

Theoretische Physik E — Quantenmechanik II

V: Prof. Dr. D. Zeppenfeld, Ü: Dr. S. Gieseke

Übungsblatt 9

Abgabe: Fr, 19.01.'07, 9.45 Uhr, Erdgeschoss Physikhochhaus.

Aufgabe 32: Zweidimensionaler harmonischer Oszillator

[5]

Betrachten Sie einen isotropen harmonischen Oszillator in zwei Dimensionen,

$$H = \frac{p_x^2}{2m} + \frac{p_y^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{2}(x^2 + y^2) .$$

- (a) Bestimmen Sie die Energien und Entartungen der drei niedrigsten Energieeigenzustände.
- (b) Es werde nun eine Störung $V = \delta m\omega^2 xy$ hinzugenommen. Darin ist δ ein kleiner, dimensionsloser Parameter. Bestimmen Sie für jeden der drei niedrigsten Zustände aus (a) den Energieeigenzustand in nullter und die dazugehörige Energie in erster Ordnung Störungstheorie.
- (c) Lösen Sie das Problem exakt und vergleichen Sie das Resultat mit den störungstheoretischen Ergebnissen aus Teil (b).

Aufgabe 33: Entartung bis zu höherer Ordnung

[5]

Untersuchen Sie ein Dreizustandssystem mit dem Hamiltonoperator

$$H = \begin{pmatrix} E_1 & 0 & a \\ 0 & E_1 & b \\ a^* & b^* & E_2 \end{pmatrix}$$

in Matrixform. Darin sei $E_2 > E_1$. Die Parameter a und b werden als Störung angenommen. Beide sind von der gleichen Größenordnung, jedoch $|a|, |b| \ll E_2 - E_1$. Die ersten beiden Energieeigenwerte des ungestörten Systems ($a, b = 0$) sind offenbar entartet. Daran ändert sich auch nach Anwendung der Störungstheorie in erster Ordnung nichts.

- (a) Bestimmen Sie die Energiekorrekturen durch die Störung zunächst in nichtentarteter Störungstheorie zweiter Ordnung (ist dieses Vorgehen korrekt?).
- (b) Lösen Sie das Problem mit entarteter Störungstheorie zweiter Ordnung.
- (c) Berechnen Sie die exakten Energieeigenwerte und vergleichen Sie diese mit den Ergebnissen aus (a) und (b).

(b.w.)

Aufgabe 34: Linearer Stark-Effekt**[5]**

Ein Wasserstoffatom befindet sich im $n = 2$ Zustand. Bestimmen Sie die Energiekorrektur durch ein elektrisches Feld in z -Richtung mit dem Potential $V = -ezE$. Alle weiteren Korrekturen des Coulomb-Potentials werden als vernachlässigbar angenommen. Begründen Sie dazu zunächst genau, welche Matrixelemente überhaupt einen Beitrag geben können. Berechnen Sie alle Integrale in den nichtverschwindenden Beiträgen explizit.

 $\Sigma_{\text{Blatt9}} = 15$