

# 72MeV $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$ 散射的两种不同光学势之比较\*

陆晓<sup>1,2;1)</sup> 李清润<sup>1,3</sup> 赵维勤<sup>1,4</sup>

1 (中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

2 (广西师范大学物理与电子科学系 桂林 541004)

3 (中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

4 (中国高等科学技术中心 北京 100080)

**摘要** 通过对 72MeV  $^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  原子核弹性散射的分析,对两种不同的折叠模型光学势进行了对比.

**关键词** 折叠模型 光学势 弹性散射

轻重离子  $^3\text{He}$  在  $^{12}\text{C}$  原子核上的散射有很长的研究历史,已经逐渐积累了不少的实验资料. 这些实验数据都是使用唯象的光学势来分析的. 如所周知,描述重离子间散射最常用的理论模型是折叠模型<sup>[1]</sup>,这个模型光学势的实部是从原子核内基本组分粒子间的相互作用和它们在核内的密度分布理论上导出的,而光学势的虚部仍是唯象的. 折叠模型近二十年已被广泛地用来分析重离子散射并取得了一定的成功. 但对于  $^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  的散射直到最近才有人使用折叠模型来进行分析<sup>[2]</sup>. 该文使用 Jeukenne, Lejeune, Mahaux (JLM) 有效核子-核子相互作用与入射核和靶核内的核子密度折叠而导出光学势.

本文将从另一个观点来建立描述  $^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  散射的折叠模型. 从核结构的观点, $^{12}\text{C}$  是一个典型的  $3\alpha$  结团结构的原子核. 因此, $^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  的散射可以看成是一个入射的  $^3\text{He}$  粒子与一个由 3 个  $\alpha$  粒子组成的束缚系统间的散射过程. 这样,在折叠模型框架下,可以使用  $^3\text{He}$  与  $\alpha$  粒子间的相互作用与  $^{12}\text{C}$  核内的  $\alpha$  粒子密度折叠而得到描述  $^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  散射光学势的实部,即

$$V(R) = \int dr v(R-r) \rho_\alpha(r), \quad (1)$$

这里  $v$  是  $^3\text{He}$  粒子与  $\alpha$  粒子间的相互作用,  $\rho_\alpha$  是  $\alpha$

粒子在  $^{12}\text{C}$  原子核内的密度.

所幸, $^3\text{He}$  与  $\alpha$  粒子间的相互作用有现成的可利用. Buck 等人给出了一个具有简单形式但是宇称有关的  $^3\text{He}$  与  $^4\text{He}$  间的相互作用势<sup>[3]</sup>

$$\begin{aligned} V(r) &= -V_0 \exp(-0.183r^2), \\ V_0 &= 77\text{MeV}, \quad l = \text{偶数}, \\ V_0 &= 95.45\text{MeV}, \quad l = \text{奇数}. \end{aligned} \quad (2)$$

本文将使用这一相互作用来计算折叠势.

折叠势(1)式中另一个量  $\rho_\alpha$  将从文献[4]中给出的  $^{12}\text{C}$  原子核的  $\alpha$  粒子结构波函数直接得到.

如同通常的折叠模型一样,光学势的虚部取为唯象形式,在计算中具体取为标准的 Woods-Saxon 型,即

$$W(R) = -W_0 \left[ 1 + \exp\left(\frac{R-R_w}{a_w}\right) \right]^{-1}. \quad (3)$$

最后,得到描述  $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$  散射的光学势

$$U(R) = N_r V(R) + iW(R) + V_c(R), \quad (4)$$

这里  $N_r$  为重整化因子,  $V_c$  为库仑势,  $V$  和  $W$  通过(1),(2),(3)式可求出. 这样在我们的模型中共有  $N_r, W_0, r_w (R_w = r_w A_r^{1/3})$  和  $a_w$  4 个参数,它们由拟合微分截面定出.

在本工作中选定 72 MeV 这一能量来研究  $^3\text{He}$

2003-05-09 收稿

\* 国家自然科学基金(10147202, 10062001)资助

1) E-mail: luxiao1@263.net

$+^{12}\text{C}$  散射, 是因为它是目前为止惟一的一组在全角区测量的微分截面数据. 显然, 全角区对一个理论模型的检验比部分角区要更为严厉.

使用上面的方程(1)–(4)代表的光学势, 计算出的  $72\text{MeV } ^3\text{He}$  在  $^{12}\text{C}$  核上弹性散射微分截面如图 1 中的实线所示. 所得到的 4 个模型参数为

$$N_r = 0.95, W_0 = 16.5\text{MeV}, \\ r_w = 1.76\text{fm}, a_w = 0.41\text{fm}.$$

本文工作基于原子核的结团结构观点建立  $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$  散射的折叠模型. 目的为: (1) 检验这一模型对实验结果的描述能力; (2) 与在同样理论框架下基于原子核核子组成模型的结果进行比较.

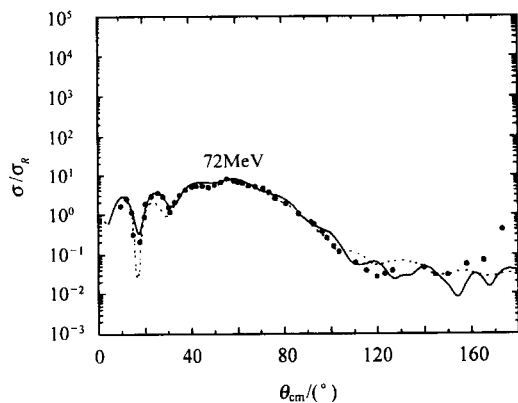


图 1  $72\text{MeV}$  能量下  $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$  散射的微分截面  
— 本文模型, --- JLM( $R$ ),  $\square$  实验数据.

传统的折叠模型都是建立在核子组成观点之上, 而由于有效核子–核子相互作用有多种, 因此对于同一散射系统可以建立多种折叠模型. 但对于  $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$  这一散射系统, 仅有前面提到过的文献[2]一家. 因此也只能跟他们的结果进行比较. 文献

[2]中使用的是 JLM 有效核子–核子相互作用, 入射核和靶核取壳模型给出的核子密度分布. 文献[2]中给出 3 组计算结果, 其中被标以 JLM( $R$ )的一组对应的是: 光学势的实部由 JLM 有效核子–核子相互作用折叠得到, 其虚部取唯象的形式. 这和本文所采取的框架是相同的, 因此结果将和文献[2]中 JLM( $R$ )结果进行比较. 这一比较示于图 1 中, JLM( $R$ )结果如断续曲线所示. 从图中可以看出, 我们的结果在  $\theta = 30^\circ$  的第 2 个谷附近比 JLM( $R$ )结果要好, 而在其他区域两种结果在符合实验上处于同一水平.

但是, 两种模型在下面几点可以进行比较.

(1) 重整化因子  $N_r$ .  $N_r$  与 1 偏离的大小被认为成功度的一个量度.  $N_r$  越接近于 1 表明模型越成功. 本文模型,  $N_r = 0.95$ ; 而 JLM( $R$ )模型  $N_r = 0.90$ .

(2) 唯象虚部势的成分. 本文虚部势采用最简单的 W-S 型, 即方程(3), 通常被称为体吸收项. 而 JLM( $R$ )模型采用的虚部势除了体吸收项外, 还包括表面吸收项(具有 3 个参数  $W_s, r_s, a_s$ ).

(3) JLM( $R$ )模型实部还加进一项唯象的自旋轨道耦合项(具有 3 个参数  $V_{s0}, r_{s0}, a_{s0}$ ).

可见, JLM( $R$ )模型在得到图 1 中的曲线时, 比本文模型多了 6 个可调参数.

综观上述可看到, 本文基于结团结构观点建立的折叠模型, 能够很好地描述  $72\text{MeV } ^3\text{He}$  与  $^{12}\text{C}$  的弹性散射, 且模型具有简洁的特点. 这一成功为  $^{12}\text{C}$  原子核的  $3\alpha$  结构观点提供了又一支持. 在  $72\text{MeV}$  能量下这一初步的成功, 鼓舞我们把这一模型推广到现有的各能区的实验数据中去进一步地检验, 并研究该模型和能量的依赖关系.

## 参考文献 (References)

- 1 Satchler G R, Love W G. Phys. Rep., 1979, **55**:183
- 2 Khallaf S A E, Amry A M A, Mokhtar S R. Phys. Rev., 1997, **C56**: 2093
- 3 Buck B, Friedrich H, Wheatly C. Nucl. Phys., 1977, **A275**:246
- 4 LI Qing-Run, CHEN Sheng-Zhong, ZHAO En-Guang. HEP & NP, 1981, **5**:531(in Chinese)  
(李清润, 陈生忠, 赵恩广. 高能物理与核物理, 1981, **5**:531)

## A Comparison Between Two Different Optical Potentials for the $^3\text{He} + ^{12}\text{C}$ Scattering at the Energy $72\text{MeV}$ \*

LU Xiao<sup>1,2;1)</sup> LI Qing-Run<sup>1,3</sup> ZHAO Wei-Qin<sup>1,4</sup>

1 (Institute of High Energy Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

2 (Department of Physics and Electronic Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

3 (Institute of Theoretical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

4 (China Center of Advanced Science and Technology, Beijing 100080, China)

**Abstract** Through the analysis of the  $^3\text{He}$  elastic scattering on the  $^{12}\text{C}$  nucleus, two different folded optical potentials, one is constructed based on the  $\alpha$ -particle model of the  $^{12}\text{C}$  nucleus, another is constructed based on the nucleon component model of  $^{12}\text{C}$ , are compared. The comparison shows that the former optical potential has some advantages.

**Key words** folding model, optical potential, elastic scattering

---

Received 9 May 2003

\* Supported by National Natural Science Foundation of China(10147202, 10062001)

1) E-mail: luxiao1@263.net