

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

	Seite
1. Die Bedeutung der Atomphysik für Wissenschaft und Technik	1
2. Die Methodik der atomphysikalischen Forschung	3
3. Schwierigkeit, Gliederung und Darstellung der Atomphysik	5
Literatur	7

II. Allgemeines über Atome, Ionen, Elektronen, Atomkerne und Photonen

1. Belege für die Atomistik der Materie und der Elektrizität	8
2. Masse, Größe und Zahl der Atome. Das Periodensystem der Elemente	9
a) Atomgewicht und Periodensystem	9
b) Die Bestimmung der AVOGADRO-Konstante und der absoluten Atommassen	12
c) Die Größe der Atome	13
3. Belege für den Aufbau der Atome aus Kern und Elektronenhülle. Allgemeines über Atommodelle	15
4. Freie Elektronen und Ionen	19
a) Die Erzeugung freier Elektronen	20
b) Die Bestimmung von Ladung und Masse des Elektrons	21
c) Anwendungen des freien Elektrons. Elektronengeräte	25
d) Freie Ionen	28
5. Überblick über den Aufbau der Atomkerne	29
6. Die Isotopie	30
a) Entdeckung der Isotopie und Bedeutung für die Atomgewichte	30
b) Deutung und Eigenschaften der Isotope	30
c) Die Bestimmung der Massen und relativen Häufigkeiten von Nukliden. Die Massenspektroskopie	32
d) Die Verfahren der Isotopen trennung	41
7. Photonen	43
Literatur	46

III. Atomspektren und Atombau

1. Aufnahme, Auswertung und Einteilung von Spektren	47
a) Methoden der Spektroskopie in den verschiedenen Spektralgebieten	47
b) Emissions- und Absorptionsspektren	51
c) Wellenlängen und Intensitäten	53
d) Linien-, Banden- und kontinuierliche Spektren	53
2. Serienformeln und Termdarstellung von Linienspektren	54
3. Die Grundvorstellungen der BOHRschen Atomtheorie	56
4. Die Anregung von Quantensprüngen durch Stöße	60
5. Das Wasserstoffatom und seine Spektren nach der BOHRschen Theorie	64
6. Atomvorgänge und ihre Umkehrung. Ionisierung und Wiedervereinigung. Kontinuierliche Atomspektren und ihre Deutung	70
a) Stöße erster und zweiter Art und ihre Folgeprozesse. Emission und Absorption	70
b) Stoßionisierung und Dreierstoß-Rekombination	71

	Seite
c) Photoionisierung und Seriengrenzkontinuum in Absorption	72
d) Strahlungsrekombination und Seriengrenzkontinua in Emission	73
e) Elektronenbremsstrahlung	75
7. Die Spektren der wasserstoffähnlichen Ionen und der spektroskopische Verschiebungssatz	76
8. Die Spektren der Alkaliatome und ihre Deutung. Die S-, P-, D-, F-Termsfolgen	79
9. Der Dublettcharakter der Spektren von Einelektronenatomen und der Einfluß des Elektronenspins	86
a) Bahndrehimpuls, Eigendrehimpuls (Spin) und Gesamtdrehimpuls der Einelektronenatome	86
b) Die Dublettstruktur der Alkaliatomterme	88
c) Dublettcharakter und Feinstruktur der BALMER-Terme des Wasserstoffatoms	89
10. Die Röntgenspektren, ihre atomtheoretische Deutung und ihr Zusammenhang mit den optischen Spektren	91
a) Elektronenschalenaufbau und Röntgenspektren	91
b) Der Mechanismus der Röntgenlinienemission	92
c) Die Feinstruktur der Röntgenlinien	93
d) Die Röntgenabsorptionsspektren und ihre Kantenstruktur	95
11. Allgemeines über die Spektren der Mehrelektronenatome. Multiplizitätsysteme und Mehrfachanregung	98
12. Systematik der Terme und Termsymbole bei Mehrelektronenatomen	100
13. Der Einfluß des Elektronenspins und die Theorie der Multipletts von Mehrelektronenatomen	103
14. Metastabile Zustände und ihre Wirkungen	106
15. Die atomtheoretische Deutung der magnetischen Eigenschaften der Elektronen und Atome	108
16. Atome im elektrischen und magnetischen Feld. Richtungsquantelung und Orientierungsquantenzahl	113
a) Richtungsquantelung und STERN-GERLACH-Versuch	114
b) Der normale ZEEMAN-Effekt der Singulettatome	115
c) Der anomale ZEEMAN-Effekt und der PASCHEN-BACK-Effekt der Nichtsingulettatome	116
d) Der STARK-Effekt	118
17. Die Multiplettaufspaltung als magnetischer Wechselwirkungseffekt	120
18. PAULI-Prinzip und abgeschlossene Elektronenschalen	121
19. Die atomtheoretische Erklärung des Periodensystems der Elemente	123
20. Die Hyperfeinstruktur der Atomlinien. Isotopie-Effekte und Einfluß des Kernspins	133
21. Die natürliche Breite der Spektrallinien und ihre Beeinflussung durch innere und äußere Störungen	135
22. BOHRS Korrespondenzprinzip und das Verhältnis der Quantentheorie zur klassischen Physik	139
23. Übergangswahrscheinlichkeiten und Intensitätsfragen. Lebensdauer und Oszillatorenstärke	142
24. Maser und Laser	144
Literatur	146

IV. Die quantenmechanische Atomtheorie

1. Der Übergang von der BOHRschen zur quantenmechanischen Atomtheorie	147
2. Der Welle-Teilchen-Dualismus beim Licht und bei der Materie	149
3. Die HEISENBERGSche Unbestimmtheitsbeziehung	154
4. DE BROGLIES Materiewellen und ihre Bedeutung für die BOHRsche Atomtheorie	158
5. Die Grundgleichungen der Wellenmechanik. Eigenwerte und Eigenfunktionen. Die Matrizenmechanik und ihr Verhältnis zur Wellenmechanik	162

Inhaltsverzeichnis

IX

Seite

6. Die Bedeutung der wellenmechanischen Ausdrücke, Eigenfunktionen und Quantenzahlen	168
7. Beispiele für die wellenmechanische Behandlung atomarer Systeme	170
a) Der Rotator mit starrer raumfester Achse	171
b) Der Rotator mit raumfreier Achse	172
c) Der lineare harmonische Oszillator	173
d) Das Wasserstoffatom und seine Eigenfunktionen	176
8. Die quantenmechanischen Ausdrücke für beobachtbare Eigenschaften atomarer Systeme	181
9. Die wellenmechanische Strahlungstheorie. Übergangswahrscheinlichkeit, Auswahlregeln und Polarisationsverhältnisse	182
10. Die wellenmechanische Fassung des PAULI-Prinzips und seine Konsequenzen	185
11. Die Wechselwirkung gekoppelter gleichartiger Systeme. Austauschresonanz und Austauschenergie	190
12. Der Brechungsindex der Ψ -Wellen und der quantenmechanische Tunnel-Effekt (Durchgang eines Teilchens durch einen Potentialwall)	195
13. Die Quantenstatistiken nach FERMI und BOSE und ihre physikalische Bedeutung	198
14. Die Grundideen der Quantenelektrodynamik. Die Quantelung von Wellenfeldern	202
15. Leistungen, Grenzen und philosophische Bedeutung der Quantenmechanik	204
Literatur	209

V. Die Physik der Atomkerne und Elementarteilchen

1. Die Kernphysik im Rahmen der allgemeinen Atomphysik	211
2. Methoden zum Nachweis und zur messenden Erfassung von Kernprozessen und Kernstrahlung	212
3. Die Erzeugung energiereicher Kerngeschosse in Beschleunigungsmaschinen	219
4. Allgemeine Eigenschaften der Atomkerne	229
a) Kernladung, Kernmasse und Aufbau der Atomkerne aus Nukleonen	229
b) Durchmesser, Dichte und Form der Atomkerne	230
c) Kerndrehimpuls und Kernisomerie	231
d) Die Polarisation von Atomkernen bzw. Teilchenstrahlen	232
e) Die magnetischen Momente von Proton, Neutron und zusammengesetzten Kernen	233
f) Die Parität	236
5. Massendefekt und Kernbindungsenergie. Die Ganzzahligkeit der Isotopen-Gewichte	236
6. Die natürliche Radioaktivität und die aus ihr erschlossenen Kernvorgänge .	239
a) Die natürlich radioaktiven Zerfallsreihen	239
b) Zerfallsart, Zerfallskonstante und Halbwertszeit	240
c) Die Zerfallsenergien und ihr Zusammenhang mit den Halbwertszeiten der radioaktiven Kerne	241
d) Die Deutung der γ -Strahlung und der MöSSBAUER-Effekt	243
e) Termschemata und Zerfallsmöglichkeiten radioaktiver Kerne	245
f) Die Erklärung des α -Zerfalls	246
g) Die Erklärung des β -Zerfalls und die Existenz des Neutrino	248
7. Künstliche Radionuklide und ihre Umwandlungen	250
a) β^+ -Aktivität, Positronen, Neutrinos und Antineutrinos	250
b) Die Kernumwandlung durch Bahnelektroneneinfang	252
c) Der Zerfall künstlicher Radionuklide unter Emission von Neutronen oder α -Teilchen	252
d) Isomere Kerne und ihre Zerfallsprozesse	253
8. Allgemeines über erzwungene Kernumwandlungen und ihren Ablauf	253
9. Energiebilanz, Reaktionsschwelle und Ausbeute erzwungener Kernreaktionen	258
a) Energiebilanz und Reaktionsschwelle	258
b) Ausbeute und Anregungsfunktionen erzwungener Kernreaktionen	259

	Seite
10. Energieniveauschemata von Atomkernen und ihre empirische Ermittlung	261
11. Tröpfchenmodell und Kernsystematik	267
12. Einzelnukleonen-Modell und kollektives Kernmodell. Magische Nukleonenzahlen, Nukleonen-Quantenzahlen und Eigenschaften des Kernrumpfes	273
13. Entdeckung, Eigenschaften und Wirkungen des Neutrons	279
a) Entdeckung, Massenbestimmung und Radioaktivität des Neutrons	279
b) Neutronenquellen	280
c) Die Erzeugung thermischer und monochromatischer Neutronen	281
d) Nachweis und Messung von Neutronen	282
e) Spezifische neutronenausgelöste Kernreaktionen	284
14. Die Kernspaltung	284
15. Die Kernspaltungsbombe und ihre Wirkungen	289
16. Die Freimachung nutzbarer Atomkernenergie in Kernreaktoren	292
17. Anwendungen stabiler und radioaktiver Isotope	299
18. Thermische Kernreaktionen bei höchsten Temperaturen im Innern der Sterne. Die Frage nach der Entstehung der Elemente	302
19. Die Problematik einer künftigen Energiegewinnung durch Kernfusion	307
20. Stoßvorgänge höchster Energie und Elementarteilchenphysik	309
a) Die Primärteilchen der Höhenstrahlung	310
b) Die Sekundärprozesse der Höhenstrahlung	312
21. Paarerzeugung, Paarzerstrahlung und Antimaterie	315
22. Stoßprozesse energiereicher Elektronen und Photonen	318
23. Mesonen, Hyperonen und angeregte Elementarteilchenzustände	320
24. Die theoretische Deutung der Elementarteilchen	328
25. Nukleonen, Mesonenwolken und Kernkräfte	335
26. Das Problem der universellen Naturkonstanten	337
Literatur	339

VI. Physik der Moleküle

1. Ziel der Molekülfysik und Zusammenhang mit der Chemie	343
2. Die allgemeinen Eigenschaften von Molekülen und die Methoden zu ihrer Bestimmung	344
a) Größe und Kernanordnung von Molekülen	344
b) Permanente Dipolmomente von Molekülen	346
c) Polarisierbarkeit und induzierte Dipolmomente von Molekülen	348
d) Die Anisotropie der Polarisierbarkeit. KERR-Effekt, RAYLEIGH-Streuung und RAMAN-Effekt	349
3. Spektroskopische Methoden zur Bestimmung von Molekülkonstanten	351
4. Allgemeines über Aufbau, Struktur und Bedeutung von Molekülspektren	354
5. Die Systematik der Elektronenterme zweiatomiger Moleküle	357
6. Schwingung und Schwingungsspektren zweiatomiger Moleküle	361
a) Schwingungsterme und Potentialkurvenschema	361
b) Schwingungszustandsänderungen und ultrarote Schwingungsbanden	365
c) Das FRANCK-CONDON-Prinzip als Übergangsregel für gleichzeitigen Elektronen- und Schwingungsquantensprung	366
d) Der Aufbau eines Elektronenbandensystems. Kantenschema und Kantenformeln	368
7. Zerfall und Bildung zweiatomiger Moleküle und ihr Zusammenhang mit den kontinuierlichen Molekülspektren	370
a) Moleküldissoziation und Bestimmung der Dissoziationsenergie	370
b) Die Prädissoziation	372
c) Die Vorgänge bei der Molekülbildung aus Atomen	374
8. Grenzen des Molekülbegriffs. VAN DER WAALS-Moleküle und Stoßpaare	375

9.	Die Molekülrotation und die Ermittlung von Trägheitsmomenten und Kernabständen aus der Rotationsstruktur der Spektren zweiatomiger Moleküle	378
a)	Rotationstermschema und ultrarotes Rotationsspektrum	378
b)	Das Rotationsschwingungsspektrum	380
c)	Die Rotationsstruktur der normalen Elektronensprungbande	381
d)	Der Einfluß des Elektronensprungs auf die Rotationsstruktur	384
e)	Der Einfluß des Kerndrehimpulses auf die Rotationsstruktur symmetrischer Moleküle. Ortho- und Parawasserstoff	384
10.	Die Quantelung von Schwingung und Rotation und die spezifische Wärme der Gase	386
11.	Bandenintensitäten und bandenspektroskopische Temperaturbestimmung .	387
12.	Isotopieeffekte in Molekülspektren	389
13.	Überblick über Spektren und Bau vielatomiger Moleküle	390
a)	Elektronenanregung und Ionisierung mehratomiger Moleküle	390
b)	Rotationsstruktur und Trägheitsmomente mehratomiger Moleküle	392
c)	Schwingung und Dissoziation mehratomiger Moleküle	393
14.	Die physikalische Erklärung der chemischen Bindung	396
a)	Vorquantenmechanische Erklärungsversuche. Heteropolare Bindung und Oktett-Theorie	397
b)	Die Quantentheorie der chemischen Bindung	398
c)	Allgemeines über die Bindung von Atomen mit mehreren Valenzelektronen	402
d)	Mehrfachbindungen, gerichtete Valenzen der Stereochemie und Wirkung nichtlokalisierter Valenzelektronen	404
15.	VAN DER WAALS-Kräfte	408
16.	Molekularbiologie	410
Literatur	412

VII. Festkörper-Atomphysik

1.	Allgemeines über die Struktur des festen, des flüssigen und des Plasma-Zustands der Materie	414
2.	Ideale und reale Kristalle. Strukturempfindliche und strukturunempfindliche Kristalleigenschaften	417
3.	Der Kristall als Makromolekül. Ionengitter, Atomgitter und Molekülgitter	418
4.	Kristallgitter und Strukturanalyse	421
5.	Gitterenergie, Kristallwachstum und Deutung der Eigenschaften von Ionenkristallen	423
6.	Piezoelektrizität, Pyroelektrizität und verwandte Erscheinungen	427
7.	Überblick über Bindung und Eigenschaften des metallischen Zustandes .	429
8.	Kristallschwingungen und die Ermittlung ihrer Frequenzen aus Ultrarotspektrum und RAMAN-Effekt	433
9.	Die atomistische Theorie der spezifischen Wärme fester Körper	437
10.	Allgemeines über Elektronenprozesse in Festkörpern und ihren Zusammenhang mit deren optischen und elektrischen Eigenschaften.	439
a)	Die Bedeutung von Anregung sowie innerer und äußerer Ablösung von Elektronen beim Festkörper	439
b)	Der Zusammenhang zwischen Spektrum (Farbe) und Leitfähigkeit beim Festkörper	439
c)	Energie- und Ladungstransport in Festkörpern. Elektronen, positive Löcher (Defektelektronen), Excitonen, Phononen und ihre Bedeutung .	441
d)	Die Wechselwirkung zwischen Elektronenprozessen und Kristallgitter. Elektronenfallen	443
11.	Energetische Anordnung der Elektronen im Kristall. Energiebändermodell und Elektronensprungsspektren von Kristallen	444
12.	Vollbesetzte und teilbesetzte Energiebänder im Kristall. Isolator und metallischer Leiter nach dem Energiebändermodell	452
13.	Die Elektronentheorie der metallischen Leitfähigkeit	454

	Seite
14. Das Potentialtopfmodell des Metalls. Austrittsarbeit, Photoemission, Glüh-emission, Feldemission, Berührungsspannung	457
15. Die magnetischen Eigenschaften der Festkörper und ihre Erklärung	462
a) Bindungszustand und Magnetismus von Festkörpern	462
b) Para- und Diamagnetismus der Metalle	463
c) Ferromagnetismus als Kristalleigenschaft	465
16. Die Ferroelektrizität.	469
17. Quanteneffekte von Vielteilchensystemen bei tiefsten Temperaturen. Supra-leitung und Supraflüssigkeit	471
a) Die Supraleitung	471
b) Die Supraflüssigkeit des Helium II	474
18. Gitterfehlstellen. Diffusion und Ionenwanderung in Kristallen	476
19. Fehlstellelektronen und ihre Wirkungen in Ionenkristallen. Die Physik der Farbzentren und die Grundprozesse der Photographie	480
20. Elektronenhalbleitung	483
a) Halbleitertypen und ihre Ladungsträger	483
b) Die elektrische Leitfähigkeit von Elektronenhalbleitern und ihre Tempe-raturabhängigkeit.	486
c) Anwendungen der Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Halbleitern	487
d) Magnetische Halbleitereffekte und ihre Anwendungen	488
21. Der Elektronenaustritt aus Halbleiteroberflächen	488
a) Die thermische Elektronenemission von Halbleitern und der Emissions-mechanismus thermischer Oxydkathoden	488
b) Die lichtelektrische Elektronenbefreiung aus Halbleiteroberflächen	490
c) Die Sekundärelektronenemission und verwandte Erscheinungen.	492
22. Elektrische und optische Erscheinungen an inneren Grenzflächen in Halb-leitern und an Metall-Halbleiter-Kontakten.	494
a) Gleichrichter- und Detektorwirkungen	494
b) Stromtor, Tunneldiode und Halbleiter-Laser	497
c) Transistorphysik	498
d) Innerer Photoeffekt, Photoleitfähigkeit und Theorie der Halbleiterphoto-elemente.	501
23. Kristallphosphoreszenz	504
24. Atomare Vorgänge an festen Oberflächen.	508
Literatur	510
Zusammenstellung der für die Atomphysik wichtigsten Konstanten und Beziehungen	515
Sachverzeichnis	516