

Methoden moderner Röntgenphysik: Streuung und Abbildung

G. Grübel, O. Seeck, L. Müller, L. Frenzel, F. Lehmkuhler, M. Riepp

RÖNTGENDICHROISMUS (XMCD) VON KOBALT

1. Berechnen Sie die Übergangsmatrixelemente (Dipolnäherung: $\Delta m_l = \pm 1$) für links und rechts zirkular polarisiertes Licht für die Übergänge $2p_{1/2} \rightarrow 3d$ (L_2 -Kante) und $2p_{3/2} \rightarrow 3d$ (L_3 -Kante) für die beiden Fälle, dass der Ferromagnet vollständig parallel bzw. antiparallel zur Helizität des Lichts magnetisiert ist.
Für die d -Zustände können die atomaren Eigenzustände verwendet werden. Um die Spin-Bahn-aufgespaltenen p -Zustände in der atomaren Basis zu beschreiben, nutzen Sie dabei die in der Vorlesung angegebenen Beziehungen zwischen den Basissystemen $|l, s, j, m_j\rangle$ und $|l, m_l, s, m_s\rangle$ aus (Glebsch-Gordon Koeffizienten, siehe Tabelle unten). Zur Berechnung der Übergangsmatrixelemente nutzen Sie bitte unten angegebene Tabelle 9.1.
2. Berechnen Sie das Verhältnis der Absorption an der L_3 - und der L_2 -Kante aus, für den Fall, dass der Ferromagnet vollständig parallel zur Helizität des Lichts magnetisiert ist. Nehmen Sie zudem an, dass nur Minoritätselektronen angeregt werden können, wie es für die „starken“ Ferromagneten wie Ni oder Co der Fall ist, da dort das $3d$ -Majoritätsband vollständig gefüllt ist.
3. Berechnen Sie für den Fall eines starken Ferromagneten das relative Verhältnis der Stärke des XMCD-Effekts an der L_3 -Kante und der L_2 -Kante.

$$|l, s, j, m_j\rangle = \sum_{m_l, m_s} C_{m_l, m_s; j, m_j} |l, s, m_l, m_s\rangle$$

Koordinaten-Transformation

$ l, s, j, m_j\rangle$ basis		$ l, m_l, s, m_s\rangle$ basis
j	m_j	$Y_{l, m_l} \chi^\pm$
$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}(-Y_{1,0} \alpha + \sqrt{2} Y_{1,+1} \beta)$
	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}(-\sqrt{2} Y_{1,-1} \alpha + Y_{1,0} \beta)$
$\frac{3}{2}$	$+\frac{3}{2}$	$Y_{1,+1} \alpha$
	$+\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}(\sqrt{2} Y_{1,0} \alpha + Y_{1,+1} \beta)$
	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}(Y_{1,-1} \alpha + \sqrt{2} Y_{1,0} \beta)$
	$-\frac{3}{2}$	$Y_{1,-1} \beta$

Übergangsmatrixelemente

Table 9.1. Nonvanishing angular momentum dipole matrix elements $\langle L, M | C_q^{(1)} | l, m \rangle$. The matrix elements are real, so that $\langle L, M | C_q^{(1)} | l, m \rangle^* = \langle L, M | C_q^{(1)} | l, m \rangle = (-1)^q \langle l, m | C_{-q}^{(1)} | L, M \rangle$. Nonlisted matrix elements are zero.^a

$\langle l+1, m C_0^{(1)} l, m \rangle = \sqrt{\frac{(l+1)^2 - m^2}{(2l+3)(2l+1)}}$
$\langle l-1, m C_0^{(1)} l, m \rangle = \sqrt{\frac{l^2 - m^2}{(2l-1)(2l+1)}}$
$\langle l+1, m+1 C_1^{(1)} l, m \rangle = \sqrt{\frac{(l+m+2)(l+m+1)}{2(2l+3)(2l+1)}}$
$\langle l-1, m+1 C_1^{(1)} l, m \rangle = -\sqrt{\frac{(l-m)(l-m-1)}{2(2l-1)(2l+1)}}$
$\langle l+1, m-1 C_{-1}^{(1)} l, m \rangle = \sqrt{\frac{(l-m+2)(l-m+1)}{2(2l+3)(2l+1)}}$
$\langle l-1, m-1 C_{-1}^{(1)} l, m \rangle = -\sqrt{\frac{(l+m)(l+m-1)}{2(2l-1)(2l+1)}}$