

# HANDBUCH DER ASTROPHYSIK

HERAUSGEGEBEN, VON  
G. EBERHARD · A. KOHLSCHÜTTER  
H. LUDENDORFF

BAND III / ZWEITE HÄLFTE  
GRUNDLAGEN  
DER ASTROPHYSIK  
DRITTER TEIL



BERLIN  
VERLAG VON JULIUS SPRINGER  
1930

# GRUNDLAGEN DER ASTROPHYSIK

DRITTER TEIL

II

BEARBEITET VON

W. GROTRIAN · O. LAPORTE

E. A. MILNE · K. WURM

MIT 131 ABBILDUNGEN



BERLIN  
VERLAG VON JULIUS SPRINGER  
1930

ISBN-13:978-3-642-88851-9 e-ISBN-13:978-3-642-90706-7  
DOI: 10.1007/978-3-642-90706-7

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG  
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.  
COPYRIGHT 1930 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.  
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1930

# Inhaltsverzeichnis.

Kapitel 5.

## Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren.

Von Prof. Dr. W. GROTRIAN, Potsdam.

(Mit 73 Abbildungen.)

	Seite
a) Die Spektren von Atomen und Ionen mit einem einzigen Elektron . . . . .	475
a <sub>1</sub> ) Das Spektrum des Wasserstoffatoms . . . . .	475
1. Die BALMER-Serie . . . . .	475
2. Die LYMAN-, RITZ-PASCHEN- und andere Serien . . . . .	478
3. Die Termdarstellung der Serien und ihre atomtheoretische Deutung . . . . .	479
4. Das Niveauschema des Wasserstoffatoms . . . . .	481
5. Der genaue Wert der RYDBERG-Konstanten $R_H$ . . . . .	484
6. Die atomtheoretische Deutung des Grenzkontinuums . . . . .	486
a <sub>2</sub> ) Das Spektrum des ionisierten Heliumatoms . . . . .	486
7. Die historische Entwicklung . . . . .	486
8. Die einzelnen Serien . . . . .	487
9. Der Wert der RYDBERG-Konstanten $R_{He}$ und $R_\infty$ . . . . .	489
10. Die Spektren von $Li^{++}$ und $Be^{+++}$ . . . . .	489
b) Die Spektren von Atomen und Ionen mit einem Valenzelektron . . . . .	490
11. Historische Bemerkung . . . . .	490
12. Die empirischen Serienformeln . . . . .	491
13. Die Haupt-, Neben- und BERGMANN-Serien . . . . .	492
14. Die Werte der Grenzterme . . . . .	494
15. Die symbolische Bezeichnung der Serien und Terme . . . . .	495
16. Das Niveauschema des Li-Bogenspektrums . . . . .	497
17. Die Zuordnung der $l$ -Werte zu den Termen . . . . .	500
18. Die Auswahlregel für $l$ . . . . .	502
19. Die Dublettstruktur der Alkalibogenspektren . . . . .	503
20. Die innere Quantenzahl $j$ . . . . .	514
21. Die atomtheoretische Deutung der Dublettstruktur . . . . .	514
22. Die RUSSELL-SAUNDERSschen Termsymbole . . . . .	515
23. Die Bogenspektren von Cu, Ag und Au . . . . .	515
24. Allgemeine Bemerkungen über die Funkenspektren . . . . .	517
25. Die effektive Quantenzahl $n^*$ . . . . .	519
26. Die alkaliähnlichen Funkenspektren . . . . .	520
c) Die Spektren von Atomen und Ionen mit zwei Valenzelektronen . . . . .	531
27. Die zwei Seriensysteme . . . . .	531
28. Das Singulettssystem . . . . .	531
29. Das Triplettssystem . . . . .	534
30. Das zusammengesetzte Triplett. . . . .	535
31. Die $j$ -Werte der Terme . . . . .	537
32. Die RUSSELL-SAUNDERSschen Symbole . . . . .	539
33. Die atomtheoretische Deutung . . . . .	539
34. Die einzelnen Bogenspektren . . . . .	551
35. Die erdalkaliähnlichen Funkenspektren . . . . .	551
36. Das Heliumbogenspektrum . . . . .	555
d) Die Spektren von Atomen und Ionen mit drei Valenzelektronen . . . . .	565
37. Die Bogenspektren der Erdmetalle . . . . .	565
38. Die erdmetallähnlichen Funkenspektren . . . . .	572
39. Die atomtheoretische Deutung . . . . .	573

	Seite
e) Die Zuordnung der wahren Hauptquantenzahlen „ $n$ “ zu den Termen . . . . .	576
40. Historische Bemerkung . . . . .	576
41. Das Symbol für die Bindung eines Elektrons . . . . .	577
42. Das Prinzip für die Zuordnung der Hauptquantenzahlen . . . . .	578
43. Das Resultat der Zuordnung . . . . .	578
44. Die Differenzen $n - n^*$ und ihre Erklärung . . . . .	585
f) Die Größe und Frequenzdifferenz der Terme . . . . .	590
45. Das MOSELEYSche Gesetz . . . . .	590
46. Die MOSELEY-Diagramme . . . . .	592
47. Das Gesetz der irregulären Dubletts . . . . .	596
48. Das Gesetz der regulären Dubletts . . . . .	598
Zusammenfassende Darstellungen der Seriengesetze der Linienspektren (chronologisch geordnet) . . . . .	601

## Kapitel 6.

## Theorie der Multiplettspektren.

Von Prof. Dr. O. LAPORTE, Ann Arbor, Mich.

(Mit 30 Abbildungen.)

a) Qualitative Struktur . . . . .	603
1. Einleitung . . . . .	603
2. Vektormodell . . . . .	605
3. Koppelungsschemata, Vorbereitendes . . . . .	608
4. Das RUSSELL-SAUNDERSsche Koppelungsschema . . . . .	609
5. Zahlenbeispiel zur RUSSELL-SAUNDERS-Koppelung . . . . .	614
6. Andere Arten der Koppelung . . . . .	615
7. Einleitende Betrachtungen über den ZEEMAN-Effekt . . . . .	617
8. Quantelung im Magnetfeld durch Grenzübergang . . . . .	620
9. Hyperfeinstruktur . . . . .	620
10. Das PAULISChe Ausschließungsprinzip. Bau des periodischen Systems. Niveaus bei zwei äquivalenten $p$ -Elektronen . . . . .	622
11. Das PAULISChe Prinzip. Tabellen, Extremfälle . . . . .	627
b) Quantitative Termformeln . . . . .	630
12. Einleitende Bemerkungen über Termdarstellung . . . . .	630
13. Besprechung der allgemeinen Energieformel. Spezialisierung für ein Elektron . . . . .	631
14. Beliebig viele Elektronen. Das Hauptglied . . . . .	633
15. Beliebig viele Elektronen. Wechselwirkung zwischen $l_i$ und $s_i$ im Falle von RUSSELL-SAUNDERS-Koppelung. Intervallregel . . . . .	634
16. Permanenz der $L$ -Werte. Absolute Größe der Aufspaltungen, die durch äquivalente Elektronen hervorgerufen sind . . . . .	636
17. Die absolute Größe der Aufspaltung des Terms höchster Multiplizität, welcher durch äquivalente Elektronen entsteht . . . . .	643
18. Absolute Intervalle bei nichtäquivalenten Elektronen . . . . .	644
19. Wechselwirkung der Spinvektoren bei $\{LS\}$ - und $\{jj\}$ -Koppelung. Abstände der Terme innerhalb einer Konfiguration . . . . .	648
20. Diskussion des Übergangs von $\{LS\}$ - zu $\{jj\}$ -Koppelung in einigen speziellen Fällen . . . . .	651
c) ZEEMAN-Effekt . . . . .	656
21. RUSSELL-SAUNDERS-Koppelung. Permanenz der $g$ -Werte . . . . .	656
22. Beliebige Koppelung. $g$ -Summenregel . . . . .	663
23. Allgemeine $g$ -Formel bei zwei Elektronen . . . . .	665
24. $g$ -Werte beim Übergang von der $\{LS\}$ - zur $\{j_1j_2\}$ -Koppelung für den Fall $l_1 = 0$ . . . . .	668
25. Bemerkungen über die numerische Berechnung und Interpretation von ZEEMAN-Aufspaltungen . . . . .	669
d) Intensitäten und Auswahlregeln . . . . .	673
26. Summenregeln. Intensitätsformeln bei normaler Koppelung . . . . .	673
27. Vergleich mit der Erfahrung . . . . .	674
28. Intensitätsvergleich in verschiedenen Multipletts bei normaler Koppelung . . . . .	677
29. Einfluß der Koppelung auf die Intensitäten. Interkombinationen . . . . .	678
30. Intensitätsformeln für ZEEMAN-Komponenten in schwachem Feld . . . . .	681
31. Vergleich mit der Erfahrung . . . . .	682

	Seite
32. Beeinflussung der Intensitäten der ZEE-MAN-Komponenten im beginnenden PASCHEN-BACK-Effekt . . . . .	683
33. Auswahlprinzip für $l_i$ . . . . .	684
34. „Verbotene“ Linien in Spektren von Himmelskörpern . . . . .	686
<b>e) Serien in Komplexspektren . . . . .</b>	<b>687</b>
35. Verschobene Serien, Zusammenhang mit dem Funkenspektrum . . . . .	687
36. Fortsetzung. Einfluß der Komplexstruktur . . . . .	690
37. Ablösungsarbeiten . . . . .	691
38. Totale Ionisierungsspannung . . . . .	694
39. Die RÖNTGEN-Spektren und ihr Zusammenhang mit den optischen Spektren	696
<b>f) Betrachtung der einzelnen Perioden und ihrer Spektren . . . . .</b>	<b>700</b>
40. Die $p$ -Schalen . . . . .	700
41. Die $d$ -Schalen . . . . .	705
$\alpha$ ) Konfigurationen und Terme. Wettbewerb der $d$ - und $s$ -Elektronen . . . . .	706
$\beta$ ) Das Bogenspektrum des Eisens als Beispiel. . . . .	714
$\gamma$ ) Paramagnetismus in der Eisengruppe . . . . .	716
42. Die seltenen Erden . . . . .	720
$\alpha$ ) Die wesentlichen Konfigurationen . . . . .	720
$\beta$ ) Paramagnetismus. . . . .	722
<b>g) Literatur über Termordnung in Spektren . . . . .</b>	<b>723</b>

Kapitel 7.

**Bandenspektren.**

Von Dr. K. WURM, Potsdam.

(Mit 28 Abbildungen.)

<b>a) Bandensystem und Bandenstruktur . . . . .</b>	<b>738</b>
1. Allgemeines . . . . .	738
2. Serienformeln und Molekelterme . . . . .	739
3. Kernschwingungsstruktur . . . . .	747
4. Rotationsstruktur . . . . .	751
5. Kombinationsprinzip. Bestimmung der Bandenterme . . . . .	753
<b>b) Elektronenterme . . . . .</b>	<b>755</b>
6. Empirische Feinstrukturen. Wechsel- und Verschiebungssatz . . . . .	755
7. Systematik der Elektronenterme . . . . .	757
8. Auswahlregeln, erweiterte Bezeichnung . . . . .	762
9. Ausfall von Linien zwischen $R$ - und $P$ -Zweig . . . . .	763
<b>c) Intensitäten . . . . .</b>	<b>764</b>
10. Intensitäten der Zweige . . . . .	764
11. Intensitäten der Banden. Intensitätsverteilung im Kantenschema . . . . .	771
12. CONDONSche Theorie der Intensitätsverteilung im Bandensystem . . . . .	772
<b>p) Isotopieeffekt . . . . .</b>	<b>774</b>
13. Allgemeines . . . . .	774
14. Theorie des Isotopieeffektes . . . . .	775
15. Elektroneneffekt . . . . .	775
16. Oszillationseffekt . . . . .	776
17. Rotationseffekt . . . . .	777
<b>e) Spektroskopische Bestimmung der Dissoziationsarbeit von Molekülen . . . . .</b>	<b>777</b>
18. Einleitung . . . . .	777
19. Der Verlauf des Potentials der Bindungskräfte . . . . .	779
20. Bestimmung der Dissoziationsarbeit aus der Beobachtung der Konvergenzstelle der Kantenserien . . . . .	780
21. Beispiele . . . . .	781
22. Bestimmung der Dissoziationsarbeit durch Extrapolation der Serienformel . . . . .	782
23. Dissoziation von $\text{Na}_2$ . . . . .	783
24. Die Weiterentwicklung des Extrapolationsverfahrens durch BIRGE . . . . .	784
25. Prädissoziation . . . . .	785
<b>Literatur . . . . .</b>	<b>787</b>

## Chapter 8.

**Theory of Pulsating Stars.**

By Prof. E. A. MILNE, Oxford.

a) <b>General Theory</b> . . . . .	804
1. Historical . . . . .	804
2. The Conservation of Energy for a Fluid moving in a Field of Radiation . . . . .	804
3. Physical Meaning . . . . .	806
4. The BERNOULLIAN Energy Integral for Steady Motion along the Temperature-Gradient . . . . .	808
5. Convective Equilibrium under Radiation Pressure . . . . .	809
6. Application to Adiabatic Motions of a Gaseous Star . . . . .	810
b) <b>Pulsation Theory</b> . . . . .	811
7. Historical . . . . .	811
8. Adiabatic Oscillations of a Gaseous Star. EDDINGTON'S Theory . . . . .	813
c) <b>Stability Investigations</b> . . . . .	819
9. JEANS' Investigations on the Stability of Stellar Structures. . . . .	819

Nachtrag zum Literaturverzeichnis S. 724—737 (Kap. 6, O. LAPORTE, Theorie der Multiplettspektren) . . . . .	822
Sachverzeichnis . . . . .	825

**Berichtigungen zu Band III.**

- S. 71 Zeile 15 von unten: lies  $F$  statt  $\mathfrak{F}$ .
- S. 173 Fußnote: lies  $T_1^{\dagger} = (4/\sqrt{3}) T_0^{\dagger}$  statt  $\tau_1^{\dagger} = (4/\sqrt{3}) \tau_0^{\dagger}$ .
- S. 357 Gleichung (4): lies  $\frac{\partial}{\partial z} (\nu m \bar{u} \bar{w})$  statt  $\frac{\partial}{\partial z} (\nu m \bar{u} \bar{v})$ .
- S. 361 in den beiden letzten Gleichungen: lies  $\prod_{i=1}^{Nr} \{ \dots \}$  statt  $\prod_{i=1}^r \{ \dots \}$ .
- S. 362 in Gleichung (25) und in der Gleichung darüber: lies  $m_k$  statt  $m_i$ ,  $u_k$  statt  $u_i$ .
- S. 362 Gleichung (26): lies  $m$  statt  $m_i$ .
- S. 387 Zeile 2 unter Gleichung (104): lies  $\mathbf{A}_r$  statt  $A_r$ .
- S. 392 Zeile 5 von unten: lies  $\text{const} \cdot \delta_n, n' \pm 1$  statt  $\delta_n, n' \pm 1$ .
- S. 394 Gleichung (143): lies  $E_{jn_2}$  statt  $E_{jn_2}$ .
- S. 398 Gleichung (162): lies  $\varepsilon_{p1}$  statt  $\varepsilon_{p1}$ .
- S. 440 Gleichung (290) und 2 Zeilen darüber: lies  $-\lambda$  und  $-\lambda_1$  statt  $\lambda$  und  $\lambda_1$ .
- S. 460 Gleichung (368) und (369). Der Index  $dw$  gibt die Richtung des gestreuten Strahles an.
- S. 463 Gleichung (378): lies  $\frac{1}{4} A^2$  statt  $A^2$ .
- S. 464 Gleichung (381): lies  $\left( \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} \right)^2$  statt  $\left( \frac{y - y_0}{\nu_0} \right)^2$ .
- S. 465 Gleichung (382): lies  $B_{nm}$  statt  $B_{mn}$ .
- S. 469 Gleichung (392): lies  $\pi 420 \beta$  statt  $\pi 420$ .

**Berichtigungen zu Band IV.**

- S. 160 Fußnote <sup>1</sup>: lies vol 14, No 13 statt vol 4, No 2.
- S. 161 Fußnote <sup>2</sup>: ebenso.