

多体問題への近似解法

摂動法(ハミルトニアン分離)

全ハミルトニアン

$$H = H_0 + H'$$

非摂動系ハミルトニアンと
小さな摂動のハミルトニアンの和

$$(\psi)_k = u_k (1 + a_k^{(1)}) + \sum_{m \neq k} \frac{H'_{mk}}{E_k - E_m} u_m$$

多粒子系の波動関数と波動方程式

系のハミルトン演算子は,

$$H = -\sum_{i=1}^n \frac{\hbar^2}{2m_i} \nabla_i^2 + V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N)$$

$$V = \sum_{i=1}^N V_i(\mathbf{r}_i)$$

$$H = \left[-\frac{\hbar^2}{2m_1} \nabla_1^2 + V(\mathbf{r}_1) \right] + \left[-\frac{\hbar^2}{2m_2} \nabla_2^2 + V(\mathbf{r}_2) \right] + \dots + \left[-\frac{\hbar^2}{2m_N} \nabla_N^2 + V(\mathbf{r}_N) \right]$$

$$u(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N) = u(\mathbf{r}_1)u(\mathbf{r}_2) \cdots u(\mathbf{r}_N)$$

パウリの排他律とスピン

$$u(r_1, r_2) = u_1(r_1)u_2(r_2)$$

粒子1, 2は区別できないから、波動関数を次のような +、- の二通りの方法で記述する。

$$u_A = \frac{1}{\sqrt{2}} [u_1(\mathbf{r}_1)u_2(\mathbf{r}_2) - u_1(\mathbf{r}_2)u_2(\mathbf{r}_1)]$$

$$u_S = \frac{1}{\sqrt{2}} [u_1(\mathbf{r}_1)u_2(\mathbf{r}_2) + u_1(\mathbf{r}_2)u_2(\mathbf{r}_1)]$$

- 反対称粒子 (フェルミ粒子) …… 電子、陽子、中性子 (半整数のスピン)
- 対称粒子 (ボーズ粒子) …… 中間子、光子 (0 又は整数のスピン)