

九十五年第二次輻射防護人員測驗試題

輻射防護員級：專業科目

一、填充題(每格 2 分，共三十分)

1. 若將同一種放射源的活度增加為原來的 4 倍，且離點射源的距離亦增加為原來的 4 倍，則曝露量為原來的 (1) 倍。
2. ^{60}Co 的產生是用那一種粒子撞擊 ^{59}Co 而成的？ (2)
3. 計算 X 光機的屏蔽時，部分佔用(partial occupancy)區的佔用因數等於多少？ (3)
4. 某一放射性核種吸入之年攝入限度 (ALI) 為 4.8×10^6 Bq，則其推定空氣濃度 (DAC) 為多少 Bq / m³？ (4)
5. 經輻射曝露後，會在 30 天內造成 50% 個體致死的輻射劑量，通常會用何種縮寫符號表示？ (5)
6. 在一個 0.1 m Sv/h 的輻射場工作的操作人員，若每日總劑量欲控制在 50 μSv 以下，則每日操作時間不得超過幾小時？ (6)
7. 一個 ^{238}U 開始衰變至穩定的 ^{206}Pb ，共釋出 (7) 個 α 粒子和 (8) 個 β 粒子
8. 正電子的靜止質量= 9.11×10^{-31} kg，請由 $E=mc^2$ 換算，相當是 (9) MeV 的靜止質能
9. $^{60}_{27}\text{Co}$ 的比活度(specific activity)= (10) Bq/g
10. 用 ^{131}I 做甲狀腺檢查時，發現其有效半衰期為 5 天， ^{131}I 之物理半衰期為 8 天，則其生物半衰期約為 (11) 天
11. 核反應式： $^6\text{Li}(n, \alpha)$ (12)
12. X 光機的工作負荷(workload)，等於 X 光機每週的操作時間乘以 (13)
13. 已知鈾射源的 $\Gamma=0.33 \text{ R} \cdot \text{m}^2/\text{Ci} \cdot \text{h}$ ，現有 7.4×10^{10} Bq 的射源，試問距其 3 米處之曝露率為 (14) mR/h
14. 若放射性核種每小時衰變 1%，則該核種的半衰期($T_{1/2}$)為 (15) 小時

解答：

- (1) 1/4
- (2) 中子
- (3) 1/4
- (4) $2000 \text{ Bq} / \text{m}^3$
- (5) $\text{LD}_{50/30}$
- (6) 0.5 h
- (7) 8 個 α
- (8) 6 個 β
- (9) 0.511 MeV
- (10) $4.23 \times 10^{13} \text{ Bq/g}$
- (11) 13.3 天
- (12) ^3H (或氚)
- (13) 管電流 (mA)
- (14) 73 mR/h
- (15) 69 小時

二、問答與計算題(七十分)

1.請說明 X 光的產生機制。(10 分)

參考答案：

產生 X 光的機制有兩種，分別說明如下：

- (1)特性輻射：當原子的內層電子軌道(如 K 層軌道)出現空位時，較外層之軌道電子(如 L 層或 M 層)將會躍遷遞補該內層軌道之空位並發射出電磁波輻射，其能量為兩個電子軌道的能階差，稱之為特性輻射或特性 X 光，能量為單一能量。
- (2)制動輻射：當電子在行徑介質原子核附近時因受原子核電場影響而偏轉其行進方向或在電場中被加速或減速均會發射出電磁波輻射釋出能量，稱為制動輻射，或俗稱之 X 光，其能量為連續能譜。

2.假設每公斤人體中平均約有 1.75 克的鉀元素，則請計算一位 70 公斤體重的人體內含 ^{40}K 的活度為多少 Bq？(^{40}K : $t_{1/2}=1.28\times 10^9$ 年， ^{40}K 在鉀元素的豐度為 0.0117%) (10 分)

參考答案：

$$70 \text{ kg 的人體中含 } ^{40}\text{K} \text{ 的量：} 70 \times 1.75 \times 1.17 \times 10^{-4} = 0.01433 \text{ g}$$

$$70 \text{ kg 的人體中含 } ^{40}\text{K} \text{ 的原子個數} = \frac{0.01433}{40} \times 6.02 \times 10^{23} = 2.1567 \times 10^{20}$$

$$\therefore \text{活度 } A = \lambda N = \frac{0.693}{1.28 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} \times 2.152 \times 10^{20} = 3703 \text{ Bq}$$

3. 某個長壽命放射性樣品放在計數裝置內測量了 5 分鐘，共記錄 9600 個計數。之後，
 拿走該樣品，用 10 分鐘測得 1200 個背景計數。問(a)樣品的標準差(用 cps 作單)。
 (b)若該計數器的計數效率是 15%，求該樣品的活度(用 Bq 作單位)。(10 分)

參考答案：

$$\text{淨計數率 } r_n = r_g - r_b = \frac{n_g}{t_g} - \frac{n_b}{t_b} = \frac{9600}{300} - \frac{1200}{600} = 30 \text{ (cps)}$$

$$\text{標準差 } \sigma_{r_n} = \sqrt{\frac{n_g}{t_g^2} + \frac{n_b}{t_b^2}} = \sqrt{\frac{r_g}{t_g} + \frac{r_b}{t_b}} = \sqrt{\frac{9600}{300^2} + \frac{1200}{600^2}} = 0.332 \text{ (cps)}$$

(a) 淨計數率 ± 標準差 = 30 ± 0.332 (cps)

(b) 活度 $A = \frac{r_n}{\epsilon} = \frac{30}{0.15} = 200$ (Bq)

4. 某放射性同位素之物理半衰期為 8 天，生物半衰期 5 天，若進入體內之初始活度
 為 5 mCi，試問一週後仍有多少活度保留在體內？(10 分)

參考答案：

由題意知：物理半衰期 $T_R = 8$ d，生物半衰期 $T_B = 5$ d， $A(0) = 5$ mCi

$$\text{有效半衰期 } T_{\text{eff}} = \frac{1}{\frac{1}{T_R} + \frac{1}{T_B}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{1}{5}} = 3.08 \text{ d}$$

一週後仍保留在體內之活度：

$$A = A_0 e^{-\left(\frac{0.693}{T_{\text{eff}}}\right) \times 7} = 5(\text{mCi}) \cdot e^{-\left(\frac{0.693}{3.08}\right) \times 7} = 5(\text{mCi}) \times 0.207 = 1.035(\text{mCi}) = 3.83 \times 10^7 \text{ Bq}$$

5. $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} + \alpha + Q$ ，其中 α 代表 α 粒子， Q 代表蛻變釋出的總能量，已知 Q 值=4.88 MeV。此 Q 值將由 α 粒子與氡回跳核(recoil radon nucleus)瓜分，請問各分得多少動能？(10分)

參考答案：

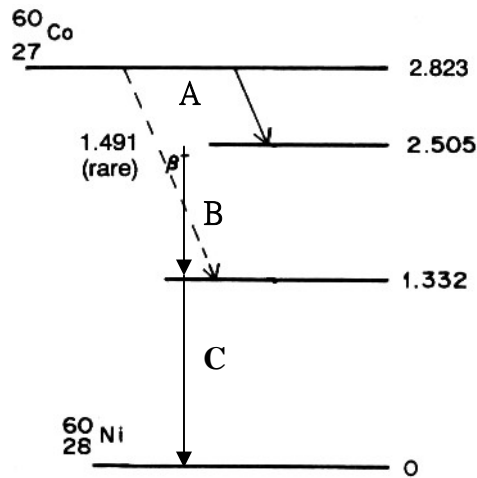
一個 ^{222}Rn 原子的質量 ≈ 222 amu

一個 α 粒子的質量 \approx 一個氦原子(^4He)的質量 ≈ 4 amu

$$\alpha\text{粒子動能} = \left(\frac{m_{\text{Rn}}}{m_{\text{Rn}} + m_{\alpha}} \right) \cdot Q = \left(\frac{222}{222 + 4} \right) \cdot 4.88 \text{ MeV} = 4.79 \text{ MeV}$$

$$\text{氡回跳核動能} = 4.88 - 4.79 = 0.09 \text{ MeV}$$

6. ^{60}Co 核種蛻變圖如下：



請將 A、B、C 是何種核轉換與釋出能量(含單位)寫出。(10分)

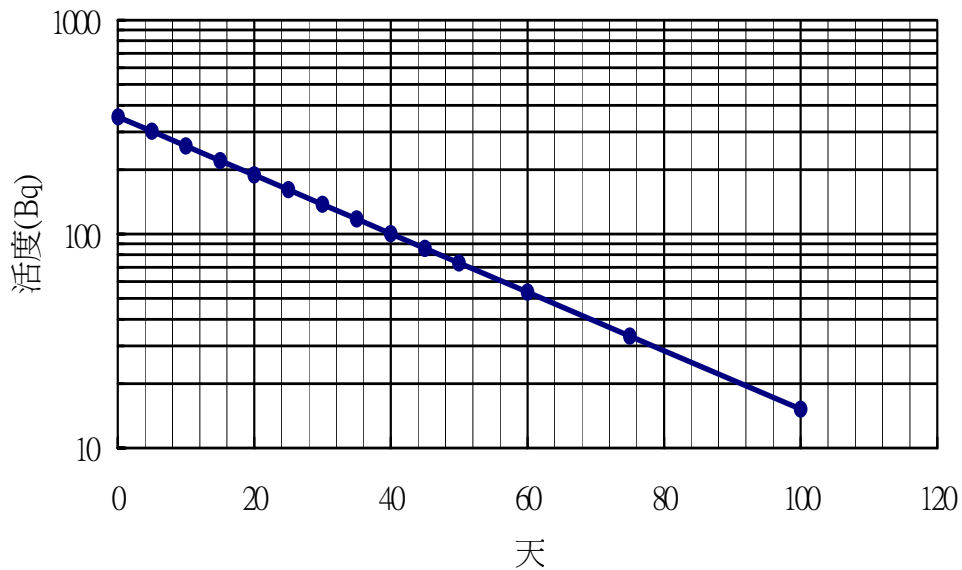
參考答案：

A 是 β^- (或寫電子、 e^-)，最大電子可獲得能量為 0.318 MeV

B 為 1.17 MeV 的 γ ray

C 為 1.33 MeV 的 γ ray

7. 某核種活度衰減如下圖，圖之 y 軸為對數座標，請估算此核種的衰變常數(λ)=? (10 分)



參考答案：

核種活度隨時間的變化，可以 $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ 來表示，若以一般等刻度大小的 xy 軸圖形呈現，則核種活度隨時間呈一向下彎曲的曲線圖。但若將活度軸(y 軸)取 log scale，則核種活度隨時間呈一向下的直線。

方法一：由圖知 100Bq—40 天

50Bq—62 天

所以半衰期($T_{1/2}$)約為 22 天，

$$\lambda = \frac{0.693}{22 \text{天}} = 0.0315 \text{ d}^{-1}$$

方法-二：由圖知 330~340Bq—0 天

20Bq—92 天

代入 $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ，

$$20 = 340 \cdot e^{-\lambda \cdot 92 \text{天}}$$

$$\text{改寫成 } \frac{20}{340} = e^{-\lambda \cdot 92 \text{天}}$$

二邊取 ln

$$\ln\left(\frac{20}{340}\right) = \ln(e^{-\lambda \cdot 92 \text{天}}) = -\lambda \cdot 92 \text{天}$$

$$-2.83 = -\lambda \times 92 \text{ 天}$$

$$\lambda=0.0308 \text{ d}^{-1}$$