Übungen zu Physik IV (SS 2002)

(G. Münster / T. Peitzmann)

Blatt 3

Aufgabe 10 (L:0;D:3): Teilchen im unendlich hohen Potenzialtopf

Betrachten Sie ein Teilchen im unendlich hohen Potenzialtopf

$$V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < L \\ \infty & \text{sonst,} \end{cases}$$

das sich im stationären Zustand $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi x}{L}$ befindet.

a) Berechnen Sie $<x>$ und $\triangle x$.

b) Zeigen Sie, dass das Ergebnis für $\triangle x$ mit dem klassischen Resultat im Falle großer n übereinstimmt.

c) Berechnen Sie $\triangle x \cdot \triangle p$.

Aufgabe 11 (L:4;D:4): Foto-Absorption und Compton-Effekt

a) Kann ein freies Elektron ein Photon absorbieren?

b) Ein einfallendes Photon genügend hoher Energie kann mit einem Hüllenelektron eines Atoms zwei Reaktionen durchführen:

- Es kann absorbiert werden und das Hüllenelektron aus dem gebundenen Zustand in ein freies Elektron überführen.
- Es kann Compton-Streuung ausführen und dabei ebenfalls ein Elektron aus der Hülle entfernen.

Lässt sich der erste Prozess als Grenzfall des zweiten auffassen, wenn man die Energie des Photons nach der Streuung gegen Null gehen lässt?

Aufgabe 12 (L:3;D:3): Absorption in Balmer-Serie und Stern-Spektren

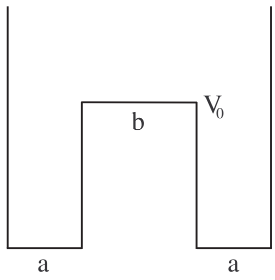
a) Im Wasserstoff-Atom hält sich das einzige Elektron normalerweise im Grundzustand ($n = 1$) auf. Unter welchen Bedingungen treten Absorptionslinien der Balmer-Serie in Spektren auf? Wie wahrscheinlich ist dies z.B. in der Photosphäre der Sonne ($T = 6000\,\mathrm{K}$)?

b) In der Astrophysik werden Sterne nach ihrem spektralen Emissionsmaximum in Klassen einsortiert. Die Buchstaben O, B, A, F, G, K, M, R, N stehen der Reihe nach für immer langwelligere Strahlung. Bei O-Sternen beobachtet man Emissionslinien, die anderen Sterne sind durch Absorptionslinien in ihren Spektren charakterisiert. Bei A-Sternen gibt es starke Balmer-Linien, die für die anderen Klassen schnell schwächer werden. Wie kann man das verstehen?

Aufgabe 13 (L:0;D:6): Doppelmuldenpotenzial

Ein Doppelmuldenpotenzial sei gegeben durch

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & , \quad |x| < \frac{b}{2} \\ 0 & , \quad \frac{b}{2} < |x| < \frac{b}{2} + a \\ \infty & , \quad \frac{b}{2} + a < |x| \end{cases}$$



a) Bestimmen Sie die möglichen Energiewerte und zugehörigen Wellenfunktionen im Grenzfall $V_0 = \infty$.

b) Berechnen Sie die niedrigliegenden Energiewerte ($E \ll V_0$) näherungsweise für den Fall einer großen Barriere, $2mV_0b^2 \gg \hbar^2$. Zeigen Sie, dass die zweifache Entartung aus Teil (a) nun durch eine Energieaufspaltung

$$\Delta E_n \approx \frac{\hbar^2\pi^2n^2}{2ma^2}\,\frac{8}{a\kappa_n^{(0)}}\;\exp(-\kappa_n^{(0)}b) \qquad \text{mit} \qquad \kappa_n^{(0)} = \sqrt{\frac{2mV_0}{\hbar^2} - \frac{\pi^2n^2}{a^2}}$$

aufgehoben ist.