

课前作业 9 小结

一、 主观题

1) 在 L9P6 中, 为何没有看到末态为 4-, 3+ 等的 α 衰变?

参考答案: α 衰变中子核与母核的宇称变化满足条件

$$\pi_i = \pi_f (-1)^l$$

且母核的自旋宇称为 0^+ , 故 $I_f = l$ 。因此末态为 4- 或 3+ 的衰变不满足宇称条件, 无法出现。

2) 在 L9P19 中, 为何 29 号元素原子的质量过剩不是如 L9P18 一样, 是最小的?

参考答案: L9P19 中绘制的是偶 A 核的质量过剩曲线, 29 号元素为奇奇核, 其结合能公式的对能项为负, 相邻的 28 号元素和 30 号元素均为偶偶核, 结合能公式的对能项为正。导致 29 号元素的质量过剩大于两相邻等量异位素。L9P18 中绘制的是奇 A 核的质量过剩曲线, 结合能公式中对能项均位 0, 因此 29 号元素的原子的质量过剩最小。

3) 在 L9P34 中, 哪种情况下, 中微子的能量是取分立值的, 为什么?

参考答案: EC 过程放出的中微子能量取分立值, 因为一方面 EC 衰变的衰变能取分立值, 另一方面 EC 衰变的产物只有两个, 是两体问题, 产物的动能存在定解。而 β^- 和 β^+ 衰变均有三个产物, 是三体问题, 因此产物动能为连续值。

4) 在 L9P40 中, 如果母子核原子的质量过剩差异为 200keV, 则哪一个壳层的电子最容易被俘获, 为什么?

参考答案: K 层电子。当 $Z=29$ 时, K 层电子的结合能为

$B_e(K) \approx Ry(Z-1)^2 = 13.6 \times (29-1)^2 = 10.66 \text{ keV}$ 。因此 K 俘获可以发生。在原子核范围内，K 层电子波函数的模值大于更外层电子波函数的模值，即 K 层电子在原子核内的概率密度大于更外层电子，因此 K 层电子最容易被俘获。

5) 判断 EC 衰变发生的条件是什么？

参考答案：探测特征 X 射线或测量俄歇电子。这题可能因为题目有一定的歧义引起部分同学的误解，实际想问的是如何判断发生了 EC 衰变，而不是问发生 EC 衰变要满足的质量过剩条件。

3.单选题

如果 β -衰变的衰变能为 1MeV ，则将出射轻子（电子和反中微子）的平面波函数分解为不同轨道角动量 l 的对应项时， l 越大，对应项波函数的振幅越？

参考答案：这题错的同学不少。如下图所示

三章 ②节 β 衰变	$l=0$	$[(\vec{k}_\beta + \vec{k}_\nu) \cdot \vec{r}]^0 P_0(\cos \theta)$	各项的出现概率	$(kr)^0 = 1$	各项的出现概率	1
	$l=1$	$-i \cdot [(\vec{k}_\beta + \vec{k}_\nu) \cdot \vec{r}]^1 P_1(\cos \theta)$		$\frac{1}{3} \cdot (kr)^2$	概率级差	8.5×10^{-5}
	$l=2$	$\frac{-1}{3} \cdot [(\vec{k}_\beta + \vec{k}_\nu) \cdot \vec{r}]^2 P_2(\cos \theta)$		$\frac{1}{45} \cdot (kr)^4$	$\frac{(kr)^2}{4l^2 - 1}$	1.5×10^{-9}
	$l=3$	$\frac{i}{15} \cdot [(\vec{k}_\beta + \vec{k}_\nu) \cdot \vec{r}]^3 P_3(\cos \theta)$		$\frac{1}{1575} \cdot (kr)^6$		1.1×10^{-14}
	$l=4$	$\frac{1}{105} \cdot [(\vec{k}_\beta + \vec{k}_\nu) \cdot \vec{r}]^4 P_4(\cos \theta)$		$\frac{1}{99225} \cdot (kr)^8$		4.3×10^{-20}

l 越大，对应项波函数的振幅越小。

5.单选题

β 衰变的选择定则，是谁在选择谁？

参考答案：注意 β 衰变的选择定则是母子核在选择轻子(电子和中微子)带走的轨道角动量，允许跃迁，一级禁戒跃迁等都是依此定义的。

6.判断题

根据 β 衰变的半衰期，能够对其跃迁的级次做出判断。

参考答案：答案是错误。衰变能对衰变的半衰期影响很大，仅凭半衰期的长短不足以对 β 衰变的跃迁类型做出判断。为此，课程中引入了比较半衰期这个物理量