8-4-2 粒子の統計

$$\begin{cases} \text{フェルミ粒子} : & \text{1つの状態に1個の粒子のみ} \\ \text{ボーズ粒子} : & \text{1つの状態に何個でも可能} \end{cases}$$

(a) 2粒子系の対称性

$$\begin{cases} \text{粒子1の座標} & \mathbf{r}_1 \\ \text{粒子2 〃} & \mathbf{r}_2 \end{cases}$$

波動関数は $\underline{\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)}$

同種粒子は識別できない ⇒ $1 \leftrightarrow 2$ の入れかえ

⇒ 同じ状態を表わす

$$\therefore \quad \boxed{\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = e^{i\alpha}\Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)}$$

位相 $e^{i\alpha}$ は確率 $|\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)|^2$ が観測量であるため.

これより $\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = e^{i\alpha}\Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) = e^{2i\alpha}\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$

$$\therefore \boxed{e^{i\alpha} = \pm 1} \Rightarrow \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = \pm\Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1)$$

No.
Date

(b) フェルミ・ボーズ粒子の対称性

$$\begin{cases} \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = \Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) & : \text{対称} \\ \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = -\Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) & : \text{反対称} \end{cases}$$

という。

- 対称の時 : ボーズ・アインスタイン統計
- 反対称 〃 : フェルミ・Dirac 統計

$$\begin{cases} \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = \Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) & \text{ボソン} \\ \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) = -\Psi(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) & \text{フェルミオン} \end{cases}$$

$\boxed{\text{フェルミオン}}$

$\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}_2$ とすると

$$\underline{\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_1) = 0}$$

↑ 同じ場所に存在できない

- フェルミ粒子 : 電子, 陽子, ニュートリノ
- ボーズ粒子 : 光子, Wボソン