

弹性 e-d 散射中氘核的张量极化 t_{20} 与 $\rho\pi\gamma$ 耦合过程*

程檀生

(北京大学物理学院, 北京 100871)

摘要: 在夸克-强子混杂模型基础上, 利用氘核的相对论波函数, 计及冲击近似、 $\rho\pi\gamma$ 过程贡献和 6 夸克集团效应, 计算了氘核的张量极化 t_{20} . 结果表明, 当 $\rho\pi\gamma$ 耦合常数取正值时, t_{20} 的理论值才与新扩展的实验数据符合.

关键词: 氘核; 张量极化 t_{20} ; $\rho\pi\gamma$ 耦合常数的符号

中图分类号: O572.35+1 **文献标识码:** A

1 引言

氘核是最简单的原子核体系. 它的电子散射实验为探索与强相互作用有关的许多效应提供了大量的信息, $\rho\pi\gamma$ 过程就是其中之一.

$\rho\pi\gamma$ 耦合常数 $g_{\rho\pi\gamma}$ 通常是由 $\rho \rightarrow \pi^+ \gamma$ 实验中测定的 $\Gamma_{\rho \rightarrow \pi^+ \gamma}$ ^[1] 得来. 而 $\Gamma_{\rho \rightarrow \pi^+ \gamma}$ 是依赖于 $\rho\pi\gamma$ 耦合常数的平方 $g_{\rho\pi\gamma}^2$. 因此, $g_{\rho\pi\gamma}$ 的符号无法由此确定. 通常是取正号. Sarriguren 等^[2] 曾经提出并讨论过 $g_{\rho\pi\gamma}$ 取正值是否妥当的问题. Il-Tong Cheon 通过阈值附近介子的质子光生的极化实验, 推论认为 $g_{\rho\pi\gamma} < 0$ 较合理^[3]. 所以, $g_{\rho\pi\gamma}$ 的符号成为人们十分关注的问题.

TJNAF 将弹性 e-d 散射中张量极化数据^[4,5] 范围扩展到 $Q^2 < 2.0$ (GeV/c)²^[6], 这为研究和确定 $g_{\rho\pi\gamma}$ 的符号提供了很好的数据.

在我们的计算中, 为计入 6 夸克集团效应, 采用夸克强子混杂模型^[7]: 假定氘核的运动分成“空间上不重叠”的两个自由度——核子自由度和 6 夸克集团, 即把原来空间波函数的两核子间距小于 r_0 的部分完全用 6 夸克波函数来代替, 而总的氘核形状因子就是来自两部分的贡献相加.

在计算核子自由度形状因子时, 应当注意到, 当 $Q^2 < 0.4$ (GeV/c)² 时, 相对论效应就必须计入. 这里我们采用由 Gross 方程求得的波函数^[8], 从而可计算出冲击近似下的形状因子. 对于 $\rho\pi\gamma$ 介子交

换流贡献的部分, 则采用 Gari 和 Hyuga^[9] 的方法并加入一些相对论修正. 由于我们采用了夸克强子混杂模型, 在核子自由度中, 扣除了两核子间距小于 r_0 部分, 其他重介子交换过程的贡献就可予以忽略.

对 6 夸克集团部分, 我们采用最简单的 MIT 口袋模型, 认为 6 自由夸克独立地在球形口袋内部运动, 并采用相对论流算符计算电磁形状因子.

计算结果表明, 当取 $g_{\rho\pi\gamma} > 0$ 时, 可得到 $0 < Q^2 < 2.0$ (GeV/c)² 范围内对 t_{20} 数据的很好拟合, 而取 $g_{\rho\pi\gamma} < 0$ 时, 则无论如何也得不到与实验结果相似的计算值.

2 理论公式

氘核的自旋为 1. 因此, 它的电子弹性散射可由 3 个基本的形状因子描述: G_C (电单极), G_Q (电四极) 和 G_M (磁偶极). 而张量极化 t_{20} 是用来描述散射后反冲氘核自旋态在 $m_z = 0, \pm 1$ 这 3 个态上分布情况的物理量, 可用 G_C, G_Q 和 G_M 表示:

$$t_{20} = \frac{\sigma_{T_1} + \sigma_{T_2} - \sigma_L}{\sqrt{2}\sigma_{\text{unpol}}} \\ = - \frac{\sqrt{2} \left[x(x+2) + \frac{y}{2} \right]}{1 + 2(x^2 + y)},$$

其中,

收稿日期: 2003 - 12 - 08

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19875059)

作者简介: 程檀生(1937-), 男(汉族), 浙江杭州人, 教授, 从事理论物理及低能、中高能核物理研究.

$$x = \frac{G_0}{\sqrt{2}G_c},$$

$$y = f(\theta_c) \left(\frac{G_M}{G_c} \right)^2,$$

$$f(\theta_c) = \frac{1}{2} + (1 + \eta) \tan^2 \left(\frac{\theta_c}{2} \right),$$

$$\eta = \frac{Q^2}{4M_d^2}.$$

3 计算结果

分别计算出相对论冲击近似、 π NN 介子交换流以及 6 夸克集团对形状因子的贡献, 从而最后给出张量极化 t_{20} . 在我们的计算中, 有两个可变参数: π NN 耦合的混合系数 λ (表示在 π NN 耦合中赝标量和赝矢量各占的比重) 和用来表征 6 夸克集团大小的 r_0 . 图 1 显示出 t_{20} 随 r_0 的变化关系, 很明

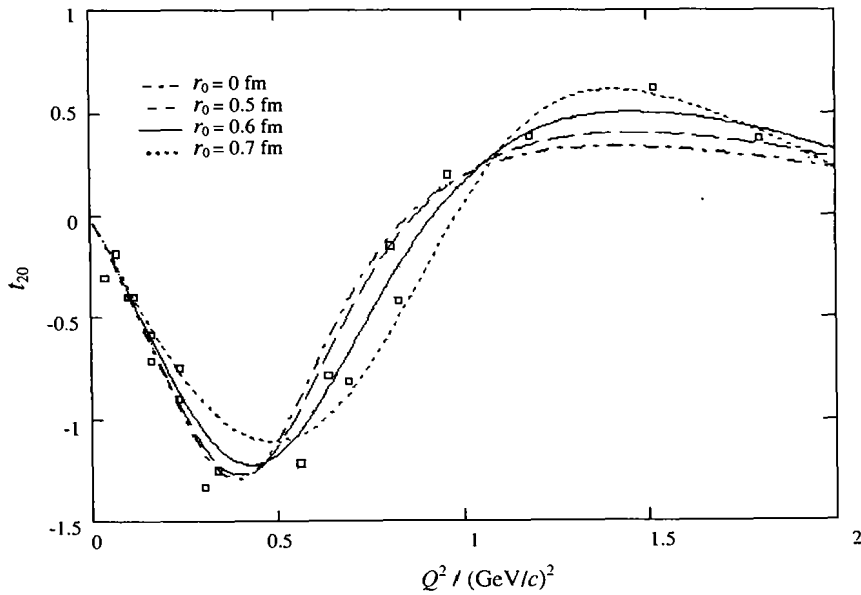


图 1 t_{20} 与 r_0 的关系

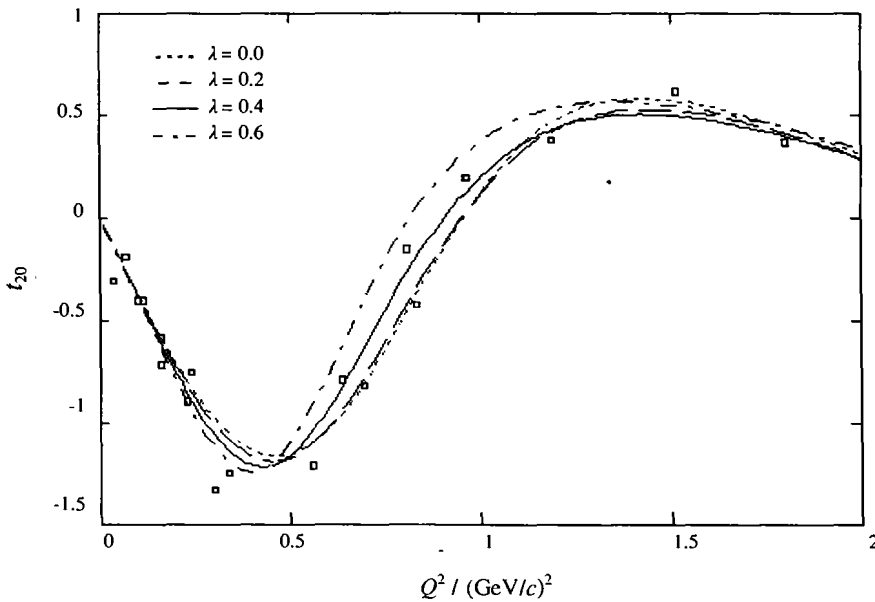
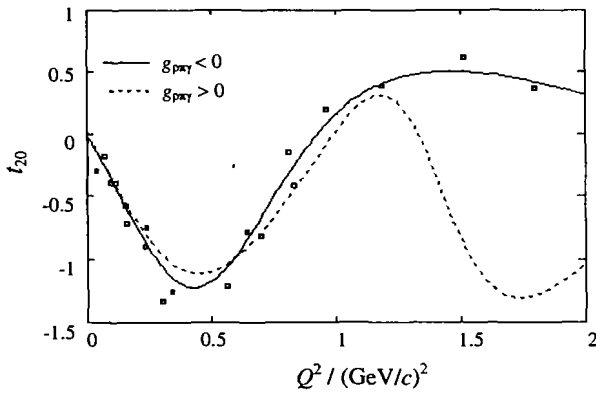


图 2 t_{20} 与 λ 的关系

图 3 $g_{\rho\pi\gamma}$ 取正、负号时的 t_{20}

显, 当 $g_{\rho\pi\gamma}$ 取正时, t_{20} 虽随 r_0 的变化有所变化, 但理论结果的趋势是与实验结果一致的. 图 2 显示出 t_{20} 随 λ 的变化关系. 同样, 当 $g_{\rho\pi\gamma}$ 取正时, t_{20} 尽管随 λ 有些变化, 但理论结果仍与实验结果很好地一致. 图 3 给出了 $g_{\rho\pi\gamma}$ 分别取正、负时的理论曲线. 在取 $g_{\rho\pi\gamma} > 0$ 时, 得到一组最佳取值: $\lambda = 0.4$, $R_{\text{bag}} = 1.03 \text{ fm}$, $r_0 = 0.65 \text{ fm}$; 而在取 $g_{\rho\pi\gamma} < 0$ 时却无论如何也得不到与实验结果相似的计算值.

最后特别要强调的是, 所得结果明显地不敏感模于型参数. 因此, 所得结论是可靠的.

参 考 文 献:

- [1] Berg D, Chandless C, Cihangir S, *et al.* Phys Rev Lett, 1980, **44**: 706.
- [2] Sarriguren P, Martorell J, Sprung D W L. Phys Lett, 1989, **B228**: 285.
- [3] Byung Geel Yu, Il-Tong Cheon, Moon Taeg Jeong. J of Phys Soc Japan, 1994, **63**: 78.
- [4] Schulze M E, Beck D, Farkhondeh M, *et al.* Phys Rev Lett, 1984, **52**: 597; The I, Arvieux J, Beck D H, *et al.* Phys Rev Lett, 1991, **67**: 173.
- [5] Garcon M, Arvieux J, Beck D H, *et al.* Phys Rev, 1994, **C49**: 2 516.
- [6] Abbott D, Ahmidouch A, Anklin H, *et al.* Phys Rev Lett, 2000, **84**: 5 053.
- [7] Kisslinger L S. Phys Lett, 1982, **B112**: 307.
- [8] Gross F. Phys Rev, 1963, **186**: 1 448; Buck W W, Gross F. Phys Rev, 1979, **D20**: 2 361.
- [9] Gari M, Hyuga H. Nucl Phys, 1976, **A264**: 409.

Tensor Polarization t_{20} of Deuteron and $\rho\pi\gamma$ Process*

CHENG Tan-sheng

(School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Tensor polarization t_{20} of the deuteron is calculated on the basis of a hybrid quark-hadron model. A relativistic wave function of the deuteron is used to calculate the relativistic impulse approximation and the contribution of the $\rho\pi\gamma$ meson exchange process. Good agreement with experimental data is achieved when and only when the $\rho\pi\gamma$ coupling constant is taken as positive.

Key words: Deuteron; tensor polarization t_{20} ; sign of $\rho\pi\gamma$ coupling constant

* Foundation item: National Natural Science Foundation of China(19875059)