

行政院原子能委員會  
101 年度第 2 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. 診斷用 X 射線在人體中產生的散射光子主要是由以下哪種效應產生？

- (1)光電效應 (2)康普吞效應 (3)成對產生 (4)成對消滅

[解：]

(2)

2. 盡一切合理之努力，以維持輻射曝露在實際上遠低於游離輻射防護安全標準之劑量限度，稱為：

- (1)使用正當化 (2)符合劑量限度 (3)盡量抑低 (4)合理抑低

[解：]

(4)

3. 銫-137核種若侵入人體，主要會造成哪一個器官的危害？ (1)骨 (2)肺 (3)紅骨髓 (4)遍及全身。

[解：]

(4)

4. 化學劑量計以 G 值來表示，G 值是每吸收多少 keV 的輻射能量所產生的化學產物的分子數。 (1)0.01 (2)0.1 (3)10 (4)100

[解：]

(2)

$$100 \text{ eV} = 0.1 \text{ keV}$$

5. 若距離某加馬點射源 2 公尺處的劑量率為每小時 1 mGy，若不考慮增建因數，則當劑量率為每小時 4 mGy 時，距此加馬點射源多少公尺？ (1)0.5 (2)1 (3)2 (4)4

[解：]

(2)

6. 寬射束光子強度為  $I_0$ ，經 2.0 公分某材料（直線衰減係數為  $1 \text{ cm}^{-1}$ ）屏蔽後之光子強度為  $0.3 \times I_0$ ，請問增建因數為多少？ (1)1.2 (2)1.7 (3)2.2 (4)2.7

[解：]

(3)

$$0.3I_0 = I_0 e^{-1 \times 2} \times B$$

$$\therefore B = \frac{0.3}{e^{-2}} = 2.2$$

7. 一 X 光機，每天腹部照相 14 張，照射條件為 100 kVp，100 mAs。每天胸腔照射 100 張，條件為 80 kVp，10 mAs，每週工作 5 天，請問該 X 光機的工作負載 (mA · min/wk) 為何？ (1)110 (2)180 (3)200 (4)320

[解：]

(3)

$$(14 \times 100 \times 5 + 100 \times 10 \times 5) / 60 = 200$$

8. 哺乳動物各正常細胞的劑量反應曲線不同，細胞之敏感與否與曲線之肩部寬度有關，一般肩部愈寬表示細胞對放射線的反應：

- (1)越不敏感 (2)無相關性 (3)越敏感 (4)無固定規則

[解：]

(1)

9. 比較 NaI 閃爍偵檢器與 HPGe 偵檢器，對加馬能譜分析的能力：

- (1)NaI 的偵測效率與能量解析度均較佳  
(2)HPGe 的偵測效率與能量解析度均較佳  
(3)NaI 的能量解析度較佳，而 HPGe 的偵測效率較佳  
(4)NaI 的偵測效率較佳，而 HPGe 的能量解析度較佳

[解：]

(4)

10. 距 1 mCi 點射源 1.5 m 處之劑量率為 0.3 mSv/h，若不考慮空氣的增建因數，則當射源為 5 mCi，於距離 2.5 m 處工作 5 小時劑量為多少 mSv？

- (1) 3.4 (2)1.8 (3)2.2 (4)2.7

[解：]

(4)

$$0.3 \text{ mSv/h} \times 5 \times \left(\frac{1.5}{2.5}\right)^2 \times 5 = 2.7 \text{ mSv}$$

11.  $^{60}\text{Co}$  射源的  $\Gamma$  值為  $1.32 \frac{\text{mR} \cdot \text{m}^2}{\text{hr} \cdot \text{mCi}}$ ，則距離活度 5 Ci  $^{60}\text{Co}$  射源 10 cm 處之曝露率為多少 R/min？

- (1)0.16 (2)11 (3)660 (4)11000。

[解：]

(2)

$$1.32 \times \frac{5000}{(0.1)^2} \times \frac{1}{60} \times 10^{-3} = 11 \text{ R/min}$$

12.  $^{131}\text{I}$  的半化期為 8 天，則 100  $\mu\text{Ci}$   $^{131}\text{I}$  的質量為多少公斤？

- (1) $9.29 \times 10^{-18}$  (2) $9.29 \times 10^{-15}$  (3) $8.03 \times 10^{-13}$  (4) $8.03 \times 10^{-10}$

[解：]

(3)

$$A = \lambda N$$

$$100 \times 3.7 \times 10^4 = \frac{0.693}{8 \times 24 \times 60 \times 60} \times \frac{w}{131} \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$w = 8.03 \times 10^{-10} \text{ g} = 8.03 \times 10^{-13} \text{ kg}$$

13. LD<sub>50/30</sub> 符號中 LD 為致死劑量，其中 50 代表？ (1)50 天內死亡 (2)接受 50 毫西弗 (3)50 % 死亡 (4)接受 50 西弗劑量

[解：]

(3)

14. 若樣品 A 之計數值為 30000，樣品 B 之計數值為 10000，則 A 與 B 的計數比值及其標準差為何？

- (1)  $3 \pm 0.06$  (2)  $3 \pm 0.16$  (3)  $3 \pm 0.24$  (4)  $3 \pm 0.48$

[解：]

(1)

15. 一標準游離腔之限制光闌面積為  $0.500 \text{ cm}^2$ ，靈敏電極板長度為  $8.00 \text{ cm}$ ，腔內氣體密度為  $1.293 \text{ kg/m}^3$  (已知  $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ )。在某次輻射照射中，若收集到電荷  $2.1 \times 10^{-7}$  庫侖，求腔內氣體受到的曝露量為多少倫琴？

- (1)  $4.06 \times 10^{-5}$  (2)  $4.06 \times 10^{-2}$  (3)  $1.57 \times 10^{-1}$  (4)  $1.57 \times 10^2$

[解：]

(4)

$$\frac{2.1 \times 10^{-7}}{0.5 \times 8 \times 10^{-6} \times 1.293 \times 2.58 \times 10^{-4}} = 1.57 \times 10^2 \text{ R}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 單能光子射束射入水中，在水中每公分衰減 10% 強度，(a) 試求水對此光子射束的半值層厚度。(b) 到水下幾公分深時，射束強度剩下原強度的 10%？

[解：]

$$(a) I = I_0 e^{-\mu x}, \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\mu x}, \quad 0.9 = e^{-\frac{0.693}{\text{HVL}} \cdot 1 \text{ cm}}, \quad \text{兩邊取 ln,}$$

$$0.105 = \frac{0.693}{\text{HVL}}, \quad \therefore \text{HVL} = \frac{0.693}{0.105} = 6.6 \text{ cm}$$

$$(b) 0.1 = e^{-\frac{0.693}{6.6 \text{ cm}} \cdot x \text{ (cm)}}, \quad \text{兩邊取 ln,} \quad 2.3 = \frac{0.693}{6.6} \cdot x \text{ (cm)}, \quad x \text{ (cm)} = \frac{2.3 \times 6.6}{0.693} = 21.9 \text{ cm}$$

大約 22 cm 深

2. 請說明熱發光劑量計 (TLD) 的基本工作原理。

[解：]

熱發光劑量計中加有活化雜質 (activator)，會在晶體的共價帶與傳導帶間的禁隙中產生介穩態能階。當熱發光劑量計受到游離輻射照射時，共價帶的電子受到激發，會躍遷到傳導帶，並在共價帶上產生電洞。這些電子與電洞分別在傳導帶與共價帶上移動，若被介穩態陷阱捕獲，會停留在介穩態一段時間。當劑量計被加熱計讀時，隨著溫度上升，這些停留在介穩態的電子與電洞得到能量後，會回到傳導帶與共價帶上移動。此時若電子與電洞結合，會放出光子。這些光子經過光電倍增管轉換成電子，而由電子儀器度量，得到輝光曲線 (glow curve)。度量未知之輻射劑量前，會先用已知的輻射劑量照射熱發光劑量計，再將度量所得的輝光曲線下面積對輻射劑量作圖，得到校正曲線。之後根據此校正曲線，可將度量未知輻射劑量時所得的輝光曲線下面積推算出輻射劑量。

3. 假設點射源 Cs-137 的加馬常數為  $2.8 \times 10^{-9} \left( \frac{C/kg \cdot m^2}{h \cdot MBq} \right)$ ，試求距射源 1.5 公尺處 1 Ci 的 Cs-137 射源的曝露率  $\left( \frac{C/kg}{h} \right)$  與空氣劑量率  $\left( \frac{Gy}{h} \right)$ ？（註 1 C/kg = 33.97 Gy 空氣）

[解：]

$$(1) \text{曝露率：} \quad 2.8 \times 10^{-9} \frac{C/kg \cdot m^2}{h \cdot MBq} \times \frac{1}{(1.5m)^2} \times 3.7 \times 10^4 MBq = 4.6 \times 10^{-5} \frac{C/kg}{h}$$

$$(2) \text{空氣劑量率：} \quad 4.6 \times 10^{-5} \frac{C/kg}{h} \times 33.97 \frac{Gy}{C/kg} = 1.56 \times 10^{-3} \frac{Gy}{h}$$

4. 已知  $^{131}\text{I}$  的物理半化(衰)期為 8 天，在人體內的生物半化(衰)期為 13 天。某工作人員在攝入  $^{131}\text{I}$  10 天後，檢測出體內殘留  $^{131}\text{I}$  活度 0.1 Ci，請問此工作人員剛攝入  $^{131}\text{I}$  於體內之初始活度為多少 Bq？

[解：]

$$t_{eff} = \frac{8 \times 13}{8 + 13} = 4.95 \text{天}$$

$$0.1 \text{ Ci} = A_0 \times e^{-\frac{0.693 \times 10}{4.95}}$$

$$A_0 = 0.406 \text{ Ci} = 0.406 \times 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 1.52 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

5. 以車輛運送一  $^{60}\text{Co}$  密封射源，其活度為 1 Ci，置於鉛罐內，鉛罐距離司機的位置為 1.2 公尺，司機位置的輻射劑量率須小於  $0.02 \text{ R} \cdot \text{h}^{-1}$  時，請問鉛罐厚度至少須幾公分？（鈷 60 的曝露率常數為  $13.2 \text{ R} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mCi}^{-1}$ ，鉛密度  $11.3 \text{ g/cm}^3$ ， $^{60}\text{Co}$  光子的與鉛作用的質量衰減係數  $0.0581 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，增建因數不考慮）

[解：]

$$\frac{0.02 \frac{\text{R}}{\text{h}}}{13.2 \frac{\text{R} \cdot \text{cm}^2}{\text{h} \cdot \text{mCi}} \times (1000 \text{ mCi}) \times \frac{1}{(120 \text{ cm})^2}} = \frac{0.02}{0.92} = 0.022 = \left( \frac{1}{2} \right)^n$$

$$\therefore n = \frac{\ln 0.011}{\ln 0.5} = 5.5 (\text{HVL})$$

$$\therefore \text{厚度} = 5.5 \text{ HVL} = 5.5 \times \frac{0.693}{\frac{\mu}{\rho} \cdot \rho} = \frac{5.5 \times 0.693}{0.0581 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \cdot (11.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})} = 5.8 \text{ cm}$$

6. (1)請說明 Bragg-Gray 原理，(2)該原理成立的條件為何？

[解：]

- (1)在一個被固體吸收介質所圍繞的小空腔內的氣體所產生的游離量或該氣體所吸收的能量正比於圍繞它的固體的吸收能量。
- (2)成立條件是該小空腔要足夠的小，不致影響(或改變)固體介質中原始電子的數量與角度或速度的分布，且原始電子在行經此小空腔時，其能量只損失非常小的分量。

7. 有一試樣測 1 h 得 1015 counts，該儀器之背景測 1 h 得 1000 counts。

(a) 試計算該試樣的淨計數率及其誤差各為多少 counts/h？

(b) 目前量測共花了 2 h，若欲將百分比誤差降低 10 倍，則共需要測量多少小時？

[解：]

$$(a) (1015 - 1000) \pm (\sqrt{1015 + 1000}) = 15 \pm \sqrt{2015} = 15 \pm 45 \text{ counts / h}$$

$$(b) \text{百分比誤差降低10倍，即爲} (1015 - 1000) \pm \left(\sqrt{\frac{1015}{t} + \frac{1000}{t}}\right) = 15 \pm 4.5 \frac{\text{counts}}{\text{h}}$$

$$\therefore \sqrt{\frac{1015}{t} + \frac{1000}{t}} = 4.5, \quad \frac{2015}{t} = 20.25, \quad t = \frac{2015}{20.25} = 99.5 \text{ 小時}$$

試樣與背景共需計測  $99.5 \text{ 小時} \times 2 = 199 \text{ 小時}$