Physik IV – Atome und Moleküle; Sommer 2009
Prof. Thomas Müller, Universität Karlsruhe
Dr. Frank Hartmann, Universität Karlsruhe

Aufgabenblatt 7; Übungen (16.06 Dienstag/ 18.06. Donnerstag)

1. Ein paar Fragen bezüglich des Wasserstoffatoms zum **'frei'** in den Übungen vorzutragen, bzw. an die Tafel zu skizzieren!
   (a) Warum kann man Abhängigkeiten r, ϕ, Θ separieren?
   (b) Erklären Sie die Quantenzahlen n,l,m! Wie lauten die Abhängigkeiten?
   (c) Was bedeutet 'Entartung'? Gibt es bei n=1 Entartung?
   (d) Zeichnen Sie das Termschema bis n=4!

2. Die Radial-Eigenfunktionen des 1s-Zustandes des Wasserstoffatoms ist kugelsymmtetrisch und hat die Form:
   $\Psi(r) = a \times e^{-\frac{r}{r_1}}$
   r_1 ist der erste Bohrsche Radius und a eine, durch die Normierung festzulegende Konstante.
   (a) Berechnen Sie die Energie dieses Zustandes!
   (b) Bestimmen Sie die Aufenthaltswahrscheinlichkeit W(r) des Elektrons im Abstand r vom Kern!
   (c) In welchem Abstand ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit am größten?
   (d) Zeichnen Sie die beiden Funktionen $\Psi(r)$ und W(r)!

3. Unter Positronium versteht man ein gebundenes Elektron-Positron-Paar. Das Positron ist das Antiteilchen zum Elektron. Mit der Vorstellung, dass e^- und e^+ -analog wie beim H-Atom, um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, berechne man die Umlauffrequenz $\omega/(2\pi)$, den Radius r und die Bindungsenergie des Systems im Grundzustand.

4. Ein Myon-Atom besteht aus einem Atomkern mit Kernladungszahl Z und einem eingefangenen Myon, das sich im Grundzustand befindet. Das Myon ist ein Teilchen dessen Masse 207mal so gross ist, wie die des Elektrons; seine Ladung ist der Elektronenladung gleich.
   - Wie gross ist die Bindungsenergie eines Myons, das von einem Proton eingefangen worden ist?
   - Wie gross ist der Radius der entsprechenden Bohr'schen Bahn mit n=1?
   - Man gebe die Energie des Photons an, das ausgestrahlt wird, wenn das Myon vom Zustand n=2 in den Grundzustand springt.

5. Drehimpulsoperatoren

(a) Zeigen Sie $[\hat{L}_z, \hat{L}^2] = 0$ mit $\sum_{ij} \epsilon_{ijk} L_i L_j = i\hbar L_k$

(b) Eigenwert des $\hat{l}^2$ Operators, des Gesamtimpuls. Warum ist der Eigenwert von $\hat{l}^2 = l(l+1)\hbar^2$ und nicht $\hat{l}^2 = l^2\hbar^2$ Annahme: $\hat{l}^2 = \omega^2\hbar^2 F(\theta, \phi)$, zu beweisen $\omega^2 = l(l+1)$ und l gerade. ($L_\pm = L_x \pm i L_y$; $\hat{l}_+ F - l, m_{max} =?$)

Matrix (1/2/3/4/5)

Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe, Tel.: +41 (76) 487 4362; Email: Frank.Hartmann@cern.ch

www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/∼hartmann/atom09