

## Übungen zu T2, Sommersemester 2016, Blatt 6

### 1) H-Atom in drei Raumdimensionen

Berechnen Sie die Erwartungswerte von  $\vec{P}$  und  $\vec{P}^2$  für die Grundzustandswellenfunktion des H-Atoms. Siehe Aufgabe (2) auf Übungsblatt 4.

### 2) Zeitentwicklung im Impulsraum

Ein freies Teilchen mit Masse  $m$  sei zum Zeitpunkt  $t = 0$  durch die in Aufgabe (5.5) berechnete Wellenfunktion beschrieben. (Siehe auch handschriftliches Vorlesungsskriptum Chap. 2.8.) Bestimmen Sie die zeitabhängige Impulsraum-Wellenfunktion  $\tilde{\psi}(p, t)$ . Bestimmen Sie Mittelwerte und Schwankungsquadrate von  $X$  und  $P$  zum Zeitpunkt  $t$ .

### 3) Zeitentwicklung im Ortsraum

Verwenden Sie das Ergebnis von Aufgabe (2) für  $x_0 = 0$ , und bestimmen Sie die zeitabhängige Konfigurationsraumwellenfunktion  $\psi(x, t)$ . Geben Sie  $|\psi(x, t)|^2$  an. (Siehe auch handschriftliches Vorlesungsskriptum Chap. 2.9. zur Diskussion des Gauss'schen Wellenpackets.)

Hinweis: Es seien  $c, d \in \mathbb{C}$  (!) mit  $\text{Re } c > 0$ . Auch dann gilt

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx e^{-c(x-d)^2} = \sqrt{\frac{\pi}{c}}.$$

Überprüfen sie dies einfach durch ein paar numerische Tests (z.B. mit Mathematica).

### 4\*) Video-Clip

Visualisieren Sie  $|\psi(x, t)|^2$  aus Aufgabe (3) als Funktion der Zeit  $t$  in einem Video-Clip, indem Sie z.B. die `(List)Animate`-Funktion von Mathematica benutzen. Überlegen Sie sich dabei, wie Sie die Parameter so festlegen, damit man eine schöne Visualisierung bekommt.

**Diese Sternchen-Aufgabe ist nicht verpflichtend und stellt eher ein kleines Projekt dar, das Sie anregen soll, über den Tellerrand der Vorlesung zu schauen. Diskutieren Sie ihr Ergebnis mit Kommilitonen.**