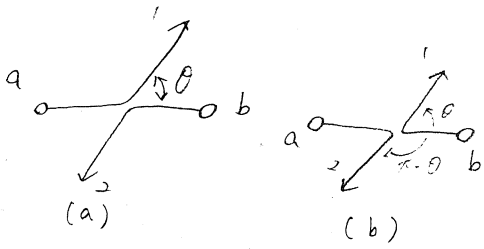


○ 2個の同種粒子の散乱



左図の a と b が同種粒子であれば (a) と (b) の 2 つの異なる過程は区別を付けられない。= 0 である。つまり、a と b が 53 かの粒子が計数管に入ると、もう一つの粒子が計数管に入ると振幅が存在する。この振幅は図 4-1 に示されている 2 つの過程の振幅の和になる。
 第 1 の振幅を $1(i\theta)$ とすると、第 2 の振幅は $e^{i\delta} f(\pi - \theta)$ である。
 $e^{i\delta}$ は位相因子である。
 $e^{i\delta}$ の 2 乗は 1 に等しく存在してはならない。
 $\Rightarrow e^{i\delta}$ は +1 か -1 に等しい。

図 4-1 2 個の同種粒子の散乱において (a) と (b) の過程は区別できない。

ボース粒子 (光子、中間子) = 正の符号で干渉する粒子
 フェルミ粒子 (電子、μ 中間子) = 負の符号で干渉する粒子
 相対して、同種粒子の散乱振幅は次のように表わされる。

ボース粒子: $(\text{直接の振幅}) + (\text{交換したときの振幅})$
 フェルミ粒子: $(\text{直接の振幅}) - (\text{交換したときの振幅})$

粒子を交換したときに、振幅が干渉するのは、同一のスピン状態をもつ同種粒子の場合

○ 2 個またはそれ以上の粒子が絡み合っている場合

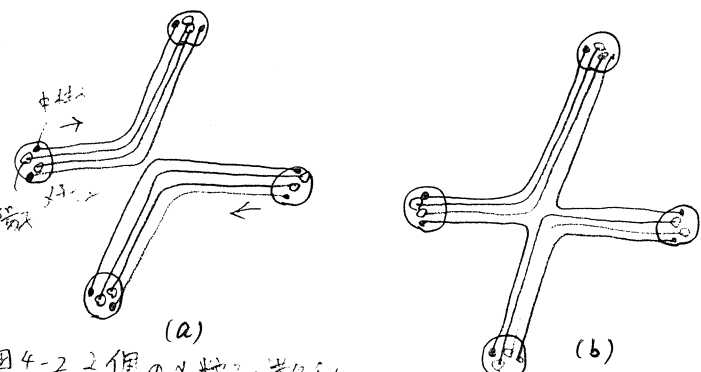


図 4-2 2 個の α 粒子の散乱。 (a) では 2 個の粒子は交換される。 (b) では 1 個の中性子が散乱の途中で交換される。

左図のような 1 対の中性子の交換を伴う散乱振幅は交換のない散乱と干渉する。しかも、フェルミ粒子が交換されたものは干渉する負の符号を帯びる場合がある。
 一方、 α 粒子の内部構造のない場合は、2 個の α 粒子を交換したとき、4 対のフェルミ粒子を交換したと同じである。つまり、 α 粒子はボース粒子のようにふるまう。

したがって内部構造をもつ物体を単一の物体とみなすとき外でいる場合は、

半整数スピンをもつ複合物体はフェルミ粒子に類似し、
 整数スピンの複合物体はボース粒子に類似したものである。

というルールが成立する。