

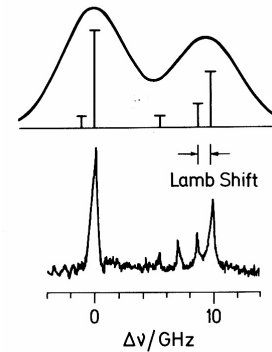
Blatt 9

(Ausgabe am 21.12., Besprechung am 08.01./10.01.)

Hinweis: eventuell kommen wir aufgrund der Feiertage in der Vorlesung nicht ganz weit genug. Die Feinstruktur habe ich aber in der Vorlesung bereits kurz erwähnt, und sie ist im Skript detailliert beschrieben. Die Aufgaben sollten also lösbar sein.

Aufgabe 34: Dopplerverbreiterung

Die Abbildung zeigt die gemessenen Spektrallinien zu Übergängen von Zuständen mit der Hauptquantenzahl $n = 3$ zu Zuständen mit $n = 2$ im Wasserstoffatom. Die Aufspaltung resultiert aus der Feinstruktur (dem Lamb Shift – das besprechen wir noch). Das untere Spektrum wurde mit einer sogenannten dopplerfreien Spektroskopiemethode aufgenommen, bei der die thermische Verbreiterung der Spektrallinien korrigiert wird. Auf der x-Achse ist die Frequenz aufgetragen, relativ zur stärksten Spektrallinie.



- Schätzen Sie die Temperatur ab, bei der die Experimente durchgeführt wurden.
- Welchen Temperaturbereich müsste man erreichen, damit man auch bei der Standardspektroskopie (oberes Spektrum) ein ähnlich gut aufgelöstes Spektrum - wie im unteren Teil des Bildes für die dopplerfreie Methode gezeigt - erwarten könnte?

Aufgabe 35: Feinstruktur beim Wasserstoffatom

Zeichnen Sie unter Berücksichtigung der Feinstruktur das Energieschema des Wasserstoffatoms bis einschließlich $n = 3$ mit den möglichen Übergängen (nicht maßstäblich). Geben Sie die Energiekorrekturen in der Skizze an (in Wellenzahlen). Wie viele verschiedene Linien treten auf?

Aufgabe 36: Feinstruktur

Die Feinstrukturkorrektur bei wasserstoffähnlichen Atomen wird durch die Gleichung (5.11) aus dem Skript

$$\Delta E_{nj} = E_n \frac{(Z\alpha)^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right)$$

beschrieben.

- Zeigen Sie, dass der Korrekturterm für keinen möglichen Wert der Quantenzahlen n und j verschwindet, sondern stets zu einer Absenkung gegenüber dem nichtkorrigierten Energiewert führt.
- In wie viele Energieniveaus spalten die Terme des einfach ionisierten Heliums, die zu den Hauptquantenzahlen $n = 3$ und $n = 4$ gehören, durch die Feinstruktur-Wechselwirkung auf?
- Skizzieren Sie die Lage dieser Niveaus relativ zu den nichtverschobenen Termen und geben Sie den Betrag der Verschiebung an.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der Dipol-Auswahlregeln $\Delta l = \pm 1$, $\Delta j = 0, \pm 1$ die erlaubten Übergänge.