

# Programm Physik IV (FS 2011): Experimentelle Quantenphysik

## 1. Wellen- und Teilcheneigenschaften von Licht

- 1.1. Beugung am Spalt und Interferenz am Doppelspalt
- 1.2. Photoeffekt
  - 1.2.1. Einzelphotonendetektor
- 1.3. Einteilchen-Interferenz
- 1.4. Impuls des Photons
  - 1.4.1. Strahlungsdruck
  - 1.4.2. Compton-Effekt
- 1.5. Inverser Photoeffekt
  - 1.5.1. Röntgenstrahlung
  - 1.5.2. Beugung von Röntgenstrahlung am Kristallgitter
- 1.6. Schwarzer Strahler, Temperaturstrahlung
  - 1.6.1. Herleitung des Planckschen Strahlungsgesetz (1D, 2D, 3D)
  - 1.6.2. Rayleigh-Jeans, Wien, Stefan-Boltzmann Gesetze

## 2. Wellen- und Teilcheneigenschaften von Materie (Struktur der Materie und Materiewellen)

- 2.1. Atommasse, Atomgröße, Dichte, Ladung, Massenspektroskopie
- 2.2. Eigenschaften und Aufbau von Atomen aus Streuexperimenten
  - 2.2.1. Wirkungsquerschnitt, Beersches Gesetz
  - 2.2.2. Bestimmung der Kernstruktur des Atoms
    - 2.2.2.1. Elektron-Streuung
    - 2.2.2.2. Rutherford-Streuung
- 2.3. Das Elektron
  - 2.3.1. Ladung, Größe, spezifische Ladung, Masse
  - 2.3.2. Welleneigenschaften, Davisson/Germer
- 2.4. deBroglie Wellen,
  - 2.4.1. Gruppen- und Phasengeschwindigkeit
  - 2.4.2. Beugung/Interferenz am Spalt, Doppelspalt - Welle-Teilchen Dualismus
  - 2.4.3. Wellenfunktionen
  - 2.4.4. Wellenpakete
  - 2.4.5. Dispersion
- 2.5. Das Bohrsche Modell des Wasserstoff-Atoms
  - 2.5.1. Elektronbahnen, Bindungsenergie, Strahlungsverlust
  - 2.5.2. Spektren, Rydberg Serien
  - 2.5.3. Energieniveaus, Hauptquantenzahl, Bohr-Radius, Drehimpuls
  - 2.5.4. Übergänge, Anregung, Zerfall und Lebensdauer eines Zustands
  - 2.5.5. Spontane & induzierte Emission, Absorption, Einstein A,B Koeffizienten
  - 2.5.6. Franck-Hertz Experiment
  - 2.5.7. Wasserstoffähnliche Atome, Rydberg-Atome
  - 2.5.8. Korrespondenzprinzip

### **3. Grundlagen der Quantenmechanik**

#### 3.1. Wellenfunktionen (1. Postulat)

##### 3.1.1. Orts- und Impulsraum

##### 3.1.2. Unschärferelation in Ort – Impuls

#### 3.2. Operatoren

##### 3.2.1. Orts-, Impuls-, Drehimpuls-, Hamilton-Operatoren

##### 3.2.2. Eigenschaften von Operatoren

##### 3.2.3. Erwartungswerte, Varianz

##### 3.2.4. Eigenfunktionen und Eigenwerte von Operatoren

##### 3.2.5. Kommutatoren, gleichzeitige Eigenfunktionen, Messbarkeit

#### 3.3. Schrödinger-Gleichung, zeit(un)abhängig (2. Postulat)

##### 3.3.1. Superpositionsprinzip

#### 3.4. Quantenmechanische Messung (3. Postulat)

### **4. Eindimensionale Probleme**

#### 4.1. Potentialtopf mit (un)endlich hohen Wänden

#### 4.2. Tunnel-Effekt

##### 4.2.1. Raster-Tunnel-Mikroskop

#### 4.3. Harmonischer Oszillator

##### 4.3.1. Leiter-Operatoren

### **5. Die Quantenmechanik des Wasserstoff-Atoms**

#### 5.1. Formulierung des Problems

#### 5.2. Lösung in Polarkoordinaten

##### 5.2.1. Separation der Variablen, Radialteil, Winkelanteil

##### 5.2.2. Quantenzahlen

##### 5.2.3. Wahrscheinlichkeitsverteilung, Radialabhängigkeit, Winkelabhängigkeit

##### 5.2.4. Drehimpuls-Operatoren, Kommutatoren, Eigenfunktionen

##### 5.2.5. Bahndrehimpuls, Richtungs-Quantisierung

#### 5.3. Zeeman-Effekt

##### 5.3.1. elektronische Übergänge und Auswahlregeln

### **6. Der Spin des Elektrons**

#### 6.1. Stern-Gerlach Experiment

#### 6.2. Eigendrehimpuls und seine Quantisierung

#### 6.3. Magnetisches Moment, gyromagnetisches Verhältnis, g-Faktor

#### 6.4. Spin Operatoren und ihre Eigenschaften

#### 6.5. Pauli-Prinzip

##### 6.5.1. Mehrteilchen-Wellenfunktionen (4. Postulat)

##### 6.5.2. Symmetrien

##### 6.5.3. Bosonen und Fermionen

### **Je nach Verlauf der Vorlesung ausgewählte Themen aus:**

### **7. Mehrelektronenatome**

#### 7.1. Pauli-Prinzip

#### 7.2. Symmetrien von Zwei-Teilchen Wellenfunktionen, Fermionen und Bosonen

#### 7.3. Das Periodensystem

#### 7.4. Atomare Struktur, Schalen, Bindungsenergie, Ionisationsenergie, Atomgrößen

#### 7.5. Besetzung von Zuständen, Hundesche Regel, L-S Kopplung

#### 7.6. Spektren

#### 7.7. Charakteristische Röntgenstrahlung

#### 7.8. Auger-Effect

#### 7.9. Spontane und stimulierte Emission und Absorption

## **8. Moleküle**

- 8.1. Bindungstypen
- 8.2. Einfache Moleküle
- 8.3. Hybridisierung
- 8.4. Rotationsspektren
- 8.5. Vibrationsspektren
- 8.6. Fluoreszenz, Phosphoreszenz

## **9. Statistische Physik**

- 9.1. Klassische Statistik
  - 9.1.1. Thermisches Gleichgewicht
  - 9.1.2. Maxwell-Boltzmann Verteilung
  - 9.1.3. Ideales Gas
- 9.2. Quanten-Statistik
  - 9.2.1. Bose Einstein, Fermi-Dirac Verteilungen
  - 9.2.2. Spontane, Stimulierte Emission und Absorption, LASER

## **Literatur**

### **Physik IV**

- **H. Haken & H. C. Wolf “The Physics of Atoms and Quanta: introduction to experiments and theory”, Springer (2005)**  
ISBN: 3-540-20807-0
- **A. Beiser “Concepts of Modern Physics”, McGraw-Hill (2003)**  
ISBN: 0-07-244848-2
- **Weitere Literaturangaben sind zu finden auf der Webseite der Vorlesung auf [www.qudev.ethz.ch](http://www.qudev.ethz.ch).**