

核能安全委員會
115 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. 蓋革計數器所使用的淬熄氣體通常為下列何者？

- (1)二氧化碳 (2)鹵素氣體 (3)氧氣 (4)氬氣

[解：]

(2)

2. 若一光子的波長為 500 nm，試問其能量為多少 eV？

- (1) 2.48 (2) 4.96 (3) 24.8 (4) 49.6

[解：]

(1)

$$E = (6.62 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8) / (5 \times 10^{-7}) = 3.972 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.48 \text{ eV}$$

3. 對 1 MeV 光子而言，其在水中的質量衰減係數大於在鉛中的主要原因為何？

- (1)水的單位體積原子數大於鉛 (2)水的單位體積電子數大於鉛
(3)水的單位質量原子數大於鉛 (4)水的單位質量電子數大於鉛

[解：]

(4)

4. 若某人的甲狀腺($W_T = 0.05$)和乳腺($W_T = 0.05$)分別接受 X 光 2 mGy 及 3 mGy 的吸收劑量，其餘器官沒有受到曝露，則此人共接受多少有效劑量？

- (1) 0.25 mGy (2) 0.25 mSv (3) 5 mGy (4) 5 mSv

[解：]

$$(2) 2 \times 1 \times 0.05 + 3 \times 1 \times 0.05 = 0.25 \text{ (mSv)}$$

5. 化學劑量計之 G 值，其定義為？

- (1)每吸收 100 焦耳的能量所生成產物之分子數
(2)每吸收 100 焦耳的能量所生成產物之質量
(3)每吸收 100 電子伏的能量所生成產物之分子數
(4)每吸收 100 電子伏的能量所生成產物之質量

[解：]

(3)

6. 在充氣式偵檢器中，正離子捕獲自由電子並回到電中性狀態的過程稱為？

- (1) 電子附著(Electron attachment) (2) 電荷轉移(Charge transfer)
(3) 再結合(Recombination) (4) 擴散(Diffusion)

[解：]

(3)

7. 一標準射源其輻射發射率為每分鐘 1000 ± 30 ，使用一計數系統度量的計數率為每分鐘 200 ± 10 ，若背景計數可忽略不計測，此計測系統的效率及其標準差為？

- (1) 0.2 ± 0.008 (2) 0.2 ± 0.012 (3) 0.2 ± 0.028 (4) 0.2 ± 0.056

[解：]

(2)

計測系統的效率 $e=200/1000=0.2$

$$\text{系統效率之標準差 } \sigma_e = 0.2 \sqrt{\left(\frac{30}{1000}\right)^2 + \left(\frac{10}{200}\right)^2} = 0.012$$

8. 有一單能光子射入水中，經過 1 公分有 0.693% 衰減，請計算此光子在水中之平均自由行程(mean free path)為多少公尺？ (1) 0.693 (2) 1 (3) 1.44 (4) 144

[解：]

(3)

$$N = N_0 e^{-\mu x} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\mu x} \Rightarrow (1 - 0.693\%) = e^{-\mu \times 1} \therefore \mu = 6.95 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1} \text{ 鬆弛長度}$$

$$= \frac{1}{\mu} = \frac{1}{6.95 \times 10^{-3}} = 144 \text{ cm} = 1.44 \text{ m}$$

9. 若有二束能量分別為 2 MeV 與 0.04 MeV 的加馬輻射在空氣中產生相同的吸收劑量，試問 2 MeV 對 0.04 MeV 加馬輻射的通量比值？

$$[2 \text{ MeV 的 } (\mu_{\text{ab}}/\rho)_{\text{air}}=0.0235 \text{ cm}^2/\text{g}; 0.04 \text{ MeV 的 } (\mu_{\text{ab}}/\rho)_{\text{air}}=0.0625 \text{ cm}^2/\text{g}]$$

- (1) 0.0053 (2) 0.053 (3) 0.53 (4) 5.3

[解：]

(2)

$$2\text{MeV 加馬輻射在空氣中的吸收劑量 } D = \Phi \times E \times \frac{\mu_{\text{ab}}}{\rho} = \Phi_2 \times 2 \times 0.0235$$

0.04MeV 加馬輻射在空氣中的吸收劑量 $D = \Phi \times E \times \frac{\mu_{ab}}{\rho} = \Phi_{0.04} \times 0.04 \times 0.0625$

二束加馬輻射吸收劑量相等 $\therefore \frac{\Phi_2 \times 2 \times 0.0235}{\Phi_{0.04} \times 0.04 \times 0.0625} = 1$

故二束加馬射線的通量比值 $\frac{\Phi_2}{\Phi_{0.04}} = 0.053$

10. 組織對於輻射的敏感度會依細胞特性而有所不同，試問下列何種特性對輻射最敏感？

- (1)規則分裂，沒有分化 (2)規則分裂，在分裂中有部分分化
(3)多樣分化、並不規則分裂 (4)不分裂、高度分化

[解：]

(1)

11. 下列何者不屬於 ALARA 概念中可採取的實踐手段？

- (1)增加工作時間 (2)縮短照射時間 (3)增加與放射源距離 (4)使用鉛屏蔽

[解：]

(1)

12. 250 kVp 的 X 光在有氧環境下需要 2 Gy，而在缺氧環境下需要 4 Gy 才能達到相同的生物效應，試問此 X 光的氧氣增強比例(OER)為何？ (1) 0.05 (2) 0.5 (3) 2 (4) 20

[解：]

(3) OER = 4 / 2 = 2

13. 直線能量轉移(LET)在物理上相當於哪種阻擋本領？

- (1)總阻擋本領 (2)輻射阻擋本領 (3)限制阻擋本領 (4)質量阻擋本領

[解：]

(3)

14. 當半化期為 10^3 年的母核種與半化期為 10^{-2} 年的子核種達長期平衡時，試問母核種與子核種的原子數量比值為何？ (1) 10^2 (2) 10^3 (3) 10^1 (4) 10^5

[解：]

(4)

解: $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$, $N_1 / N_2 = \lambda_2 / \lambda_1 = (0.693/T_{1/2})_2 / (0.693/T_{1/2})_1 = (T_{1/2})_1 / (T_{1/2})_2$
 $= 10^3 \text{ 年} / 10^{-2} \text{ 年} = 10^5$

15. 若在某一組細胞之輻射照射實驗中，可用函數 $N/N_0 = e^{-3D}$ 來描述細胞的存活率，其中 N_0 為零劑量時的細胞數， N 為照射劑量為 D (單位為 Gy) 時之平均存活細胞數，則對此組細胞而言，其半致死劑量 LD_{50} 為多少 Gy？ (1) 0.23 (2) 0.33 (3) 0.43 (4) 3.3

[解：]

(1)

$$0.5 = e^{-3 \times LD_{50}} \Rightarrow LD_{50} = (\ln 0.5) / (-3) = 0.231 \text{ Gy}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 一光子進行康普吞散射，若入射光子的能量為 0.662 MeV，而散射光子的能量為 0.527 MeV，此光子的散射角度 θ 為幾度？

[解：]

$$hv' = hv \times \frac{1}{1 + a(1 - \cos \theta)}$$

$$1 - \cos \theta = \left[\left(\frac{0.662}{0.527} \right) - 1 \right] \times \frac{0.511}{0.662}$$

$$\cos \theta = 0.802, \theta = 36.7^\circ$$

2. 一個放射性樣品測量兩分鐘得到 1000 個計數，背景測量十分鐘得到 500 個計數，試問
(1) 淨計數率為多少 cpm？(5%)
(2) 標準差為多少？(5%)

[解：]

$$r = \frac{G}{t_G} - \frac{B}{t_B} = \frac{1000}{2} - \frac{500}{10} = 500 - 50 = 450 \text{ counts/min}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{G}{t_G^2} + \frac{B}{t_B^2}} = \sqrt{\frac{1000}{2^2} + \frac{500}{10^2}} = \sqrt{250 + 5} = 16 \text{ counts/min}$$

$$r = 450 \pm 16 = 450 \pm 3.5\%$$

3. X 光照射條件為 50 mAs，產生的入射皮膚劑量為 2.4 mGy。若增加至 60 mAs 時(其他條件不變)，則入射皮膚劑量為多少 mGy？

[解：]

答：皮膚劑量增加為 2.9 mGy

$$X / 60 \text{ mAs} = 2.4 \text{ mGy} / 50 \text{ mAs}$$

$$X = 2.4 \text{ mGy} \times 60 \text{ mAs} / 50 \text{ mAs}$$

$$X = 2.9 \text{ mGy}$$

4. 簡述下列輻射之屏蔽考量 (1) β 粒子 (5%) (2) 光子 (5%)

[解:]

(1) β 粒子穿透力雖較 α 強，但射程仍屬短，只會人體淺部組織(皮膚、水晶體)造成劑量，確定效應比機率效應重要。 β 粒子之屏蔽物質及厚度，決定於：

- 屏蔽物質的原子序必須很小，以減少制動輻射的產生。且屏蔽物質的厚度必須大於 β 粒子的最大射程，以完全阻擋 β 粒子。
- 高原子序物質可有效衰減所產生之制動輻射的量。

故屏蔽 β 粒子時宜先用較低原子序數物質以完全阻擋 β 粒子，其後再接高原子序數物質，以有效阻擋 β 粒子及其產生之制動輻射的影響。

(2) 光子穿透力很強，衰減光子以電子密度較高的物質為佳，屏蔽物質的原子序愈大、密度愈大，屏蔽效果愈好(鉛、鐵、混凝土等是良好的屏蔽材料)。

5. 某一 X 光管以高頻管電壓 120 kVp、管電流 100 mA 產生 X 光。X 光管產生之電子撞擊鎢靶後，有 0.5 % 的電子動能轉換成 X 光，若照射時間為 50 ms，試問：

(1) X 光的總能量為多少焦耳(J)？ (4%)

(2) 若該 X 光能使 1 g 的空氣每分鐘游離 5×10^{-8} C，則曝露率為每小時多少 C/kg？ (3%)

(3) 若空氣之 W 值為 34 eV/ip，則該 X 光在空氣所造成之吸收劑量率為多少 Gy/h？ (3%)

[解:]

(1) 電子的總電量 $Q = i \times t = 0.1 \text{ (A)} \times 0.05 \text{ (s)} = 5 \times 10^{-3} \text{ (C)}$;

電子的總動能 $W = Q \times V = 5 \times 10^{-3} \text{ (C)} \times 120 \times 10^3 \text{ (V)} = 600 \text{ (J)}$

X 光的總能量 $E_X = W \times 0.5 \% = 600 \times 0.5 \% = 3 \text{ (J)}$

(2) $\dot{R} = \frac{Q}{M \times t} = \frac{5 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3} \times \frac{1}{60}} = 3 \times 10^{-3} \text{ (C/kg} \cdot \text{h)}$

(3) $\dot{E} = \dot{R} \times w = 3 \times 10^{-3} \text{ (C/kg} \cdot \text{hr)} \times 34 \text{ J/C} = 0.102 \text{ (Gy/h)}$

6. 一束 1.25 MeV 的加馬射線入射於水中，已知質能轉移係數為 $0.032 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，質量衰減係數為 $0.06 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，

(1) 計算該光子在水中的平均自由行程(mean free path, λ) (5%)

(2) 計算能量轉移比例(energy transfer fraction) (5%)

[解:]

(1)

$$\lambda = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.06} \approx 16.7 \text{ cm}$$

(2)

$$\frac{0.032}{0.06} \approx 0.533$$

7. (1)請簡述何謂阻擋本領(stopping power) (5%)

(2)某高能電子(大於 3 MeV)，在鋁($Z=13$)中輻射阻擋本領與碰撞阻擋本領之比為 0.13，此電子在鉛($Z=82$)中輻射阻擋本領與碰撞阻擋本領之比應為多少？(5%)

[解：]

1.帶電粒子行經每單位路徑長度的能量損失期望值

2. $0.13/13 \times 82 = 0.82$