

课前作业 11 小结

一、主观题

1) 为何 L11P3 中, $\Delta I=0, \pm 1$ 可以不出现在二级禁戒跃迁中?

参考答案: 当 $\Delta I=0, \pm 1$, 由于二级禁戒跃迁和允许跃迁满足同样的宇称选择定则。因此也能发生允许跃迁, 且允许跃迁的跃迁概率远大于二级禁戒跃迁。因此对于 $\Delta I=0, \pm 1$ 的情况, 二级禁戒跃迁的跃迁概率太小以及与可以近似忽略 (理论上还是可以发生的, 不是不能发生)。

2) L11P10 中, 为何 β -衰变到各子核的不同能态的绝对强度不同? 可否说, 对应的跃迁级次越高, 则绝对强度越低?

参考答案: L11P10 中, β -衰变到各子核的不同能态的衰变能不同, 且母子核自旋差以及宇称关系不同, 于是对应不同级次的跃迁。在衰变能和跃迁级次的共同贡献下, β -衰变到各子核的不同能态有不同的衰变常数, 这些快慢不一的衰变方式的相互竞争导致了它们绝对强度的不同。不能说对应的跃迁级次越高, 则绝对强度越低, 特别是对于不同核素的衰变纲图无法直接比较, 因为绝对强度是个无量纲量, 绝对强度的大小, 也要看它的竞争对手如何, 即: 也许是一个高级次的跃迁, 但如果没有其它的衰变来竞争, 绝对强度还是很高的。这题很多同学没有点出不同衰变的竞争关系。

3) 什么样的 β 衰变, 其库里厄图在不考虑 shape factor 的情况下, 仍是直线?

参考答案: 对于允许跃迁, 积分时跃迁矩阵元与轻子组的动量无关, 可视为常数。因此其库里厄图在不考虑 shape factor 的情况下, 仍是直线。

4) 如果告诉了你一个核素 β -衰变的比较半衰期, 且知母核的 $I\pi$ 为 $0+$, 则你进一步可以推断出子核的什么信息?

参考答案: 根据一个核素 β -衰变的比较半衰期, 可知 β -衰变的跃迁级次及对应的轻子组带走的轨道角动量 l 。于是根据 $\Delta\pi = (-1)^l$ 以及已知母核的 $I\pi$ 为 $0+$ 可确定子核的宇称。而子核的自旋与轻子组带走的总角动量相等, 为轻子组带走的轨道角动量 l 和自旋角动量 s 的耦合, 因此只能确定自旋的取值范围。举例: 超允许跃迁或允许跃迁时, 子核的 $I\pi$ 为 $0+$ 或 $1+$; 一级禁戒跃迁时, 子核的 $I\pi$ 为 $0-$, $1-$ 或 $2-$ 。

5) ^{40}K 衰变可以放出 1.46MeV 的 γ 射线, 其子核是谁, 子核的反冲能有多大?

参考答案: 子核是 ^{40}Ar 。子核不少同学答错了, 不妨进入网站链接重新看一下衰变纲图。

$$T_{^{40}\text{Ar}} = \frac{E_0^2}{2m_R c^2} = \frac{1.46\text{MeV} \times 1.46\text{MeV}}{2 \times (40uc^2 \times 931.494\text{MeV} / uc^2 - 35.04\text{MeV} - 18 \times 0.511\text{MeV})} \approx 28.64\text{eV}$$

(本答案计算子核质量时忽略了电子结合能项, 同学们也可以加上)

四、填空题

电 8 极跃迁的衰变常数, 与磁[填空 1]极跃迁的衰变常数, 通常是同量级的。

参考答案: 这题错的同学不少, 大部分错误答案是答 6 或 16。注意电 8 级跃迁对应 γ 光子带走的角动量 $L=3$ 。一般而言, λ_{ML} 与 $\lambda_{E(L+1)}$ 具有相同数量级, 因此答案为 $L=2$, 即磁四极跃迁。

五、

如果一个偶偶核的第一激发态能量不高，但是自旋却很大，则该激发态不可能是一个同质异能态

习题解析：选错误。偶偶核的基态自旋为 0，第一激发态的自旋很大，说明发生跃迁时的 ΔI 很大，且能级差小，这两个因素均是让跃迁更难以发生的，跃迁概率较小。因此该激发态有可能是同质异能态。