

アイソスピンの合成

(1) 規格化された陽子・中性子の状態ベクトルを、それぞれ $|p\rangle$ 、 $|n\rangle$ で表すと、核子は、 $\begin{pmatrix} |p\rangle \\ |n\rangle \end{pmatrix}$ というアイソスピン 2 重項を構成する。即ち、アイソスピン I の固有状態で表すと、 $|I = \frac{1}{2}, I_3 = \frac{1}{2}\rangle = |p\rangle$ 、 $|I = \frac{1}{2}, I_3 = -\frac{1}{2}\rangle = |n\rangle$ となる。次に、2 核子系を考え、全アイソスピン I の固有状態を求める。全アイソスピン I が 1 の状態、即ち、アイソスピン 3 重項のうち 1 つは、

$$|I = 1, I_3 = 1\rangle = |p\rangle_1 |p\rangle_2$$

のように表される。($|pp\rangle$ の様に略記してもよい。) 同様に、アイソスピン 3 重項の残り 2 つ $|I = 1, I_3 = 0\rangle$ 、 $|I = 1, I_3 = -1\rangle$ とアイソスピン 1 重項 $|I = 0, I_3 = 0\rangle$ の、3 つの状態に対して、それらの規格化された状態ベクトルを、 $|p\rangle_k, |n\rangle_k (k = 1, 2)$ (或いは $|pn\rangle$ など) を用いてそれぞれ表せ。

(2) 規格化された u, d クォークの状態ベクトルを、それぞれ $|u\rangle$ 、 $|d\rangle$ で表すと、 $\begin{pmatrix} |u\rangle \\ |d\rangle \end{pmatrix}$ は、核子同様 アイソスピン 2 重項を構成する。また、反クォークに関しては、 \bar{u}, \bar{d} の規格化された状態ベクトルを、それぞれ $|\bar{u}\rangle$ 、 $|\bar{d}\rangle$ で表すと、

$$\begin{pmatrix} -|\bar{d}\rangle \\ |\bar{u}\rangle \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} |\bar{u}\rangle \\ |\bar{d}\rangle \end{pmatrix}$$

が同様な変換をするアイソスピン 2 重項になる。「 u 又は d 」と「 \bar{u} 又は \bar{d} 」とで構成されるクォーク・反クォーク系 (\sim 軽い中間子) を考え、全アイソスピン I の固有状態を求める。 $I = 1$ の状態、即ち、アイソスピン 3 重項のうち 1 つは、

$$|I = 1, I_3 = 1\rangle = -|\bar{d}\rangle |u\rangle$$

のように表される。($-\bar{d}u$) の様に略記してもよい。) 同様に、アイソスピン 3 重項の残り 2 つ $|I = 1, I_3 = 0\rangle$ 、 $|I = 1, I_3 = -1\rangle$ とアイソスピン 1 重項 $|I = 0, I_3 = 0\rangle$ の、3 つの状態に対して、それらの規格化された状態ベクトルを、 $|\bar{u}\rangle$ や $|d\rangle$ など (或いは $|\bar{u}d\rangle$ など) を用いてそれぞれ表せ。