PTP4 Zusammenfassung
Theoretische Quantenmechanik
Professor Matthias Bartelmann

Sommersemester 2017
Heidelberg

Ende des 19. Jahrhunderts beschrieb Physik ueberzeugend die bekannten Wechselwirkungen:

- Graviation in klassischer Mechanik durch Newton, Lagrange, Hamilton
- Elektromagnetismus durch Maxwell'sche Gleichungen
- Thermodynamik

Ungeklaerte Fragen:

- Widerspruch Galilei-Invarianz in kl. Mechanik (Geschwindigkeiten addiert) und Maxwell Elektrodynamik (Lichtgeschwindigkeit Obergrenze) aufgeloest durch Lorentz Invarianz in Einsteins spezieller Relativitaetstheorie
- Stabilitaet der Atome (im Rutherford Modell) nicht erklaerbar
- diskrete Spektrallinien nicht erklaerbar
- Schwarzkoerperstrahlung nicht beschreibbar (UV-Katastrophe)

Hohlraumstrahlung: Stehende Wellen im Hohlraum: Moden
Es sind $\frac{L}{\lambda}$ Wellen auf Strecke L moeglich
Anzahl abschaetzen:
Kugel ($V_{Kugel} = \frac{4}{3} * \pi * r^3$)
Zwei Polarisationsrichtungen: E und B Feld bringt Faktor zwei
Radius ist $\frac{L}{\lambda}$
$N(\lambda) = 2 * \frac{4}{3} * \pi * (\frac{L}{\lambda})^3$

- *Relativistische Energie-Impuls-Beziehung:* $E = \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4}$
- *Dispersionsrelation:* $k = \frac{\omega}{c}$

- *Kreisfrequenz:* $\omega = 2 * \pi * \nu$
- *Wellenlaenge:* $\lambda = \frac{2*\pi}{k}$

Kommutator: $[\hat{A}, \hat{B}] := \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$

Einsoperator: $\hat{I} = \sum_n |a_n\rangle \langle a_n| + \int |a\rangle \langle a| da$

Dichteoperator: $\hat{\rho} = \sum_n p_n |n\rangle \langle n|$

Zeitentwicklungsoperator: $\hat{U}(t, t_0) |\psi(t_0)\rangle = |\psi(t)\rangle$

Zeitentwicklungsoperator: $\hat{U}(t) = exp(-\frac{i}{\hbar}\hat{H}t)$

Heisenberg-Gleichung: $i\hbar \frac{d}{dt}\hat{A}_H = \left[\hat{A}_H, \hat{H}_H\right] + i\hbar \left(\partial_t \hat{A}\right)_H$

Zeitabhaengiger Operator: $\hat{A}_H(t) := \hat{U}^{-1}(t, t_0)\hat{A}\hat{U}(t, t_0)$

Translationsoperator: $\hat{T}_{\vec{a}} = exp\left(-\frac{i}{\hbar}\vec{a} \cdot \hat{\vec{p}}\right)$

Dyson Reihe: $\hat{U}(t, t_0) = Texp\left(-\frac{i}{\hbar}\int_{t_0}^{t} \hat{H}(t')dt'\right)$

Wechselwirkungsbild: $i\hbar \frac{d}{dt} |\psi(t)\rangle_I = \hat{V}_I |\psi(t)\rangle_I$

Stoeroperator: $\hat{V}_I(t) := \hat{U}_0^{-1}\hat{V}\hat{U}_0$

ToDo:

6 Axiome

Rabi-Oszillationen

Stoermatrix

$$Ortsoperator\ \hat{x} = \begin{cases} x & (Ortsdarstellung) \\ i\hbar\nabla_p & (Impulsdarstellung) \end{cases}$$

$$Impulsoperator\ \hat{p} = \begin{cases} -i\hbar\nabla_x & (Ortsdarstellung) \\ p & (Impulsdarstellung) \end{cases}$$

Kommutator Ort & Impuls: $[\hat{x}_i, \hat{p}_j] = -i\hbar [x_i, \partial_j] = i\hbar\delta_{ij}$

Zeitunabhaengige Schroedinger-Gleichung: $\hat{H}\phi(x) = E\phi(x)$

Randbedingungen

Energieeigenwerte des HOC: $E_n = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right)\dagger$

Absteigeoperator: $\hat{a} := \frac{1}{\sqrt{2}}(u + \partial_u)$

Aufsteigeoperator: $\hat{a}^\dagger := \frac{1}{\sqrt{2}}(u - \partial_u)$

Anzahloperator $\hat{N}$

Exponentialfunktion hoch Wirkung

Pfadintegral

Quantensysteme

Paritaetsoperator: $\hat{P}\psi(\vec{x}) = \psi(-\vec{x})$

Translationsoperator

Kugelflaechenfunktionen

Zeitumkehroperator