

Wstęp do Optyki i Fizyki Materii Skondensowanej

zadania domowe - seria 2

Zadanie 1

Dla pewnej cząsteczki dwuatomowej stała rotacyjna B_e zależy od stanu oscylacyjnego: dla $v = 0$ wynosi B_0 , zaś dla $v = 1$ wynosi $B_1 = 1.2 B_0$. Wiedząc, że energia oscylacji wynosi $\hbar\omega_0$, wyznacz energie dozwolonych elektrycznych dipolowych przejść oscylacyjno-rotacyjnych ze stanu oscylacyjnego o $v = 0$, dla pierwszych pięciu poziomów rotacyjnych. Naskicuj położenia obserwowanych linii absorpcyjnych w skali energii fotonów. Wyznacz odległości w skali energii obserwowanych linii w gałęziach P i R.

Zadanie 2

W widmie absorpcyjnym cząsteczki $^1\text{H}^{19}\text{F}$ zaobserwowano między innymi następujące, kolejne, linie związane z dipolowymi przejściami oscylacyjno-rotacyjnymi (gałęź R i P): 503.2 meV, 508.6 meV, 519.4 meV i 524.8 meV. Linie te mają energie najbliższe E_{osc} , gdzie E_{osc} jest różnicą energii między sąsiednimi poziomami oscylacyjnymi. Na podstawie tych danych znaleźć:

- wartość E_{osc} ,
- moment bezwładności cząsteczki,
- energie oraz względne natężenia trzech najsilniejszych linii absorpcyjnych związanych z dipolowymi przejściami oscylacyjno-rotacyjnymi w gałęziach P i R w temperaturze $T = 400\text{K}$.
Wskazówka. W punkcie c) zastosować przybliżenie, że natężenia linii są proporcjonalne do obsadzeń poziomów rotacyjnych – oznacza to zaniedbanie emisji wymuszonej odwrotnej do absorpcji, wyraźnie jednak obserwowanej w doświadczeniu.
 $\hbar = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js} = 6.59 \times 10^{-16} \text{ eV}$, $k_0 = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$.

Zadanie 3

Długość wiązania cząsteczki $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ wynosi 1.27Å . W przybliżeniu sztywnego rotatora znaleźć dla tej cząsteczki:

- stałą rotacyjną,
- energie czterech najniższych poziomów rotacyjnych,
- energie wszystkich obserwowanych linii absorpcyjnych związanych z optycznymi przejściami dipolowymi między tymi czterema poziomami,
- względne obsadzenia rozpatrywanych w punkcie b) poziomów w temperaturze $T = 300\text{K}$.

Zadanie 4

Znajdź energie promieniowania występującego w widmie rotacyjnym cząsteczki heterojądrowej o stałej rotacyjnej B , uwzględniając wpływ siły odśrodkowej, która modyfikuje energie stanu l o

$$-Cl^2(l+1)^2, \text{ gdzie } C = \frac{4B^3}{\hbar^2\omega^3}.$$

Zadanie 5

Wiedząc, że moment bezwładności cząsteczki HCl wynosi $2.27 \times 10^{-47} \text{ kg m}^2$ oszacuj odległość między jądrami wodoru i chloru. Naskicuj spodziewane absorpcyjne widmo rotacyjne (względne natężenia linii) w temperaturze ciekłego azotu (77 K). Można przyjąć, że w 77 K $kT = 5.6 \text{ meV}$. Przyjąć masę nukleonu $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Wskazówka: Należy pamiętać, że funkcja opisująca prawdopodobieństwo obsadzenia poziomu zdegenerowanego jest proporcjonalna do stopnia degeneracji. Przyjmij, że stosunek prawdopodobieństwa emisji wymuszonej pomiędzy dwoma poziomami do prawdopodobieństwa absorpcji jest równy stosunkowi degeneracji poziomu niższego do wyższego. Odpowiada to pominięciu emisji spontanicznej i jest dobrze uzasadnione w przypadku przejść rotacyjnych.