

用相对论约化 R-矩阵理论获取高精度的 $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 的天体物理 S 因子和反应率

Thursday, 10 October 2019 17:20 (20 minutes)

求得准确的（要求误差小于 10%） $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 的天体物理 S 因子和反应率（ $E=0.3\text{ MeV}$ ），对于研究天体演化过程极为重要，曾被称为核天体物理研究的‘圣杯’。全世界 50 多年的努力还没有得到公认的满意的结果，目前除了我们发表的初步结果外，绝大多数的数值精度大于 10%。主要原因首先是在天体物理感兴趣的能区（ $E=0.3\text{ MeV}$ ） $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 的反应截面太小太小，用目前的实验装置不可能直接测量到，只能通过测量高能区的截面和理论分析向低能外推得到。外国理论分析普遍采用的‘R-矩阵-电磁跃迁’模型不宜做 global 拟合，必然导致多家分析结果误差很大和差别很大。为此，我们创立了‘相对论约化 R-矩阵理论’，可以巧妙地将 $\gamma n+^{16}\text{O}_n$ ($n=0,1,2,3,4$) 当作复合核 2 体反应道处理，使用我们自己研制的高精度的‘相对论约化 R-矩阵程序’-RAC，采用 4 类方案，都得到了很好的 $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 的天体物理 S 因子和反应率。第一方案是采用近似的电磁跃迁公式，其研究结果已经被分别发表在美国出版的‘物理评论’与‘天体物理’杂志上，其后又不断改进，采用准确的电磁跃迁公式和有差别的数据分析方法，使分析越来越可靠和准确，其误差都小于 6%。

与国外同类 R-矩阵程序和同类工作相比，RAC 和该工作具有以下的特点和先进性。

- 采用相对论的能量计算公式，可以巧妙地将 $\gamma n+^{16}\text{O}_n$ ($n=0,1,2,3,4$) 当作复合核 2 体反应道处理，为此可以同时分析 ^{16}O 系统中所有反应道的实验数据；
- 采用多道多能级约化 R-矩阵公式，可以分析全能区的实验数据，为此可以同时分析 ^{16}O 系统中所有可以利用的实验数据；国外的 R-矩阵程序还固守在使用普通的 R-矩阵公式；
- 采用严格的广义最小二乘公式和误差传播理论，可以严格地使用实验数据误差信息，为此可以准确地给出所有反应道评价值的协方差矩阵；国外的 R-矩阵程序还固守在使用普通的最小二乘公式（日本的学者在尝试使用广义最小二乘公式）；
- 采用了多种精密的有特色的数值拟合方法，比如反复迭代，单参数梯度法，智能记忆路径，等等，有可能获得最佳拟合。

最近几年，通过国际合作与学术交流，关于如何使用 R-矩阵理论的共识在不断增加。

Summary

通过采用相对论约化 R-矩阵理论对 $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 的天体物理 S 因子和反应率进行了研究。研究过程中采用精确的电磁跃迁公式和有差别的数据分析方法，使分析可靠、准确，最终给出的分析精度都小于 6%，小于国际上提供的 10% 以上精度。

Abstract Type

Talk

Primary authors: Prof. 孙, 伟力 (北京应用物理与计算数学研究所); 陈, 振鹏 (清华大学)

Co-authors: 孙, 业英 (N); 吴, 强华 (æ); 安, 振东 (sysu); Dr 叶, 涛 (北京应用物理与计算数学研究所)

Presenter: 陈, 振鹏 (清华大学)

Session Classification: S2: 核反应、核天体物理

Track Classification: 核反应、核天体物理