

# 1. Übungsblatt zur Theoretische Physik II Quantenmechanik

**Abgabe:** Montag 28.04. bis 12:00 in den Briefkasten

**Achtung:** Unbedingt den eigenen Namen und Matrikelnr. sowie den Namen des Tutors und das Tutorium angeben. **Der Zettel wird sonst nicht korrigiert!**

## Aufgabe 1 (10 Punkte): Relativistische Energie-Impuls-Beziehungen

Gegeben seien die relativistischen Ausdrücke für die Energie und den Impuls eines Teilchens

$$\mathbf{p} = \gamma m \mathbf{v}, \quad E = \gamma m c^2, \quad \gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

1. Leiten Sie die Energie-Impuls-Beziehung  $E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$  her.
2. Zeigen Sie, dass sich die Geschwindigkeit schreiben lässt als

$$\mathbf{v} = \nabla_{\mathbf{p}} E,$$

wobei  $\nabla_{\mathbf{p}} = (\frac{\partial}{\partial p_1}, \frac{\partial}{\partial p_2}, \frac{\partial}{\partial p_3})$  ist.

3. Zeigen Sie, dass sich fuer  $v \ll c$  der klassische Grenzfall  $E = m c^2 + \frac{p^2}{2m}$  ergibt. Deuten Sie die beiden Summanden. Warum war der Term  $m c^2$  vor der Entdeckung der SRT nicht bekannt.

## Aufgabe 2 (10 Punkte): Compton-Effekt

In der Vorlesung wurde der Compton-Effekt als überzeugender Versuch zur Teilchennatur elektromagnetischer Strahlung besprochen. In dieser Aufgabe soll nun die Wellenlängenverschiebung des Lichtes berechnet werden. Licht der Wellenlänge  $\lambda$  streue an einem (anfänglich ruhenden) freien Elektron der Masse  $m_e$ . Wie groß ist die Wellenlänge  $\lambda'$  des gestreuten Lichts als Funktion des Streuwinkels  $\theta$ ? Nehmen Sie dazu an, dass der Lichtstrahl aus Quanten mit definierter Energie  $E = \frac{hc}{\lambda}$  und definiertem Impuls  $p = \frac{E}{c}$  besteht und verwenden Sie die geltenden Erhaltungssätze. Hinweis: Verwende für die Elektronen die relativistische Beziehung  $E_e^2 = p_e^2 c^2 + m_e^2 c^4$ .

## Aufgabe 3 (10 Punkte): Fourier transform and delta function

The direct and inverse Fourier transforms of a function are defined as:

$$\tilde{f}(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-ikx} dx; \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{f}(k) e^{ikx} dk.$$

1. Find the Fourier transform of the Gaussian function:  $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$
2. Show that the Fourier transform of unity is equivalent to the delta function:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} 1 \cdot e^{-ikx} dx = \delta(k).$$

To do so, check that the following property of the delta function is fulfilled:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x') \delta(x - x') dx'.$$

## 1. Übung TPII SS2008

3. Can you find the Fourier transform of  $x?$  of  $x^n?$

*Hint: Use the relation  $i(d/dk)e^{-ikx} = xe^{-ikx}$ .*

---

### Termine:

- **Vorlesung:** Di (EW 203) und Mi (EW 202) 8:00 Uhr bis 10:00 Uhr
- **Tutorien:** siehe Internetseite

### Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Zweier- oder Dreiergruppen).
- Bestandene Klausur.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme an den Tutorien und Vorrechnen einer Aufgabe im Tutorium.

### Literatur zur Lehrveranstaltung:

- Quantenmechanik
  - F. Schwabl, Quantenmechanik (Springer 1993)
  - F. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 1 & 2 (de Gruyter 1999)
  - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1 & 5/2 (Springer, 2002)
  - U. Scherz, Quantenmechanik - Eine kompakte Einführung (Teubner, 2005)
  - A. Messiah, Quantenmechanik Band 1 & 2 (de Gruyter 1991)
  - R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, Feynman Vorlesungen über Physik, Band 3, Quantenmechanik (Oldenburg, 2001)

### Sprechstunde:

- Prof. Dr. Holger Stark: Fr 10:00 (EW709)
- Dr. Vasily Zaburdaev: Mi 11:00 (EW708)
- Dipl. Phys. Sebastian Heidenreich: Di 16:00 (EW702)
- Dipl. Phys. Valentin Flunkert: Fr 14:00 (EW632)
- Christin David: Fr 13:00 (EW60)
- Christopher Wollin: Do 15:00 (EW60)

### Hinweise:

Die Übungsblätter werden Freitags auf der Internetseite veröffentlicht und am Dienstag in der Vorlesung ausgeteilt. Die Abgabe erfolgt dann Montags bis spätestens 12:00 Uhr per Einwurf in den Briefkasten am hinteren Eingang zum Physik Altbau/Ernst-Rusker Bau. Später abgegebene Übungsblätter können nicht mehr berücksichtigt werden!! Es wird voraussichtlich insgesamt 12 reguläre Übungsblätter geben.