

**1. Struktur der Atome:** Betrachten sie ein Li Atom, insbesondere seine beiden stabilen **Isotope Li-6** und **Li-7**. **Li-6** hat den **Kernspin  $I = 1$** , **Li-7** hat den Kernspin  **$I = 3/2$** .

a) Beschreiben sie die folgenden Atom-Zustände unter Berücksichtigung aller Quantenzahlen, inklusive des Elektronspins und des Kernspins und zeichnen sie ein **Diagramm** der Zustände.

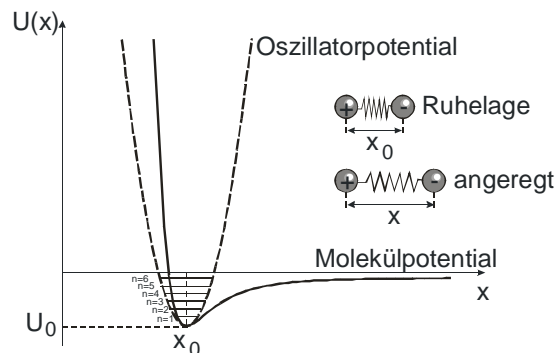
- den **Grundzustand 2S** ( $^2S_{1/2}$ )
- die **ersten angeregten 2P Zustände** ( $^2P_{1/2}$ ,  $^2P_{3/2}$ )

b) Geben Sie zu diesen Zuständen die folgenden Werte an:

- den **Bahndrehimpuls  $L$**
- den **Gesamtdrehimpuls der Elektronen  $J$**
- den **Gesamtdrehimpuls des Atoms  $F$**
- die **Entartung** (Zeemanzustände,  $m_F$  - Zustände).

Begründen sie die **Werte von  $L$ ,  $J$ , und  $F$** .

**2. Auswahlregeln im harmonischen Oszillator:** Ein zweiatomiges Molekül aus zwei unterschiedlichen Atomen kann oft als elektrischer Dipol dargestellt werden, da die Ladungsverteilung nicht symmetrisch ist. Das **Bindungspotential** des Moleküls kann **in der Umgebung der Ruhelage  $x_0$**  durch ein **Oszillatorpotential** approximiert werden (siehe Skizze):



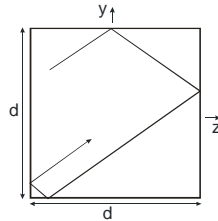
Wird das Molekül durch elektromagnetische Strahlung angeregt, so werden im Molekülspektrum **nur Übergänge mit  $\Delta n = \pm 1$**  beobachtet. Begründen Sie diese **Auswahlregel** durch die Bildung des **Übergangsdipolintegrals** zwischen zwei Zuständen  $n$  und  $m$ ,  $\langle \Psi_n | \mu | \Psi_m \rangle$  ( $\mu \dots$  Dipolmoment).

Benutzen Sie dazu die folgende **Rekursionsbeziehung**, welche für die Hermite-Polynome  $H_m$  gilt:  
 $2 \cdot x \cdot H_m(x) = H_{m+1}(x) + 2 \cdot m \cdot H_{m-1}(x)$ .

*Hinweis:* Beachten Sie die **Orthonormalität der Eigenfunktionen**. Die **Änderung des Dipolmomentes  $\mu$**  für kleine Auslenkungen kann als **linear angenommen** werden.

**Bitte Seite wenden!**

- 3. Modendichte:** Ein **zweidimensionaler Spiegelresonator** besteht aus 2 orthogonalen Paaren von ebenen Spiegeln (z. B. ein Paar senkrecht zur  $z$ -Achse, das zweite senkrecht zur  $y$ -Achse). Infolge von Strahlreflexionen wird Licht somit auf die  $z/y$ -Ebene eingegrenzt (siehe Abbildung).



Zeigen Sie, dass die Zahl der Moden pro Flächeneinheit im Frequenzintervall zwischen  $\nu$  und  $\nu + d\nu$  gleich  $M(\nu)d\nu$  ist, wobei die **Modendichte**  $M(\nu)$  (Moden pro Flächeneinheit pro Einheitsfrequenz) bei der Frequenz  $\nu$  gegeben ist durch  $M(\nu) = \frac{4 \cdot \pi \cdot \nu}{c^2}$ . Beachten Sie, dass jede Mode zwei mögliche Polarisationen besitzt.

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Berechnung der Modendichte für das Rayleigh Jeans Gesetz.

- 4. Isolation einer Lasermode:** Die Länge des Laserresonators für einen **Ar-Lasers** betrage  $L = 120 \text{ cm}$ . Der Laser werde bei  $T = 5000 \text{ K}$  betrieben. Mittels eines **Fabry-Perot Interferometers (FPI)** soll die Mode mit  $\lambda = 488 \text{ nm}$  isoliert werden.

- a) Wie groß darf die **Dicke**  $d$  der Schicht zwischen den Reflektoren des FPI (Brechungsindex  $n = 1,5$ ) maximal sein, damit nur ein Transmissionsmaximum des FPI in die Dopplerbreite  $\Delta\nu_D$  passt?  
(Lösung:  $d = 2 \text{ cm}$ )
- b) Wie groß muß die **Reflektivität**  $R$  der **Reflektorschichten** des FPI sein, damit die **Transmission**  $T$  bei der Nachbar-Resonatormode auf  $T = 1/3$  gesunken ist?  
(Lösung:  $R = 0,895$ )

Hinweis: Die Transmissionscharakteristik eines Fabry-Perot Interferometers kann als bekannt vorausgesetzt werden; Molare Masse von Ar:  $40 \text{ g/mol}$ .