

Leon the electron was not sure just to where he'd been blasted when the photon struck, but indicators suggested he was now in one of the atom's degenerate orbitals.

Beiträge zu Energieniveaus des H-Atoms:

- Bohr'sche Energieterme:
(nichtrelativistische) Coulomb-Wechselwirkung Elektron-Kern
- Feinstruktur (nach Dirac):
 - Relativistische Massenzunahme
 - Spin-Bahn Kopplung
- Hyperfeinstruktur:
Wechselwirkung von Kernspin und Drehimpuls der Elektronen
- Lamb-Shift:
Wechselwirkung des Atoms mit dem elektromagnetischen Strahlungsfeld

4-8 / 3 Wiederholung H-Atom

- Quantenzahlen (Bohrsche Terme + Feinstruktur):

- Hauptquantenzahl $n = 1, 2, \dots$
- Bahndrehimpulsquantenzahl $l = 0, 1, \dots, n-1$ (n Werte)
magnetische Quantenzahl m_l mit $-l \leq m_l \leq l$ ($2l + 1$ Werte)
- Spinquantenzahl $s = \frac{1}{2}$
magnetische Quantenzahl $m_s = \pm \frac{1}{2}$
- Gesamtdrehimpulsquantenzahl $j = l \pm \frac{1}{2}$
magnetische Quantenzahl m_j mit $-j \leq m_j \leq j$ ($2j + 1$ Werte)

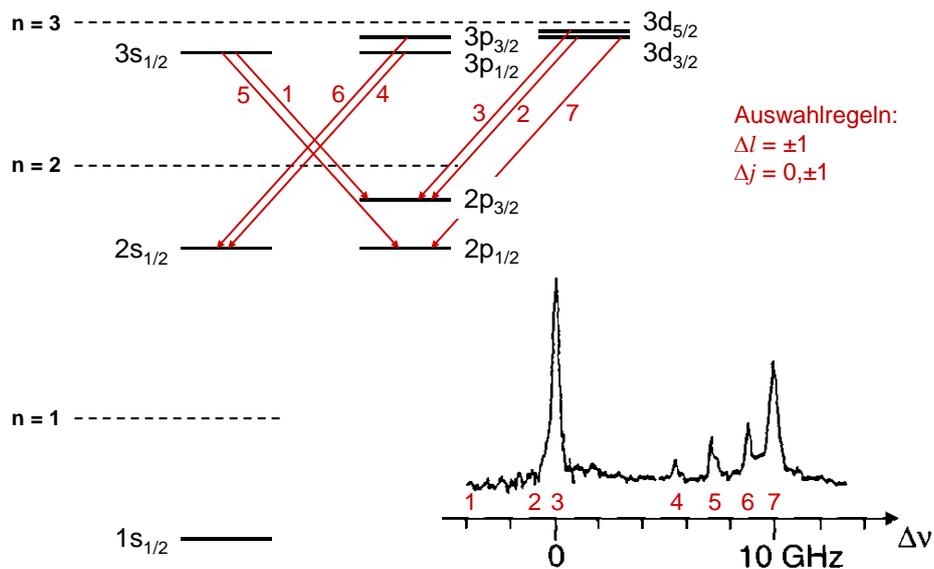
- Nomenklatur: $n^{(2s+1)l_j}$ z.B. $3d_{5/2}$ bzw. $3^2d_{5/2}$

- Energie (Bohrsche Terme E_n + Feinstruktur):

$$E_{nj} = E_n \left[1 - \frac{Z^2 \alpha^2}{n} \left(\frac{1}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right) \right] \quad \text{mit} \quad E_n = -R_y \cdot h \cdot c \cdot \frac{Z^2}{n^2} \approx -13.6 \text{ eV} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

4-8 / 4 Wiederholung Feinstrukturaufspaltung

Termschema und H_α -Übergänge H-Atom



4-8 / 5 **Eigenschaften Kernspin**

Eigenwerte und Quantenzahlen:

- Betrag: $|\vec{I}| = \sqrt{I(I+1)}\hbar$
- Z-Komponente: $I_z = m_I \cdot \hbar; \quad -I \leq m_I \leq I$

Magnetisches Kernmoment:

$$\vec{\mu}_I = \gamma \vec{I} = g_I \frac{\mu_K}{\hbar} \cdot \vec{I}$$

$$\text{Kernmagneton } \mu_K = \frac{e_0 \hbar}{2m_p} = \frac{\mu_B}{1836}$$

Kerr-g-Faktor g_I

- Häufig wird maximal beobachtete Komponente $g_I \mu_K I$ als magnetisches Moment des Kerns bezeichnet
- Kerr-g-Faktor kann positiv oder negativ sein \rightarrow Magnetisches Kernmoment parallel oder antiparallel zu Kernspin

4-8 / 6 **Hyperfeinstruktur**

Gesamtdrehimpuls des Atoms (inkl. Kern):

$$\vec{F} = \vec{j} + \vec{I} \quad |\vec{F}| = \sqrt{F(F+1)}\hbar; \quad |j-I| \leq F \leq j+I$$

Spin-Bahn-Kopplungsenergie:

$$\Delta E_{HFS} = -\vec{\mu}_I \cdot \vec{B}_j = \frac{1}{2} a_{HFS} [F(F+1) - j(j+1) - I(I+1)]$$

$$\text{Hyperfeinstruktur-Kopplungskonstante } a_{HFS} = \frac{g_I \mu_K B_j}{\sqrt{j(j+1)}}$$

Beiträge zu B_j :

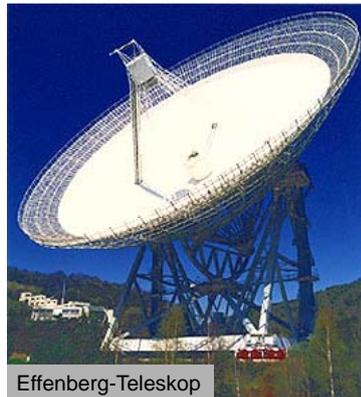
- „Kontakt“-Wechselwirkung von Kernspin mit Spin der (s-) Elektronen am Kernort
- „Orbital“-Wechselwirkung der magnetischen Dipolmomente von Kern und Elektron

4-8 / 7

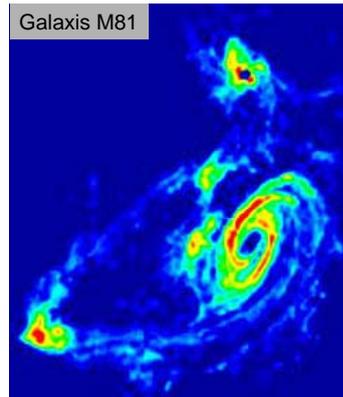
Anwendung der Hyperfeinstruktur

Radioastronomie:

Beobachtung der Konzentration von interstellarem neutralem Wasserstoff über 21 cm Linie



Effenberg-Teleskop



Galaxis M81

<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect20/A3.html>

4-8 / 8

Lamb-Shift

Experimentelle Beobachtung:

- Aufhebung der j-Entartung in Feinstruktur des H-Atoms
- Direkte Übergänge $2^2s_{1/2} \rightarrow 2^2p_{1/2}$ durch Absorption von Mikrowellenstrahlung (1050 MHz) induzierbar

Ursprung:

- Absorption/Emission „virtueller“ Photonen

