

問題 5: ラマン分光法

二原子分子の振動は、図 I に示すようなばねの伸縮運動として考えることができる。このばねの強さは、力の定数 k (強い結合に対して大きく、弱い結合に対して小さい) によって表される。二原子分子の振動の量子力学的な解析は、振動エネルギーの取りうる値が離散的になることを示す。振動エネルギー E_v は次式によって表される。

$$E_v = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \left(v + \frac{1}{2} \right) \quad h: \text{プランク定数}$$

ここで、 v は振動量子数 (任意の整数 0、1、2...)、 μ は分子の換算質量 ($\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}$: m_1 と m_2 は原子質量) を表す。

分子がレーザー光のような強い放射光で照射された時、入射光と異なるエネルギーを持った光が散乱する。この光学的現象をラマン散乱と呼ぶ。この光学過程において、ラマン散乱光と入射レーザー光のエネルギー差は、図 II に示すように分子の振動エネルギーとなる。

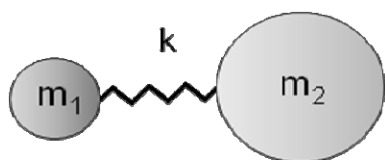


Figure I

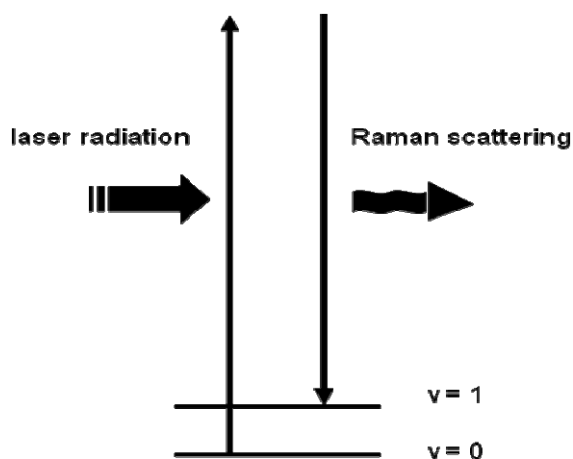


Figure II



a) H_2 , N_2 , O_2 の換算質量の比を求めよ。

$$\mu_{\text{H}_2} : \mu_{\text{N}_2} : \mu_{\text{O}_2} = 1 : \boxed{\text{a}} : \boxed{\text{b}}$$

b) 波長 λ (nm) と振動数 ν ($\text{s}^{-1} = \text{Hz}$) は光 (放射) を特徴づけるために用いられる。分光学において、波数 (cm^{-1}) (1 cm あたりの波の数に相当) がよく用いられる。500 nm における緑色の光の振動数と波数を計算せよ。

$$\text{振動数} = \boxed{\text{c}} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{波数} = \boxed{\text{d}} \text{ cm}^{-1}$$

c) H_2 に対する $\nu=0$ と $\nu=1$ の間のエネルギー差は 4160 cm^{-1} である。 H_2 が 500 nm のレーザー光で照射された時のラマン散乱光の波長を求めよ。

$$\text{ラマン散乱光の波長} = \boxed{\text{e}} \text{ nm}$$

d) O_2 の力の定数が H_2 の 2 倍とした時の O_2 の $\nu=0$ と $\nu=1$ の間のエネルギー差を求めよ。 O_2 が 500 nm のレーザー光で照射された時のラマン散乱光の波長を求めよ。

$$\text{エネルギー差} = \boxed{\text{f}} \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{ラマン散乱光の波長} = \boxed{\text{g}} \text{ nm}$$