

I Quantenmechanik

1. Teilchen, Wellen und Wahrscheinlichkeitsamplituden

1.1 Teilchen und Wellen

historische Frage: Was ist die Natur des Lichts?

Newton: Teilchen

Huygens: Welle

i) Teilchen in der klassischen Mechanik

- Punkt-Teilchen mit genau bestimmbareren Orten q_i und Impulsen p_i

(z.B. nicht-rel. $q_i \equiv x_i$, $p_i = m_i \dot{x}_i$)

- deterministisch:

Wenn alle q_i und p_i zu einer Zeit t_0 exakt bekannt sind, dann sind sie für alle Zeiten eindeutig festgelegt.

z.B. Newtonsche Mechanik mit Gravitation:

$$m \ddot{\vec{x}}_i = \vec{F}_i(\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_n) = G \sum_{j \neq i} \frac{m_j m_i}{|\vec{x}_j - \vec{x}_i|^3} (\vec{x}_j - \vec{x}_i)$$

gewöhnl. gekoppelte Dgl'n 2. Ordnung

→ Lösung eindeutig bei gegebener Anfangsbedingung
($\vec{x}_1(t_0), \dots, \vec{x}_n(t_0), \dot{\vec{x}}_1(t_0), \dots, \dot{\vec{x}}_n(t_0)$)

- gilt sinngemäß auch für ausgedehnte Körper,
z.B. Schwerpunkt, Begrenzungsflächen, Dichteverteilungen

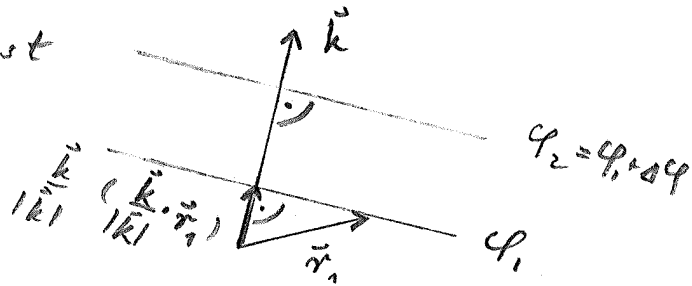
- Interpretation der ebenen Welle:

Betrachte Orte gleicher Phase (z.B. Maxima der Wellen)

$$\varphi(\vec{r}, t) = \vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t = \text{const}$$

• feste Zeit t :

$$\Rightarrow \vec{k} \cdot \vec{r} = \text{const.}$$



2, Wellenfronten verlaufen senkrecht zu \vec{k}

Wellenlänge λ = Abstand zweier Wellenfronten mit $\Delta\varphi = 2\pi$:

$$\lambda = \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \cdot (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = \frac{2\pi}{k}, \quad k = |\vec{k}|$$

• fester Ort \vec{r} : φ variiert mit ωt

2, Periode τ : $\omega \tau = 2\pi \Rightarrow \tau = \frac{2\pi}{\omega}$

2, Frequenz $\nu = \frac{1}{\tau} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (\Leftrightarrow \omega = 2\pi\nu)$

• Phasengeschwindigkeit = Geschw. der Fronten gleicher Phase

$$\varphi = \text{const} \Rightarrow \vec{k} \cdot \dot{\vec{r}} = \text{const.} + \omega t \Rightarrow \frac{\vec{k}}{k} \cdot \dot{\vec{r}} = \frac{\omega}{k}$$

\Rightarrow Die Welle breitet sich mit der Geschwindigkeit

$$v_{\text{ph}} = \frac{\omega}{k} \quad \text{in } \vec{k}\text{-Richtung aus.}$$

Bsp.: elektromagnet. Welle: $\omega = kc \Rightarrow v_{\text{ph}} = c$