

## 课前作业 13 小结

### 1. 主观题

1) L13P22,  $(a, a)$  和  $(a, a')$  反应的区别是什么? 可否说, 在  $(a, a)$  反应中, 实验室系观察时, 出射粒子的动能与入射粒子的动能一样?

参考答案:  $(a, a)$  表示弹性散射,  $(a, a')$  表示非弹性散射。两者的区别在于散射前后体系动能是否守恒。在  $(a, a)$  反应中, 实验室系观察时, 靶核获得了一定的动能, 出射粒子的动能和入射粒子并不相同, 在质心系下二者才相等。

2) 在什么情况下,  $Q$  方程中的  $Q$  值也将成为变量?

参考答案: 反应后余核可能处于不同的激发态, 导致反应的  $Q$  值可能取多个值。实验中可通过  $Q$  值来大致确定余核的能级结构, 但由于出射粒子存在能量损失, 精确的能级结构测量需要结合  $\gamma$  能谱的帮助。

3) 在靶核  $A$  静止的情况下, 相对运动动能  $T'$  与入射粒子在实验室下的动能  $T_a$  之间的关系是什么? 扩展讨论: 为什么像北京正负电子对撞机这样的装置, 是让两个粒子迎头对撞?

参考答案:

$$T' = \frac{m_A}{m_A + m_\alpha} T_a$$

当两个粒子迎头对撞时, 质心速度近似为 0, 此时可参与粒子间反应的相对运动动能 (质心动能) 最大, 近似等于实验室系下两粒子的动能之和。

4) 请举一个  $Q \approx 0$  的反应的例子。

**参考答案：**对于弹性散射，有  $\gamma = \left( \frac{A_a A_b}{A_A A_B} \right)^{1/2}$

因此当  $A_A = A_B \gg A_a = A_b$ ，例如中子与  $^{235}\text{U}$  发生弹性散射时  $\gamma \approx 0$ 。第 4 和第 5 两题的答案五花八门。首先，这题（包括第 5 题）需要答出具体的反应道，如“中子与  $^{235}\text{U}$  发生反应”这样的回答是不严谨的。其次，课程对  $\gamma$  的推导中反应产物只有两个，是二体核反应问题，存在确定解。部分同学答的是裂变反应，产物超过两种，无确定解，超出本问题的讨论范围。

**5) 请举一个  $\gamma \approx 1$  的反应的例子。**

**参考答案：**中子与质子发生弹性散射。

### 3.单选题

下面哪个反应的  $\gamma$  值最大？

**参考答案：**这题错的同学很多，错误答案主要为 B 选项。代入教材的(4.49)式

$$\gamma = \left( \frac{A_a A_b}{A_A A_B} \cdot \frac{T'}{T' + Q} \right)^{1/2}$$

首先，对于弹性散射  $Q = 0, A_a = A_b, A_A = A_B$ ，有  $\gamma = A_a / A_A$ ，因此 A,B,C 选项中应是 B 选项的  $\gamma$  值最大，即  $\gamma = 1$ 。

其次，对于 D 和 E 选项中的非弹性散射，当余核  $^{12}\text{C}$  处于第一激发态时，反应能  $Q = -4.44\text{MeV}$ ，对应的阈能为  $4.44 \times \frac{12+1}{12} = 4.81\text{MeV}$ 。因此非弹性散射反应均可发生。且  $A_a = A_b, A_A = A_B$ ，有

$$\gamma = \frac{A_a}{A_A} \sqrt{\frac{T'}{T' + Q}}$$

$$\text{D, E 选项中的相对运动动能 } T'_D = \frac{12}{13} T_{aD} \approx 4.45\text{MeV}, T'_E = \frac{12}{13} T_{aE} \approx 12.92\text{MeV},$$

代入上式得  $\gamma_D \approx 1.76, \gamma_E \approx 0.10$ 。综上，本题应选 D 选项。

4.截面的量纲是面积，其单位 barn 与一个球形原子核的几何面积相仿？

参考答案：  $1\text{barn} = 10^{-24}\text{cm}^2$ ，取球形原子核的半径为  $10\text{fm}$ ，则其几何面积为  $3.14 \times 10^{-24}\text{cm}^2$ ，两者相仿。

5.如果两个原子核的核子数  $A$  相差不大，则它们与射线（例如中子）发生相互作用的截面也是相近的。

习题解析：该命题是错误的。中子的作用截面对核素很敏感，即便是同一元素的不同同位素，其与中子的相互作用截面也可能出现较大变化。