

# PRÜFUNGSFRAGEN – Grundlagen der Physik III

## (Vorlesung Prof. Aumayr)

(Anmerkung: Wenn nichts dabei steht, ist immer auch das **Prinzip der Ableitung** verlangt, außer es wird die **genaue Ableitung** durch  gefordert; trotzdem Hauptaugenmerk stets auf das **physikalische Verständnis** legen!)

### Atome, Moleküle, Festkörper

(Grundlage: Demtröder, Experimentalphysik 3; 3. Auflage)

- Entwicklung der Atomvorstellung

Kurzer Abriss der historischen Entwicklung; experimentelle und theoretische Hinweise auf die Existenz von Atomen: Dalton'sches Gesetz der konstanten Proportionen (Merksatz p. 10), Def. atomare Masseneinheit (AME), Gesetz von Gay-Lussac und Molbegriff (Merksätze p. 10 – 12); experimentelle Methoden zur Bestimmung der Avogadro-Konstanten (nur Prinzipien ohne Berechnungen; Tab. 2.1); Sichtbarmachung von Atomen: nur Diskussion der Prinzipien anhand Abb. 2.13 – 2.15 u. 2.17 [Brown'sche Molekularbewegung], Abb. 2.18 [Nebelkammer] und Abb. 2.19 – 2.27 [Feldemissions-, Transmissions- und Raster-Elektronenmikroskop sowie Raster-tunnelmikroskop und atomares Kraftmikroskop]; Prinzipien der Bestimmung der Atomgröße: aus dem Kovolumen der van der Waals-Gleichung, aus den Transportkoeffizienten in Gasen und über die Beugung von Röntgenstrahlung an Kristallen

- Elektrischer Aufbau von Atomen

Experimentelle Hinweise: Elektrolyse, Gasentladungen, Hall-Effekt, Radioaktivität, Kathoden- und Kanalstrahlen; Messung der Elementarladung (Zahlenwert von  $e$ !); Erzeugung freier Elektronen: thermische Emission aus Festkörperoberflächen, Feldemission, Photoeffekt an Metalloberflächen, Sekundäremission aus Festkörperoberflächen (Prinzip des Sekundärelektronenvervielfachers [SEV bzw. Photomultiplier]); Erzeugung freier Ionen: Elektronenstoß-Ionisation, Photoionisation von Atomen, Ladungsaustauschstöße, thermische Ionisation, Ionenquellen; Bestimmung der Elektronenmasse:  $e/m$ -Messung mittels Fadenstrahlrohr und Wienfilter  (Zahlenwert von  $m_e$ !); Neutralität von Atomen

- Elektronen- und Ionenoptik

Prinzip der elektrostatischen Linsen gem. Abb. 2.49, Brechungsgesetz (2.47), Diskussion von Abb. 2.50, 2.51 sowie 2.57; magnetische Linsen: Prinzipien des Zyklotrons und des magnetischen Sektorfeldes; Anwendungen im modernen Elektronenmikroskop

- Bestimmung der Atommassen; Massenspektrometer

Einfache Messung von Atommassen (relative Massenzahl und absolute Masse) über  $N_A$ ; Prinzipien des Parabelspektrographen von J.J. Thomson [Merksatz p. 49!], des geschwindigkeitsfokussierenden Aston'schen Massenspektrographen, der Richtungsfokussierung, des doppelfokussierenden Massenspektrographen nach Mattauch, des Flugzeit- und Quadrupol-Massenspektrometers sowie des Ionen-Zyklotron-Resonanz-Spektrometers ("Ionen-" bzw. Penningfalle); Def. Isotope

- Struktur von Atomen

Streuversuche: Def. des integralen und differentiellen Streuquerschnitts; Grundlagen der klassischen Streutheorie: nur prinzipielle Vorgangsweise ohne Berechnungen (Merksätze und "Man beachte" p. 61); Bestimmung der Ladungsverteilung im Atom aus Streuexperimenten: Thomson'sches Atommodell (Abb. 2.83 – 2.85; keine Berechnungen), Rutherford'sches Atommodell mit Versuchsaufbau Abb. 2.86, Rutherford'sche Streuformel: nicht explizit, nur Proportionalität  $1/\sin^4 \vartheta/2$  und Diskussion anhand Abb. 2.88 u. 2.89 sowie Ergebnis der Streuversuche (vgl. Zusammenfassung p. 69)

- Strahlungsgesetze

Experimentelle Hinweise auf die Natur des Lichtes: Newton, Huygens, Hertz – Wiederholung von Energiedichte, Intensität, Poynting-Vektor und Maxwell-Gleichungen; Hohlraumstrahlung, Kirchhoff'sches Gesetz, Rayleigh-Jeans'sches Strahlungsgesetz (UV-Katastrophe), Planck'sches Strahlungsgesetz: Ableitung bis (3.14a) [jedoch ohne Beweis p. 77 oben] ☑, graph. Darstellung und Diskussion gem. Abb. 3.5 sowie für  $h\nu \ll kT$ ; Wien'sches Verschiebungsgesetz [nur Merksatz und (3.20)], Stefan-Boltzmann'sches Strahlungsgesetz [nur (3.24) mit Diskussion]

- Teilchencharakter elektromagnetischer Strahlung

Photoelektrischer Effekt: Versuch von Hallwachs, Einstein-Gleichung (3.25) mit Erklärung von Abb. 3.10; Compton-Effekt: Compton-Streuformel mit Def. der Compton-Wellenlänge (Prinzip der Ableitung sowie Diskussion); Eigenschaften des Photons: Energie(quanten), Impuls, Drehimpuls (Photonenspin), formale (dynamische!) Masse; Photonen im Gravitationsfeld: Nachweis der Rotverschiebung nach Pound und Rebka (Quantifizierung gem.  $\nu_2$  bei den Beispielen); Wellen- und Teilchenbeschreibung von Licht: Experiment von Taylor zur Photonstruktur einer Lichtwelle, Interferenz von Licht an einem Doppelspalt bei sehr kleinen Intensitäten gem. Abb. 3.16

- Wellencharakter von Teilchen

De Broglie-Wellenlänge, Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung bei Elektronen, Elektronenbeugung (nach Davisson und Germer, sowie Beugung an einer Kante), Beugung und Interferenz von Atomen: Heliumstrahl an Doppelspalt Abb. 3.20 und an stehender Lichtwelle Abb. 3.21; Prinzipien der Bragg-Reflexion [Bragg'sche Gleichung (3.55)], des Neutronenspektrometers, sowie der Neutronen-Interferometrie; Anwendungen der Welleneigenschaften von Teilchen

- Materiewellen und Wellenfunktionen

Materiewellen:  $\psi(x, t)$ ,  $E$ ,  $\vec{p}$  und  $v_{ph}$ , Dispersion, Merksatz p. 92; Wellenpakete (Wellengruppen): Darstellung,  $v_g$  [(3.65) und (3.66)], Interpretation, Merksatz p. 94, Anmerkung; statistische Deutung der Wellenfunktion: Def. der Wahrscheinlichkeitsdichte (Merksatz p. 95), Normierung

- Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation

Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation: Merksatz (3.77) und ihre Bedeutung, Unschärferelation für räumliche Breite  $1/\sqrt{e}$  (3.79) [übliche Relation], für räumliche Breite  $1/e$  (3.80) und für räumliche Breite der beiden ersten Nullstellen (3.81); Beispiel: Berechnung der Beugung von Elektronen an einem Spalt ☑ sowie Diskussion der räumlichen Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops auf Grund der Unschärferelation ☑ (Merksätze!); Auseinanderlaufen (Zerfließen) eines Wellenpaketes; Unbestimmtheitsrelation für Energie und Zeit (3.95) [nur Diskussion ohne Ableitung, Merksatz p. 100]

- Quantenstruktur der Atome; Bohr'sches Atommodell

Wiederholung Rutherford'sches Atommodell; Atomspektren: Absorptions- und Emissions-Spektrum, Linien- und kontinuierliches Spektrum, Balmer-Spektrum [(3.97) und Abb. 3.37 inkl. Serien-Namen]; Bohr'sches Atommodell: Ableitung der möglichen Radien der Elektronenbahnen [(3.102) mit Def. des Bohr'schen Radius] und der möglichen Energiezustände (3.106) ☑, genaue Behandlung der Anmerkung p. 105 mit Einführung der Drehimpulsquantisierung, Zusammenfassung p. 106; Diskussion der Stabilität der Atome mittels der Unbestimmtheitsrelation (Zustand tiefster Energie); genaue Erklärung des Franck-Hertz-Versuchs

- Unterscheidung Quantenphysik von klassischer Physik, Welle-Teilchen-Dualismus

Diskussion der klass. Teilchenbahnen gegen Wahrscheinlichkeitsdichten der Quantenphysik (QP); Interferenzerscheinungen bei Licht- und Materiewellen: Diskussion des Doppelspaltversuchs für makroskopische Teilchen, Licht und Elektronen; Rolle des Messprozesses in der QP und Bedeutung der QP für unser Naturverständnis

- Grundlagen der Quantenmechanik, Schrödingergleichung

Aufstellen der Schrödingergleichung (SG) [ $\hat{=}$  quantenmechanischem Analogon zum Energiesatz]: Materiewelle für freies Teilchen, Wellengleichung, Separationsansatz (4.4), stationäre (zeitunabhängige) SG in einer (4.6a) und drei Dimensionen (4.6b) sowie zeitabhängige SG für freies Teilchen (4.7) ; genaue Behandlung von "Man beachte" p.118; allgemeine zeitabhängige SG (4.8)

- Anwendungsbeispiele der stationären Schrödingergleichung

Freies Teilchen: Ableitung der Lösungsfunktionen (4.10) bzw. (4.11) , Normierungsbedingung; Potentialstufe: exakte Erarbeitung der Lösungsfunktionen einschließlich Stetigkeitsbedingungen , Diskussion der Fälle  $E < E_0$  (insbesondere Merksätze p. 121 und Abb. 4.4 sowie Def. der Eindringwahrscheinlichkeit) und  $E > E_0$  [Abb. 4.5 sowie Reflexionskoeffizient (4.19a) und Transmissionskoeffizient (4.19b)], Anmerkungen

- Tunneleffekt

Diskussion der Situation gem. Abb. 4.7 und Beziehungen (4.20) und (4.21), Abhängigkeit des Transmissionsvermögens von der Barriere-Breite [nur Exponentialfaktor von (4.22b)], Erläuterung des Tunneleffekts gem. Abb. 4.8, verminderte Totalreflexion in der Optik (Wiederholung), Erklärung der Feldionisation und des  $\alpha$ -Zerfalls mit dem Tunneleffekt anhand Abb. 4.12 u. 4.13

- Teilchen im Potentialkasten; harmonischer Oszillator

Berechnung der Eigenfunktionen und Energieeigenwerte im unendlich hohen Potentialtopf , Diskussion der möglichen Wellenfunktionen anhand Abb. 4.16, Abhängigkeit der Energieeigenwerte  $E_n$  von der (Haupt-)Quantenzahl  $n$  (4.26b) und der Breite des Potentialkastens Abb. 4.17, Merksatz Nullpunktsenergie und Erklärung mittels der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation, Erläuterung des Verhaltens der Wellenfunktionen in einem endlich hohen Potentialkasten gem. Abb. 4.18; harmonischer Oszillator: Aufstellen der SG (Oszillatorpotential!) und Diskussion der Lösungsfunktionen (Hermite'sche Polynome nicht explizit verlangt) anhand Abb. 4.19, Merksatz p. 130 (äquidistante Energieeigenwerte!) und Vergleich klass. Aufenthaltswahrscheinlichkeit mit Quantenmechanik (QM) gem. Abb. 4.20, Anmerkung

- Mehrdimensionale Probleme

SG (4.40), Teilchen im zweidimensionalen Potentialkasten: Skizzierung der Vorgangsweise mittels Produktansatz (4.41), Energieeigenwerte (4.45) und Diskussion gem. Abb. 4.23, Def. der Entartung von Energiezuständen; Teilchen im kugelsymmetrischen Potential (nur prinzipielle Vorgangsweise!):  $\Delta$ -Operator in Kugelkoordinaten (nicht explizit verlangt), Lösungsprinzip der SG mittels Separationsansatz (4.49), Lösungsfunktionen  $\Phi_m(\varphi)$  mit Lösungsparameter magnetische Quantenzahl (QZ)  $m$ , Legendre-Polynome (nicht explizit) mit Lösungsparameter bzw. Bahndrehimpuls-QZ  $\ell$  mit den Bedingungen (4.59) und (4.61), Kugelflächenfunktionen (nicht explizit) als Produktfunktionen des  $\vartheta$ - und  $\varphi$ -Anteils, Diskussion der Polardiagramme Abb. 4.26 für  $\ell = 0$  und 1, "Man beachte" p. 136

- Erwartungswerte und Operatoren; Drehimpuls in der Quantenmechanik

Def. der Erwartungswerte für Ort, Radiusvektor und Energie, Merksatz p. 137; Verknüpfung Erwartungswert (einer Observablen) und Operator: kinetische Energie, Impuls, Gesamtenergie [Hamilton-Operator], Drehimpuls, z-Komponente des Drehimpulses (vgl. Tab. 4.3); Def. von Eigenfunktion und Eigenwert (4.74) u. (4.75), Merksätze p. 138 mit Darstellung der SG als Eigenwertgleichung mit dem Hamilton-Operator (4.81); Drehimpulsoperator, Betrag des Drehimpulses mit der QZ  $\ell$  (4.91) und Eigenwerte von  $L_z$  (4.93), Diskussion der möglichen Zustände für  $\ell = 0, \dots, 5$  gem. Tab. 4.4 und anhand Abb. 4.28 u. 4.29

- Wasserstoffatom, Schrödingergleichung für Einelektronen-Atome

SG für Einelektronen-Atome (nur prinzipielle Vorgangsweise): Ansatz SG für Elektron und Kern im Coulombpotential (5.1), Trennung von Schwerpunkts- und Relativbewegung (reduzierte Masse) und zugehöriger Lösungsansatz, Beschreibung der Schwerpunktsbewegung als ebene Welle in der QM, SG für die Relativbewegung (5.8), Separations(Produkt)ansatz zur Lösung der Radialgleichung, mögliche Energieeigenwerte (5.18) mit Merksatz, Bedingung für die Drehimpuls-QZ (5.19), Haupt-QZ, Name für  $R(r)$  ("Laguerre-Polynome"); QZn und Wellen-

funktionen des H-Atoms: Diskussion der gesamten Lösungsfunktionen (Orbitale) für das H-Atom mit den zugehörigen Bedingungen für die QZn, Buchstabenbezeichnung der Zustände und Zahl der möglichen Zustände für Haupt-QZ  $n$  (Entartungsgrad); Merksätze p. 151 und graph. Verlauf des Radialteils der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Elektrons gem. Abb. 5.7

- Normaler Zeeman-Effekt, Feinstrukturaufspaltung

Normaler Zeeman-Effekt: halbklass. Ableitung des Bohr'schen Magneton und Erklärung der (normalen) Zeeman-Aufspaltung (Merksatz und Abb. 5.9 u. 5.10); Aufspaltungsbild und Polarisation gem. Abb. 5.11; relativistische Korrektur der Energieterme: Erläuterung der Vorgangsweise und Def. der Sommerfeld'schen Feinstrukturkonstante  $\alpha \approx 1/137$  [= Verhältnis zwischen  $v_1$  in der 1. Bohr'schen Bahn und  $c$ ]

- Elektronenspin, Spin-Bahn-Kopplung; Fein- und Hyperfeinstruktur

Stern-Gerlach-Experiment, Einführung des Elektronenspins [Betrag (5.45), magnet. Spinmoment, gyromagnetisches Verhältnis, Spin-QZ  $m_s$  (5.47)], Einstein-de Haas-Effekt (magnetomechanische Anomalie (5.52): Merksatz p. 161, Landé-Faktor); Erklärung der Feinstruktur der H-Energieterme über Spin-Bahn-Kopplung (nur qualitativ anhand Abb. 5.19 und Merksätze p. 162 u. 163); anomaler Zeeman-Effekt (nur Kopplungsprinzip (5.66) und Merksätze p. 164 u. 165); Erklärung der Hyperfeinstruktur über die Kopplung von Kernmoment [Kernmagneton] und Bahnmoment des Elektrons, Paschen-Back-Effekt (Entkopplung der Drehimpulse durch hohe Magnetfelder, vgl. Abb. 5.32)

- Vollständige Beschreibung des Wasserstoffatoms; Bohr'sches Korrespondenzprinzip

Gesamtwellenfunktion und Quantenzahlen (Merksatz p. 169), Termbezeichnung (inkl. Multiplizität), Gültigkeitsbereich der Dirac-Gleichung, Erklärung der Lamb-Verschiebung über virtuelle Wechselwirkungen (vgl. Abb. 5.34), Begriff der Quantenelektrodynamik (QED), Lamb-Retherford-Experiment Abb. 5.36, vollständiges Termschema des H-Atoms Abb. 5.33 (Termschema nicht explizit, nur Erläuterung der Bereiche bzw. Wechselwirkungen gem. unterem Bildteil); Aussagen des Bohr'schen Korrespondenzprinzips mit Beispielen (insbesondere Beispiele 3 u. 4); kurze Diskussion des Modells des Elektrons und seiner Probleme

- Atome mit mehreren Elektronen

Heliumatom: Vorgangsweise für das Aufstellen der SG, Näherungsmodelle, Symmetrie der Wellenfunktionen (alles nur prinzipiell), Berücksichtigung des Elektronenspins (Singulett- und Triplet-Zustände), Pauliprinzip (Merksätze p. 185), Termschema des Heliumatoms: genaue Diskussion des Grundzustandes (s. auch Abb. 6.6) und der ersten angeregten Zustände gem. Abb. 6.7 bzw. p.186 (beachte Multiplizität  $2S+1$ ), Heliumspektrum (Auswahlregeln, Interkombinationsverbot zwischen Singulett- und Triplet-System)

- Aufbau der Elektronenhüllen größerer Atome; Periodensystem der Elemente

Aufbauprinzip, Schalenmodell der Atomhüllen ( $2n^2$  mögliche Zustände), Hund'sche Regel, Aufbau der Elektronenkonfigurationen für die zehn leichtesten Elemente gem. Abb. 6.14 u. 6.15 sowie Tab. 6.1 u. 6.2; Verhalten von Atomvolumina und Ionisierungsenergien, Ordnungsprinzip des Periodensystems der Elemente; Alkaliatome (Leuchtelektron, effektives Potential)

- Elektronenkonfigurationen und Drehimpulskopplungen; angeregte Atomzustände; exotische Atome

Prinzipien der L-S-Kopplung (bei leichten Atomen) und j-j-Kopplung (bei schweren Atomen), Elektronenkonfiguration und Atomzustände leichter Atome (Beispiel Ne Abb. 6.32 sowie Tab. 6.6 u. 6.8, Merksatz p. 208); angeregte Atomzustände: Einfachanregung (Lebensdauer im ns-Bereich, bei metastabil angeregten Zuständen z.B. s bis Stunden), genaue Behandlung der Mehrfachanregung mit Autoionisation und der Innerschalenanregung mit Erzeugung charakteristischer Röntgenstrahlung sowie des Auger-Effekts; hochangeregte Rydbergzustände, planetarische Atome; kurze Diskussion der exotischen Atome: myonische Atome, pionische und kaonische Atome, Antiwasserstoff, Positronium und Myonium

- Emission und Absorption von elektromagnetischer Strahlung durch Atome: Übergangswahrscheinlichkeiten und Auswahlregeln

Induzierte und spontane Übergänge: Berechnung der Relationen für die Einstein-Koeffizienten (7.8) durch Aufstellen der Bilanz für stationäres thermodynamisches Gleichgewicht zwischen Absorption sowie induzierter und spontaner Emission  $\checkmark$ , Erläuterung von Abb. 7.1 und der Beispiele p. 221; Übergangswahrscheinlichkeiten und Auswahlregeln: nur Def. Übergangsdipolmoment und Merksätze p. 225 – 229 bzw. Tab. 7.1 und zusammenfassende Tab. 7.2

- Lebensdauern angeregter Zustände; Linienbreiten der Spektrallinien

Lebensdauern angeregter Zustände: Berechnung der zeitabhängigen Besetzungsdichte (7.41) bei der Fluoreszenz  $\checkmark$ , Def. mittlere und effektive Lebensdauer, Diskussion von Abb. 7.12 – 7.14; Linienbreiten der Spektrallinien: spektrale Leistungsdichte, Linienprofil Abb. 7.16, Halbwertsbreite; Ursache der natürlichen Linienbreite Abb. 7.17 (Lorentz-Profil; Merksatz p. 233, Abb. 7.18), Ursache der Doppler-Verbreiterung Abb. 7.19 (Gauß-Profil; Merksätze p. 235 u. 236), Ursache der Stoßverbreiterung von Spektrallinien [= Verkürzung der Lebensdauer] Abb. 7.21 (Lorentz-Profil; Druckverbreiterung)

- Röntgenstrahlung

Schematischer Aufbau einer Röntgenröhre, Erklärung der Entstehung der Bremsstrahlung, Berechnung der Grenzwellenlänge  $\checkmark$ , Abb. 7.27 u. 7.28a, Entstehungsursache der charakteristischen Röntgenstrahlung; Absorption und Streuung von Röntgenstrahlung: Abschwächungskoeffizient  $\mu$ , Absorptionsgesetz (7.88), Streuwahrscheinlichkeit, Ursachen der Absorption (Photo- und Compton-Effekt sowie Paarbildung), Absorption der Photonenenergie in Blei (genaue Behandlung von Abb. 7.33), Erklärung der Absorptionskanten Abb. 7.34, Moseley'sches Gesetz (7.98) und Abb. 7.36, Feinstruktur der L-Kante Abb. 7.37; Prinzipien der Röntgenfluoreszenz und der Messung von Röntgenwellenlängen [Bragg-Bedingung (7.105)]

- Laser

Erklärung des Akronyms "LASER", Aufbauprinzip Abb. 8.1; physikalische Grundlagen: aktives Medium, Energiepumpe, optischer Resonator, Schwellwertbedingung, Erzeugung der Besetzungsinversion, Termschema des Rubin-Lasers und seine experimentelle Realisierung, Aufbau des He-Ne-Lasers und prinzipielles Termschema Abb. 8.9 (Energieübertragung vom He zum Ne durch sog. "Stöße 2. Art"); optische Resonatoren: Diskussion der transversalen EM-Moden (z.B. Fundamentalmode  $TEM_{00}$ ) Abb. 8.13 u. 8.14, Frequenzspektrum optischer Resonatoren (Bedingung für stehende Wellen (8.19) u. (8.20), Abb. 8.18), Selektion einer einzigen Fundamentalmode durch ein Etalon gem. Abb. 8.19

- Verschiedene Lasertypen; Erzeugung kurzer Laserpulse

Unterscheidung zwischen gepulsten und cw-Lasern; Grundprinzipien von Festkörper-, Halbleiter-, Farbstoff- und Gaslasern sowie von Excimer-Lasern; Prinzipien der Güteschaltung von Laserresonatoren (Q-Switching), der modengekoppelten Pulse (Mode-Locking) und optischen Pulskompression

- $H_2^+$ -Molekülion,  $H_2$ -Molekül; elektronische Zustände zweiatomiger Moleküle

$H_2^+$ -Molekülion: Wechselwirkungspotential (9.1), Ansatzprinzip zur exakten Lösung, Potentialkurven Abb. 9.3, QZ  $\lambda$  (Abb. 9.4 u. 9.5, Merksatz p. 282), Def. Molekülorbital (Merksatz p. 282 mit  $m_s = \pm 1/2$ ), Prinzip der LCAO-Näherung sowie graph. Darstellung der Lösungen gem. Abb. 9.8 u. 9.9 sowie Merksatz p. 284;  $H_2$ -Molekül: nur Prinzip der Vorgangsweise inkl. Abb. 9.14; elektronische Zustände zweiatomiger Moleküle: nur prinzipielle Charakterisierung gem. p. 291 links oben

- Physikalische Ursachen der Molekülbindung

Genaue Behandlung der Bindungstypen gem. Kap. 9.4.5 (kovalente, ionische, van der Waals- und Wasserstoffbrückenbindung) sowie grundlegende Erläuterungen dazu mittels der Kap. 9.4.1 – 9.4.4 (insbesondere physikalische Ursache der van der Waals-Bindung mit Wechselwirkungspotential (9.46), Lennard-Jones-Potential (9.47) sowie Abb. 9.28; alles ohne Berechnungen)

- Rotation und Schwingung zweiatomiger Moleküle; Spektren zweiatomiger Moleküle, Franck-Condon-Prinzip

Prinzip der Born-Oppenheimer-Näherung als starrer Rotator: Ableitung der Rotationsenergien (9.56a)  $\square$ , (progressive) Energieabstände graph. gem. Abb. 9.32a; Vergleich der Rotationsenergien mit den elektronischen Übergängen und den Schwingungsenergien:

$$\Delta E_{el} : \Delta E_{vib} : \Delta E_{rot} = 1 : \frac{1}{100} : \frac{1}{10000} \hat{=} \text{einige eV} : \text{einige } 0,1 \text{ eV} : \text{meV} ;$$

Erläuterung der Zentrifugalaufweitung (Abb. 9.33 und Merksatz p. 304); Schwingung zweiatomiger Moleküle: Merksatz p. 306 (äquidistante Energieabstände (9.66)!) und Abb. 9.35, Prinzip der Schwingungs-Rotations-Wechselwirkung (nur Merksatz p. 307 und Abb. 9.36 u. 9.37) Struktur elektronischer Übergänge: nur schematische Darstellung der Schwingungs- und Rotationsstruktur eines elektronischen Übergangs gem. Abb. 9.43; Franck-Condon-Prinzip: genaue Erklärung des senkrechten elektronischen Übergangs mittels Abb. 9.47

- Elektronen im Festkörper, freies Elektronengas

[Kap. 13] Prinzip der metallischen Bindung, freies Elektronengas im ein- und dreidimensionalen Potentialkasten: Annahmen für die Modellvorstellung, Def. Fermi-Energie, Merksätze p. 430, Def. Zustandsdichte, Abb. 13.2 und Merksätze p. 431 u. 432; Fermi-Dirac-Verteilung(sfunktion) [(13.25) ohne Ableitung, graph. Darstellung gem. Abb. 13.4], Diskussion der Eigenschaften der Fermi-Funktion Abb. 13.5 sowie des Elektronengases bei  $T = 0 \text{ K}$  und bei  $T > 0 \text{ K}$  (ohne Berechnungen); Beitrag der freien Elektronen zur spezifischen Wärme anhand Abb. 13.7, gesamtes  $C_V$  eines Metalls (13.34)

- Elektronen im periodischen Potential, Bändermodell

Begriff der Blochfunktionen (Blochwellen), Erklärung des Entstehens der Bandlücke Abb. 13.12 u. 13.13, Merksätze über die Energielücke p. 439, Entstehungsursache der Energiebänder und Lage von Valenz- und Leitungsband bei Isolatoren und Leitern gem. Abb. 13.15 (Zahlenwerte für  $E_g$ :  $E_g^{\text{Isolator}} \approx \text{einige eV}$ ,  $E_g^{\text{Eigenhalbleiter}} \approx 0,5 - 1 \text{ eV}$ ,  $E_g^{\text{Störstellenhalbleiter}} \approx 0,05 - 0,1 \text{ eV}$ ); Prinzip der Photoelektronenspektroskopie gem. Abb. 13.18

## Kernphysik

(Grundlage: Ergänzungskapitel Kernphysik aus TUWIS++ / 134.120 / Abwicklung)  
[= altes Skriptum Band 3.2, Einführung in die Quantenphysik]

- Atomkerne

[Kap. 15] Masse und Zusammensetzung der Atomkerne: Kernbausteine, Tröpfchenmodell, Massendefekt, Stabilitätsdiagramme Abb. 15.2 u. 15.4 (nur prinzipiell), Energieniveaus im Kern Abb. 15.3 (Schalenmodell; ebenfalls nur prinzipiell), Bindungsenergie der Atomkerne (Abb. 15.6 genau – zur Erklärung der Prinzipien der Energiegewinnung bei der Kernspaltung und bei der Kernfusion anhand Abb. 15.6 u. 15.7a,b); Größe (nur Größenordnung  $10^{-15} \text{ m}$ ), Form, Drehimpuls und magnetisches Moment der Atomkerne (nur überblicksweise); Energiezustände im Kern: mögliche Arten der Energieanregung gem. Abb. 15.16a-e, Potentialverlauf Abb. 15.17b für Neutronen und Protonen (Coulombwall, Grundzustand und angeregte Zustände)

- Instabile Atomkerne und Radioaktivität

[Kap. 15] Definitionen von Nukliden, Isobaren, Isotopen und Isotonen; Zerfallsgesetz (15.6) (Zerfallskonstante, mittlere Lebensdauer, Halbwertszeit), Zerfallsarten (Überblick gem. Abb. 15.18); unterschiedliche Ablenkung von  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung im Magnetfeld (s. DEM 3, Kap. 2.5, Abb. 2.32);  $\alpha$ -Strahlung: Prinzip des Tunneleffekts (vgl. auch DEM 3, Kap. 4.2.3, Abb. 4.13),

Geiger-Nuttal-Regel (nur qualitativ);  $\beta$ -Strahlung:  $\beta^-$ - und  $\beta^+$ -Zerfall, K-Einfang;  $\gamma$ -Strahlung (inkl. Isomerie sowie äußerer und innerer Konversion); Datierungsmethoden unter Nutzung der natürlichen Radioaktivität (nur prinzipiell); Zusammenfassung

- Strahlenphysik und Dosimetrie

[Kap. 16] Wichtigste Einheiten der Radioaktivität und Dosimetrie [jeweils schwarz markiert]: Becquerel, Gray, Sievert (inkl. q-Faktor) aus Tab. 16.1 u. 16.2, natürliche Strahlenbelastung (p. 4) und Grenzwerte der Körperdosis (Tab. 16.5, nur effektive Dosis); Anwendung ionisierender Strahlung in der Krebstherapie (nur grundsätzlich)

- Kernspaltungsreaktoren

[Kap. 17] Energiebereitstellung aus Kernreaktionen, kernphysikalische Grundlagen: genaue Erklärung des Prinzips der Energiegewinnung bei Spaltung und Fusion über den Massendefekt und die Bindungsenergie pro Nukleon gem. Abb. 17.1; kurzer Überblick über die Funktionsweise insbesondere von Druck- und Siedewasserreaktoren (Abb. 17.7a u. 17.7b; Brennstoff: angereichertes Uran mit 3 – 5%  $^{235}\text{U}$ , da Natururan zu 99,3% aus  $^{238}\text{U}$  und nur zu 0,7% aus  $^{235}\text{U}$  besteht) sowie über die Sicherheitsrisiken

- Kernfusionsreaktoren

[Kap. 18] Motive für die Kernfusionsforschung, Energiebilanz bei der Fusion (s. Kap. 17.2 und Abb. 17.1, linker Teil), Prinzipien der Kernfusion in heißen Plasmen, Aspekte der Kernfusionsreaktorenentwicklung

- Funktionsweise von Kernwaffen

[Kap. 19] Grundprinzipien und Aufbau von Kernspaltungs-, Kernfusions- und Neutronenbomben; wichtigste Wirkungen gem. Kap. 19.2

- Klassifizierung der subatomaren Teilchen

[Kap. 20] (Nur kurzer Überblick über die wesentlichsten Aspekte): Klassifizierung gem. Tab. 20.1 u. 20.2, Vergleich der vier fundamentalen Wechselwirkungen, prinzipielle Grundgedanken der Standard-Theorie und des Quark-Modells