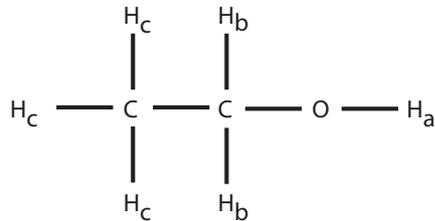


Abgabe bei Dr. Stefan Weber, Webers@physik.fu-berlin.de  
vor Freitag 22.06.2007, 12.00 h.

---

**Aufgabe 9–1** (1 Punkte)

Skizzieren und beschreiben Sie das  $^1H$ -NMR-Spektrum des Ethanols. Das Molekül enthält drei Gruppen magnetisch nicht-äquivalenter Protonen (siehe Abbildung):  $H_a$ ,  $H_b$  und  $H_c$ . Die Differenzen der chemischen Verschiebungen  $\delta$  (mit  $\delta(H_c) = 1.2 \text{ ppm}$ ,  $\delta(H_b) = 3.7 \text{ ppm}$  und  $\delta(H_a) = 5 \text{ ppm}$  der einzelnen Protonen seien wesentlich größer als die Kopplungskonstante  $J_{b,c} = 8 \text{ Hz}$  für die Kopplung zwischen  $H_b$  und  $H_c$ . Alle anderen Kopplungen  $J_{i,j}$  mit  $i, j \in \{a, b, c\}$  seien 0.



**Aufgabe 9–2** (1 Punkt)

Zeigen Sie dass gilt:

$$[L_z, \vec{L} \cdot \vec{S}] \neq 0$$

**Aufgabe 9–3** (1 Punkt)

Skizzieren sie das Potential des Wasserstoffatoms und geben Sie die ersten 5 Energieniveaus an. In welche Zustände kann ein Wasserstoffatom ausgehend vom Grundzustand mit Licht (Dipolapproximation) angeregt werden (z.B. Auswahlregel, mindestens 5 Beispiele).

**Aufgabe 9–4** (1 Punkt)

Skizzieren Sie die Hyperfeinaufspaltung des Grundzustands des Wasserstoffatoms ( $n = 1$ ,  $\ell = 0$ ,  $j = 1/2$ ) und erklären Sie, warum die Summe der Aufspaltungsenergien  $\Delta E_{HFS}$  über alle möglichen aufgespaltenen Zustände Null ist.

**Aufgabe 9–5** (1 Punkt)

Skizzieren Sie die Energieniveaus der Hauptübergänge der Balmerreihe (Wasserstoffatom) ( $n = 3 \rightarrow n = 2$ ) unter Berücksichtigung der Feinstrukturaufspaltung (ohne Lamb-shift)

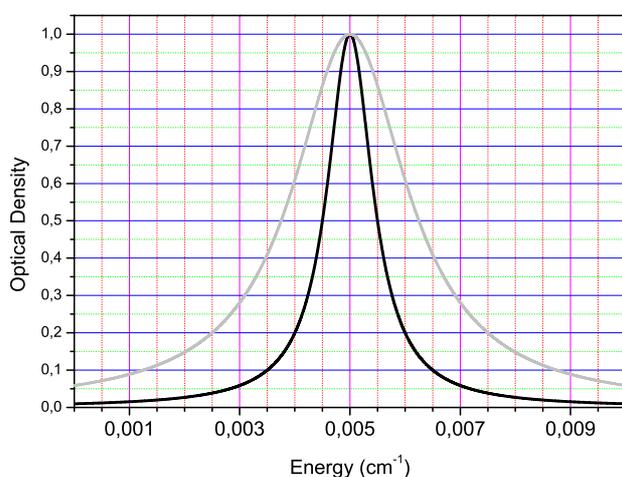
aber mit LS-Kopplung, relat. Korrektur, Darwinterm). Zeigen Sie dass fünf Übergangsfrequenzen zugeordnet werden können.

**Aufgabe 9–6** (2 Punkte)

Berechnen Sie die total antisymmetrischen Wellenfunktionen von angeregtem Helium  $(1s)(2s)$  mit Hilfe der Slater-Determinanten.

**Aufgabe 9–7** (1 Punkt)

Gegeben sind zwei Absorptionsbanden (graue und schwarze Linien in der Skizze). Schätzen Sie aus den Linienbreiten die Lebensdauern  $\tau_i$  ab.



Nehmen Sie jetzt an, dass beide Linien sich auf denselben Übergang beziehen, wobei die Linienbreite für die schwarze Bande nur durch strahlenden Zerfall bestimmt ist. Bestimmen Sie in diesem Fall die Dephasierungszeit  $\tau_2^*$  für die graue Linie.

**Aufgabe 9–8** (1 Punkt)

Wir betrachten nur elektronische Dipolübergänge in einem Wasserstoffatom, wobei das Elektron sich im  $2s$  Energieniveau befindet. Geben Sie die (strahlende) Lebensdauer von diesem Wasserstoffatom an, ohne LS-Kopplung. Argumentieren Sie, ob LS-Kopplung das Ergebnis ändern würde.

**Aufgabe 9–9** (1 Punkt)

Erklären Sie die Unterschiede der Oszillatorstärken

von  $2p \rightarrow 1s$ :  $f_{2p \rightarrow 1s} = -0.139$  und

von  $1s \rightarrow 2p$ :  $f_{2p \rightarrow 1s} = 0.416$