Theo D

Übungen: Mo 12^{00} Uhr,
Kasten im Hochhaus

Klausur: 22. 5. 08 (bereits Notiert)
. 7. 08

Schein: siehe Internet
2 Klausuren, 1. Klausur zählt $1/3$

Abgabe: Blätter einzeln

Inhalt der Vorlesung

I Einführung, einfache Probleme in 1. Dimension

II. Mathemat. Hilfsmittel

III Postulate der Quantenmechanik

IV Harmonischer Oszillator

V Zwei-Zustand-Systeme

VI Drehimpuls

VII Zentralpotentiale / Wasserstoffatom

VIII Streutheorie

IX Störungstheorie (Wasserstoff + äußeres Feld)

Literatur

- Cohen-Tannoudji, Diu, Laloë „Quantenmechanik" Band 1 + Band 2
- Landau-Lifschitz „Quantenmechanik" (anspruchsvoll)
- Messiah „QM" (anspruchsvoll)
- Dawydow (viele Anwendungen)
- Nolting Band 5
- Schwabl

} billig, dünn, „survival-kit"

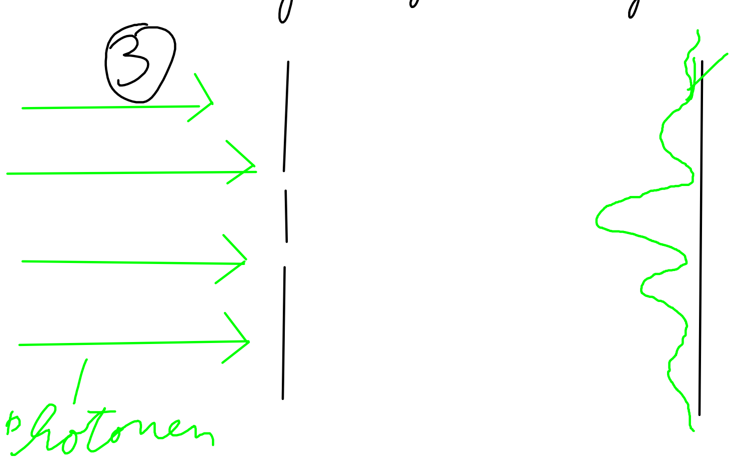
I Einführung

QM ~ 1900 – 1925 / (27)

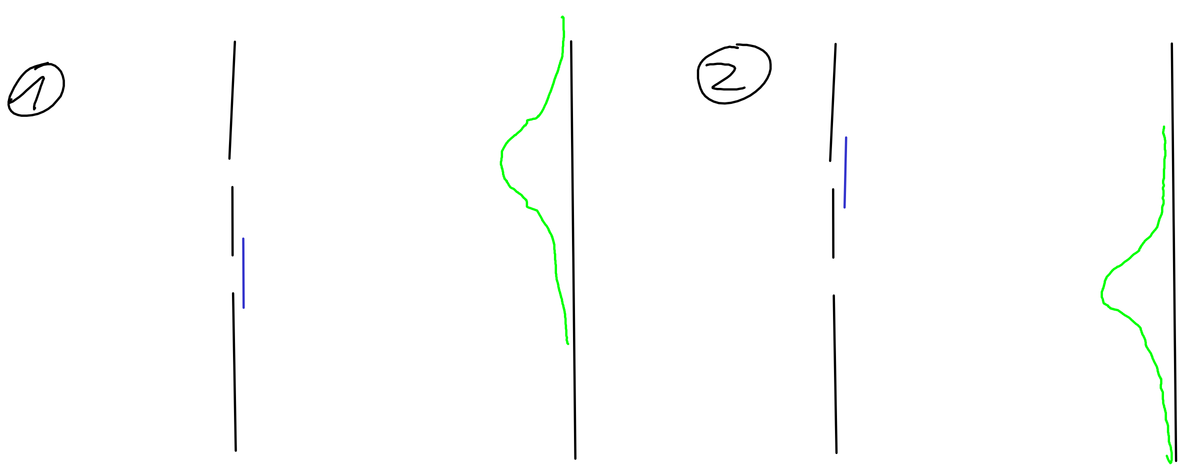
Plancksches Strahlungsgesetz
bis Heisenberg / Schrödinger
„Kopenhagener Interpretation" (Bohr)

Dualität zwischen Welle und Teilchen
– Photonen, dann <u>alle</u> Teilchen

Beschreibung der Bewegung eines Teilchens durch eine klassische Bahn ist nicht beliebig genau gültig.



Intensität ist nicht mit der Summe der Einzelspalte 1 + 2 identisch



Intensität der Einzelspalte 1 + 2 ≠ 3

Makroskopische QM-Phänomene sind im Alltag eher selten. (z.B. Supraleitung)

QM in der Halbleiterphysik (Bändermodell)

Elektronik, Kernphysik (stat. Charakter des rad. Zerfalls)

Verschränkte Zustände (EPR-Paradoxon)

Verknüpfung von Quantenmechanik und Feldtheorie QFT

$\Rightarrow$ Quantenfeldtheorie (Elementarteilchen)

A) EM-Wellen und Photonen

1) Zusammenhang zw. Energie und Frequenz

Strahlung eines schwarzen Körpers

Planck: $\frac{dE}{d\omega}$ pro Volumen

Strahlungsenergie bei Absorption und Emission ist „gequantelt"

$$E = h\nu = \hbar\omega \quad ; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

(nü)

$$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\ J\cdot s$$

(Plancksches) „Wirkungsquantum"

⌈Erinnerung Mechanik:

$$\text{Wirkung} = \int_{t_1}^{t_2} dt\ p(t)\,\dot q(t)$$

oder $S = \int dt\ L(q, \dot q, t)$ ⌋

später: Energie-Differenz von Atom-niveaus

$\Delta E = \hbar \omega_{Photon}$

Entsprechend: Impuls $\longleftrightarrow$ Wellenlänge

Compton-Streuung

$\gamma + e \longrightarrow e' + \gamma'$

Impulserhaltung: (messe Wellenlänge von γ und γ' sowie Energie von e und e')

$\vec{p} = \hbar \vec{k}_\gamma$

Impuls Wellenvektor $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}$

2) Ausbreitung

Intensität = $\frac{\text{Energiedichte}}{\text{Zeiteinheit}}$

$I(x) \sim |E(x)|^2$

Feldstärke

Der Beitrag der durch Spalt 1 bzw. 2 fallenden Welle:

$E_1(x)$ bzw. $E_2(x)$

$I(x) = |E_1(x) + E_2(x)|^2$

$= I_1(x) + I_2(x) + 2 E_1(x) E_2(x)$

Interferenzterm

Entsprechendes gilt für Wellenfkt.

$I(x)$ = Wahrscheinlichkeitsverteilung auf dem Schirm

Anmerkungen:

i) Superpositionsprinzip

Wenn $E_1(x)$ und $E_2(x)$ bzg. der Maxwellgl. sind, dann auch

$$E(x) = \lambda_1 E_1(x) + \lambda_2 E_2(x)$$ mit

λ_1, λ_2 bel.

E genügt einer linearen DGL

(gilt auch für ψ in der QM)

ii) $I(x)$ = Wahrscheinlichkeitsverteilung

Eine große Zahl von Photonen ist erforderlich um die Verteilung zu messen.

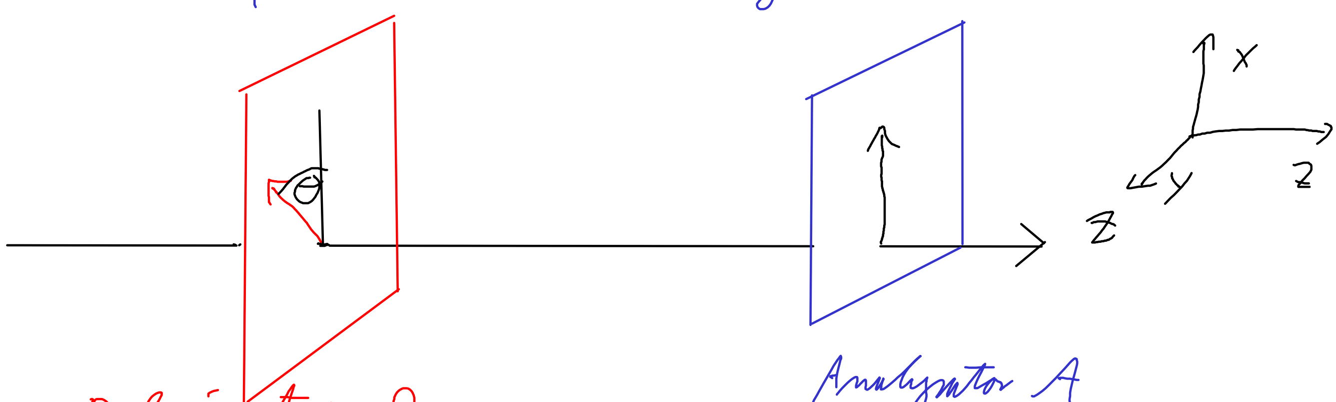
iii) Unterschied zw. QM Welle und Feld

$\vec{E}$ ist reell

in QM sind $\mathrm{Re}\,\psi$ und $\mathrm{Im}\,\psi$ wesentlich

3) Spektralverteilung

Bsp: pol. Licht mit Richtung z fällt auf Analysator A



Polarisator P

Winkel Θ zu x-Achse

Analysator A

lin. Pol. in x-Richt.

Klassisches Resultat

P polarisiert Licht in $\vec{e}_p$ Richtung

$$E(\vec{r}, t) = E_0 \, \vec{e}_p \, e^{i(kz - \omega t)}$$

Intensität vor A

$$|\vec{E}(\vec{r},t)|^2 = E_0^2$$

Hinter A ist

$$\vec{E}'(\vec{r},t) = E_0' \, \vec{e}_x \, e^{i(kz-\omega t)}$$

wobei $E_0' = E_0 \, \vec{e}_p \cdot \vec{e}_x = E_0 \cos\theta$

Intensität: $E_0'^2 = E_0^2 \cos^2\theta$

QM: Photon wird mit Wahrscheinlichkeit $\sin^2\theta$ im Analysator gestoppt, bzw mit Wahrsch. $\cos^2\theta$ durchgelassen.

$\Rightarrow$ 2 mögl. Resultate

Nach A würde das Photon weitere Analysatoren (in x-Richt.) unbeeinflusst durchlaufen.

Nach A ist es im Eigenzustand bezgl. A.
Es gibt zwei Eigenzustände mit Pol. $\sim \vec{e}_x$ und Pol. $\sim \vec{e}_y$.
Für diese ist das Messresultat bzgl. A sicher.
Durchgang ($\vec{e}_x$) bzw. Stoppen ($\vec{e}_y$)
Jeder Zustand mit Pol. $\vec{e}_p$ kann in Eigenzustände von A zerlegt werden:

$$\vec{e}_p = \cos\theta \, \vec{e}_x + \sin\theta \, \vec{e}_y \quad \text{(Basis)}$$

Spektrale Zerlegung von $\vec{e}_p$ nach Eigenzuständen von A.