

Übungsblatt 9: (8 P.)

Abgabe: 22.06.10

Aufgabe 1: (schriftlich) [2 P.]

Berechnen Sie für die Energieeigenzustände $|n\rangle$, $n \in \mathbb{N}_0$ des linearen harmonischen Oszillators die Erwartungswerte der zu den Operatoren X , X^2 , X^3 , X^4 , P , P^2 , P^3 , P^4 gehörigen Observablen, die Unschärfen Δx , Δp sowie das Unschärfenprodukt $\Delta x \cdot \Delta p$.

Hinweis: Drücken Sie die Potenzen von X und P durch den Erzeugungsoperator b^\dagger bzw. den Vernichtungsoperator b der Oszillatorquanten aus. Verwenden Sie auch den Quantenzahloperator $N = b^\dagger b$, $N^\dagger = N$ sowie die Vertauschungsbeziehung $[b, b^\dagger] = 1$ zwischen b und b^\dagger .

Aufgabe 2: (mündlich) [2 P.]

Der Zustandsvektor eines linearen harmonischen Oszillators sei zu einem bestimmten Zeitpunkt durch die folgende Linearkombination seiner Energieeigenzustände $|0\rangle$, $|1\rangle$ gegeben:

$$|\psi\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}}|0\rangle - i\frac{1}{3}|1\rangle.$$

Berechnen Sie für diesen Zeitpunkt das Unschärfenprodukt $\Delta x \cdot \Delta p$.

Hinweis: Verwenden Sie den Oszillatorquanten-Erzeugungsoperator b^\dagger bzw. den Vernichtungsoperator b . Benutzen Sie auch die Erwartungswerte zu X , X^2 , P , P^2 in den Energieeigenzuständen $|n\rangle$ von Aufgabe 1 sowie die Formeln

$$b|n\rangle = \sqrt{n}|n-1\rangle, \quad b^\dagger|n\rangle = \sqrt{n+1}|n+1\rangle.$$

Aufgabe 3: "Schalenaufbau" der Atome

- a) (schriftlich) [2 P.] Geben Sie die (vollständige) Elektronenkonfiguration des Eisenatoms an.
- b) (mündlich) [2 P.] Die Bindungsenergien der (angeregten) Zustände $4p$, $4d$, und $4f$ im Lithiumatom sind praktisch gleich der Bindungsenergie des (angeregten) Zustands mit $n = 4$ im Wasserstoffatom. Wie lässt sich das erklären? Die Bindungsenergie des Li-Zustand $4s$ ist hingegen deutlich abgesenkt (das bedeutet festere Bindung!). Erklären Sie auch diese Beobachtung.