

Quantenmechanik - I

Alexander.Lichtenstein@physnet.uni-hamburg.de

Literatur:

J-9, 220

- 1) W. Nolting "Grundkurs, Theor. Physik 5/1,2 - Quantenmechanik" Springer
 - 2) F. Schwabl "Quantenmechanik, QM I", Springer
 - 3) L.D. Landau & E.M. Lifschitz "Quantenmechanik" - Lehrbuch der theoretischen Physik - III, Akademi-Verlag
 - 4) G. Baym "Lectures on Quantum Mechanics" Benjamin
 - 5) J.J. Sakurai "Advanced Quantum Mechanics" Addison-Wesley
 - 6) T. Fließbach "Quantenmechanik, III" Spektrum
- Mathe.: S. Großmann "Funktionalanalysis" Aule-Verlag

Übungen, Bonusregelung, Skript:

http://theorie.physnet.uni-hamburg.de/group_magno

→ Teaching → Quantenmechanik 1

SoSe 2013

Inhaltsverzeichnis

- 1) Einführung - Ψ
- 2) Schrödingergleichung -
- 3) Allgemeine Formulierung der QM
- 4) Eindimensionale Probleme
- 5) Zentralpotentiale & Drehimpuls
- 6) Spin, Pauli-Gleichung
- 7) Potentialstreuung
- 8) Verschränkte Zustände

1) Die Grundbegriffe: Ψ

1.1 Klassische Mechanik: (Feldtheorie)

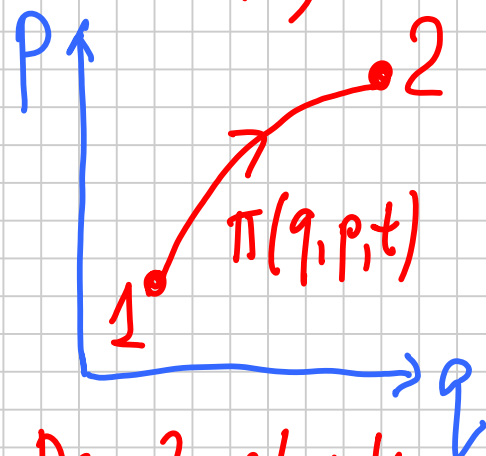
$H(q, p, t)$ - Hamilton Funktion

$q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_s)$ - gen. Koordinaten

$p = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_s)$ - gen. Impulse

$$H(q, p, t) = \sum_i p_i \dot{q}_i - L(q, \dot{q}, t)$$

$$S = \int_1 dt L - \text{Wirkung} \rightarrow \text{min}$$



Der Zustand:

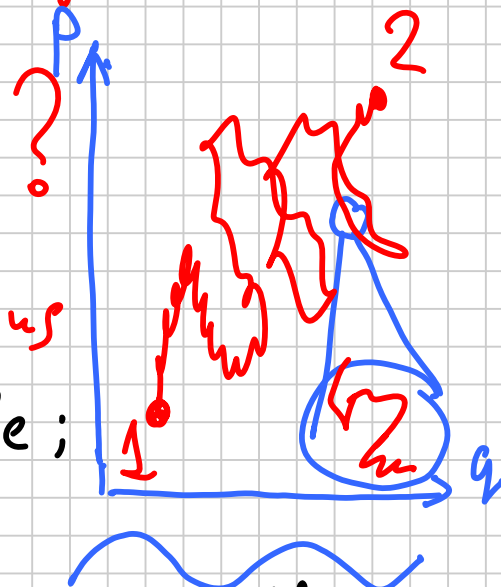
$\pi(q(t), p(t), t)$
bestimmte Bahn

1.2 Quantenmechanik - in atomaren Dimensionen

→ Unbestimmtheit, Unschärfe

W. Heisenberg
1927

$$\Delta q_i \Delta p_i \geq \frac{\hbar}{2}$$



Welle-Teilchen Dualismus

Licht als
welle:

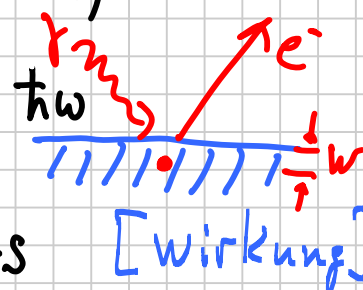
Elektromagnetische Welle;
 $\vec{A}(\vec{r}, t) = \vec{A}_0 e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$

Teilchen:

Photoeffect (1905-Einstein, 1887-Hertz)

$$E_{\text{kin}} = \hbar\omega - W$$

$$|\vec{k}| = \frac{\omega}{c}$$



M. Planck
(1900)

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \approx 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 0.7 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$$

[Wirkung]

e → Teilchen: Compton-Effect (1925)

4-Impuls:

$$\begin{pmatrix} E/c \\ \vec{p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hbar |\vec{k}| \\ \hbar \vec{k} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_e c \\ 0 \end{pmatrix} \stackrel{m}{=} \begin{pmatrix} \hbar |\vec{k}'| \\ \hbar \vec{k}' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sqrt{\vec{p}'^2 + m_e^2 c^2} \\ \vec{p}' \end{pmatrix}$$

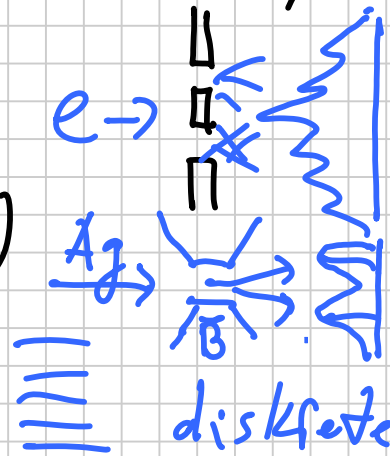
$$|\vec{k}| = \frac{\omega}{c} \Rightarrow E = \hbar \omega, \quad \vec{p} = \hbar \vec{k}$$



e → Welle: Elektronenstrahl (durch Kristall/Doppelspalt.)

Interferenz!

e → Spin Stern-Gerlach (1922)
Atomspektren



⇒ Quantenzustand: $\Psi(q, t)$

– eine komplexe Wellenfunktion

1-Teilchen: $q \Rightarrow \vec{r}$

– entspricht der Wahrscheinlichkeit
der Teilchen zum Zeitpunkt t
im Raum-Volumen d^3r an Position $\vec{r}$
zu finden.

$$|\Psi(\vec{r}, t)|^2 \cdot d^3r$$

M. Born

$$\boxed{d^3r}$$

$$\int d^3r |\Psi(\vec{r}, t)|^2 = 1$$

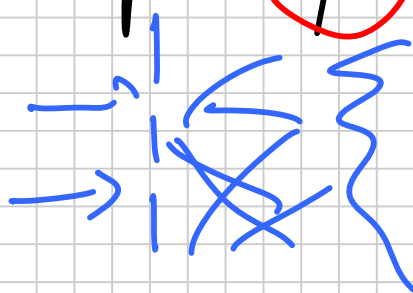
– die Normierung von Ψ
($\int d^3r |\Psi|^2 < \infty$)

$$\Psi \in L^2$$

zum Raum der quadratintegrierbaren Funktionen

1.3 Das Superpositionsprinzip: Ψ

5

2-QM-Zustände $\Psi_1 \leftrightarrow 1$
 $\Psi_2 \leftrightarrow 2$ 

$$\Psi = c_1 \Psi_1 + c_2 \Psi_2$$

$\rightarrow$ ist ein möglicher QM-Zustand

(c_1, c_2 - Konstante)

(Interferenz)

$\rightarrow$ Die Gleichung für Ψ muß linear sein!