

## 课前作业 15 小结

### 一、主观题

1) 由 L15P5, 解释一下, 为何中子能量很低时, 势弹性散射为常数。

**参考答案:** 当中子能量很低时, 核外中子波长很长, 与核内中子的波长差距较大。

在中子波函数连续光滑的条件下, 核边界处的中子波函数值  $u|_{r=R} \rightarrow 0$ , 且波函数

导数值  $\left. \frac{du}{dr} \right|_{r=R} \rightarrow \sin(0) = 0$ , 于是对数导数  $f \rightarrow \infty$ ,  $\eta_0 \approx e^{-2ikR}$ 。散射截面

$$\sigma_{sc,0} = \pi \lambda^2 |1 - \eta_0|^2 = \pi \lambda^2 |1 - e^{-2ikR}|^2 \xrightarrow[kR \ll 1]{\text{低能中子}} \sigma_{sc,0} = 4\pi R^2 (\text{常数})$$

2) 由 L15P8P9, 解释为何不存在无弹性散射的纯反应过程?

**参考答案:** 假设散射截面为 0, 则有

$$\sigma_{sc,l} = \pi \lambda^2 (2l+1) |1 - \eta_l|^2 = 0 \Rightarrow \eta_l = 1 \Rightarrow \sigma_{r,l} = \pi \lambda^2 (2l+1) (1 - |\eta_l|^2) = 0$$

因此不存在无弹性散射的纯反应过程。

3) 相比于直接过程, 为何复合核过程显得较慢?

**参考答案:** 复合核发射核子一般需要  $\sim 8\text{MeV}$  的分离能, 但复合核的激发能将在各核子间“公摊” (以  $A=100$ ,  $E^*=20\text{MeV}$  为例, 每个核子仅分得  $0.2\text{MeV}$ ), 单个核子需经历许多次碰撞才有可能获得足够的能量出射, 因此复合核过程显得较慢。

4) 复合核打开哪个出射道, 由什么因素决定?

**参考答案:** 复合核是没有“记忆”的, 其如何衰变与如何形成无关, 只取决于系统目前的能量状态。有同学还提到受“各出射道的分支比”的影响, 注意这不是决定的因素, 而是结果。

5) 根据 L15P43~P47, 陈述低能中子 ( $n, \gamma$ ) 反应  $1/v$  规律的成因。

参考答案: 由 B-W 公式

$$\sigma_{n,\gamma} = \pi \tilde{\lambda}^2 \frac{\Gamma_n \Gamma_\gamma}{(T' - E_0)^2 + (\Gamma/2)^2}$$

其中约化波长  $\tilde{\lambda}^2 = \frac{\hbar^2}{2\mu T'} \propto \frac{1}{v^2}$ , 而中子的能级宽度  $\Gamma_n$  正比于中子进入势阱的概率,

正比于  $v$ 。对于低能中子, 相对运动动能  $T' \ll B_{nA}$ , 因此激发能约为常数, 则  $\gamma$  光子出射道的能级宽度也为常数。此外, 中子远离共振能量时

$T' \ll E_0, (T' - E_0)^2 \approx E_0^2$ ,  $\Gamma = \Gamma_n + \Gamma_\gamma$  ( $\Gamma_n \ll \Gamma_\gamma$ )  $\approx \Gamma_\gamma$ 。综上所述, 有  $\sigma_{n,\gamma} \propto \frac{1}{v}$ 。