

### Aufgabe 36

Die  $4f^{10}$  Konfiguration von  $\text{Ho}^{3+}$  spaltet aufgrund der Coulomb- und Spin-Bahn-Wechselwirkungen mit zunehmender Energie in die folgenden Terme auf:  $^5I_8, ^5I_7, ^5I_6, ^5I_5, ^5I_4, ^5F_5, ^5S_2, ^5F_4, ^5F_3, ^5F_2, ^3K_8, ^5G_6, ^5F_1, ^5G_5, ^5G_4, ^3K_7, ^3H_5, ^3H_6 \dots$ . In Absorptionsspektren werden Anregungen von Grundterm  $^5I_8$  aus beobachtet. Welche Übergänge treten in el. Dipolstrahlung, magn. Dipolstrahlung und el. Quadrupolstrahlung auf?

### Aufgabe 37

Optische Pinzette: Kleine Teilchen können mit einem fokussierten Laserstrahl bewegt werden.

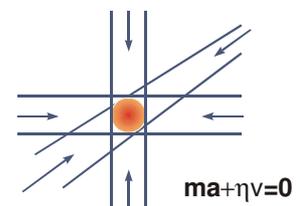
- Berechnen Sie mit dem Oszillatormodell den Real- und Imaginärteil der atomaren Polarisierbarkeit.
- Berechnen Sie die potentielle Energie der induzierten elektrischen Dipole im inhomogenen elektrischen Feld eines Laserstrahls. In welche Richtung zeigt die Kraft, welche auf die Dipole wirkt.
- Wie muß die Frequenz des Lasers gewählt werden, damit ein Teilchen im Fokus hängen bleibt?

### Aufgabe 38

Doppler-Kühlung:

- Wie ändert sich die Frequenz einer Lichtwelle (relativistisch/klassisch), wenn sich der Beobachter in Richtung bzw. entgegengesetzt zur Richtung der Lichtwelle bewegt?
- Berechnen Sie die Linienbreite der Natrium D-Linie ( $\lambda \approx 589 \text{ nm}$ ) aufgrund der Dopplerverbreiterung bei einem Natriumgas der Temperatur  $T=1000 \text{ K}$  (s. Haken-Wolf Kap. 16.2).

- Das Gas kann in gekreuzten Laserstrahlen abgekühlt werden (s. Skizze). Wie ist die Frequenz der Laserstrahlen zu wählen? Weshalb kühlt das Gas ab?



- Die tiefste Temperatur, die mit diesen Verfahren erreicht werden kann beträgt  $\sim 1 \mu\text{K}$ . Weshalb? Wie groß ist dann die Dopplerbreite der Natrium D-Linie? Was bedeutet das für die Laserfrequenz? (Die natürliche Linienbreite beträgt  $\sim 5 \text{ MHz}$ )

### Aufgabe 39

Um ultra kalte und dichte Kondensate von Na-Atomen zu erzeugen, wird die Hyperfeinwechselwirkung ausgenutzt.

- a) In welche Komponenten werden die Terme  $^2P_{3/2}$  und  $^2S_{1/2}$  der D<sub>2</sub>-Linie ( $\lambda_d=588,9953$  nm) aufgrund der Hyperfeinwechselwirkung aufgespalten (Kernspin von Na<sup>23</sup>  $I=3/2$ ) und welche Übergänge sind mit elektrischer Dipolstrahlung erlaubt?
- b) Ordnen Sie die Übergänge gemäß ihrer Intensität! Welche Übergänge sind am besten geeignet, die Atome einzufangen?
- c) Die gekreuzten Laserstrahlen sind notwendig, um die Atome einzufangen, aber hinderlich, wenn es darum geht, das Gas weiter abzukühlen und seine Dichte zu erhöhen. Welche Übergänge müssen angeregt werden, um die Wechselwirkung der Na-Atome mit dem „Fanglaser“ zu verringern bzw. zu vergrößern?