

114MeV π^+ 、 π^- 与 ^{16}O 原子核间 的大角度散射*

李清洵**

(中国科学院高能物理研究所, 北京)

摘 要

大角度散射行为对各种 π -核散射模型提供一个严厉的检验。本文应用基于核 α 粒子结构建立起的光学势计算了 114MeV π 介子在 ^{16}O 核上的大角度散射。结果表明,比通常的以核子模型为基础建立的光学势有明显的改进。

π 核散射的研究,实验和理论上都进行了很多工作。弹性散射角分布的测量,绝大部分工作都只集中在前半角区域,少数情况最大可以测到 130° — 140° 角区域。而对于近于背角的大角度测量则极为稀少。 π -核散射的各种理论,一般的情况是: 在前半角区都能给出较为满意的描述(指对共振能区的 π 介子),而在 90° 以后的角区则出现和实验明显偏离的趋势^[1-3]。因此,大角度散射行为被认为是对各种 π -核散射理论模型的一个严厉的考验。

最近, K. Dhuga 等人发表了他们在 LAMPF 做的 114MeV π^+ 和 π^- 在 ^{16}O 原子核上的大角度散射 (115° — 175° 角区) 的实验结果^[4]。这对于各种理论计算提供了一个新的检验的场合。

我们曾经建立一个 π -核光学势^[5]。这个光学势的特点是,它不同于一般的以核内核子做为散射心的理论,而是以核内存在的 α 粒子集团结构做为散射心进行多次散射展开进而建立的理论光学势。这个做法的好处是,它通过利用由拟合实验得到的 π - α 振幅作输入量的途径,能够把难以精确处理的各种物理因素和效应(有些甚至目前还不清楚的)一定程度地自动包括进来。使用这一光学势进行的计算结果表明,它比起同级近似下的以 π -核子 t 矩阵做基本输入的理论,给出明显的改进^[5]。

本文的目的在于把上述这一光学势具体用到 Dhuga 等人发表的大角度实验,看一看它描述大角度散射行为的情形如何。

在 KMT 多次散射理论中^[6],入射 π 介子和原子核间散射矩阵为

$$T = \frac{N}{N-1} T', \quad (1)$$

* 国家自然科学基金支持项目。

** 中国高等科学技术中心理论物理分中心协联成员。

本文 1987 年 10 月 9 日收到。

而 T' 满足方程

$$T' = U + U \frac{A}{E - K_0 - H_N + i\varepsilon} P_0 T' \quad (2)$$

这里 N 代表靶粒子数目, A 是反对称化算符, P_0 是投影到核基态算符, K_0 是入射动能, H_N 是核哈密顿量, U 是光学势. 如果进一步做多次散射近似、冲量近似和可分解近似, 则可得一级光学势

$$\langle \mathbf{k}' | U_{00} | \mathbf{k} \rangle = (N-1) \langle \mathbf{k}' | t | \mathbf{k} \rangle \eta(\mathbf{q}) \quad (3)$$

这里 \mathbf{k} 、 \mathbf{k}' 分别代表入射 π 介子和出射 π 介子的动量, $\langle \mathbf{k}' | t | \mathbf{k} \rangle$ 是入射 π 介子和一个自由的靶粒子间的散射矩阵, $\eta(\mathbf{q})$ 代表靶粒子在靶核中的形状因子, \mathbf{q} 是动量传递.

在我们的以 α 粒子模型建立的光学势中, $\langle \mathbf{k}' | t | \mathbf{k} \rangle$ 应是一个入射的 π 介子和自由的 α 粒子间的散射矩阵. Binon 等人给出一个参数化的 π - α 散射振幅^[7]

$$f_{\pi\alpha}(q) = f_{\pi\alpha}(0) \left(1 - \frac{q^2}{t_1}\right) \left(1 - \frac{q^2}{t_2}\right) e^{-R'_s q^{2/6}} \quad (4)$$

其中 $f_{\pi\alpha}(0)$ 是 $q=0$ 时的振幅, t_1 和 t_2 是两个复数参数, R'_s 是一个实数参数. 这些参数均由拟合实验得到, 在文献[7]中列表给出.

除了 $f_{\pi\alpha}(q)$ 外, 理论需要的另一个输入量是 α 粒子在 ^{16}O 原子核中的形状因子

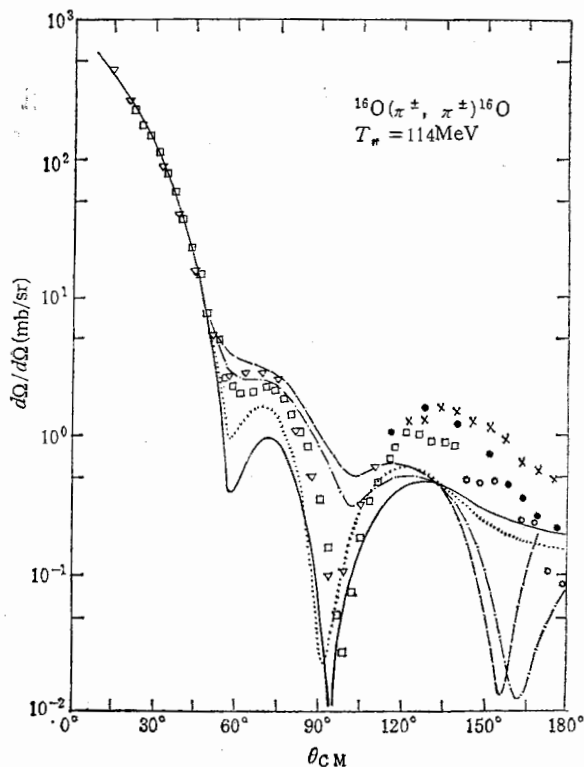


图1 114MeV π^\pm 被 ^{16}O 散射的微分截面

— π^+ , 本文计算结果; π^- 本文计算结果 — — — π^+ 文献[4]计算结果;
 - - - π^- 文献[4]计算结果 × π^+ 取自文献[4]; ● π^- 取自文献[4] □ π^+
 取自文献[10]; ▽ π^- 取自文献[11] ○ π^- 取自文献[12]

作

作

微

中

学

大

和

角

出:

势

角

“谷

文

验

中

现

能

能

发

而

在

计

算

貌,

同

级

接

近

[1]

[2]

[3]

[4]

[5]

[6]

[7]

$\eta_\alpha(q)$. 这一量直接取自文献[8]中.

上式得到的光学势可以证明是定域的. 然后代入薛定格方程中进行数字求解. 库伦作用也被置入方程一并求解.

入射能量为 114MeV 的正负 π 介子被 ^{16}O 原子核散射在整个角区(0° — 180°)的散射微分截面, 其理论计算结果如图 1 中所示. 为了进行比较, 在同一图中也给出了文献[4]中的理论计算结果, 这一结果是使用以 π -N 散射矩阵作为输入而建立起的 π -核第一级光学势(使用 PIRK π -核弹性散射计算程序^[9])而得到的. 图中的实验点除了 Dhuga 等人的大角度(115° — 175°)的 π^+ 和 π^- 的数据外, 还绘出了 Albanese 等人的 π^+ (20° — 130°)^[10] 和 Ingram 等人的 π^- (10° — 120°)^[11] 的实验数据. 此外, Bason 等人测量的 π^- 的大角度数据 (140° — 180°)^[12] 也在同一图中给出. 从这些不同的实验组得到的数据可以看出, 在大角度区域实验结果存在一定的差异.

从图中的比较可以看出, 在大角度区域, 本文的结果比以 π -N 做为输入建立的光学势的结果 (PIRK 计算) 有明显的改进. 理论算出的截面大小更接近于实验值, 而截面随角度变化的趋势也与实验一致. 与此对照, PIRK 的结果在 160° 左右出现一个明显的“谷”, 而实验上并不出现.

决定 π -核散射的大角度散射行为的物理机制尚不清楚, 仍是一个待解决的问题. 本文模型之所以比通常的以核子为散射心的模型给出更好结果的原因, 在于它以直接从实验上得到的 π - α 间的散射知识作为输入, 能自动地在一定程度上包括了各种物理因素, 其中就包括那些对大角度行为起作用的、但现在还不清楚的物理因素.

从全部角区(0° — 180°)整体情况来看, 除了在第二个峰附近理论值低于实验值(这一现象的原因尚不清楚)外, 对于截面的大小, 峰谷的数目和位置以及大角度的行为, 理论都能给出基本正确的描述.

在 180° 角 π^+ 和 π^- 的截面比值, Dhuga 的实验给出 2.5 的数值. 这是迄今为止所发表这类比值中最高的. 在文献[13]中给出的 100MeV π^\pm 的实验数据, 这一比值是 1.5, 而在文献[14]中对于 162MeV 的正负 π 介子的数据, 这一比值几乎等于 1. 我们的理论计算给出的这一比值是 1.2.

鉴于本文给出的是一个无任意可调参数的理论计算, 因此综观理论与实验比较的全貌, 应该认为结果是令人满意的.

通过对大角度行为的计算, 再一次地表明以 α 粒子模型为基础的多次散射理论比起同级展开下的以核子模型为基础的多次散射理论包括进更多的物理因素, 因此能给出更接近实验的结果. 而这一结果无疑也是对 ^{16}O 核的 α 粒子结构的又一次支持.

参 考 文 献

- [1] M. M. Sternheim and E. H. Auerbach, *Phys. Rev. Lett.*, **25**(1970), 1500.
- [2] H. K. Lee and H. McManus, *Nucl. Phys.*, **A167**(1971), 257.
- [3] M. Krell and S. Barno, *Nucl. Phys.*, **B20**(1970), 461.
- [4] K. S. Dhuga et al., *Phys. Rev.*, **C32**(1985), 2208.
- [5] Li Qing-run, *Nucl. Phys.*, **A415**(1984), 445.
- [6] A. K. Kerman, H. McManus and R. M. Thaler, *Ann. Phys.*, **8**(1959), 551.
- [7] F. Binon et al., *Nucl. Phys.*, **A298**(1978), 499.

- [8] 李清润、陈生忠、赵恩广, 高能物理与核物理, 5(1981), 531.
[9] R. A. Eisenstein and G. Miller, *Comput. Phys. Commun.*, 8(1974), 130.
[10] J. P. Albanese et al., *Nucl. Phys.*, A350(1980), 301.
[11] Q. Ingram et al., *Phys. Lett.*, 76B(1978), 173.
[12] E. Bason et al., *Phys. Lett.*, 118B(1982), 319.
[13] L. E. Antonuk et al., *Nucl. Phys.*, A420(1984), 435.
[14] B. Chabloz et al., *Phys. Lett.*, 81B(1979), 143.

LARGE-ANGLE ELASTIC SCATTERING OF π^+ AND π^- FROM ^{16}O AT 114 MeV

LI QINGRUN

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

ABSTRACT

Large-angle elastic cross sections for the scattering of π^+ and π^- from ^{16}O at 114 MeV are calculated using the first-order optical potential constructed from the α -particle model of ^{16}O . The calculated results show that obvious improvement is obtained over the calculations employing the general first-order optical potential of the Kisslinger type.

前
磁

案
本

示
个

每
磁

各