

快报

夸克模型中的等效介子交换势与 NN 散射*

余友文 沈彭年 张宗焯

(中国科学院高能物理研究所,北京)

摘 要

用单胶子交换正反夸克对产生模型给出的等效单介子交换势和等效两 π 介子交换势计算了 NN 散射 S 分波的相移,给出了部份核力的中程吸引的特性.

在核力的夸克势模型理论中,一般认为核力的短程排斥部份主要是由夸克间的单胶子交换势及泡利阻塞效应提供的,核力的长程部份是核子集团间(或在夸克间)的 π 介子交换贡献的,为了得到核力的中程强吸引特性仍需在两个核子集团间引入唯象的“ σ ”介子交换势. 这种混杂的模型虽然成功地解释了 NN 散射 S 波相移的实验,但是如何从夸克层次来认识核力的中程强吸引以及核子间的介子交换是当前理论研究中的一个重要课题.

为了从夸克模型研究核力中、长程部份的性质,我们曾提出了夸克(反夸克)通过单胶子交换激发一对正反夸克对的模型^[1], 并指出了这个机制可以给出核子集团间的介子交换效应. 在参考文献[2]和[3]中,由这个模型计算了核子间的等效单介子交换势(EOME)和由方盒图贡献的等效两 π 介子交换势(ETPEP). 计算的结果表明,等效单 π 介子交换势具有与核力介子交换理论中通常的 π 介子交换势相同的特性,而等效的双 π 介子交换势与唯象的“ σ ”介子交换势定性相同,具有中程吸引的特性. 为了进一步考查这个模型,需要计算相移并与实验及其它理论结果进行比较. 本文的目的就是在核子夸克集团模型的框架下,采用得到的 EOME 和 ETPEP 来计算 NN 散射 S 波相移,研究核力中长程部份的机制.

我们把两核子系统的哈密顿量取为:

$$H = \sum_{i=1}^6 T_i - T_G + \sum_{i,j=1}^6 v_{ij} + V_{AB}. \quad (1)$$

上式中的 v_{ij} 是夸克间的相互作用,它包括了夸克间的谐振子禁闭势 V_{ij}^{conf} 和夸克间单胶子交换的 Breit-Fermi 项 V_{ij}^{BF} 两个部份. V_{AB} 是两集团之间的相互作用,它包括了等效的单介子交换势 $V_{eq}^{OME}(i)$, 等效的两 π 交换势 $V_{eq}^{2\pi}$ 以及唯象引入的 σ 介子交换势 V_{ph}^{σ} 三个部份,即:

$$V_{AB} = \sum_i V_{eq}^{OME}(i) + V_{eq}^{2\pi} + V_{ph}^{\sigma}. \quad (2)$$

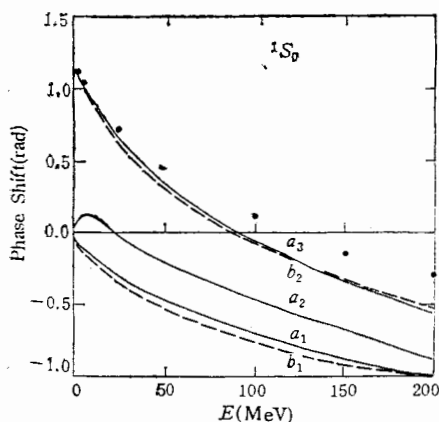
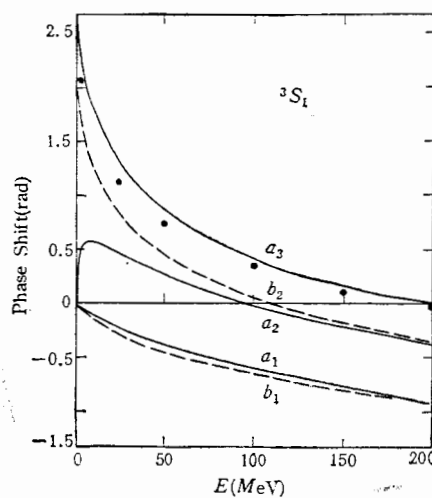
本文 1990 年 3 月 2 日收到.

* 国家自然科学基金资助课题.

V_{ph}^{σ} 的引进是为了察看我们的这个模型中, 还需要引进多少唯象 σ 交换势才能得到与实验更好地符合. V_{ph}^{σ} 的形式取自参考文献[4], 耦合常数 $g_{\sigma}^2/(4\pi)$ 将由符合实验来决定.

等效势计算中的参数与 V_{ij} 计算中的参数取值是相同的, 即核子的大小参数 $b_N = 0.6\text{fm}$, 夸克质量 $m_q = 300\text{MeV}$, 夸克-胶子耦合常数 $\alpha_s = 1.39$, 并由满足核子稳定条件给出谐振子禁闭势参数 $a_c = 33.056\text{MeV}/\text{fm}^2$. 同时在计算中把核子共振态 Δ_{33} 和介子的大小参数分别取为 $b_{\Delta} = 0.6\text{fm}$, $b_M = 0.5\text{fm}$.

图 1 是 NN 散射 1S_0 态的相移随能量变化图, 圆点是相移的实验值. 实线 a_1 是方程 (1) 中, 在 V_{AB} 中只取了等效单 π 交换势 $V_{\text{cq}}^{\text{OME}}(\pi)$, 而把其它的单介子交换势及 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$ 和 V_{ph}^{σ} 均略去时的计算结果. 在我们的模型中除了等效单 π 交换势外还有等效 $\rho, \omega, \phi, \eta, \eta'$ 交换势. 考虑了所有等效单介子交换势而略去 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$ 和 V_{ph}^{σ} 的相移曲线将往靠近实验的方向略有移动, 但仍不能给出低能端相移是正值的结果. 实线 a_2 是在 V_{AB} 中考虑了 $\sum_i V_{\text{cq}}^{\text{OME}}(i)$ 和 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$, 而把 V_{ph}^{σ} 略去时的计算结果. 从这个结果中可看到 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$ 的考虑使相移进一步向接近实验值方向变化, 给出了低能端相移是正值的结果, 但是与实验值还有较大的偏离, 其原因是 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$ 在中程部份吸引力还不够强. 如何把等效势算得更严格仍是一个有待解决的问题, 但是从这个计算中可看到为了得到与实验相符的结果尚需考虑其它的效应. 实线 a_3 是 H 量 (1) 中考虑了所有的项, 并把耦合常数 $g_{\sigma}^2/4\pi$ 取为 2.62 时的计算结果, 这个数值是由 2.5 MeV 1S_0 态相移的理论值与实验值相符定出的. 为了与参考文献[4]中混杂模型的结果相比较, 我们把相同 b_N 和 m_q 参数混杂模型的计算结果也给出在图 1 中. 在这儿, 我们所指的混杂模型就是把方程(2)中 $V_{\text{cq}}^{\text{OME}}$ 及 $V_{\text{cq}}^{2\pi}$ 换成包括夸克间单 π 交换势的模型. 虚线 b_1 是只取了夸克间的单 π 交换势而把 V_{ph}^{σ} 略去时的计算结果. 虚线 b_2 是 V_{AB} 中同时考虑了夸克间单 π 交换势及 σ 交换并且 $g_{\sigma}^2/(4\pi) =$

图 1 NN 散射的 1S_0 态相移图 2 NN 散射的 3S_1 态相移

4.44 时的计算结果, 耦合常数的这个数值也是由 2.5MeV 1S_0 态相移混杂模型的理论值与实验值相符定出的. 图 2 是 NN 散射 3S_1 态相移与能量关系图, 曲线 a_1 和 b_1 的含意及计算中所取的参数均与图 1 相同, 所得结果也与 1S_0 态相似, 但是此时 a_1 曲线已略高于实验值了.

从图中可看到, 1). 由对产生模型给出的 $V_{qq}^{OME}(\pi)$ 在相移的计算中给出了与通常的 π 介子交换势基本相同的结果. 2). 为了能给出与实验相符的相移还需引进 V_{ph}^0 , 从 a_1 与 b_1 的比较中可看到, 当考虑等效势后, 在 1S_0 态相移的计算中把 V_{ph}^0 的强度取为在混杂模型计算时 V_{ph}^0 强度的 59% 时, 可以得到相似的结果. 这说明了等效势的重要性, 它提供了部分核力中程强吸引的特性.

核力的中程机制是一个很复杂的问题, 我们还应注意到能够提供中程特性的另一机制, 在张等人的工作中曾指出^[4], 在相移的计算中, 六夸克态效应也能减少约 40% σ 耦合常数 $g_0^2/4\pi$, 而得到的结果是相似的. 这说明六夸克态效应的考虑也相当于提供了一部份唯象核力中的中程强吸引效应. 很有可能在单胶子交换正反夸克对产生模型给出的等效介子交换势的基础上, 当考虑了六夸克态组态的效应后将能得到与实验更相符合的结果.

参 考 文 献

- [1] Yu Youwen, Zhang Zongye., *Nucl. Phys.*, **A426**(1984), 557; Yu Youwen., *Nucl. Phys.*, **A455**(1986), 737.
- [2] Lu Zhicheng, Yu Youwen., *Commun. in Theor. Phys.*, **9**(1988), 41.
- [3] 余友文、沈彭年, 高能物理与核物理, **13**(1989), 530.
- [4] Zhang Zongye, K. Brauer, A. Faessler, K. Shimizu., *Nucl. Phys.*, **A443**(1985), 557.

EQUIVALENT MESON EXCHANGE POTENTIALS ON QUARK MODEL AND N-N SCATTERING

YU YOUWEN SHEN PENGNIAN ZHANG ZONGYE

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

ABSTRACT

The S wave phase shifts of N-N scattering are calculated by using the equivalent one meson exchange potential (EOMEP) and equivalent 2π exchange potential (ETPEP) from the quark-antiquark pair creation model. The result shows that EOMEP and ETPEP can provide a part of medium attractive nature of the nuclear force .