

重子磁矩和重子质量谱

刘登云

(山西师范大学)

郭硕鸿

(中山大学)

摘 要

通过唯象地引入夸克对质量分裂所引起的附加磁矩,并考虑质量比例因子及上、下夸克质量 m_u 与 m_d 之差的影响,使理论预言的重子磁矩与实验值的符合程度得以改善。

关键词 重子磁矩,重子质量谱,夸克质量比

一、引 言

最近几年超子磁矩的准确测量^[1]肯定了带有 $SU(6)$ 味旋波函数^[2]的相加夸克模型的理论预言与最新实验结果之间存在明显分歧。为填平理论与实验之间的间隙,人们进行过各种尝试。诸如对称性破坏效应^[3,9,11]、组态混合效应^[8]、相对论修正^[9]、介子云贡献^[4,5]、单胶子交换修正^[12]以及考虑 $m_d > m_u$ 的外向(*Outward*)组分夸克模型^[10]等等。其中以在模糊(*Cloudy*)袋模型基础上的单胶子交换修正的效果最为显著。

本文在简单夸克模型的基础上,通过唯象地引入由夸克对质量分裂引起的附加磁矩,并考虑质量比例因子^[9]和同位旋对称性破坏,对磁矩作了计算。另一方面,探索了描述重子质量谱所必须的组分夸克质量同由重子磁矩所决定的组分夸克质量之间的必然联系。我们分别对 $m_u > m_d$ 和 $m_u < m_d$ ^[14]两种可能情况计算了重子磁矩和重子质量谱。

二、计 算

据文献[11],对由三个自旋角动量为1/2的粒子构成总角动量为1/2体系的磁矩描述,重子的两种独立状态的磁矩分别表为

$$\mu_0 = \mu[(a, b)_{s=0}, c]_{1/2} = \mu_c, \quad (1a)$$

$$\mu_1 = \mu[(a, b)_{s=1}, c]_{1/2} = 2/3[\mu_a + \mu_b] - 1/3\mu_c. \quad (1b)$$

本文于1986年7月收到

考虑束缚夸克对质量小于两个单夸克质量之和引起的附加磁矩, 可将(1b)改写为

$$\mu_1 = 2/3(1+\varepsilon)(\mu_a + \mu_b) - \frac{1}{3}\mu_c, \quad (2)$$

其中 ε 是修正因子。假定夸克无反常磁矩, 夸克磁矩算符为

$$\mu_z(q) = e_q/2m_q \cdot \sigma_z^q. \quad (3)$$

σ_z 为泡里矩阵, 作用于波函数的自旋部分。 e_q 是电荷算符, 作用于波函数的味部分; 对于u、d和s, 它分别为2/3、2/3r和 $-\xi/3$, 参量r和 ξ 同组分夸克质量的关系为: $-2/r = m_u/m_d$, $\xi = m_u/m_s$ 。r = μ_u/μ_d 描述上、下夸克磁矩比是可调参量。

我们假定组分夸克质量与重子的物理质量 M_B 之间由一近似求和规则

$$\left(\frac{m_a + m_b}{1 + \varepsilon} + m_c \right) \cdot F_B^{-1} = M_B, \quad (4)$$

相关联。其中 F_B 是质量比例因子^[6]。

适当地选取r值, 利用(4)式吻合质子和 Λ 超子质量可以确定 ε 和 ξ , 便得到一组参数值 $\{r, \varepsilon, \xi\}$ 。我们将用r、 ε 和 ξ 表示的重子磁矩公式与质量比例因子列于表1。考虑到确定 m_s 时受到 F_Λ 的影响, 所以在 Σ 和 Ξ 超子磁矩公式中使用 ξ' 代替 ξ , $\xi' = \xi \cdot F_B^{-1}$ 。

对应于同位旋对称性破坏的两种可能, 我们选取两组参数值:

$$(I) \quad r = -1.90, \quad \varepsilon = 0.085, \quad \xi = 0.800 \quad (\xi' = 0.733);$$

$$(II) \quad r = -2.02, \quad \varepsilon = 0.121, \quad \xi = 0.796 \quad (\xi' = 0.730),$$

由此算得的重子磁矩值列于表2, 并列有其他作者的结果和实验值以便比较。

表1

重子	磁矩公式	F_B
p	$8/9(1+\varepsilon) - 2/9r$	1
n	$8/9r(1+\varepsilon) - 2/9$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{-r/(1+\varepsilon) + 1}$
Λ	$-\xi/3$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{(1-r/2)/(1+\varepsilon) + \xi^{-1}}$
Σ^+	$8/9(1+\varepsilon) + \xi'/9$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{2/(1+\varepsilon) + \xi'^{-1}}$
Σ^-	$8/9r(1+\varepsilon) + \xi'/9$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{-r/(1+\varepsilon) + \xi'^{-1}}$
Ξ^0	$-4/9(1+\varepsilon)\xi' - 2/9$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{2\xi'^{-1}/(1+\varepsilon) + 1}$
Ξ^-	$-4/9(1+\varepsilon)\xi' - 2/9r$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{2\xi'^{-1}/(1+\varepsilon) - r/2}$
$\Lambda\Sigma^0$	$\sqrt{3}/9(1+\varepsilon)(2-2/r)$	$\frac{2/(1+\varepsilon) - r/2}{(1-r/2)/(1+\varepsilon) + \xi'^{-1}}$

由相应于以上两组参量值的组分夸克质量参量(见表2)通过(4)计算的重子质量谱列于表3。对应于 ξ' , 在计算 Σ 和 Ξ 超子质量时奇异夸克质量参量采用表2圆括号内的值。

表2

重子	[7]	[8]	(I)	(II)	实验
p	2.793	2.793	2.793	2.793	2.793 ± 0.000
n	-1.86	-1.913	-1.914	-1.803	-1.913 ± 0.000
Λ	-0.61	-0.612	-0.631	-0.614	-0.613 ± 0.005
Σ^+	2.44	2.058	2.439	2.499	2.38 ± 0.02
Σ^-	-0.93	-0.793	-1.025	-0.949	-1.11 ± 0.04
Ξ^0	-1.24	-1.253	-1.258	-1.274	-1.25 ± 0.014
Ξ^-	-0.46	-0.501	-0.525	-0.550	-0.69 ± 0.04
$\Lambda\Sigma^0$	1.44	1.384	1.510	1.491	$1.82^{+0.25}_{-0.18}$
$m_u(\text{Mev})$	5	291.0	336	336	
$m_d(\text{Mev})$	5	313.7	319	339	
$m_s(\text{Mev})$	177	456.4	420	422	
	[流质量]		(458)	(461)	

表3

重子	实验	(I)	(II)
p	938	938	938
n	939	910	943
Λ	1116	1117	1118
Σ^+	1189	1193	1155
Σ^-	1198	1124	1167
Ξ^0	1315	1396	1345
Ξ^-	1321	1355	1352

三、讨 论

由表2可见：除 Ξ^- 和跃迁磁矩 $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda$ 外，我们的结果与实验符合得相当好。将(I)同文献[7]结果相比，(II)同文献[8]结果相比，我们的结果有所改善。

(I)同(II)相比较表明，正如M.Gupta所说，在非相对论情况下， $m_d > m_u$ 会使结果变坏^[9]。但就质量谱来比较，表3(I)给出 $M_n < M_p$ ， $M_{\Sigma^-} < M_{\Sigma^+}$ 和 $M_{\Xi^-} < M_{\Xi^0}$ ，这是与实验结果相矛盾的；(II)的结果则与实验定性一致而且粗略地满足Coleman—Glashow关系^[13]

$$M_n - M_p + M_{\Xi^-} - M_{\Xi^0} = M_{\Sigma^-} - M_{\Sigma^+}. \quad (5)$$

左=12，右=12(Mev)；实验给出左=7.9，右=8.0。

像许多作者一样，本文关于 Ξ^- 磁矩的预言同实验偏差较大。由于我们的机制缺乏明确的动力学描述，而且(4)式是一个粗糙的近似，所以很难达到完全符合。也许这正是模型的局限性所在。

参 考 文 献

- [1] C. G. Wohl et al., *Rev. Mod. Phys.*, 56 (1984), S122-S134;
 P. T. Cox et al., *Phys, Rev, Lett.*, 46 (1981), 877;
 C. Ankenbrandt et al., *Phys, Rev, Lett.*, 51 (1983), 863;
 R. Rameika, A. Beretvas et al., *Phys, Rev, Lett.*, 52 (1984), 581;
 D. W. Hertzog et al., *Phys, Rev, Lets.*, 51 (1983), 1131.
- [2] J. Franklin, *Phys, Rev.*, 172 (1968), 1807; *ibid*, 182 (1969), 1607;
 A. De. Rujular, H. Gergi, S. L. Glashow, *Phys. Rev.*, D12 (1975), 147;
 Patrick. J, O'Donnell, *Rev. Mod. Phys.*, 53 (1981), 673.
- [3] N. Isgur, G. Karl, *Phys. Rev.*, D21 (1980), 3175; *Phys. Rev.*, D24 (1981), 1437.
- [4] G. E. Brown et al., *Phys. Lett.*, 79B (1980), 423.
- [5] S. Theberge, A. W. Thomas, G. A. Miller, *Phys. Rev.*, D22 (1980), 2838; D24 (1981), 216; S. Theberge, A. W. Thomas, *Phys. Rev.*, D25 (1982), 284; S. Theberge, A. W. Thomas, *Nucl, Phys.*, A393 (1983), 252.
- [6] Y. Tomazawa, *Phys. Rev.*, D25 (1982), 795;
- [7] D. B. Lichtenberg, *Z-Phys. C-Particles and Fields*, 17 (1983), 57.
- [8] Ikuo S. Sogami et al., *Phys. Rev. Lett.*, 54 (1985), 2295.
- [9] M. Gupta and N. Kaur, *Phys.Rev.*, D28 (1983), 543.
- [10] Z. Deziembouski, *Phys. Rev.Lett.*, 55 (1985), 1839.
- [11] H. J. Lipkin., *Phys. Lett.*, 89B (1980), s58.
- [12] K. Ushio, *Phys. Lett.*, 158B (1985), 71.
- [13] S. Coleman, S. L. Glashow, *Phyi. Rev. Lett.*, 6 (1961), 423.
- [14] N. Isgur, *Phys. Rev.*, D21 (1980), 779;
 J. M. Richard, *Z. Phys. C-Particles and Fields*, 26 (1984), 421.

Baryon Magnetic Moments and Mass Spectrum

Liu Dengyun

Guo Shuohong

Abstract

The baryon magnetic moments are studied phenomenologically by introducing the parameters r and ξ for the mass ratios m_u/m_d and m_u/m_s respectively and the mass correction parameter ϵ for the mass of diquark compared with the sum of quark masses. We fit the experimental values of baryon magnetic moments using two sets of values for r, ξ and ϵ . The theoretical predictions are in general agreement with experimental values. The fit is better with $m_d < m_u$. Although the magnetic moments μ_{Σ^-} and $\mu_{\Lambda\Sigma^0}$ are low compared with experimental values, the results show improvement over various theoretical predictions.

Keywords Baryon magnetic moments, Baryon mass spectrum, Quark mass ratios