

Theoretische Physik II : Quantenmechanik (3233 L070)

VL SS 2014 Ekehard Schöll

Pflichtvorlesung Bachelorstudiengang Physik: 10 ECTS
4. Semester, Teil des Moduls TP I/II

VL Di + Mi 8:15 - 10:00 GW 201
(2 Ü-Scheine, 21 ECTS)

UF 2 SWS Kleingruppen (Tutorien): Anmeldung MOSES bis 16.4.14 18:00

Beginn 22.4.14 (Mathias Hayn, Judith Lehnert, Andrea Villing,
+ 2 Tutoren Zeynep Cetinkaya, Samuel Braun)

Klausur Di 8.7.14 8:00 - 10:00 im Audimax

Nachklausur Mi 16.7.14 8:00 - 10:00

Studienreformprojekt „Offensive Wissen durch Lernen“:

Computer - Visualisierungen (Java-Applets)

e-Kreide-Manuskript: s. Webseite

English Summary: 10 min. zu Beginn

** Beacht der VL und Übung dringend empfohlen **

Lehrbücher (s. Webseite)

W. Nolting

F. Schroabl

U. Scherz

E. Fick

R.P. Feynman

Inhalt

Theorie quantenmechanischer Zustände

(Spezialfälle: Wellenmechanik, Matrizenmechanik)

- Schrödinger'sche Wellenmechanik
(einfache Anwendungen: Potenzialtopf, -schwellen, 1-dim. harmon. Oszillator)
- Ausbau des math. Formalismus
(Operatoren, Zustände, Hilbertraum, Darstellungen, Bilder)
- Weitere Anwendungen
(H-Atom, Drehimpuls, Spin und Systeme identischer Teilchen, Näherungsmethoden)
- Erweiterungen der Theorie (QM II: Master)
(Feld- oder 2. Quantisierung, Störtheorie, relativist. Quantentheorie)

Klass. Mechanik



Quantenmechanik

- deterministisch
- nicht relativist.
- nichtlinear

- probabilistisch
- nichtrelativistisch
- linear



Elektrodynamik

- Feldtheorie
- relativistisch invariant
- linear (Vakuum)

"Klassische Physik" bis 1900

1900 Quantenhypothese (M. Planck)

1905 Relativitätstheorie (A. Einstein)

Entwicklung der Quantentheorie

14.12. 1900 M. Planck: Hohlraum-Strahlungsformel

1905 A. Einstein: Lichtelekt. Effekt (Photoeffekt)

1912/13 N. Bohr: Energieterme des Atoms

1924 L. De Broglie: Materiewellen

1925 E. Schrödinger: Wellen-Mechanik

" W. Heisenberg: Matrizen-Mechanik

ab 1925 „Quantentheorie“

Äquivalenz von Wellen- u. Matrizen-Mechanik (J. v. Neumann)

Statistische Interpretation (Born, Jordan, Dirac)

Relativist. Quantentheorie (Dirac)

Quanten-Elektrodynamik (Feynman)

Quantenfeldtheorie (Quantenchromodynamik)

Klass. Physik (Mechanik, Elektrodyn., Thermodynamik)
kann z.B. folgende Phänomene nicht erklären:

1) makroskop. Systeme (Gase, Flüssigk., Festkörper)

Energieverteilung der Strahlung schwarzer Körper

Thermodyn. Verhalten bei niedriger Temperatur

(spezif. Wärme von Festkörpern)

Schall in Festkörpern (Phononen)

Ferromagnetismus

Suprafluidität (^4He)

Supraleitung

Josephson-Effekt (Tunnel)
Nobelpreis 1972

Quanten-Hall-Effekt

v. Klitzing (Nobelpreis 1985), frakt. (Nobelpreis 1980: Laughlin, Störmer, Tsui)

Elektronenmikroskop Ruska

Raster-Tunnelmikroskop Binnig u. Rohrer } Nobelpreis 1986

Hoch-Temp.-Supraleitung Bednorz u. Müller (Nobelpreis 1987)

Bose-Einstein-Kondensation Cornell, Ketterle, Wieman (Nobelpreis 2001)

Quantenkontrolle Haroche, Wineland (Nobelpreis 2012)

Riesenmagnetwiderstand (Nobelpreis 2007
Fert/Grünberg)

makroskop. Quanteneffekte

→ Spannungsnormale } seit 1.1.90

→ Widerstandsnormale

2) Chemie u. Molekülphysik

Periodensystem der Elemente
Molekülphysik
Chem. Bindung

3) Atomphysik

Atomspektrum
Größe u. Stabilität der Atome
Photoelektr. Effekt

4) Kernphysik

Kernspektrum, Kernreaktionen, radioakt. Zerfall

5) Elementarteilchenphysik

1. Schrödinger'sche Wellenmechanik

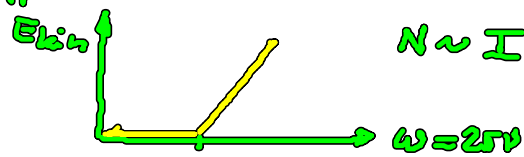
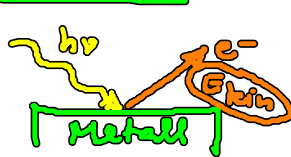
1.1 Historischer Abriss:

1900 M. Planck : Hohlraum-Strahlungsformel

Quantenhypothese : Energie-Austausch zwischen
Materie u. Strahlungsfeld im thermodyn. Gleichgewicht
nur in Quanten $E = h\nu$, $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Planck'sches Wirkungsquantum
 ν Strahlungsfrequenz

1905 A. Einstein : Photoeffekt



Klass. : Energie $\sim \frac{1}{2} \epsilon_0 |E|^2 \sim$ Lichtintensität I
(Feld)

Zahl der Elektronen unabh. v. Lichtintensität

Einstein : Photonen als Lichtquanten mit Energie $E = h\nu = \frac{h}{2\pi} \omega$

Compton 1925 Impuls $p = \frac{h}{\lambda}$

$$= h\nu$$

1912/13 N. Bohr : Energieterme des Atoms

(Rutherford zeigt 1911 durch Streuung von α -Teilchen die Existenz von pos. geladenen Atomkernen mit sehr kleinem Radius. Modell: El. kreisen um Kern.

Klass. Elektrodyn.: beschleunigte Elektronen strahlen Energie ab und stürzen spiralförmig in den Kern.

Bohr's ad-hoc-Postulat: Stabile Bahnen sind möglich mit diskreten Energien E_n ,

Strahlung $h\nu = E_2 - E_1$ bei Übergang $E_2 \rightarrow E_1$

Quantenbed.: $\oint p dq = 2\pi p r = n h$, $n \in \mathbb{N}$

klass. Mech. $\Rightarrow E_n = -\frac{E_0^2}{2a_0} \frac{1}{n^2}$, $a_0 = \frac{\hbar^2}{m e^2}$ Bohr-Radius