

$^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 散射激发函数*

李清湘¹⁾

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

杨永栩

(广西师范大学物理系 桂林 541001)

1994-01-28 收稿

摘 要

基于对能区 70—160 MeV $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 散射角分布的分析, 建立起一个能量相关的光学势。这个势能很好地再现同一能量区域内的激发函数。

关键词 重离子散射, 折叠模型, 激发函数。

建立重离子间相互作用势是重离子研究的十分重要的课题。而重离子相互作用势的能量相关性尤为重要, 并且是研究难度更大的问题。 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 体系在重离子研究中具有特殊的兴趣, 因此, 它的实验测量, 相对说来, 是最系统和最完全的。

我们对 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 体系进行研究, 是基于对 ^{12}C 这一原子核的特殊的核结构兴趣出发的。如所周知, 从传统的核壳层模型观点, ^{12}C 是由 12 个核子在 S, P 壳上按次充填的结构。另一方面, 从原子核的结团结构观点, ^{12}C 是一个典型的 α 粒子结构原子核, 它由 3 个 α 粒子构成。这些 α 粒子在核内基本上保持着自由 α 粒子的特性。 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 体系由于入射核和靶核都是 3α 结构的原子核, 并且它的实验数据是最丰富的, 因此它可以提供一个检验 ^{12}C α 粒子结构的非常好的场合。

我们曾经基于 ^{12}C 的 3α 结构观点建立起一个 α 折叠模型^[1]。在这个模型中, 使用独立 α 粒子模型波函数^[2]和自由的 α - α 相互作用^[3], 得到如下的双折叠势

$$V(R) = \iint d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2 \rho_\alpha(\mathbf{r}_1) \rho_\alpha(\mathbf{r}_2) V_{\alpha\alpha}(\mathbf{R} + \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2). \quad (1)$$

如同通常的折叠模型做法一样, 选取一个标准的 Woods-Saxon 型的虚部势, 组成如下的光学势用以描述两个 ^{12}C 原子核间的相互作用

$$U(R) = NV(R) - iW_0 \{1 + \exp[(R - R_W)/a_W]\}^{-1}. \quad (2)$$

与允许具有 4 个自由参数 (N, W_0, R_W, a_W) 的通常的折叠模型不同, 在我们的 α 折叠模型中只允许 2 个参数 N 和 W_0 可调 (把 R_W, a_W 取定), 其值由拟合实验角分布数据来确定。因为我们研究的目的是为了检验 ^{12}C 核的 3α 结构观点, 减少两个自由参数将

* 国家自然科学基金和中国科学院 LWTZ-1298 经费资助。

1) 中国科学院理论物理研究所客座研究人员。

使检验变得更加严厉。

我们曾经用上述的 α 折叠模型分析了在能量区域 70—160 MeV 内的 8 组实验 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 弹性散射角分布^[1]。这 8 组实验数据是非常完全的, 它们都是覆盖全角区的测量^[4,5]。因而这也增加了对模型检验的严厉程度。结果表明, α 折叠模型能非常好地描述这些实验角分布^[1]。

如上面所述, α 折叠模型中具有两个自由参数, 它们的数值由拟合角分布实验数据来确定。由能量区域 70—160 MeV 内的 8 条不同能量的角分布实验, 经拟合这些数据所得到的 8 组 N 和 W_0 值给出图 1 中, 用黑点来表示。从图 1 可以看出, 参数 N 和 W_0 随能量的变化近似地呈线性关系。因此, 可以用下面的关系式来描述 N 和 W_0 随能量的变化:

$$\begin{aligned} N &= 1.035 - 0.001E_L, \\ W_0 &= -1.8 + 0.155E_L. \end{aligned} \quad (3)$$

这两个关系式如图 1 中的两条直线所表示。(3) 式中的 E_L 代表入射核的能量, 以 MeV 为单位。

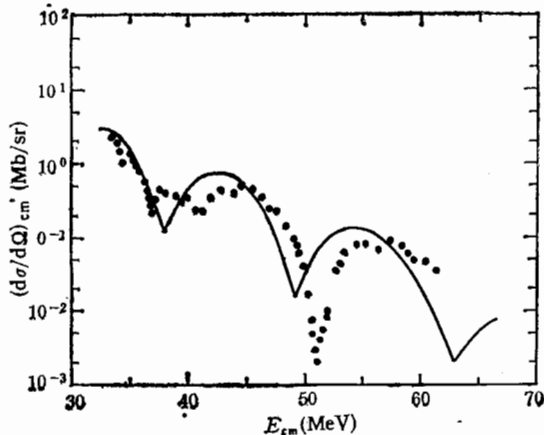


图 2 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 弹性激发函数, $\theta_{\text{cm}} = 90^\circ$
曲线为本文结果, 实验点取自文献 [6]、[7]。

数, 结果给在图 2 中, 如曲线所示。从图上可以看到, 理论曲线很好地再现了实验结果。

应该指出, 激发函数是一个难以理论描述得好的量, 即使在一个纯唯象的光学模型框架下也是如此。因此, 本文所建立的无自由参数的能量相关 α 折叠模型, 能给出如此好的结果, 应该被看作是模型一个成功。这一成功无疑是对 ^{12}C 原子核的 3α 结构观点提供了又一个支持。

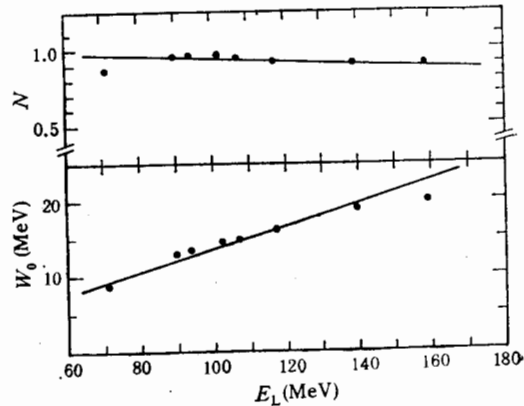


图 1 参数 N 和 W_0 随能量的变化
黑圆点代表由拟合角分布确定的数值, 直线代表关系式(3)。

(2)和(3)式给出了一个能量相关的光学势。它所包括的各种量的数值都是确定的, 不再包含任何自由参数。因此, 任何一组随能量变化的 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 散射的实验数据, 都将对上面得到的能量相关光学势构成一个非常严格的考验。

所幸的是, 能够找到一组这样的实验数据, 那就是橡树岭实验室测量的能量约为 70—120 MeV 间在 $\theta_{\text{cm}} = 90^\circ$ 角下的弹性激发函数^[6,7]。我们使用(2)和(3)式的光学势, 计算了 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 在 $\theta_{\text{cm}} = 90^\circ$ 角下的弹性激发函数,

参 考 文 献

- [1] Li Qingrun, Yang Yongxu, *Phys. Rev.*, **C47**(1993) 2398.
- [2] 李清润、陈生忠、赵恩广, 高能物理与核物理, **5**(1981)531.
- [3] B. Buck, H. Friedrich, C. Wheathly, *Nucl. Phys.*, **A275**(1977) 246.
- [4] R. M. Wieland et al., *Phys. Rev. Lett.*, **37**(1976) 1458.
- [5] S. Kubono et al., *Phys. Lett.*, **127B**(1983)19.
- [6] R. G. Stokstad et al., ORNL/TM-5935, 1977.
- [7] R. G. Stokstad et al., *Phys. Rev.*, **C20**(1979)655.

Excitation Function for $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ Elastic Scattering

Li Qingrun

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

Yang Yongxu

(Department of Physics, Guangxi Normal University, Guilin 541001)

Received 28 January 1994

Abstract

An energy dependent optical potential for $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ system is established based on the analyses of the angular distributions of the elastic scattering in the energy range of 70—160MeV. This potential can well reproduce the excitation function for $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ elastic scattering in the same energy range.

Key words Heavy ion scattering, folding model, excitation function.