
7. Übung zur Theoretischen Physik in zwei Semestern II

Wintersemester 2009/2010

Abgabe: keine, **Klausur:** Dienstag 1. Dezember, 10-12 Uhr

22. Klausurrelevantes

0 Punkte

Relevant für die erste Teilklausur ist der Stoff der Vorlesung (bis 24.10.) und der Übungen; *besonders* relevant sind die Aufgaben 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, und 21; *äußerst* relevant sind die beiden untenstehenden Aufgaben 23 und 24.

23. Tunneleffekt

0 Punkte

Die Metallspitze eines Raster-Tunnel-Mikroskops befindet sich genau im Abstand $d_0 = 2 \text{ \AA}$ zur ebenfalls metallischen Probe. Die restlichen Parameter seien so eingestellt, dass bei diesem Abstand Elektronen mit Transmissionswahrscheinlichkeit $T_0 = 0.01$ das Vakuum zwischen Metallspitze und Probe durchtunneln. Der aus diesen Tunnelprozessen resultierende Tunnelstrom habe die Stärke $I_0 = 1 \mu\text{A}$.

Hinweis: Bearbeiten Sie folgende Aufgaben ohne Taschenrechner!

- Wie ändert sich die Transmissionswahrscheinlichkeit, wenn der Abstand halbiert bzw. verdoppelt wird, alle anderen Parameter aber unverändert bleiben? Wie ändert sich dementsprechend der Tunnelstrom?
- Ein Magier betritt das Labor und verpasst den tunnelnden Elektronen eine 10^{26} fach größere Masse als sie tatsächlich haben. D.h. die Elektronen hätten dann ungefähr die Masse einer kleinen Murmel. Sonst ändert sich nichts. Wie groß ist dann die Transmissionswahrscheinlichkeit?
- Nun stellen wir uns vor, dass in jeder Sekunde genau soviele dieser murmelschweren Elektronen die Gelegenheit zum Tunneln bekommen, wie es Protonen im Universum gibt, nämlich etwa 10^{80} (!). Unter diesen Bedingungen warten wir noch einmal solange, wie das Universum alt ist, also etwa 10^{10} Jahre. Wieviel "Murmeln" werden getunnelt sein? (Das Jahr hat etwa $\pi \times 10^7$ Sekunden.)

24. Hoch angeregtes Wasserstoffatom

0 Punkte

Wir betrachten ein Wasserstoffatom in einem sehr hoch angeregten Zustand mit maximalem Drehimpuls, d.h. in einem Zustand mit sehr großer Hauptquantenzahl $n \gg 1$ und Drehimpulsquantenzahl $l = n - 1$. Der mittlere Abstand des Elektrons zum Proton ist in diesem Fall sehr viel größer als der Bohrsche Atomradius a .

- Wegen des großen Abstands sollte im vorliegenden Fall auch eine klassische Beschreibung des Elektrons erlaubt sein. Berechnen Sie die Umlauffrequenz ω eines klassischen Elektrons auf einer Kreisbahn mit Drehimpuls vom Betrag $\hbar\sqrt{l(l+1)} \approx \hbar n$.
- Das klassische Elektron strahlt elektromagnetische Wellen der Frequenz ω ab. Zeigen Sie, dass (in sehr guter Näherung) ein *quantenmechanisches* Elektron bei einem Übergang von n nach $n - 1$ ein Photon dieser klassischen Frequenz abstrahlt!