

0.0.1 Spin

Der Spin \vec{s} ist der Drehimpuls, der durch die Rotation eines Körpers um sich selbst entsteht. Er kann nur einen von zwei Werten annehmen.

Beispielsweise beträgt der Eigenwert des Elektronenspins immer $\pm\frac{\hbar}{2}$, insbesondere gilt für die z -Komponente des Spins $\hat{s}_3 |z\pm\rangle = \pm\frac{\hbar}{2} |z\pm\rangle$. Dadurch ist die magnetische Quantenzahl $m = \pm\frac{1}{2}$. Da j die Grenzen der gültigen m definiert, muss die Drehimpulsquantenzahl $j = s = \frac{1}{2}$ sein. Dies wird als Spin bezeichnet.

Elektronen nennt man *Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen* oder Fermionen, da der Spin $s = \pm\frac{1}{2}$ halbzahlilig ist.

Das Dipolmoment $\vec{\mu}$ und der Spin \vec{s} sind über das *gyromagnetische Verhältnis* γ miteinander verknüpft. Dazu wird der *Landé-Faktor* g benötigt.

$$\vec{\mu} = \gamma \vec{s} \quad (0.1)$$

$$\gamma = \frac{g\mu_B}{\hbar} \quad (0.2)$$

$$g = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) + l(l+1)}{2j(l+1)} \quad (0.3)$$

Hierbei werden die Eigenwerte der Drehimpulsoperatoren \hat{j} , \hat{s} und \hat{l} benötigt, die den Spin \vec{s} , den Bahndrehimpuls \vec{l} und den Gesamtdrehimpuls $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$ beschreiben. Falls es keinen Bahndrehimpuls $l = 0$ gibt, so folgt in erster Ordnung $g = 2$.

Der Landé-Faktor eines freien Elektrons wird zu $g \approx 2.00232$, wenn Korrekturen durch quantenelektrodynamische Effekte wie dem Austausch virtueller Photonen berücksichtigt werden. Der theoretische Wert stimmt mit dem experimentellen bis auf die elfte Nachkommastelle überein und ist damit sehr gut bekannt.

Der Bahnanteil der magnetischen Momente der Elektronen des in diesem Versuch untersuchten Radikals DPPH sind aufgrund der Kristallfelder gleich null. Da die Elektronen zwar ungepaart aber gebunden sind, weist ihr Landé-Faktor aber dennoch eine weitere Abweichung auf, die umso größer wird, je schwerere Atome im Molekül vorkommen. Dadurch beträgt der tatsächlich erwartete Wert des Landé-Faktors der Elektronen in DPPH $g = 2.0037$.

0.0.2 Zeemann-Effekt

Der Zeemann-Effekt beschreibt eine Aufspaltung der Spektrallinien durch ein äußeres Magnetfeld. Diese entsteht durch eine Wechselwirkung des Magnetfeldes mit dem magnetischen Moment der Hüllenelektronen.

Das Magnetfeld kann auch mit dem magnetischen Moment des Kerns wechselwirken. Diese Aufspaltung ist jedoch deutlich kleiner, da das magnetische Moment des Kerns deutlich kleiner als das der Hüllenelektronen ist.

Der *normale Zeemann-Effekt* tritt auf, wenn der Spin der betrachteten Teilchen gleich 0 ist. Beim *anormalen Zeemann-Effekt* hingegen ist der Spin der betrachteten Teilchen

ungleich 0. Aufgrund des nicht verschwindenden Spins der Elektronen, ist in diesem Versuch der anormale Zeemann-Effekt relevant.

Nach dem Bohr–Sommerfeldschen Atommodell haben Elektronen durch die Rotation um den Atomkern einen gequantelten Drehimpuls \vec{L} . Er ist durch die Quantenzahl $l = 1, 2, 3, \dots$ quantisiert, es gilt $|\vec{L}| = l\hbar$. Die Drehimpulskomponente in Richtung der z -Achse $L_z = m\hbar$ ist nun durch eine magnetische Quantenzahl $m = -l, -l + 1, \dots, l$ zu beschreiben.

Durch L_z werden die Energieniveaus der Elektronen verschoben. Die Energieverschiebung ΔE entspricht der Energie, ein Dipolmoment $\vec{\mu}$ in einem Magnetfeld \vec{B} auszurichten (??). Diese Verschiebung führt zu einer Verschiebung der Spektrallinien. Außerdem ist dadurch auch das magnetische Moment gequantelt.

Aufgrund des Zeemann-Effekts kommt es zur Larmorpräzession der Elektronen.