Übungen zur Vorlesung Physik III
–Atom- und Quantenphysik –

Prof. C. Zeitnitz, Dr. F. Ellinghaus

Wintersemester 2015/2016 Universität Wuppertal

Blatt III

Abgabe bis Donnerstag, den 19. Nov 2015, 12:00

1. Wellenpaket **(13 Punkte)**

Um ein Wellenpaket zu konstruieren überlagert man unendlich viele ebene, monochromatische Wellen, deren Wellenzahlen im Intervall $k = k_0 \pm \Delta k$ liegen. Wenn sich die Amplitude im Intervall $2\Delta k$ nicht wesentlich ändert, kann sie durch einen konstanten Wert ersetzt werden. Damit erhält man:

$$\psi(x,t) = \int_{-\infty}^{\infty} A(k) \cdot e^{i(kx-\omega(k)t)} \mathrm{d}k \tag{1}$$

mit

$$A(k) = \begin{cases} A_0 & \text{für } k_0 - \Delta k \leq k \leq k_0 + \Delta k \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \tag{2}$$

Wenn $\Delta k \ll k_0$ kann man $\omega(k)$ in einer Taylorreihe entwickeln:

$$\omega(k) \approx \omega_0 + \left(\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}\right)\Big|_{k_0} (k - k_0) \tag{3}$$

(a) Berechnen Sie $\psi(x,t)$ und erklären Sie die Grundwelle und Einhüllende des Wellenpakets. Es ist dabei nicht nötig $\left(\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}\right)\Big|_{k_0}$ explizit zu kennen.

(b) Berechnen und skizzieren Sie den Realteil von $\psi(x,t)$ zur Zeit $t = 0$.

(c) Interpretieren Sie nun $|\psi(x,t)|^2$ als Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Teilchens und berechnen Sie A_0 mittels der aus der Vorlesung bekannten Normierungsbedingung.

(d) Auch wenn Sie nicht genau angeben können wo sich das Teilchen zur Zeit $t = 0$ befindet, können Sie zumindest angeben, wo es sich definitiv nicht befindet?

2. Heisenbergsche Unschärferelation **(3 Punkte)**

Ein Nukleon ist im Atomkern räumlich auf ca. 1 fm genau lokalisiert. Nutzen Sie diese Information um mittels der Heisenbergschen Unschärferelation die mittlere kinetische Enegrie (in eV) eines solchen Nukleons abzuschätzen.

Hinweise:
i) Die Masse eines Nukleons liegt bei rund 1 GeV/c^2
ii) $\hbar c \approx 200$ MeV fm
iii) Für den Zusammenhang zwischen kinetischer Energie und Impuls können Sie die nicht-relativistische Formel verwenden.

3. De-Broglie **(4 Punkte)**

Schätzen sie die de-Broglie Wellenlänge von Stickstoffmolekülen (N_2) bei Raumtemperatur ab und vergleichen Sie Ihr Resultat mit der mittleren freien Weglänge der Moleküle bei Normalbedingungen ($\Lambda = 58,5$nm). Im Rahmen der kinetischen Gastheorie werden Gasmoleküle als klassische Objekte beschrieben. Warum funktioniert diese Beschreibung so gut ?

Hinweis:
i) $\hbar c = 197$ MeV fm

Die Übungsblätter und weitere Informationen sind verfügbar unter
`http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~elli/AtomQuantenWiSe1516/`

ellinghaus@uni-wuppertal.de