

Prof. Holger Stark,
Judith Lehnert, Maximilian Schmitt, Andreas Zöttl

1. Übungsblatt – Theoretische Physik II: Quantenmechanik

Abgabe: Di. 17.04.2012 bis 8:30 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Zweiergruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummern und das Tutorium (Tutor und Termin) an. Kreuzen Sie am Beginn des Tutoriums die mündlichen Aufgaben an, die Sie bearbeitet haben und an der Tafel vorrechnen können.

Aufgabe 1 (10 Punkte): Relativist. Energie-Impuls-Beziehungen (schriftlich) (4+3+3 Punkte)

Gegeben seien die relativistischen Ausdrücke für die Energie E und den Impuls \mathbf{p} eines Teilchens der Ruhemasse m :

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

- (a) Leiten Sie daraus die Energie-Impuls-Beziehung $E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$ her.
 (b) Zeigen Sie, dass sich die Geschwindigkeit als Gradient der Energie schreiben lässt,

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

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

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

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

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 λ streue an einem (anfänglich ruhenden) freien Elektron der Masse m_e . Wie groß ist die Wellenlänge λ' des gestreuten Lichts als Funktion des Streuwinkels θ ? Nehmen Sie dazu an, dass der Lichtstrahl aus Quanten (Photonen) 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: (mündlich) Fouriertransformation und Deltafunktion

Die Definition der Fouriertransformation ist gegeben durch:

$$\hat{f}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt.$$

Man kann dann zeigen, dass sich $f(t)$ über

$$(1) \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{f}(\omega) e^{i\omega t} d\omega.$$

darstellen lässt.

Die δ -Funktion ist durch ihre Wirkung auf Funktionen f definiert:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_0) f(x) dx = f(x_0).$$

1. Übung TPII SoSe12

- (a) Berechnen Sie die Fouriertransformierte $\hat{\delta}(\omega)$ von $\delta(t)$. Welche Fourierdarstellung ergibt sich damit für $\delta(t)$?
- (b) Benutzen Sie das Ergebnis aus (a) und zeigen Sie, dass Gleichung (1) gilt.
- (c) Berechnen Sie die Fouriertransformierte eines Gaußpaketes der Breite σ :

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right).$$

Welche Breite besitzt die Fouriertransformierte?

- (d) Berechnen Sie die Fouriertransformierte von x . Wie lautet die Fouriertransformierte von x^n mit $n \in \mathbb{N}$?
- Hinweis:* Verwenden Sie $i \frac{d}{dk} e^{-ikx} = x e^{-ikx}$.

Allgemeine Informationen:

- Anmeldung bis 11. April via moses <https://moseskonto.tu-berlin.de/moseskonto>. Danach erfolgt die Einteilung in die Tutorien. Die ersten Tutorien finden am 17./18. April statt.
- Scheinkriterien: Es wird schriftliche Übungen und mündliche Übungen (vorrechnen) geben, die auf den Übungszetteln gesondert gekennzeichnet werden. Die Kriterien für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich in drei Teile:
 - Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte (Zweierabgabe).
 - Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung sinnvoll bearbeitete Aufgaben an. In der Übung müssen die angekreuzten Aufgaben an der Tafel vorgerechnet werden. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.
 - Am Ende des Semesters wird es eine Klausur geben. Jeder, der den schriftlichen und mündlichen Teil der Übungsaufgaben erfolgreich absolviert hat, darf an der Klausur teilnehmen. Die Klausur gilt als bestanden, wenn 50% der Klausurpunkte erreicht werden. Wer in dieser Klausur mehr als 40% der Punkte erreicht, hat die Möglichkeit durch eine Nachklausur den Übungsschein zu erlangen.
- Klausur: 06. Juli um 10:00 Uhr im H0105.
- Aktuelle Informationen werden immer auf der Homepage bekannt gegeben (<http://www.tu-berlin.de/?116154>).

Sprechzeiten:	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
	Prof. Holger Stark	FR	11:30–12:30 Uhr	EW 709	29623
	Judith Lehnert	DO	13:00–14:00 Uhr	ER 246	29048
	Max Schmitt	DO	10:00–11:00 Uhr	EW 708	25225
	Andreas Zöttl	MI	11:00–12:00 Uhr	EW 702	24253