

课前作业 6 小结

一、 主观题

1) 由 L6P6, 试述能级宽度的成因。

参考答案: 引入微扰项后, 衰变核波函数的模平方以指数规律衰减, 即衰变核具有时间不确定度, 根据能量-时间不确定度关系可知, 衰变核所处能级也有一定的展宽。

2) 是否可以说一个源的活度是多少(例如 100Bq), 则每秒放出的射线数量也是多少(例如 100/s)? 为什么? 如果答案为否, 试着举一个反例。

参考答案: 不能。一个源的活度指的是单位时间内发生衰变的放射性原子核数, 但一个原子核发生一次衰变不一定恰好只放出一个射线。反例为 ^{137}Cs 的衰变, 如 L6P13 所示,。

3) 暂时平衡和长期平衡的形成条件是什么? 如果平衡之后, 子核的活度和母核活度相等, 则该体系处在什么平衡? 在三种平衡关系中, 决定 t_m 的主要因素是什么?

参考答案: 暂时平衡的形成条件是 $T_1 > T_2$, 但 T_1 也不是很大, 在观察时间内可以看出母体放射性强度的变化。长期平衡的形成条件是 $T_1 \gg T_2$, T_1 比较大, 在观察时间内看不出母体放射性强度的变化。

如果平衡之后, 子核的活度和母核活度相等, 则该体系处在长期平衡。

在三种平衡关系中, t_m 主要由母核和子核中衰变较快的原子核的衰变常数决定。

4) 由 L6P51 (即最后一页), 若整个放射系从 ^{240}Pu 开始, 到最后形成长期平衡

的 ^{232}Th 系，需要经历几个过程，分别需要多少时间？试着描述一下。

参考答案：需要经历两个过程（三个也没问题，即将 $^{240}\text{Pu} \rightarrow ^{236}\text{U}$ 和 $^{236}\text{U} \rightarrow ^{232}\text{Th}$ 这两个逐代衰变分开考虑）。首先是 $^{240}\text{Pu} \rightarrow ^{236}\text{U} \rightarrow ^{232}\text{Th}$ 的逐代衰变过程，需要约 10^8 年， ^{240}Pu 和 ^{236}U 衰变殆尽。此后， ^{232}Th 建立起长期平衡， $t_m \approx 180$ 年（代入 ^{232}Th 和 ^{228}Ra 的半衰期计算）。

5) L6P51（即最后一页），达到长期平衡后，钍系中哪个核素的含量最低，为什么？

参考答案： ^{212}Po ，达到长期平衡后，衰变链中各核素的放射性活度相同（假设均为 A），故核素的含量和核素的衰变常数成反比， ^{212}Po 的衰变常数最大，因此其含量最低。（需注意的是，由于存在分支衰变， ^{212}Po 的放射性活度小于 A）。

二、 在下面这个衰变中，存在类似 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的“母牛”吗？请解释一下。

解析：本题中同学们可能对“类似”的理解不太相同，因此出发点不同。有同学说题中衰变建立的应是长期平衡，而不是暂时平衡，且 ^{137}Cs 的半衰期较长，因此源活度可能过低以至于不满足应用需求，有一定道理。但 t_m 约 1 小时是可以接受的。而活度低可以通过增加母体的量来在一定程度上克服。

三、 下面的 α 衰变之后，如果 α 粒子的动能为 E_α ，Y 核的动能为 $E_Y/58$ ，则 A 是多少，为什么（假设母核 X 静止）？

参考答案：根据能量守恒和动量守恒可知

$$\frac{E_Y}{E_\alpha} = \frac{4}{A-4} = \frac{1}{58} \Rightarrow A = 236$$

四、 沿着 β 稳定曲线向高 Z 区移动的时候，遇到某个处于基态的高 Z 核素

A，若知道 A 发生 α 衰变后产生子核 B，则 B 不会发生下面哪种衰变？

参考答案： β 稳定曲线的高 Z 区 $N/Z > 1$ ，发生 α 衰变后子核 B 仍是丰中子核素，因此不会发生 β^+ 衰变。