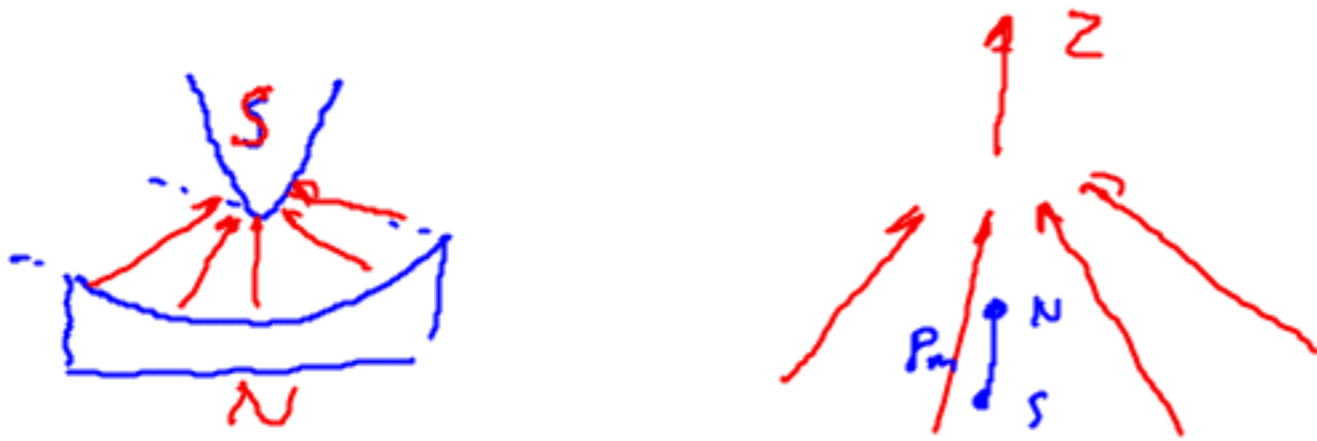


4.8 Der Spin

magnet. Dipol + inhomogenes B-Feld



$$F_N > F_S$$

Kraft in Richtung
Gradient

$$\vec{F} = \vec{P}_m \text{ grad } \vec{B}$$

Atomstrahl

Stern - Gerlach 1921

Ag

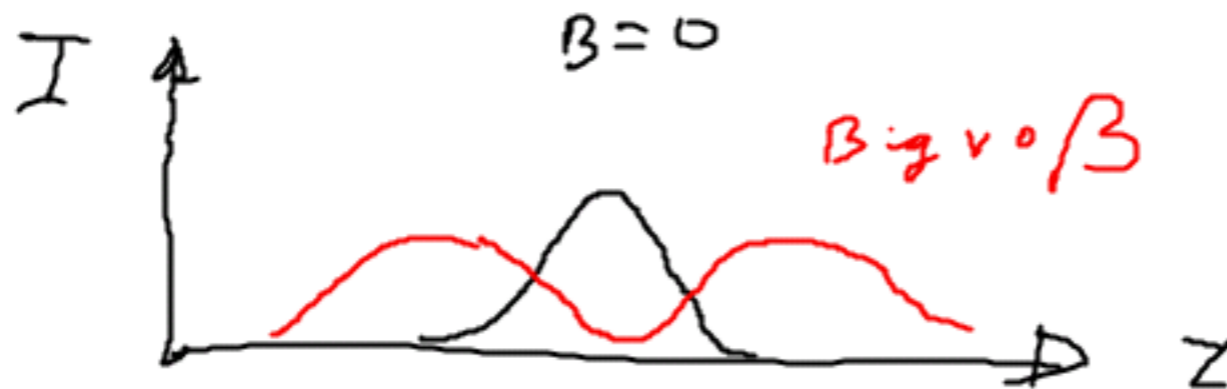
Phipps + Taylor 1927

H I n=1

Lovbeev 2010

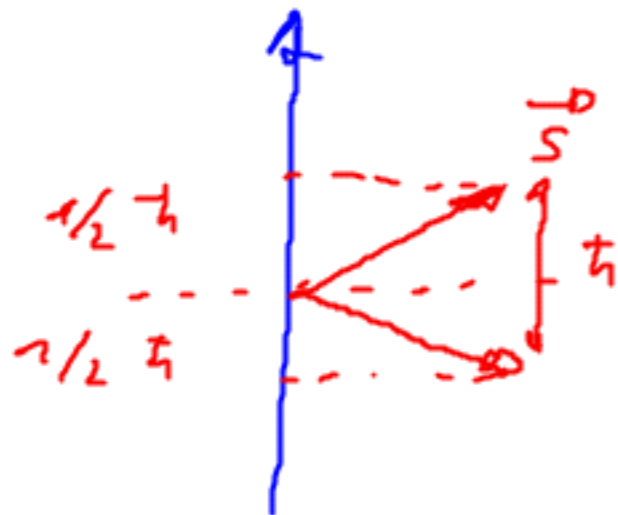
⚡

} alle
l = 0
m_l = 0
kein magnet.
Moment ? ?



Aufspaltung in 2 Linien:
magnetisches Moment $\mu_S \neq 0$

Analogie Bahnmoment Ursache Drehimpuls \vec{S}



$$|\vec{S}| = \sqrt{s(s+1)} \hbar$$

$$s = \frac{1}{2}; \quad m_s = \pm \frac{1}{2}$$

$$\Delta m_s = \pm 1$$

$$S_z = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

also Elektron hat Spin \vec{S}
der sich wie Drehimpuls verhält

Zusammenhang Spin \vec{S} und magnet. Moment $\vec{\mu}_S$

Analogie Bohrs $\vec{\mu}_e = - (\mu_B / \hbar) \vec{L}$ $\mu_B = \frac{e \hbar}{2 m_e}$

$$\vec{\mu}_S = -g_S (\mu_B / \hbar) \cdot \vec{S}$$

im Versuch $F_2 = - \frac{\partial B}{\partial z} g_S \mu_B m_S$

aus gemessener Aufspaltung

$g_S = 2$ Landé - Faktor

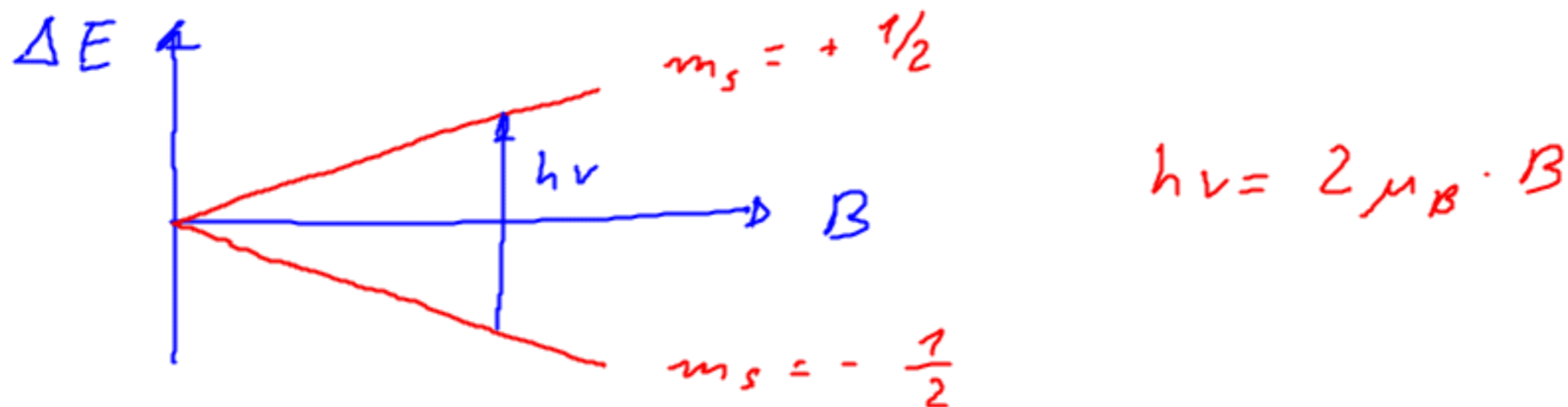
genauer Wert $g_S = 2.0023$ Dirac Theorie

kein semiklassisches Modell

Elektronen Spin Resonanz: ESR

Atom, Molekül $l=0$ + homogenes B-Feld
analog Zeeman

$$\Delta E = -\mu_s B = g_s m_s \mu_B B \quad m_s = \pm \frac{1}{2}$$



Mikrowellen sender $h\nu = 10^{10}$ Hz

$$B = \frac{h\nu}{2\mu_B} \approx 0.35 \text{ Tesla}$$



Spin - Bahn - Kopplung

jetzt $\ell \neq 0$: Bahndrehimpuls
Magnetfeld aus ℓ am Ort von e^-
und wirkt auf Spin

jetzt e^- Koordinatenursprung und
 $+Z$ dreht um e^- und verursacht \vec{B}_e -Feld
Demt. Bd. 2 Kap. 3.2.5 $\vec{B}_e = \frac{\mu_0 Z e}{4\pi r^3} \vec{r} \times \vec{v}$

Biot, Savart $\vec{B}_e = \frac{\mu_0 Z e}{4\pi r^3} \frac{\vec{r} \times \vec{v}}{l}$

Spin \vec{s} stellt sich mit $s_z = \pm \frac{1}{2} \hbar$ ein

analog Zeeman Aufspaltung

Rücktransformation (Thomas Faktor $\frac{1}{2}$)

$$\Delta E = \frac{\mu_0 Z e^2}{8\pi m_e^2 r^3} (\vec{s} \cdot \vec{\ell}) = \frac{a}{\hbar^2} (\vec{s} \cdot \vec{\ell})$$

$$a = \frac{\mu_0 Z e^2}{8\pi m_e^2 r^3} \quad \text{Spin-Bahn Kopplungsparameter}$$

Vektoraddition

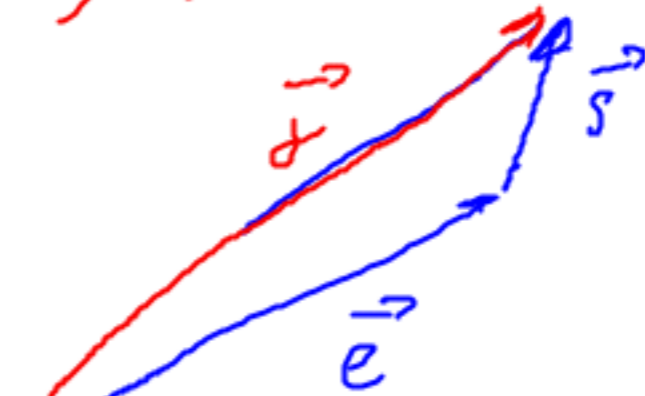
$$\vec{j} = \vec{l} + \vec{s} \quad |\vec{j}| = \sqrt{j(j+1)} \hbar$$

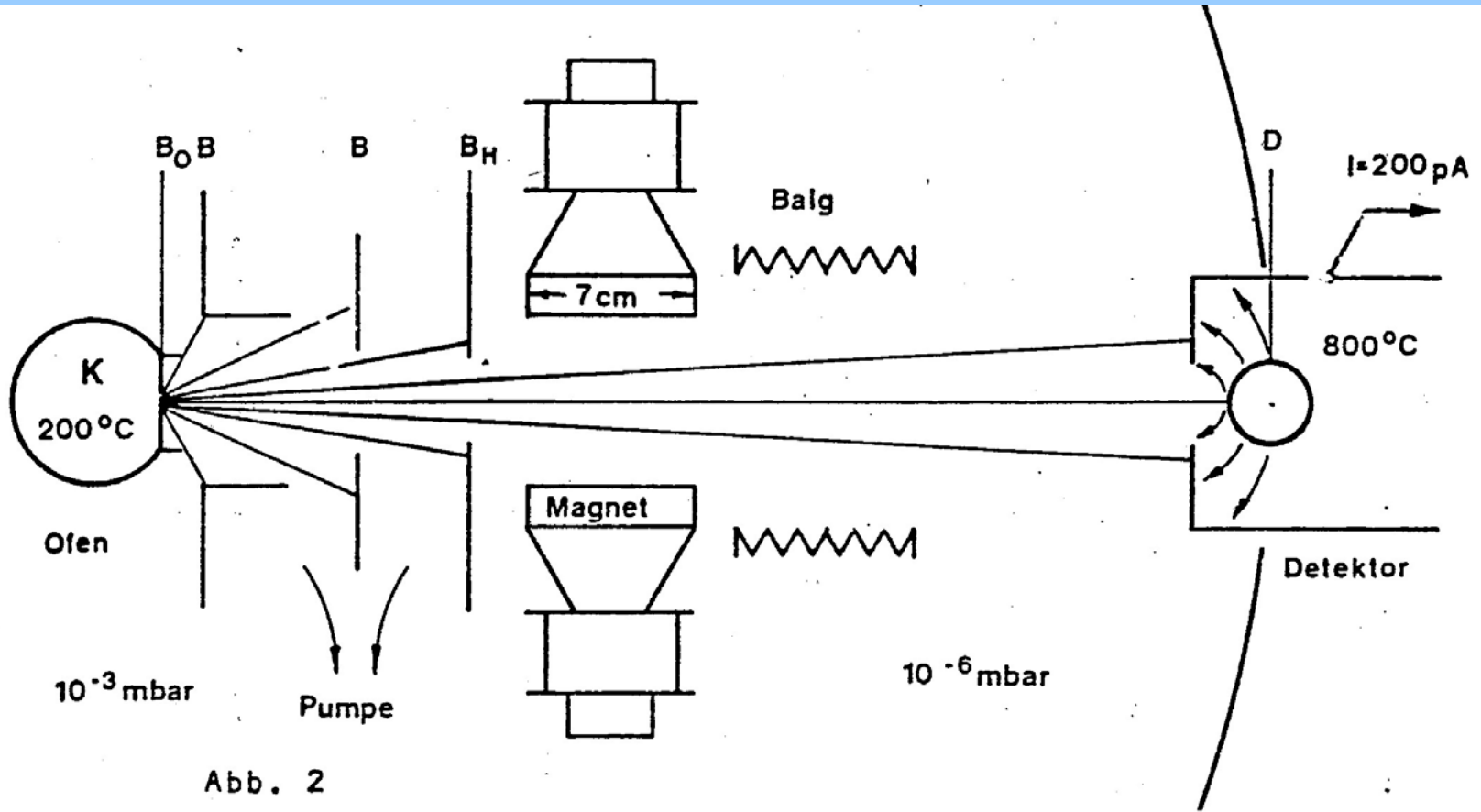
$$\vec{s} \cdot \vec{l} = \frac{1}{2} (\vec{j}^2 - \vec{l}^2 - \vec{s}^2)$$

$$= \frac{1}{2} \hbar^2 (j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)) \quad \text{und}$$

$$\Delta E = \frac{a}{2} (\quad \quad \quad) \quad j = l \pm 1/2$$

$\frac{1}{r^3}$ Erwartungswert für H Wellenfunktionen





Atomstrahlquelle (Ofen)

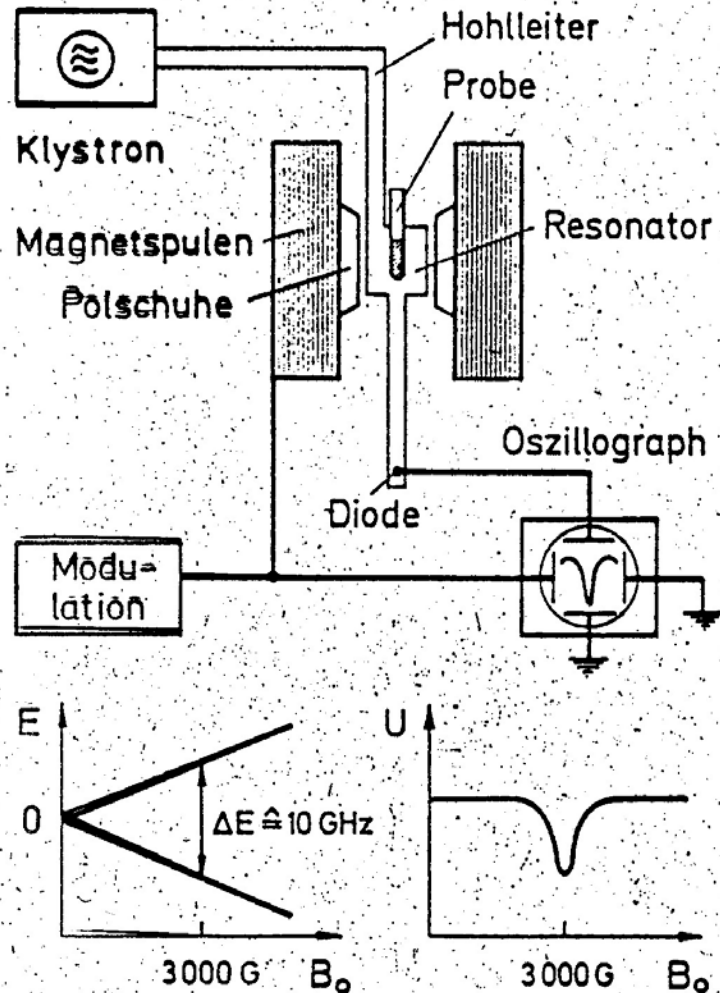


Abb. 13.3. Elektronenspinresonanz. Oben: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung. Die Probe befindet sich in einem Hohlraumresonator zwischen den Polschuhen eines Magneten. Die Mikrowellen werden von einem Klystron erzeugt und mit einer Diode nachgewiesen. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit wird das statische Feld B_0 moduliert. Unten links: Energiezustände eines freien Elektrons in Abhängigkeit vom Magnetfeld. Unten rechts: Signal U an der Diode in Abhängigkeit von B_0 im Resonanzfall