

7-4-2 粒子の統計

57

- { フェルミ粒子 : 1つの状態に 1個の粒子のみ入る.
 ボーズ粒子 : 1つの状態に 何個でも入る

2粒子系の対称性

1 の粒子の座標 r_1 } とする.
 2 " r_2

波動関数は

$$\Psi(r_1, r_2)$$

同種粒子は識別できない


 $r_1 \leftrightarrow r_2$ の入れかえで 同じ状態と表わす.

$$\Psi(r_1, r_2) = e^{i\alpha} \Psi(r_2, r_1)$$

 位相 $e^{i\alpha}$ は 確率 $|\Psi(r_1, r_2)|^2$ から

観測量は変わらないという任意性



$$\Psi(r_1, r_2) = e^{i\alpha} \Psi(r_2, r_1) = e^{2i\alpha} \Psi(r_1, r_2) \quad \text{より}$$

$$e^{i\alpha} = \pm 1$$

すなわち

$$\Psi(r_1, r_2) = \pm \Psi(r_2, r_1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} + : \text{対称} \\ - : \text{反対称} \end{array} \right\} \text{ 粒子の種類による}$$

- $$\left\{ \begin{array}{ll} \bullet \text{ 対称の時} & : \text{ボーズ・アインシュタイン統計に従う} \\ \bullet \text{ 反対称の時} & : \text{フェルミ・Dirac 統計に従う} \end{array} \right.$$

$$\Psi(r_1, r_2) = \Psi(r_2, r_1) \rightarrow \text{ボーズ}$$

$$\Psi(r_1, r_2) = -\Psi(r_2, r_1) \rightarrow \text{フェルミ}$$

① フェルミ $: r_1 = r_2$ のとき

$$\underline{\Psi(r_1, r_2) = 0}$$

同じ場所には存在できない

- $$\left\{ \begin{array}{ll} \textcircled{1} \text{ フェルミ粒子} & : \text{電子, 陽子, ニュートリノ} \\ \textcircled{2} \text{ ボーズ粒子} & : \text{π中間子, 光子, Wボソン} \end{array} \right.$$