

Physik IV – Atome und Moleküle

Sommer 2005, Prof. Wim de Boer, Universität Karlsruhe

Lösung 12

1. Elektron in der K-Schale des Wolframatoms

- (a) Ein Elektron in der K-Schale (mit $n=1$) hat im Wolframatom (mit $Z=74$) die Energie $E = -(Z-1)^2(13,6\text{eV}) = -72,5\text{keV}$. Dabei ist die effektive Kernladungszahl zu $Z-1$ angenommen.
- (b) Mit der effektiven Kernladungszahl $Z - \sigma$ ist $E = -(Z - \sigma)^2(13,6\text{eV})$. Der experimentelle Wert von E beträgt $-69,5\text{keV}$. Somit ist die Abschirmungskonstante $\sigma = Z - \sqrt{-\frac{E}{13,6\text{eV}}} = 2,51$. Also werden die äusseren Wellenfunktionen durch die inneren Elektronen merklich durchdrungen.

2. Übergänge im Kaliumatom

- (a) Wir berechnen die Energien nach $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1239,852\text{eV}\cdot\text{nm})}{\lambda}$. Mit $\lambda = 766,41\text{nm}$ folgt $E = 1,61774\text{eV}$, und für $\lambda = 769,90\text{nm}$ ist $E = 1,61041\text{eV}$. Beachten sie: Die höhere Energie entspricht $j = \frac{3}{2}$, und die geringere $j = \frac{1}{2}$.
- (b) $\Delta E = 1,61774\text{eV} - 1,61041\text{eV} = 7,33 \cdot 10^{-3}\text{eV}$
- (c) Die Energien der magnetischen Wechselwirkung ist $V = \mu_Z B = g\mu_B j B$. Damit ist die Energiedifferenz $\Delta E = g\mu_B(\frac{3}{2} - \frac{1}{2})B = 2\mu_B B$. Auflösen nach dem Magnetfeld B ergibt $B = \frac{\Delta E}{2\mu_B} = 6,33 \cdot 10^5\text{G} = 63,3\text{T}$. Das ist ein ziemlich starkes Magnetfeld.

3. Flugweite virtueller Teilchen

- (a) Nach der Unschärferelation darf der Energiersatz innerhalb einer Zeit Δt um ΔW "überzogen" werden, falls $\Delta W \cdot \Delta t \leq \hbar$. Erzeugung eines Elektronenaares kostet mindestens $\Delta W = 2m_0c^2$. Das Paar kann also höchstens eine Zeit $\Delta t \approx \frac{\hbar}{2m_0c^2}$ existieren. Selbst mit Lichtgeschwindigkeit kämen diese Teilchen in dieser Zeit bestenfalls bis $r \approx c\Delta t \approx \frac{\hbar}{2m_0c}$, d.h. um eine Compton-Wellenlänge des Elektrons $\lambda_e = r_e = \frac{\hbar}{m_0c}$ weit.
- (b) Die Energie $\Delta W = 2mc^2 = \frac{2m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ergibt eine Existenz-Höchstdauer von $\Delta t = \frac{\hbar}{\Delta W}$ und eine Höchstflugstrecke $r = v\Delta t = \frac{1}{2}r_e v c^{-1} \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$. Diese Funktion von v hat ihr Maximum bei $v = \frac{c}{\sqrt{2}}$, und zwar bei $r = \frac{r_e}{4} = 0,25r_e$

4. Laser

Monochromasie bestimmt durch Lebensdauer der metastabilen Niveaus; Kohärenz durch Quantumeffekt: nur wenn Welle des Photons und Welle des Elektrons gleiche Frequenz und Phase haben, dann gibt es eine stimulierte Emission.

Klassisches Bild der Dipoloszillator: siehe Gerthsen,

Intensität propional zu $\text{Amplitude}^2 = N^2 I_0$

Glühbirne mit inkoherentes Licht propional zu $N I_0$

5. Warum bilden zwei Heliumatome nicht ein Helium-Molekül He_2 ?

L: die vier Elektronen besetzen die 2 untere Niveaus (σ_g und σ_u^*), d.h. es gibt genau so viel bindende wie nichtbindende Elektronen, wodurch keine Bindung entsteht.

6. Erklären sie kurz was die sp^3 , sp^2 und sp -Hybridisierung beim C-Atom bedeutet und geben sie ein Beispiel für jede Hybridisierung!
- L: sp^3 : Hybridisierung aller 4 Elektronen in s, p_x , p_y und p_z Orbitalen, Beispiel CH_4
- sp^2 : Hybridisierung der Elektronen in s, p_x und p_y Orbitalen, Beispiel $H_2C=CH_2$
- sp : Hybridisierung der Elektronen in s und p_z Orbitalen, Beispiel $HC\equiv CH$ (dreifache Kohlenstoffbindung)

*Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,
Tel.: 07247 82 6330; Email: Frank.Hartmann@cern.ch
www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom.html*