

ÜBUNGEN ZUR
EXPERIMENTALPHYSIK III (BACHELOR-STUDIENGANG MEDIZINPHYSIK)
WINTERSEMESTER 2015/2016

– BLATT 3 –

Ausgabe am 06.11.2015

Abgabe am 13.11.2015 bis 14:00 (Kasten 210 im Foyer des Physik-Gebäudes)

*Lösungen bitte handschriftlich und dokumentenecht (Kuli o.ä.) in Papierform. Maximal vier Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einreichen. Bitte heften Sie alle Blätter zusammen, geben Sie auf der ersten Seite alle Namen und die Übungsgruppe (oben rechts) an sowie auf den folgenden Seiten mindestens einen Namen.
Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein.*

Aufgabe 1: Fourier-Transformation (4 Punkte)

- a) Berechnen Sie die Fourier-Koeffizienten a_n und b_n für eine Rechteckwelle mit der Periode 2π . Hierfür genügt die Angabe innerhalb des Intervalls $[-\pi, +\pi]$ unter den Annahme, dass

sich die Funktion periodisch fortsetzt:
$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{für } -\pi < x < 0 \\ 0 & \text{für } 0 < x < +\pi \end{cases}$$

- b) Berechnen Sie die Fourier-Transformierte $\tilde{f}(p)$ einer Rechteckfunktion (nicht periodisch)

$f(x) = 1$ für $-1 < x < 1$ und $f(x) = 0$ überall sonst. Verwenden Sie im letzten Schritt ggf.

die Beziehung $\sin(u) = \frac{1}{2i}(e^{iu} - e^{-iu})$.

Aufgabe 2: Beugung von Teilchen am Gitter (3 Punkte)

Fullerene sind ca. 1 nm große Moleküle, bei denen 60 Kohlenstoffatome eine Hohlkugel bilden. In einem Experiment im Jahr 2002 in Wien wurde die Beugung von Fullerenen an einem Gitter demonstriert. Ihre mittlere Geschwindigkeit betrug 200 m/s.

- a) Wie groß war die de-Broglie-Wellenlänge der Fullerene? Anmerkung: Eine atomare Masseneinheit entspricht $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg und ist als 1/12 der Masse eines ^{12}C -Atoms definiert.
- b) Im Experiment betrug die Gitterkonstante 100 nm. Ein Schirm befand sich 1,2 m hinter dem Gitter. In welchem Abstand von der Mitte würden Sie das erste Nebenmaximum der Teilchenverteilung auf dem Schirm erwarten?
- c) Das erste Experiment dieser Art wurde 1959 in Tübingen mit Elektronen durchgeführt. Überlegen Sie, ob es einfacher ist, solche Versuche mit Elektronen oder mit schwereren Teilchen durchzuführen.

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Vertauschbarkeit von Operatoren (2 Punkte)

a) Sind die folgenden Operatoren hermitesch?

$$H = \hbar \cdot \omega \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad U = u \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

b) Können die Observablen, denen diese Operatoren zugeordnet sind, gleichzeitig präzise gemessen werden?

Aufgabe 4: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Ist der Erwartungswert einer Observablen (d.h. einer Messgröße) gleich dem wahrscheinlichsten Wert, den man bei einer einmaligen Messung erhalten kann?
- b) Ist der Erwartungswert gleich dem Eigenwert, den man bei Anwendung des entsprechenden Operators auf eine beliebige Wellenfunktion erhält?

(Bitte begründen Sie Ihre Antworten.)