muß wohl als dem Kalium zugehörig angenommen werden. Kaliumkarbonat hat dieselben Linien mit denselben Wellenlängen wie elementares Kalium; die Komponente zwischen β_2 und β'' ist auch hier schwach angedeutet. Komponenten an der langwelligen Seite von β_1 wurden nicht gefunden.

Calcium.

Hier wurden metallisches Calcium, Calciumoxyd (CaO), Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Calciumhydrid (CaH_2) untersucht. Zuerst wurden die Aufnahmen mit einer Kupferantikathode gemacht. Da aber die K-α_1-α_2-Linien von Kupfer in zweiter Ordnung zwischen β_1 und β_2 von Calcium fallen und so etwaige Komponenten verdecken könnten, wurden die Aufnahmen von Ca und CaH_2 mit einer Eisenantikathode wiederholt. Außer β_2 und β'' waren jedoch keine weiteren Komponenten auffindbar. Während bei Kalium β'' deutlich von β_1 getrennt ist, lagert sich bei Calcium β'' als ziemlich gleichmäßiges Schwärzungsband an die kurzwellige Seite von β_1 ohne deutliche Trennung von der Hauptlinie. Der Abstand von β'' von der Mitte von β_1 ist 3·7 X. E. Die Komponente β_2 ist im Mittel 15·3 X. E. von β_1 entfernt. Es scheint, daß auf der langwelligen Seite von β_1 die Schwärzung etwas stärker ist, als dem Untergrund entspricht; aber wenn eine solche β'-Komponente existiert, hat sie jedenfalls verschwindende Intensität gegen β''. Irgendein Unterschied zwischen Element und Verbindungen wurde nicht festgestellt.

Titan.

Aufgenommen wurden metallisches Titan, Titanoxyd (TiO_2), Titansulfat ($Ti[SO_4]_2 . 3H_2O$) und Titankaliumfluorid (TiF_6K_2). Die langwellige Komponente β' ist hier in allen Fällen ein breites

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

verwaschenes Band, das von β_1 nicht getrennt ist. Sein langwelliges Ende liegt etwa bei 2517 X. E., also um etwa 8 X. E. von der Mitte von β_1 entfernt; dieser Wert ist nicht sehr genau (etwa auf 1 X. E.) da der Rand der Schwärzung sehr schlecht definiert ist. Außer der kurzwelligen β_2-Komponente in durchschnittlich 15·2 X. E. Entfernung von β_1 wurde bei sämtlichen Substanzen noch eine dritte Komponente zwischen β_1 und β_2 gefunden mit der Wellenlänge 2501·5 X. E. Nun hat die Vanadiumlinie $K\alpha_2$ die Wellenlänge $2502 \cdot 1_3$ X. E.; da aber $VK\alpha_1$ auf der Platte nicht vorhanden war, kann man die gefundene Linie kaum durch eine Vanadiumverunreinigung erklären. Sie ist stets beträchtlich schwächer als β_2. Irgendwelche Unterschiede zwischen Element und Verbindungen wurden auch hier nicht festgestellt.

Vanadium.

Es wurden metallisches Vanadium und Vanadinsäure (V_2O_5) untersucht. β' ist hier gleichfalls in beiden Fällen von β_1 nicht getrennt, aber intensiver als bei Titan und der langwellige Rand gut gekennzeichnet. Sein Abstand von β_1 beträgt 8·1 X. E. β_2 hat die Wellenlänge 2265·8 X. E. Zwischen β_1 und β_2 wurde wieder eine sehr schwache Linie ausgemessen mit der Wellenlänge 2272·4. Sie ist wieder wesentlich schwächer als β_2.

Chrom konnte aus äußeren Gründen nicht mehr untersucht werden und wird, falls es eine Besonderheit zeigt, bei einer späteren Gelegenheit mitgeteilt werden. Über Mangan wurde bereits früher berichtet.

In Tabelle I sind die gefundenen Abstände der Satelliten von β_1 zusammengestellt, desgleichen die entsprechenden $\frac{\nu}{R}$ Werte. Wo keine Unterschiede zwischen Element und Verbindung gefunden wurden, sind die Messungen unter dem Zeichen des Elementes zusammengefaßt.

Diskussion der Resultate.

Die bei den Elementen der Eisenreihe an der langwelligen Seite der Linie $K\beta_1$ auftretende Linie β' gehört zu jenen Linien, die weder in das von Coster (3) und anderen Forschern gegebene Niveauschema eingereiht noch auch einem mehrfach ionisierten Atom zugeschrieben werden können, wie etwa die sogenannten Funkenlinien auf der kurzwelligen Seite der Hauptlinie. Diese langwelligen Satelliten, die auch in der L-Serie auftreten, wurden von Siegbahn, Hjalmar und Coster (4) zuerst entdeckt. Eine Erklärung wurde zuerst von G. Wentzel (5) und in neueren

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

experimentellen Arbeiten von D. Coster und M. I. Druyvesteyn (6) hinsichtlich der β′-Linie der Eisenreihe und von I. H. van der Tuuk (7) für die langwelligen Satelliten von L α bei den Elementen Cobalt und Nickel versucht. Nach dem letztgenannten Autor ist das Auftreten langwelliger Satelliten bei Cobalt und Nickel, die sich als eine weniger intensive Verbreiterung der Hauptlinie bemerkbar machen, leicht aus der Tatsache verständlich, daß an der Emission von L α die im Ausbau befindlichen Untergruppen M_{IV} M_V direkt beteiligt sind. Es ist also zu erwarten, daß die optische Termmultiplizität sich auch im Röntgenspektrum widerspiegelt. Eine ganz

Tabelle I.

Substanz	$\Delta\beta'\beta_1$		$\Delta\beta''\beta_1$		$\Delta\beta'''\beta_1$		$\Delta\beta_2\beta_1$	
	$\Delta\lambda$	$\Delta\frac{\nu}{R}$	$\Delta\lambda$	$\Delta\frac{\nu}{R}$	$\Delta\lambda$	$\Delta\frac{\nu}{R}$	$\Delta\lambda$	$\Delta\frac{\nu}{R}$
Kalium . .			3·9	0·30	8·3	0·64	11·9	0·91
Calcium			*R* 3·7	0·35			15·3	1·47
Titan . .	*R* 8·0	1 16				1·09	15·2	2·20
Vanadium . .	*R* 8·1	1·42			7·3	1·28	13·9	2·44
Mangan	4·6	1·15					12·6	3·16
Eisen elem. . .	*R* 4·3	1·28					12·3	3·65
in Verbdg.	3·7	1·10						
Cobalt elem. . . .	*R* 3·2	1·12					nicht gemessen	
in Verbdg.	2·7	0·94						
Nickel elem. . . .	*R* 2·6	1·06						
in Verbdg.	2·0	0·81						

(*R*) bedeutet, daß die Komponente von der Hauptlinie nicht getrennt und der Abstand des Randes von der Mitte von β_1 ausgemessen wurde.

ähnliche Erklärung könnte die bei den Elementen Magnesium bis Schwefel gefundene Linie β_3, die an der langwelligen Seite von β_1 liegt, finden: Die Ionisationsspannung von Magnesium ist etwa acht Volt. Da im Röntgenterm die M-Schale einfach ionisiert ist, so muß man für M_I eine höhere Termenergie in Rechnung setzen (etwa 15 Volt), wodurch man auf den experimentell gefundenen Abstand $\beta_3-\beta_1$ von 15 Volt kommt.

Auf beträchtliche Schwierigkeiten stoßt man dagegen, wenn man das Auftreten der β′-Linie der Eisenreihe zu verstehen sucht. Hier werden M_I, M_{II}, M_{III} für bereits abgeschlossen gehalten,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

während M_{IV}, M_V im Ausbau befindlich sind. Die Deutung von G. Wentzel (l. c.) geht dahin, daß die M-Schale »negativ ionisiert« ist, worunter eine Überbesetzung mit Elektronen zu verstehen ist. Dabei müßte man aber aus energetischen Gründen diese Überbesetzung wohl in die schon ausgebauten M_I-, M_{II}-, M_{III}-Niveaus verlegen; denn eine Überbesetzung von M_{IV}, M_V, die an sich verständlich wäre, könnte kaum eine Änderung der Termenergie von M_{II}, M_{III} um den experimentell gefundenen Betrag von etwa 15 Volt erklären. Neuerdings haben N. Seljakow und A. Krasnikow (8) β_1 β' als Relativitätsdublett verursacht durch die Dublettterme M_{II}, M_{III} gedeutet, was vom Verfasser (9) und von D. Coster und M. I. Druyvesteyn (l. c.) zurückgewiesen wurde. In letzter Zeit haben D. Coster und M. I. Druyvesteyn diese Linien für dadurch verursacht gehalten, daß in unvollständigen Schalen, wie der M-Schale in der Eisenreihe, nicht die Alkalistruktur der Röntgenspektren auftritt, sondern eine höhere Termmultiplizität. Es macht aber der Vorstellung Schwierigkeiten, wie die schon abgeschlossenen Untergruppen M_I, M_{II}, M_{III} durch das Hinzukommen der energetisch so geringfügigen Elektronen in M_{IV}, M_V Veränderungen in der experimentell gefundenen Größenordnung erfahren können. Man könnte sich vielmehr denken, daß M_I und $M_{II\,III}$ nicht in dem Sinne als abgeschlossen zu betrachten sind, daß jede einen S-Term darstellt oder in einer mehr konkreten Fassung, es gibt bei den Elementen der Eisenreihe außer der Anordnung, wo M_I zwei Elektronen und $M_{II\,III}$ sechs Elektronen enthält, auch Konfigurationen mit anderer Elektronenverteilung. Die Tatsache, daß bei dem Aufbau der Elemente immer nur zwei Elektronen in *s*-Bahnen angenommen werden können, würde nicht unbedingt gegen unsere Annahme sprechen, da diese aus den optischen Spektren gewonnene Feststellung nichts über das weitere Verhalten derselben Niveaus bei schwereren Elementen aussagt.

Wir möchten noch kurz die entsprechenden Resultate der Untersuchungen über kritische Potentiale (10) und einige optische Daten von Millikan, Bowen und Sawyer (11) und Millikan und Bowen (12) zum Vergleich heranziehen.

Die erstgenannten Untersuchungen ergeben bekanntlich in der Gegend von M_I, M_{II}, M_{III} im allgemeinen eine größere Mannigfaltigkeit von Niveauwerten, als aus der Röntgenspektroskopie abgeleitet werden. Tabelle II gibt zur Übersicht eine Zusammenstellung der Niveauwerte in Volt und (in Klammern) $\frac{\nu}{R}$, entnommen aus einer Arbeit von R. Thoraeus (14), wobei bei Eisen, Cobalt und Nickel auch der Niveauwert M' beigefügt ist, der dem Rande der β'-Linie entspricht.

Wenn auch die Absolutwerte der kritischen Potentiale in den verschiedenen Arbeiten stark schwanken, so scheint doch die Tatsache, daß in allen Arbeiten mehrere niedervoltige Stufen gefunden

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wurden, in der starken Verbreiterung der β_1-Linie ihr spektroskopisches Analogon zu finden. Bei Eisen beispielsweise finden Richardson und Chalkin (13) in dem uns interessierenden Gebiet die Niveauwerte 46, 51, 64, 76 und 95 Volt.

Millikan und seine Mitarbeiter haben in den zitierten Arbeiten die ultravioletten Spektren von Chrom, Eisen und Kupfer bis zu sehr kurzen Wellen verfolgt; bei Chrom wurden Wellenlängen bis $\lambda = 202 \cdot 6$ Å, bei Eisen bis $290 \cdot 8$ Å und bei Kupfer bis $155 \cdot 7$ Å gemessen. Diesen Wellenlängen entsprechen $\frac{\nu}{R}$-Werte von $4 \cdot 5$ beziehungsweise $3 \cdot 13$, $5 \cdot 85$. Vergleicht man diese Werte mit den von Thoraeus (l. c.) gegebenen $\frac{V}{R}$-Werten der M_I-, M_{II}-, M_{III}-Niveaus, die in Tabelle II zusammengestellt sind, so finden wir

Tabelle II.

Element	M_I		M'		M_{II} M_{III}	
Cr					49·0	(3·61)
Mn					50·0	(3·70)
Fe	96·0	(7·10)	74·0	(5·45)	56·6	(4·17)
Co	104·0	(7·70)	79·2	(5·85)	64·0	(4·73)
Ni	112·0	(8·27)	87·4	(6·46)	73·0	(5·40)
Cu		(8·84)				(5·68)

daß die Ultraviolettlinie $202 \cdot 6$ Å bei Chrom einem um etwa $0 \cdot 9$ $\frac{\nu}{R}$-Einheiten tieferen Niveau entspricht als M_{II} M_{III}. Als Übergang von M_I nach $M_{II\,III}$ kann man sie wohl kaum auffassen; denn wenn auch M_I bei Chrom nicht bekannt ist, so muß man aus dem Verlauf bei schwereren Elementen doch annehmen, daß die Differenz zwischen M_I und $M_{II\,III}$ kleiner ist als $4 \cdot 5$. Bei Eisen könnte man die kürzeste gemessene Linie von $209 \cdot 8$ Å als Übergang M_I bis $M_{II\,III}$ annehmen. Kupfer hat für $M_{II\,III}$ $\frac{\nu}{R} = 5 \cdot 68$ gegen $5 \cdot 85$ der kürzesten von Millikan gemessenen Linie. Wenn wir diese Resultate mit dem β'-Satelliten in Zusammenhang bringen wollen, so gibt uns nur Chrom einen Anhaltspunkt. Aus den Siegbahn'schen Messungen ergibt sich zwischen β_1 und β' bei Chrom ein $\frac{\nu}{R}$-Unterschied von etwa $0 \cdot 7$ gegen $0 \cdot 9$ aus den optischen Daten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Bei den kurzwelligen Satelliten, die, soweit sie nicht in das Schema des einfach ionisierten Atoms eingeordnet werden können, mehrfach ionisierten Atomen zugeschrieben werden, ist es bemerkenswert, daß β_2 auch bei Verbindungen, die nach ihrem polaren Charakter keine Elektronen in der N-Schale enthalten, vorkommt, und zwar ist die Wellenlänge unabhängig von der Verbindung. β_2 muß wohl bei Kalium, Calcium, Titan und Vanadium als Funkenlinie aufgefaßt werden. Das anormale Verhalten von β_2 bei Kalium und Calzium wurde bereits von Bäklin, Siegbahn und Thoraeus hervorgehoben. Auch bei Titan und Vanadium fallen die Differenzen β_1 bis β_2 bemerkenswerterweise aus der Kurve heraus (nach meinen Messungen weichen sie allerdings im selben Sinne ab). β'' ist möglicherweise mit β' in einen Zusammenhang zu bringen, insofern, als sie vielleicht auch verschiedenen Elektronenkonfigurationen in M_I, M_{II}, M_{III} ihre Entstehung verdankt; denn es ist auffallend, daß β'' gerade dort aufhört, wo β' zum erstenmal erscheint. Bei Calcium konnte ich β' noch nicht feststellen.

Zusammenfassung.

Bei Röntgenspektrogrammen von Cobalt und Nickel im elementaren Zustand ist die Linie $K\beta'$ von $K\beta_1$ nicht getrennt, ebenso bei einer komplexen Verbindung wie Nickelkaliumzyanid. Bei den untersuchten Verbindungen Co_3O_4 und $CoCl_2$, ebenso bei NiO ist β' von β_1 getrennt.

Bei Kalium, Calcium, Titan und Vanadium wurden sowohl im elementaren Zustand als auch in einigen Verbindungen die K-β-Linien untersucht, aber in den Wellenlängenwerten der einzelnen Linien kein Unterschied zwischen Element und Verbindung gefunden. Bei Kalium, Titan und Vanadium wurde sowohl beim Element als auch bei den Verbindungen außer β'' und β_2 noch ein kurzwelliger dazwischenliegender Satellit gefunden.

Es werden schließlich die verschiedenen Deutungen der β'-Linie der Eisenreihe besprochen und auf die Möglichkeit hingewiesen, daß innerhalb der Niveaus M_I, M_{II}, M_{III} mehrere verschiedene Konfigurationen vorkommen.

Schließlich werden die röntgenspektroskopischen Resultate mit den aus den Untersuchungen über kritische Potentiale erhaltenen Ergebnissen und neueren optischen Daten verglichen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur.

1. G. Ortner, Mitteilungen dem Institut für Radiumforschung, Nr. 182. Wien 1926.

M. Siegbahn, Spektroskopie der Röntgenstrahlen, p. 44, Julius Springer, Berlin 1924.

Zeitschrift für Physik, Bd. 9, p. 68, 1922.

3. D. Coster, Phil. Mag. (6), vol. 43, p. 1070, 1922.
44, » 546, 1922.

N. Bohr und D. Coster, Zeitschrift für Physik, Bd. 12, p. 342, 1923.

4. E. Hjalmar, Zeitschrift für Physik, Bd. 1, p. 439, 1920.

M. Siegbahn und V. Dolejšek, Zeitschrift für Physik, Bd. 10, p. 159, 1922.

D. Coster, l. c.

G. Wentzel, Annalen der Physik, Bd. 66, p. 458, 1921.

6. D. Coster und M. I. Druyvesteyn, Zeitschrift für Physik, Bd. 40, p. 765, 1927.

I. H. van der Tuuk, Zeitschrift für Physik, Bd. 41, p. 326, 1927.

8. N. Seljakow und A. Krasnikow, Nature, vol. 117, p. 554, 1927.

9. G. Ortner, Nature, vol. 117, p. 823, 1926.

10. E. C. Stoner, Phil. Mag. (7), vol. 2, p. 97, 1926 (dortselbst weitere Literaturangaben).

11. R. A. Millikan, I. S. Bowen and R. A. Sawyer, Astrophys. Journal, vol. 53, p. 150, 1921.

12. R. A. Millikan and I. S. Bowen, Phys. Rev., vol. 23, p. 1, 1924.

13. O. W. Richardson and F. C. Chalkin, Proc. Roy. Soc., vol. 110, p. 247, 1926.

14. R. Thoraeus, Phil. Mag. (7), vol. 2, p. 1007, 1926.

15. E. Bäcklin, M. Siegbahn and R. Thoraeus, Phil. Mag. (6), vol. 49, p. 513, 1925.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

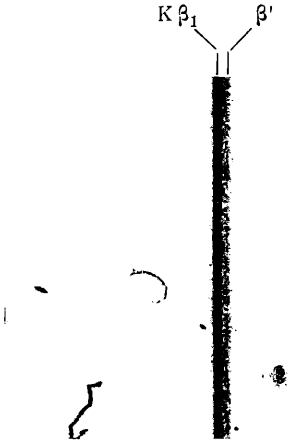

Fig. 1. Fe_2O_3.

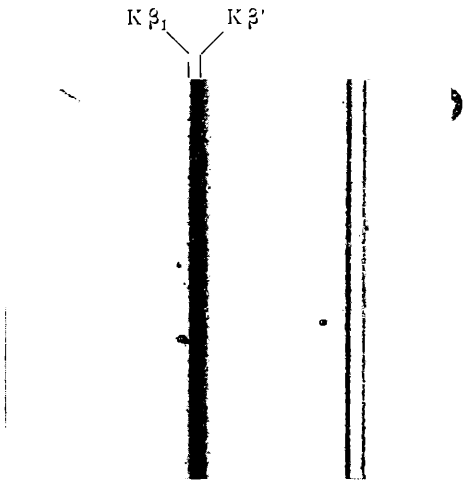

Fig. Co elem.

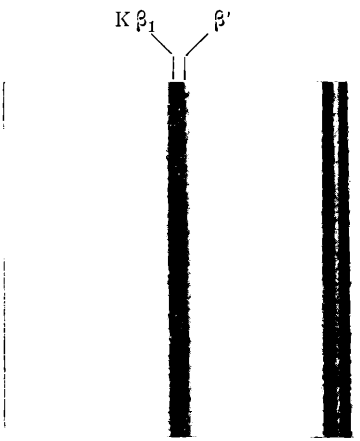

Fig. 3. Co_3O_4.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: 136_2a

Autor(en)/Author(s): Ortner Gustav

Artikel/Article: Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 205. Die K-ß-Linien der Elemente der Eisenreihe; II. 369-377