

Experimentalphysik III, WS 05/06
Übungsblatt 7

45. Ein Wasserstoffatom ist im ersten angeregten Zustand ($n = 2$). Benutzen Sie die Bohr-Theorie, um das Atom zu beschreiben und geben Sie
- den Radius der Bahn des Elektrons,
 - seinen Impuls,
 - seinen Drehimpuls und
 - seine kinetische Energie an.
- Wie groß ist (e) die potentielle Energie des Elektrons und (f) die Gesamtenergie des Systems?

46. Für die kugelsymmetrischen Zustände des Wasserstoffatoms kann die Schrödinger-Gleichung in der Form
- $$-\frac{\hbar^2}{2 \cdot m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) - \frac{e^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r} \psi = E \cdot \psi$$
- geschrieben werden.

Zeigen Sie, dass die 1s Wellenfunktion $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$ der kugelsymmetrischen Schrödinger-Gleichung genügt.

47. Betrachten Sie das Wasserstoffatom. Wieviele verschiedene Quantenzustände sind möglich für ein Elektron mit folgenden Hauptquantenzahlen: (a) $n = 1$, (b) $n = 2$ und (c) $n = 4$. Überprüfen Sie, ob Sie (wie theoretische vorhergesagt) $2n^2$ verschiedene Zustände erhalten, indem Sie in eine Tabelle mit den erlaubten Quantenzuständen anfertigen!

Für Physiker:

Beweisen Sie, dass zu jeder Hauptquantenzahl $2n^2$ verschiedene Quantenzustände gehören!

48. Ein Photon wird emittiert, als ein Wasserstoffatom einen Übergang vom Zustand $n = 6$ zum Zustand $n = 2$ vollzieht. Berechnen Sie (a) die Energie, (b) die Wellenlänge und (c) die Frequenz des emittierten Photons!

49. Konstruieren Sie das Termschema (Energieniveauschema) für das He^+ -Ion! Welche Energie hat der erste angeregte Zustand und wie groß ist die Ionisierungsenergie?

50. *Für Physiker:* Korrespondenzprinzip

a) Benutzen Sie Bohr's Modell des Wasserstoffatoms, um zu zeigen, dass die Frequenz des

emittierten Lichts $f = \left(\frac{2\pi^2 m_e e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 h^3 n^2} \right) \frac{2n-1}{(n-1)^2}$ ist, wenn sich das Elektron vom Zustand n zum Zustand $n - 1$ bewegt.

b) Zeigen Sie, dass für $n \rightarrow \infty$ dieser Ausdruck proportional zu $1/n^3$ ist (Regel von l'Hospital) und der Frequenz entspricht, die nach klassischer Theorie eine Ladung abstrahlt, die auf einer Kreisbahn mit dem Radius r rotiert (*Hinweis:* Berechnen Sie diese Frequenz

gemäß $f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r}$).

51.a) Zeigen sie, dass das Elektron eines Wasserstoffatoms im 2s Zustand am wahrscheinlichsten bei einer radialen Position von $r = 5.236a_0$ zu finden ist. Hat die radiale Wahrscheinlichkeitsdichte noch andere Maxima?

Wellenfunktion:
$$\psi_{2s}(r) = \frac{1}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \left(\frac{1}{a_0} \right)^{3/2} \left[2 - \frac{r}{a_0} \right] e^{-r/2a_0} .$$

b) *Für Physiker*

Zeigen Sie, dass die Wellenfunktion normiert ist!

52. Ein Elektron im Chrom-Atom bewegt sich vom Zustand $n = 2$ zum Zustand $n = 1$, ohne dass es ein Photon emittiert. Stattdessen wird die Zusatzenergie auf ein Elektron der äußeren Schale mit Hauptquantenzahl $n=4$ transferiert. Dieses Elektron verläßt mit Hilfe der aufgenommenen Energie das Chrom-Atom (dieser Vorgang wird Auger-Prozeß genannt und das emittierte Elektron ist demzufolge ein Auger-Elektron). Benutzen Sie die Bohrsche Theorie (unter Vernachlässigung der Wechselwirkungsenergie sämtlicher Elektronen), um die kinetische Energie des Auger-Elektrons zu bestimmen.