

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  $\Delta x$ ,  $\Delta p$  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.