

核能安全委員會  
114 年度第 1 次「輻射防護員」測驗試題  
游離輻射防護專業

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. 試問使用鉛、石蠟及鎘作為中子屏蔽，由靠近中子源的內層往外排列，下列排列順序何者較合適？

(1)鉛、鎘、石蠟 (2)鎘、鉛、石蠟 (3)石蠟、鉛、鎘 (4)石蠟、鎘、鉛

[解：]

(4)

2. 若有一加馬光子射束，其能量為 500 keV，通量率為  $10^3 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，若空氣的質量能量吸收係數為  $0.029 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ，使空氣產生一離子對之平均能量為 34 eV，則該射束造成之曝露率( $\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )為何？ (1)  $2.5 \times 10^{-12}$  (2)  $6.8 \times 10^{-11}$  (3)  $1.5 \times 10^{-10}$  (4)  $1.5 \times 10^{-9}$

[解：]

(2)

$$\begin{aligned} R &= 500 \text{ keV} \times 1.6 \times 10^{-16} \frac{\text{J}}{\text{keV}} \times 10^3 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \times 0.029 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times \frac{1 \text{ C}}{34 \text{ J}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \\ &= 6.8 \times 10^{-11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

3. 下列關於光電倍增管與閃爍計數器的敘述，何者錯誤？

(1)光子在光陰極上激發光電子。  
(2)光電子擊中次陽極會產生連續放大，產生訊號倍增。  
(3)次陽極連續加速光子，使訊號能量更集中。  
(4)最終電流脈衝與入射粒子能量沉積成比例。

[解：]

(3)次陽極連續加速光電子

4. 試問 X 射線，質子及  $\alpha$  粒子的氧增強比(OER)大小？

(1) X 射線 > 質子 >  $\alpha$  粒子 (2)  $\alpha$  粒子 > X 射線 > 質子  
(3) 質子 >  $\alpha$  粒子 > X 射線 (4) 質子 =  $\alpha$  粒子 = X 射線

[解：]

(1)

5. 氟化鋰(LiF)的有效原子序接近人體生物組織，故常用來作為人員劑量計的材料，其有效原子序值約為何？ (1) 5.53 (2) 6.46 (3) 7.51 (4) 8.31

[解：]

(4)

6. 下列何者之健康效應有閾值且其輻射傷害的嚴重程度，會隨接受劑量的增加而增加？

- (1)白血病 (2)白內障 (3)遺傳效應 (4)乳癌

[解：]

(2)

7. 有關熱發光劑量計(TLD)之特性，下列敘述何者正確？

- A.材料中常加入 Mg 或 Ti 作為氧化劑      B.可度量  $\alpha$  輻射所造成的劑量  
C.計讀器需使用光電倍增管                      D. LiF 的能量依存性較  $\text{CaSO}_4$  小

- (1)僅 ACD (2)僅 CD (3)僅 ABD (4)僅 BCD

[解：]

(2)

8. 比例計數器一般使用電子親和力低的氣體，通常使用？

- (1)空氣 (2)  $\text{BF}_3$  氣體 (3)氬氣 (4) P-10 氣體

[解：]

(4)

9. 當一靜止電子經過 150 kV 的電壓加速後，下列敘述何者錯誤？

- (1)總能量=150 keV                                      (2)動能=150 keV  
(3)電子靜止質量=  $9.11 \times 10^{-31}$  kg      (4)電子加速後質量增加

[解：]

(1)

總能量=511 keV+150 keV= 661 keV

10. 有關輻射曝露對健康效應，下列哪一個推論最合理？

- (1)短時間接觸高劑量輻射，屬於慢性曝露，健康效應通常較小。  
(2)長時間接觸低劑量輻射，不會對人體造成任何健康效應。  
(3)長期接觸中高劑量輻射，可能造成慢性健康效應，需建立劑量-健康效應關係。  
(4)只要不是核子爆炸造成的曝露，就不會產生健康效應。

[解：]

(3)

11. 有一細胞存活曲線，沒有肩部， $D_0$  為 3 Gy，請問需要多少 Gy 才能殺死 90%的腫瘤細胞？ (1) 1.3 (2) 3.0 (3) 6.9 (4) 15.9

[解：]

(3)

$D_{10} = 2.3 \times D_0 = 6.9$

12. 輻射反應與細胞型態有關，請問下列哪一種細胞型態對輻射最敏感？

- (1)精原細胞 (2)內皮細胞 (3)肌肉細胞 (4)神經細胞

[解：]

(1)

13. 若一元素的 K 層電子束縛能為 49 keV，M 層電子束縛能為 1.2 keV 時，經由 L 層到 K 層間能階轉換而射出動能為 23.8 keV 的 M 層鄂惹電子，則 L 層電子之束縛能為多少 keV？ (1) 2.6 (2) 22.8 (3) 24 (4) 26.4

[解：]

(3)

$$49 - 1.2 - 23.8 = 24 \text{ keV}$$

14. 評估銫-137 射源的屏蔽時，下列何種因素完全不必納入考量？

- (1)光電效應 (2)制動輻射 (3)康普吞散射 (4)成對產生

[解：]

(4)

15. 通量為  $3 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$  且能量為 5 MeV 的光子與鉛作用，其質量衰減係數  $\mu/\rho = 0.0423 \text{ cm}^2/\text{g}$ 、質量能量轉移係數  $\mu_{tr}/\rho = 0.0305 \text{ cm}^2/\text{g}$ 、質量能量吸收係數  $\mu_{ab}/\rho = 0.0258 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，則克馬 (kerma) 為多少 Gy？ (1) 0.73 (2) 7.32 (3) 0.62 (4) 6.2

[解：]

(2)

$$\begin{aligned} K &= \frac{dE_{tr}}{dm} = \phi \times \frac{\mu}{\rho} \times \bar{E}_{tr} = \phi \times h\nu \times \left( \frac{\mu}{\rho} \times \frac{\bar{E}_{tr}}{h\nu} \right) = \phi \times h\nu \times \frac{\mu_{tr}}{\rho} \\ &= 3 \times 10^{15} / \text{m}^2 \times (5 \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}) \times 0.0305 \text{ cm}^2 / \text{g} \times \frac{1 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{1 \text{ cm}^2} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \\ &= 7.32 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. (1) 管電壓為 90 kVp 所產生的 X 射線的最大能量應為多少 J？

(2) 最大能量 X 射線的頻率應為多少？( $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ )

[解：]

(1) 管電壓為 90 kVp 所產生的 X 射線的最大能量為 90 keV

$$90 \text{ keV} = 90000 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.44 \times 10^{-14} \text{ J}$$

(2)  $E = h\nu$

$$\nu = \frac{1.44 \times 10^{-14} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 2.17 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}$$

2. 請列舉至少 3 項蓋革計數器的缺點。

[解:]

- (1) 無法分辨輻射種類。
- (2) 無感時間很長。
- (3) 以測量計數為主，較難直接測量劑量。
- (4) 難以測量高強度的輻射。
- (5) 無法分辨輻射能量。

3. 請定義輻射中的 G 值和 W 值。

[解:]

- (1) G 值：G 值是指在放射化學中，每吸收 100 eV 能量所產生的某一化學物質的數量，單位通常以 molecules/100 eV 表示。這個值用來衡量輻射在物質(例如氣體、液體或固體)中造成的化學反應產物的數量，是研究輻射對物質化學影響的一個重要參數。G 值越高，表示在輻射能量的作用下，產生的反應物或產物越多。
- (2) W 值：W 值是指在輻射中，產生一對正負離子所需的平均能量，通常以 eV/對離子表示。W 值用於描述在氣體偵檢器中，產生一對正負離子所需要的輻射能量。這個值對於設計輻射偵檢器和理解輻射對氣體的游離效應至關重要。不同的氣體有不同的 W 值，例如氮氣的 W 值約為 34 eV。

4. 假設背景計數可忽略，A 射源的計數為 3000，B 射源的計數為 150，則此二射源計數比值(A/B)的標準差為何？

[解:]

$$A = 3000$$

$$B = 150$$

$$R = \frac{A}{B} = 20$$

$$\left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_B}{B}\right)^2 = \frac{A}{A^2} + \frac{B}{B^2} = \frac{3000}{3000^2} + \frac{150}{150^2} = 7 \times 10^{-3}$$

$$\frac{\sigma_R}{R} = 0.084$$

$$\sigma_R = 0.084 \times R = 0.084 \times 20 = 1.68$$

5. (1) 在溫度為 22°C、壓力為 760 mmHg 之標準條件下，以 0.6 cm<sup>3</sup> 空氣體積之 Farmer 游離腔度量加馬輻射，量得 5×10<sup>-10</sup> 庫倫的電量，試問其曝露約為多少 C/kg？  
(2) 若量測時的溫度改為 18°C、壓力 765 mmHg，請計算溫壓修正因子。

[解:]

$$(1) (5 \times 10^{-10} \text{ C}) / (0.6 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3) = 6.4 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$(2) \text{Factor} = \left(\frac{760}{P}\right) \times \left(\frac{273+18}{273+22}\right) = 0.98$$

6. 假設某一放射性射源之光子，在  $\gamma$  能譜之回散射峰位於 90 keV，請計算此光子之康普吞邊緣(Compton edge)約位於多少 keV？

[解：]

散射角為 180 度時稱為回散射，此時光子能量最小

$$\theta = 180^\circ \Rightarrow hv' = hv \times \frac{1}{1 + 2\alpha} \therefore 0.09 = hv \times \frac{1}{1 + 2 \times \frac{hv}{0.511}}$$

$$\therefore hv = 0.139 \text{ MeV}$$

$$\text{又 } hv = hv' + E_e \therefore 139 = 90 + E_e \therefore E_e = 49 \text{ keV}$$

7. 依現行法規，請將(1) X 射線、(2)熱中子、(3) $\alpha$  粒子、(4)電子、(5) $\gamma$  射線與下列輻射加權因數配對： $W_R = 5$ 、 $W_R = 20$ 、 $W_R = 1$

[解：]

(1)  $W_R = 1$

(2)  $W_R = 5$

(3)  $W_R = 20$

(4)  $W_R = 1$

(5)  $W_R = 1$