

高能核核碰撞透明性的研究

马 维 兴

(中国科学院高能物理研究所, 北京)

赵叔平 冯正永

(中国科学技术大学, 合肥)

陈 崇 光

(中国科学院研究生院, 北京)

摘 要

用多重散射理论研究了高能核核碰撞的透明性。本文的理论很好地说明了实验结果。表明高能核核碰撞主要是核子核子的两体相互作用过程。

在核核碰撞中, 靶核对入射核的透明性对于了解强相互作用是十分重要的。低能核核碰撞的强吸收现象^[1]使人们一直认为: 高能核核碰撞的反应截面是随入射能量的增加而增加的, 在达到它的几何极限之后保持其极限值^[2]。但是, 与此相反, 新近的实验结果却表明: 反应截面在达到它的极限值后并不是一个常数, 如同图 1, 2 中的实验点所示, 是随入射能量的增加而明显地下降。这说明旧的几何极限的概念是不对的, 靶核对入射核有很大的透明性。为了理解这一新现象, 我们利用反应截面 σ_R 是总截面 σ_T 和弹性截面 σ_E 之差的关系研究了高能核核的弹性散射, 进而得到了 σ_R 与能量的依赖关系。

设想高能核核碰撞是通过它们的组成核子间的两体作用而进行的。在“刚性投射体”近似下, 核 a 和核 A 弹性散射的 Glauber 振幅^[3]是

$$F_{aA}(\mathbf{q}) = \frac{iK_{aA}}{2\pi} K_{c.m.} \cdot \int e^{i\mathbf{q} \cdot \mathbf{b}} \Gamma_{aA}^K(\mathbf{b}) d^2\mathbf{b} \quad (1)$$

其中

$$\Gamma_{aA}^K(\mathbf{b}) = 1 - \left\langle \phi_A \left| \prod_{l=1}^A \left\{ \left\langle \phi_a \left| \prod_{i=1}^a [1 - \Gamma_{NN}(\mathbf{b} + \zeta_i - \mathbf{s}_l)] \right| \phi_a \right\rangle \right\} \right| \phi_A \right\rangle \quad (2)$$

ϕ_A 是原子核的波函数。 $\Gamma_{NN}(\mathbf{b})$ 是由实验所定的核子核子的剖面函数。若原子核波函数为 SLATER 行列式, 两体振幅为对自旋同位旋平均的参数化的形式^[4], 则(2)式是很容易计算的^[5]。用 $\Gamma_{aA}^K(\mathbf{b}) = 1 - \exp[ix_{aA}(\mathbf{b})]$ 来定义核核弹性散射的相移 $x_{aA}(\mathbf{b})$, 则 σ_E 和 σ_T 可分别表示为^[5]

$$\sigma_E = \int d^2\mathbf{b} |\exp(ix_{aA}(\mathbf{b})) - 1|^2 \quad (3)$$

$$\sigma_T = 2 \cdot \int d^2b [1 - \exp[-\text{Im}x_{\alpha A}(b) \cos(\text{Re}x_{\alpha A}(b))]] \quad (4)$$

利用以上公式,本文计算了⁴He 和¹²C 在¹²C 上的 σ_E , σ_T 和 σ_R . 理论结果及与实验的比较

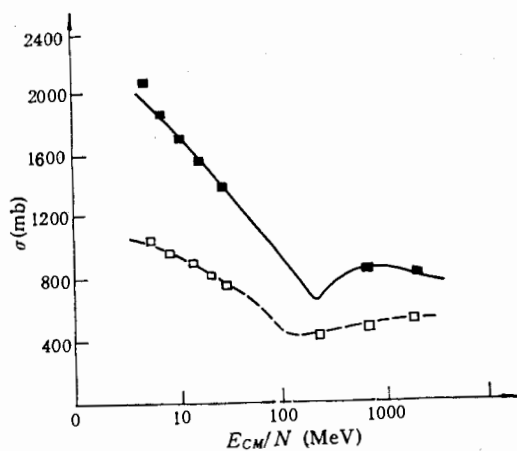


图 1

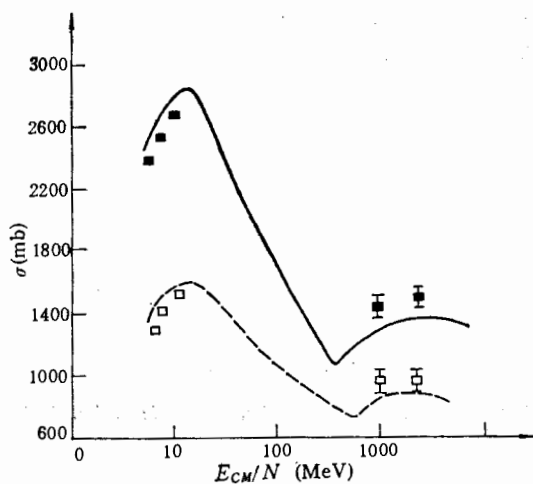


图 2

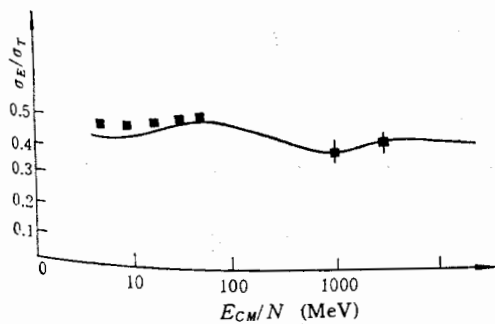


图 3

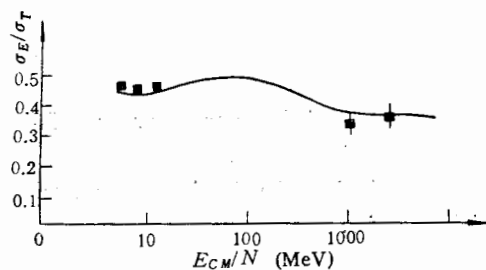


图 4

核加果是有 σ_E

1)

2)

数易和

3)

表示如图1, 2, 3和4.

图1和图2中的虚线和实线分别表示 ${}^4\text{He}$ 和 ${}^{12}\text{C}$ 在 ${}^{12}\text{C}$ 上的反应截面 σ_R 和总截面 σ_T . 空心 and 实心的方块是相应的实验结果. 显然理论解释了实验, 符合是很好的.

图3和图4分别是 ${}^4\text{He}$ 和 ${}^{12}\text{C}$ 在 ${}^{12}\text{C}$ 上的 σ_E/σ_T 之比与实验的比较. σ_E/σ_T 是一个很有意义的量. 对于强吸收的黑盘子模型 $\sigma_E/\sigma_T=0.5$ 若有透明性, σ_E/σ_T 就偏离0.5. 正如从图中所看到的, 在低能时, 对所有的体系此比率接近0.5, 说明靶核对入射粒子是强吸收的. 随着入射能量的增加, 它降低到0.4左右, 表现出很大的透明性.

结论是: 高能核碰撞反应截面在达到它的几何极限之后与能量无关的概念是不对的. 多重散射理论成功地解释了所观察的实验现象. 说明了核碰撞主要是通过核子-核子两体相互作用的过程而实现的, 集体效应大大地被排除了. 这对于研究重子碰撞, 在夸克模型中强子-强子散射都是有重要的意义.

参 考 文 献

- [1] R. Devries and J. Peng, *Phys. Rev. Lett.*, 43(1979), 1373.
- [2] M. Buenerd et al., *Phys. Rev.*, C26(1982), 1299; A. Lounis et al., *Proc. Intern. Conf. on Nucl. Phys.*, 1983.
- [3] R. J. Glauber, in lectures in Theoretical Physics, eds. W. E. Brittin et al., Interscience, New York, 1959, Vol. 1, p-315.
- [4] C. Wilkin, *Phys. Rev.*, 174(1968), 1197; Ma Wei Hsing et al., *Physica Energias Fortis Et Physica Nuclearis*, Vol. 4(1980), 302; Vol. 5(1981), 192.
- [5] Ma Wei-hsing et al., *Nucl. Phys.*, A to be published.
- [6] Charles J. Joachain, *Quantum Collision Theory*, P593, Northolland Publishing Company, Amsterdam, New York, Tokyo Oxford.

INVESTIGATION OF TRANSPARENCY OF HEAVY ION COLLISION AT HIGH ENERGY

MA WEIXING

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

ZHAO SHUPING, FENG ZHENGYONG

(*China University of Science and Technology, Hefei*)

CHEN CHONGKUANG

(*Graduate School of Academia of Science of China, Beijing*)

ABSTRACT

We have studied the transparency of heavy ion collision at high energy by using Glauber Multiple scattering theory. Good agreement between our calculation results and data available strongly emphasizes the dominance of nucleon-nucleon interaction in nucleus-nucleus collision at high energies.

文
身
一
自
主
个
因
氏
(J
G
族
及
其
求
其
一