

## Wstęp do Optyki i Fizyki Materii Skondensowanej

### Seria 3

1. Przedstawić schemat wszystkich możliwych przejść między stanami  $p_{1/2}$  i  $d_{3/2}$  w słabym polu magnetycznym  $B$ . Obliczyć przesunięcia składowych widma względem linii widmowej rejestrowanej dla  $B = 0$ .
2. W zjawisku Zeemana linie widmowe ulegają rozszczepieniu pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. Badano rozszczepienie w polu magnetycznym linii widmowej odpowiadającej przejściu między stanami  $4^1D_2$  i  $4^1P_1$  pewnego pierwiastka. Nominalna długość fali dla tej linii wynosi  $\lambda = 300$  nm.
  - a) Na ile poziomów rozszczepią się te dwa stany w obecności pola magnetycznego? Narysuj diagram poziomów.
  - b) Na ile składowych ulegnie rozszczepieniu rozważana linia widmowa? Zaznacz odpowiednie przejścia na diagramie z punktu a).
  - c) Jaka musi być wartość indukcji pola magnetycznego  $B$ , jeśli odległość między skrajnymi składowymi rozszczepionej linii wynosi  $\Delta\lambda$ . Podaj wyrażenie analityczne na wartość  $B$  i wyznacz tę wartość, jeśli  $\Delta\lambda = 0,016$  nm.  
W rozważaniach pominię spin elektronu. W obliczeniach przyjmij, że magneton Bohra  $\mu_B = 5,8 \cdot 10^{-5}$  eV/T.
3. Atom sodu (masa atomowa  $M = 23$  u) jest chłodzony wiązką światła laserowego o długości fali  $\lambda = 589$  nm skierowaną przeciwnie do kierunku prędkości atomu. Oblicz:
  - a. O ile zmieni się prędkość atomu po zaabsorbowaniu jednego fotonu?
  - b. Ile fotonów musi zostać pochłoniętych, by prędkość atomu zmniejszyła się do prędkości bliskiej 0 K? Przyjmij, że początkowa prędkość atomu odpowiada średniej prędkości atomów przy temperaturze  $T = 300$  K.
  - c. Jaki jest minimalny czas chłodzenia tego atomu do temperatury bliskiej 0 K, jeśli czas życia w stanie wzbudzonym wynosi  $\tau = 16$  ns?
  - d. Jakiego przyspieszenia doznaje atom w powyższej sytuacji?
  - e. Jaką drogę przebędzie atom podczas procesu chłodzenia?
  - f. Jakie musi być początkowe odstrojenie częstotliwości światła od centralnej częstotliwości przejścia?
  - g. Z jaką szybkością musi być przestrajana częstotliwość światła podczas chłodzenia w powyższych warunkach?
  - stała Plancka  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  J·s
  - stała Boltzmanna  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K
  - jednostka masy atomowej  $u = 1.66 \cdot 10^{-27}$  kg

4. Znajdź współczynnik Einsteina emisji spontanicznej  $A_{21}$ , zakładając, że znasz funkcje falowe  $\Psi_1$  i  $\Psi_2$  oraz energie stanów, pomiędzy którymi zachodzi przejście.
5. Znajdź stosunki natężeń linii emisyjnych odpowiadających wszystkim możliwym przejściom z dwóch pierwszych stanów wzbudzonych (czyli o liczbach kwantowych  $n = 2$  i  $n = 3$ ) w jednowymiarowej nieskończonej studni kwantowej. Energie własne  $E_n$  są równe  $E_n = n^2 E_1$ , a unormowane funkcje własne mają postać:

$$\varphi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi x}{L} \quad \text{dla } 0 \leq x \leq L$$

$$\varphi_n(x) = 0 \quad \text{dla innych } x$$

przy czym  $E_1 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2}$ . Należy przyjąć, że masa czastki  $m$  i szerokość studni  $L$  są dane.

$$\sin(ax) \cdot \sin(bx) = \frac{1}{2} [\cos((a-b)x) - \cos((a+b)x)]$$

$$\int x \cdot \cos(ax) dx = \frac{\cos(ax)}{a^2} + \frac{x \cdot \sin(ax)}{a}$$

$$\int x \cdot \sin(cx) dx = \frac{\sin(cx)}{c^2} - \frac{x \cdot \cos(cx)}{c}$$