

行政院原子能委員會
106 年度第 1 次「輻射防護員」測驗試題
專業科目

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. 某同位素之半化期為 8.04 天，則其平均壽命約為多少天？

- (1) 20.22 (2) 18.08 (3) 11.58 (4) 8.04

[解：]

(3)

解：平均壽命 = 半化期 / 0.693 = 11.58

2. 高能量貝他射源置於罐中，通常使用兩層屏蔽，內層及外層材料的設計，依序分別用來阻擋哪一種輻射？ (1)制動輻射、貝他粒子 (2)貝他粒子、制動輻射 (3)特性輻射、貝他粒子 (4)貝他粒子、特性輻射

解：

(2)

3. 下列何者不屬於輻射生物效應中之急性效應？

- (1)骨癌 (2)嘔吐 (3)體溫增加 (4)血球數量急劇變化

[解：]

(1)

4. 比例計數器的優點為： (1)常用測吸收劑量 (2)不需填充其他氣體 (3)可分辨輻射能量 (4)不受電場電壓飄移影響

[解：]

(3)

5. 已知 Co-60 點射源的比曝露率常數為 $1.29 \frac{R \cdot m^2}{Ci \cdot h}$ ，該點射源活度為 6.4 Ci，離此射源 80 cm 處之曝露率為多少 R/h？ (1) 1.03 (2) 2.05 (3) 4.11 (4) 12.9

[解：]

(4)

$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{r^2} = 1.29 \times \frac{6.4}{(0.8)^2} = 12.9 R/h$$

6. 關於成對效應的敘述，下列何者錯誤？ (1)光子能量需大於 1.02 MeV 才會發生
 (2)一般診斷 X 光不會產生成對效應 (3)正子速度為零時會產生互毀作用 (4)互毀作用會有能量 1.02 MeV 的光子產生

[解：]

(4)

互毀作用會有能量 0.511 MeV 的光子產生

7. 以 Y-90 作為治療用放射核種，主要是利用 Y-90 蛻變所釋放出的何種放射線？

(1) α 粒子 (2) β^- 粒子 (3) γ -ray (4) β^+ 粒子

[解：]

(2)

8. 已知一核種攝入動物體內，該核種之生物半化期及有效半化期分別為 8 小時及 4 小時，試問該核種之衰變係數(decay constant, λ)為何？

(1) 0.056 hr^{-1} (2) 0.086 hr^{-1} (3) 0.076 hr^{-1} (4) 0.06 hr^{-1}

[解：]

(2)

解： $T_{\text{eff}} = T_b T_p / (T_b + T_p)$, $4 = 8 \times T_p / (8 + T_p)$, $T_p = 8 \text{ hr}$, $\lambda = 0.693 / 8 = 0.086 \text{ hr}^{-1}$

9. 光子輻射與有機閃爍體作用後發射之螢光 (Fluorescence)與磷光 (Phosphorescence)，下列敘述何者正確？

(1)螢光出現時間較晚 (2)螢光之波長較短
 (3)螢光之衰退時間較長 (4)兩者均為不可見光

[解：]

(2)

10. 將 ^{103}Pd ($T_{1/2} = 17$ 天)射源置入攝護腺癌病人體內做近接插種治療，若初始劑量率為 0.42 Gy/h ，則置入病人體內 30 天後病人攝護腺總共接受多少 Gy 劑量？

(1) 302 (2) 43 (3) 87 (4) 175

[解：]

(4)

解： $\{ (0.42 \text{ Gy/h}) / [0.693 / (17 \times 24 \text{ h})] \} \times (1 - e^{-0.693 \times 30 / 17})$
 $= 247.3 \text{ Gy} (1 - 0.2944)$
 $= 174.5 \text{ Gy}$

11. 推定空氣濃度為某放射性核種在每一立方公尺空氣中之濃度。參考人在輕微體力之活動中，於一年中呼吸此濃度多少小時，將導致年攝入限度？

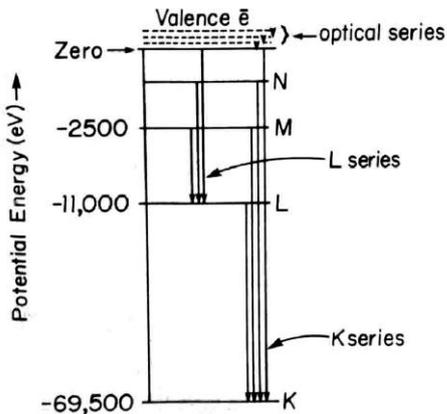
- (1) 200 (2) 500 (3) 1000 (4) 2000

[解：]

(4)

12. 請問下圖是？

- (1) 原子能階(atomic energy levels) (2) 原子核能階(nuclear energy levels)
 (3) β^- decay 的 β^- 能譜 (4) 電子產生的制動輻射能譜



[解：]

(1)

13. 婦女在妊娠期的哪一段時間，子宮接受輻射曝露對胎兒才智遲鈍的影響最大？

- (1) 4 至 8 週 (2) 8 至 17 週 (3) 20 至 26 週 (4) 30 至 36 週

[解：]

(2)

14. 依據布拉格-格雷公式，若碳塊裡有一個 1 cm^3 的空氣空腔，曝露在鈷 60 發射的 γ -ray 時，空腔產生 3×10^{-8} 庫侖電荷。請問碳吸收的劑量有多少格雷？（假設空氣在標準狀

況下，鈷 60 的 $\bar{S}_{\text{air}}^{\text{Carbon}} = 1.009$ ，空氣密度 1.293 kg/m^3 ，氣體內產生一個游離所需能量

- 33.85 J/C) (1) 12.93 (2) 0.792 (3) 3.6 (4) 1.45

[解：]

(2)

$$m_{\text{air}} = 10^{-6} \text{ m}^3 \times 1.293 \text{ kg/m}^3 = 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$D_{\text{Carbon}} = \frac{3 \times 10^{-8}}{1.293 \times 10^{-6} \text{ kg}} \times 33.85 \frac{\text{J}}{\text{C}} \times 1.009 = 0.792 \text{ Gy}$$

15. 光子的克馬等於入射光子的能通量(Ψ)乘以下列那一個係數？

- (1) μ/ρ (2) μ_{tr}/ρ (3) μ_{en}/ρ (4) g

[解：]

(2)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 一台 X 光機為了降低其散射輻射與洩漏輻射，以達到法規限值，用混凝土牆當屏蔽。已知混凝土的半值層為 2.8 cm、什一值層為 9.4 cm。經屏蔽計算，對於散射輻射的屏蔽厚度為 34.5cm、對於洩漏輻射的屏蔽厚度為 27.5 cm，請評估該次屏蔽牆的厚度應為多少？

[解：]

散射輻射的屏蔽厚度為 34.5cm、洩漏輻射的屏蔽厚度為 27.5 cm，兩者相差 34.5-27.5=7 cm 小於十分之一值層 9.4 cm，須選較厚的屏蔽再加上一個半值層，故該屏蔽牆的厚度為 34.5+2.8=37.3 cm。

2. 為了獲得 2% 的偏差係數(coefficient of variation)，試問按照帕松分布統計需要多少個計數？

[解：]

解：帕松分布統計 = $N \pm \sqrt{N}$ ， $[\sqrt{N}/N] \times 100\% = 2$ ， $[\sqrt{N}/N] = 0.02$ ，
雙邊平方之， $N/N^2 = 0.0004$ ， $N = 2500 \text{ counts}$

3. 假設光子能量為 1.25 MeV，通量率為 $3.7 \times 10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，該光子與空氣作用之 μ_{en}/ρ 為 $2.666 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ，試計算空氣之吸收劑量率為多少 Gy/h？

[解：]

解： $3.7 \times 10^8 \text{ 光子}/(\text{cm}^2 \cdot \text{秒}) \times 1.25 \text{ MeV}/\text{光子} \times 3600 \text{ 秒}/\text{h} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}/\text{MeV} \times 2.666 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g} \times 1000 \text{ g}/\text{kg}$
 $= 7.1 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{h})$
 $= 7.1 \text{ Gy}/\text{h}$

4. 鎢的閾波長是 2700 \AA ，試求波長 2200 \AA 的光子所產生的光電子的最大動能？

[解：]

$$\text{解: } 12400 / 2200 = 5.636 \text{ eV,}$$

$$12400 / 2700 = 4.593 \text{ eV}$$

$$5.636 \text{ eV} - 4.593 \text{ eV} = 1.043 \text{ eV}$$

5. 有一個 6.2 mg 的 ^{90}Sr 樣品與其子核 ^{90}Y 處於長期平衡。 ^{90}Sr 半化期 29.12 年， ^{90}Y 半化期 64.0 小時。

(a) 試問有多少 Bq 的 ^{90}Sr ？

(b) 試問有多少 Bq 的 ^{90}Y ？

(c) 試問 100 年後該樣品中 ^{90}Y 的活度多大？

[解：]

$$\text{解: (a) 先求 } ^{90}\text{Sr} \text{ 的比活度 : } (1600 \times 226) / (90 \times 29.12) = 137.97 \text{ Ci/g}$$

$$6.2 \times 10^{-3} \text{ g} \times 137.97 \text{ Ci/g} \times 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq/Ci} = 3.17 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$\text{(b) } ^{90}\text{Y} = 3.17 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$\text{(c) } (3.17 \times 10^{10} \text{ Bq}) \times e^{-(0.693/29.12 \text{ 年}) \times 100 \text{ 年}} = (3.17 \times 10^{10} \text{ Bq}) \times 0.0926 \\ = 2.94 \times 10^9 \text{ Bq}$$

6. 已知 ^{35}S 的物理半化期為 87 天，在睪丸(testis)器官的生物半衰期(biological half-life)為 623 天，請問有效淨除率常數(effective elimination rate constant, λ_E)為？

[解：]

$$\lambda_E = \lambda_R + \lambda_B = \frac{0.693}{87d} + \frac{0.693}{623d} = 9.1 \times 10^{-3} d^{-1}$$

7. 已知距 1 Ci 的 ^{137}Cs 點射源 1 公尺處的曝露率為 0.34 R/hr ，若距一活度為 20 Ci 的 ^{137}Cs 點射源 3 公尺處，欲使其曝露率降至 0.05 mR/hr ，則需要多少公分厚度的鉛屏蔽？不考慮增建因數(B)，且已知 ^{137}Cs 點射源的加馬能量為 661.6 keV ；鉛的密度 $\rho = 11.35 \text{ g/cm}^3$ 。

[解：]

距 20 Ci 的 ^{137}Cs 點射源 3m 處，其曝露率為 $0.34 \text{ R/hr Ci} \times (1/3\text{m})^2 \times 20 \text{ Ci} = 0.756 \text{ R/hr}$

欲使其曝露率降至 0.05 mR/hr ，假設需 $x \text{ cm}$ 厚度的鉛屏蔽，所以不考慮增建因數的情況下，利用衰減公式 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 加以計算點射源所需理想屏蔽如下：

$$0.05 \text{ mR/hr} = I = I_0 e^{-\mu x} = 756 \text{ mR/hr} \times e^{-\mu x}, \mu x = 9.642, \text{ 因為 } ^{137}\text{Cs} \text{ 點射源的加馬能量為 } 661.6 \text{ KeV. 其在鉛中的 } \mu/\rho = 0.1084 \text{ cm}^2/\text{g}, \text{ 已知鉛的密度 } \rho = 11.35 \text{ g/cm}^3, \text{ 所以 } (\mu/\rho) \times \rho \times x = 9.642, x = 7.822, \text{ 所以需要鉛屏蔽的厚度為 } 7.822 \text{ cm}.$$

備註：本題因未給鉛的質量衰減常數 $\mu/\rho=0.1084 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，故列出以下計算式均給分

(1) $0.05 \text{ mR/hr} = I = I_0 e^{-\mu x} = 756 \text{ mR/hr} \times e^{-\mu x}$

(2) $0.05 \text{ mR/hr} = I = I_0 e^{-(\mu/\rho) \cdot \rho \cdot x} = 756 \text{ mR/hr} \times e^{-(\mu/\rho) \cdot \rho \cdot x}$