

なぜ電荷を持たない中性子が磁気双極子モーメントを持つのか？

基礎物理学専攻 柴田研究室 小林 祐輝

Dirac 粒子の磁気双極子モーメント

$$\mu = \frac{e\hbar}{2m}$$

$$\mu_e = \mu_B \equiv \frac{e\hbar}{2m_e}$$

$$\mu_p = \mu_N \equiv \frac{e\hbar}{2m_p}$$

$$\mu_n = 0$$

実験結果

$$\mu_e = 1.0011596521859 \mu_B (\pm 38)$$

$$\mu_p = 2.7922847351 \mu_N (\pm 28)$$

$$\mu_n = -1.9130427 \mu_N (\pm 5)$$

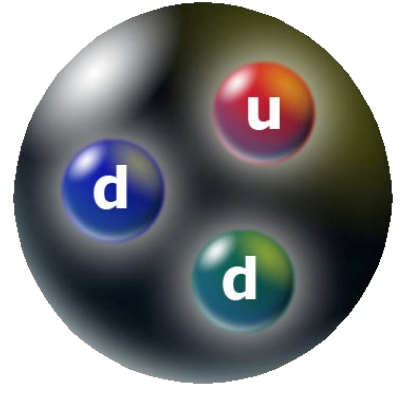
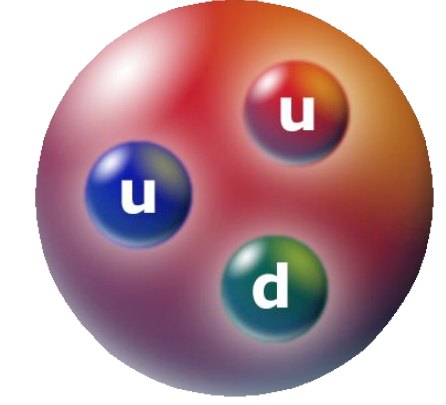
VS

- 電子 …理論と実験とは良く合う。
- 陽子 …理論と実験が合わない。
- 中性子…電荷を持たないから磁気モーメントを持たないはずである、しかし実際には磁気モーメントを持つ！！

何が問題だったのか？

- 陽子、中性子を素粒子として扱っていた
→ 複合粒子として扱う
- クォークモデル

陽子=(u u d) 中性子=(u d d)



→ フェルミオン → 全波動関数…反対称

$$\psi_{total} = \xi_{space} \zeta_{flavor} \chi_{spin} \phi_{color}$$

反対称 対称 対称 反対称

uクォークとdクォークはクォークの電荷の違い以外はほとんど同じ性質を持つ。したがってSU(2)対称性で扱う事が出来る。

SU(2)_{flavor} × SU(2)_{spin}

$$|p \uparrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{18}} (2|u \uparrow d \downarrow u \uparrow\rangle - |u \downarrow d \uparrow u \uparrow\rangle - |u \uparrow d \uparrow u \downarrow\rangle - |d \uparrow u \downarrow u \uparrow\rangle + 2|d \downarrow u \uparrow u \uparrow\rangle - |d \uparrow u \uparrow u \downarrow\rangle - |u \uparrow u \downarrow d \uparrow\rangle - |u \downarrow u \uparrow d \uparrow\rangle + 2|u \uparrow u \uparrow d \downarrow\rangle)$$

$$|n \uparrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{18}} (2|d \uparrow u \downarrow d \uparrow\rangle - |d \downarrow u \uparrow d \uparrow\rangle - |d \uparrow u \uparrow d \downarrow\rangle - |u \uparrow d \downarrow d \uparrow\rangle + 2|u \downarrow d \uparrow d \uparrow\rangle - |u \uparrow d \uparrow d \downarrow\rangle - |d \uparrow d \downarrow u \uparrow\rangle - |d \downarrow d \uparrow u \uparrow\rangle + 2|d \uparrow d \uparrow u \downarrow\rangle)$$

$$\mu_p = \langle p \uparrow | \sum_i \mu_i (\sigma_3)_i | p \uparrow \rangle = \frac{1}{3} (4\mu_u - \mu_d)$$

$$\mu_n = \langle n \uparrow | \sum_i \mu_i (\sigma_3)_i | n \uparrow \rangle = \frac{1}{3} (4\mu_d - \mu_u)$$

$m_u = m_d$
…フレーバーをSU(2)で扱った事より

理論値… SU(2)_{flavor} × SU(2)_{spin}

$$\frac{\mu_n}{\mu_p} = -\frac{2}{3} = -0.6666$$

実験値

$$\frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{-1.913}{2.793} = -0.6844$$

実験とよく一致している。しかし、このズレはflavor SU(2)が厳密には成り立たないことを示唆する。

まとめ

- 中性子をクォークモデルで考えると中性子の磁気モーメントについてたいへんよい結果を得る事が出来た
- flavor SU(2)が厳密には成り立たない