

核辐射物理及探测学

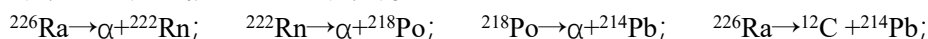
第三章习题

1、实验测得 ^{226}Ra 的 α 能谱由 4.784 MeV (绝对强度为 93.84%) 和 4.601 MeV (绝对强度为 6.16%) 两种动能的 α 粒子组成;同时还测到了能量为 186keV 的 γ 光子,其绝对强度为 3.64%。

试求:

- (1) 子核 ^{222}Rn 的反冲动能;
- (2) ^{226}Ra 的 α 衰变能;
- (3) 已知 ^{226}Ra 衰变到的子核 ^{222}Rn 的能级宇称均为正, 分别求两个 α 粒子的角动量量子数 (取所能取值的最小值);
- (4) 186keV 的 γ 光子的跃迁类型和级次;
- (5) 186keV γ 光子所对应 γ 跃迁的内转换系数;
- (6) 画出 ^{226}Ra 的衰变纲图。

2、比较下列 4 个核衰变过程放出的衰变能和库仑势垒高度, 并说明为何 ^{226}Ra 倾向于连续进行三次 α 衰变而不是直接放出 ^{12}C 衰变为 ^{214}Pb :



(质量过剩见附录 I, $\Delta(82, 214) = -0.224 \text{ MeV}$, r_0 取 1.2 fm)

3、已知 ^{64}Cu 、 ^{74}As 和 ^{80}Br 都能以 β^- 、 β^+ 、EC 三种形式衰变, 请指出 Z 和 A 值有何种特征的核素能具有类似的衰变性质, 并计算 ^{64}Cu 衰变放出的 β^- 、 β^+ 粒子的最大能量和 EC 中产生的中微子的能量、动量及子核的反冲能量。

4、 ^{74}As 可发生 β^+ 、 β^- 和 EC 衰变。已知其放出两组能量的 β^- 粒子, 最大能量和绝对强度分别为 718.0keV, 15.0%和 1353.0keV, 19.0%; 放出两组能量的 β^+ 粒子, 最大能量和绝对强度分别为 945.0 keV, 26.0%和 1540.0keV, 3.0%; 而和两个 β^+ 衰变相竞争的 EC 绝对强度分别为 33.0%和 4.0%; 放出两组能量的 γ 射线 (均为 E2 跃迁), 能量和绝对强度分别为 635keV, 15.0%和 595.0keV, 59.0%。利用这些数据画出 ^{74}As 的衰变纲图。

5、请分析判断如下 β 衰变的跃迁级次。

$$1/2^+ \rightarrow 1/2^-$$

$$7/2^+ \rightarrow 3/2^+$$

$$0^+ \rightarrow 3^-$$

$$9/2^+ \rightarrow 1/2^+$$

6、 ^{137}Cs 半衰期为 30.17 年, 经 β 衰变至子核激发态 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 的分支比为 94.6% (其余为直接衰变至子核 ^{137}Ba 基态)。

(1) 已知 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 的奇核子在 $1h_{11/2}$ 态, 而基态 ^{137}Ba 的奇核子在 $2d_{3/2}$ 态, 则 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 和 ^{137}Ba 基态的自旋和宇称分别为?

(2) 已知 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 跃迁回基态的 γ 跃迁的内转换系数为 $\alpha_K = 0.09$, $I_K / I_L = 5.7$; $I_M / I_L = 0.3$, 求 1g ^{137}Cs 每秒钟放出的 γ 光子数? (请以题目中所给数据计算, 不要使用图 3.22 中的数据)

7、无中微子双 β 衰变（顾名思义，双 β 衰变指一次性放出两个电子的衰变，参见教材 3.2.10）是当代物理学研究的前沿，高纯锗探测器在无中微子双 β 衰变实验中有很大的优势，一方面原因是锗中天然就含有能发生双 β 衰变的核素 ^{76}Ge ，试问 ^{76}Ge 为何能发生双 β 衰变，它能否发生 β 衰变？若发生到子核基态的无中微子双 β 衰变，两个电子具有的动能之和是多少，角动量之和又是多少？

8、已知某核有大致等距分布的四个能级，其自旋和宇称从下至上依次为： 1^+ 、 5^- 、 2^+ 和 5^+ ，试画出该核的能级图，标明最可能发生的 γ 跃迁类型。

9、通过穆斯堡尔效应（参见教材 3.3.5）测量广义相对论预言的重力红移， γ 源采用 ^{57}Fe 的 14.4 keV 的 γ 射线，当发射体和吸收体高度差为 200 米时，问源和吸收体之间的相对速度为多大时才能正好实现共振吸收（取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ）？