

問1 以下の問いに答えよ。

- 1) 粒子の回転運動に関して、角運動量ベクトル $\mathbf{J} = (J_x, J_y, J_z)$ は、ベクトル $\mathbf{r} = (x, y, z)$ と運動量 $\mathbf{p} = (p_x, p_y, p_z)$ の外積、 $\mathbf{J} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$ で定義される。 J_z を求めよ。

右図のように質量がそれぞれ m_1 と m_2 の2つの原子を、質量中心（重心）が原点になるように、 Y 軸上にそれぞれ座標 $(0, -r_1, 0)$ および $(0, r_2, 0)$ に置いた。2つの中心間の距離（平衡の結合距離）を R_e とし、この二原子分子の回転を考える。

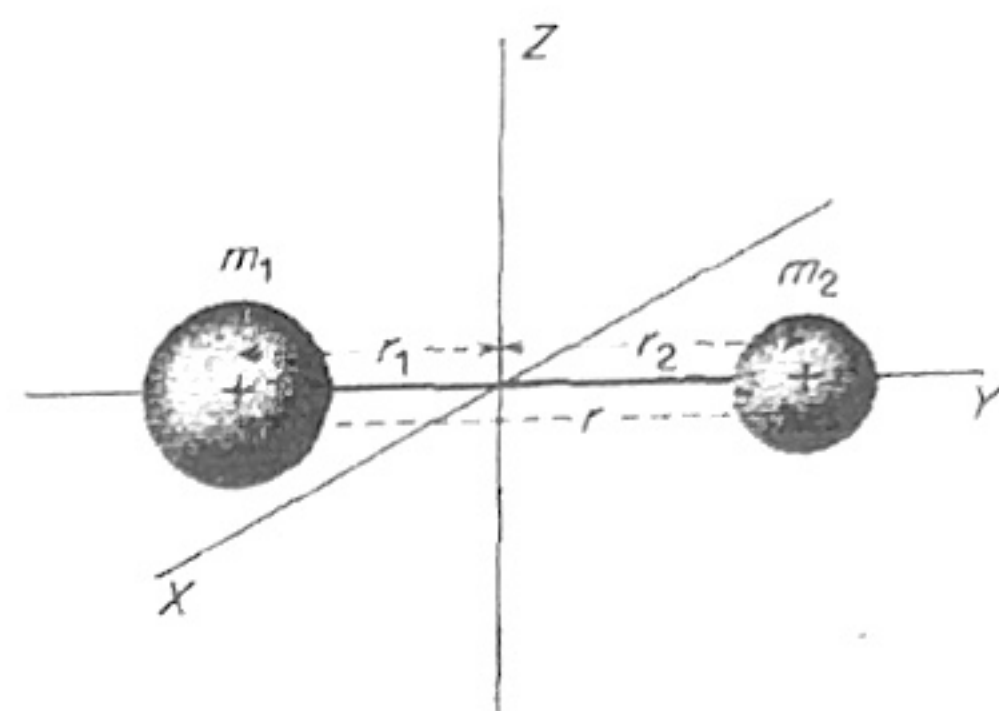


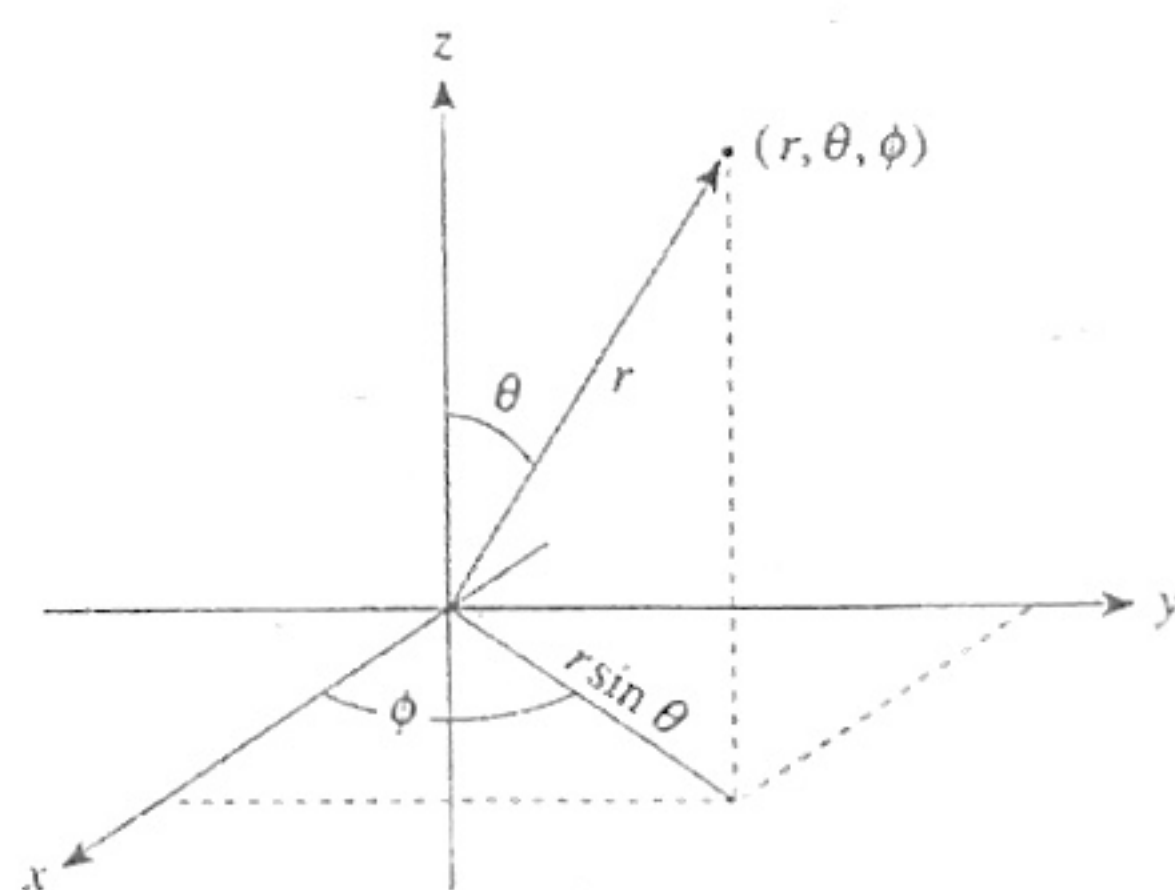
図 3-1. 質量中心の周りに回転する2つの質点 m_1 と m_2

- 2) X 軸に関する慣性モーメント I_x を m_1, m_2, r_1 および r_2 を求めよ。

- 3) 換算質量 μ を定義し、 μ と R_e を用いて I_x を表し、2体問題が1体問題に還元されることを示せ。

問2 極座標系に関する以下の問いに答えよ

- 1) xyz 座標系の積分素片は $dx dy dz$ で表せる。右図に示す球面極座標系における積分素片では、どのように表せるか、書け。



- 2) 3次元のマックスウェル-ボルツマン分布

$$f(v)dv = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{Mv^2}{2RT} \right) dv \quad \text{を用い、完全気体分子の根平均二乗速さ } v_{rms} = \sqrt{v^2}$$

を求めよ。計算過程も示せ。

$$\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

問3 H_2O 分子と C_2H_2 分子それぞれについて、並進、回転、振動のエネルギーを1モル当たり対して考え、古典的エネルギー等分配則が成立する場合、それら分子のエネルギーがいくらになるか、 R を用いて説明せよ。

問4 ミクロ系の力学において、電子のような軽い粒子が以下のような一次元箱型ポテンシャルの空間で並進運動しているとき、以下の問題に答えよ。ポテンシャルエネルギーは $0 \leq x \leq L$ ではゼロで、 $x < 0$ および $x > L$ で無限大である。波の性質から許される解は $x = 0$ および $x = L$ では存在しない。 C, D を定数として、波動関数を $\Psi_k(x) = C \sin kx + D \cos kx$ とおく。

1) 波数 k を求め、量子化されることを示せ。

2) 同様にエネルギーを求め、量子化されることを示せ。

問5 エネルギー 5.0 eV をもつ放射線の光子をある金属に照射すると、 2.0 eV の運動エネルギーをもつ電子を放出させる。この金属から放出させることのできる放射線の最大波長を以下のように求める。

1) 入射紫外線の波長を nm (ナノメートル単位) で求め、有効数字2桁まで計算して答えよ。計算過程もかけ。

256

2) 金属の仕事関数を J [ジュール] の単位で、有効数字2桁まで計算して答えよ。計算過程もかけ。

4.8×10^{-19}

3) 放出させることのできる放射線の最大波長を nm (ナノメートル単位) で求め、有効数字2桁まで計算して答えよ。計算過程もかけ。

410

問6 歴史的に古典力学では説明できないことがいくつか認識された。授業では3つの事柄を学習した。それらのうち1つは問5の光電効果であった。そのほかの2つについて、本質的な点を説明しなさい。

1) 黒体放射

2) 単原子固体の熱容量