Übungen (1) zur Experimentalphysik IV "Moderne Physik" Ss2006

Heiko Dumlich

April 26, 2006

1 de-Brogliewellenlänge

Die de-Brogliewellenlänge ist definiert als :

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

Wir betrachten einen Abgeordneten mit der Masse $m = 100kg$ und einer Gehgeschwindigkeit von $v = 2\frac{km}{h} = 2\frac{10^3 m}{3.6 \cdot 10^3 s} = 0.56\frac{m}{s}$. Somit folgt für die de-Brogliewellenlänge des Abgeordneten (MdB=Mitglied des Bundestages) :

$$\lambda_{dB,MdB} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot s}{55.56\frac{kg \cdot m}{s}} = 1.19 \cdot 10^{-35} m$$

Nun betrachten wir das Hammelsprung-Abstimmungsverfahren, hierbei bewegt sich der Abgeordnete auf die Türen (Ja/Nein/Enthaltung) zu, deren Abstand $d = 5m$ beträgt. Wir betrachten die Türen als "Spalte" und die gesamte Anordnung als Beugungsexperiment. Hierbei besitzen wir eine Gitterkonstante von $d = 5m$ und eine Spaltanzahl von $N = 3$. Somit erhalten wir für die Abstände der Interferenzmaxima :

$$n\frac{\lambda_{dB,MdB}}{d} = \sin\alpha, n \in \mathbb{Z}$$

Einsetzen von $\lambda_{dB,MdB}$ und d liefert somit für den Abstand von der 0.Ordnung $n = 0$ (diese befindet sich bei $\alpha = 0$) zur 1.Ordnung $n = 1$:

$$\sin\alpha = \frac{1.19 \cdot 10^{-35} m}{5m} = 0.238 \cdot 10^{-35}$$

Somit folgt ein Winkel α zwischen 0. und 1. Ordnung :

$$\alpha = \arcsin(0.238 \cdot 10^{-35}) \Rightarrow \alpha\ 1.4 \cdot 10^{-34}$$

Dies ist sehr klein und kann heutzutage nicht erfasst werden, da die Punkte, die auf dem Schirm entstehen, viel größer als der Abstand der Maxima ist, der

sich bei der Annahme dass der Sitzungssaal ca. 100 m lang sei (Schirm 100 m entfernt) mit :

$$s_{01} = l \cdot \tan\alpha = 2.38 \cdot 10^{-34} m,$$

berechnen lässt. Da der Atomdurchmesser auch um ca. 20 Größenordnungen größer als dieser Wert ist, ist eine Differenzierung des Abstandes so gut wie unmöglich (man könnte versuchen die Ränder zu betrachten jedoch besteht heutzutage keine technische Möglichkeit diese aufzulösen). Zudem liegt dieser Wert Nahe an der Planckschen Länge $l_p \approx 1.62 \cdot 10^{-35} m$, d.h. je nach Abstand des Schirms sogar unter ihr. Da die Physik für Werte unter dieser Länge so gut wie "unbekannt" sind, lässt sich auch keine physikalisch fundierte Aussage treffen (mögliche Effekte, die noch nicht bekannt sind (Quantengravitation?,etc.)).

2 Komplementaritäts-Prinzip

Niels Bohr (siehe Vorlesung): "Wellen- und Teilchenbild sind komplementär. Beweist eine Messung den Wellencharakter von Strahlung oder Materie, dann ist es unmöglich in derselben Messung den Teilchencharakter nachzuweisen. Das Experiment bestimmt welches Bild zu benutzen ist.".

Spektrum der Wissenschaft Februar 1995 Seite 50 (Berthold-Georg Englert, Marlan O. Scully, Herbert Walther): "Jedes quantenphysikalisches Objekt hat stets sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften. Sie lassen sich aber nie gleichzeitig beobachten - selbst dann nicht, wenn es gelingt, Werner Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation zu umgehen."

Das Komplementaritäts-Prinzip trifft also eine Aussage über die unmögliche Beobachtung von Wellen- und Teilcheneigenschaften zu einem festen Zeitpunkt. In Bohr's klassischer Deutung beinhaltete die Aussage sogar nicht nur den Zeitpunkt, sondern spricht von einem ganzes Experiment. Neuere Erkenntnisse und Experimente konnten aber zeigen, dass man zwischen Wellen- und Teilcheneigenschaft innerhalb eines Experimentes "wählen" kann. Z.B. in dem Experiment um die Gruppe von Anton Zeilinger (PhysRevLett 1995 Vol.75,Nr.17), der es gelang in verschiedenen Experimenten zwischen Teilchen- und Welleneigenschaft zu "wechseln". Ein zukünftiger Ansatz soll sogar die Möglichkeit bieten zu jeder gewünschten Zeit während eines Experimentes die Eigenschaften zu wechseln (s.Quelle S.3037 l.S. vorletzter Absatz gegen Ende).

Einige Beispiele für komplementäre Variablen sind Ort(x) und Impuls(p) (Spektrum der Wissenschaft (2004) 32-39/Vorlesung), Betrag des Wellenvektors (Kreis- wellenzahl)(k) und Ort(x) (Vorlesung), Energie(E) und Zeit(t) (Vorlesung) und Winkel- geschwindigkeit/Frequenz(ω) und Zeit(t).