

行政院原子能委員會
109 年度第 2 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. 下列生命週期，何者對輻射傷害最為敏感？

- (1) 分裂期(M) (2) 細胞靜止期(G₀) (3) 第一間期(G₁) (4) DNA 合成期(S)

[解：]

(1)

2. 下列能量相同的輻射在空氣中的平均穿透距離，何者最長？

- (1) α (2) β^+ (3) β^- (4) γ

[解：]

(4)

3. 充氣式偵檢器常使用P-10氣體做為填充氣體，其組成為何？

- (1) 10% P₂O₅ + 90% CH₄ (2) 10% Ar + 90% CH₄
(3) 10% CH₄ + 90% Ar (4) 10% CH₄ + 90% C₆H₆

[解：]

(3)

4. ⁶⁰Co 的加馬射線常數(gamma ray constant, Γ)為 307 m² μ Gy GBq⁻¹ h⁻¹，請問距離 1 Ci 的 ⁶⁰Co 1 公尺處的曝露率為何？

- (1) 1.14 mGy/h (2) 11.4 mGy/h (3) 0.28 mGy/h (4) 2.8 mGy/h

[解：]

(2)

解：

$$307 \text{ m}^2 \mu\text{Gy}/(\text{GBq h}) \times 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}/(1^2 \text{ m}^2) \times 10^{-9} \text{ GBq}/\text{Bq} \times 10^{-3} \text{ mGy}/\mu\text{Gy} = 11.4 \text{ mGy/h}$$

5. 1 個 a.m.u (原子質量單位) 是表示？

- (1) 1 莫耳 ¹⁶O 原子質量的 1/16 (2) 1 公克 ¹²C 原子質量的 1/12
(3) 1 公斤 ¹⁶O 原子質量的 1/16 (4) 1 個 ¹²C 原子質量的 1/12

[解：]

(4)

6. 當 50 keV 的光子射束進入假體時，依序經過三個區域，分別是肌肉前區 (A 區)、骨骼 (B 區)、和肌肉後區 (C 區)，每區的厚度皆為 1 公分。則此三區吸收劑量分布的大小順序應為何？(D_A、D_B、D_C 分別代表該區的平均劑量)

- (1) D_A > D_B > D_C (2) D_B > D_A > D_C (3) D_A > D_C > D_B (4) D_B > D_C > D_A

[解：]

(2)

7. 距離鈷-60 點射源 2 m 處之劑量率為 125 mSv/h，若忽略增建因數，若距離射源 7 m 處加裝 36 mm 之鉛屏蔽，則該處劑量率降至多少 mSv/h？

(鈷-60 在鉛內之半值層為 12 mm) (1) 0.78 (2) 1.28 (3) 2.56 (4) 3.43

[解：]

(2)

$$[\text{解：}] \dot{D} = 125 \times \frac{2^2}{7^2} \times \frac{1}{2^3} = 1.28$$

8. 人體的急性輻射症候群依其閾值劑量由小至大，依序排列為何？

- (1) 胃腸道症候群、造血症候群、中樞神經系統症候群
- (2) 造血症候群、胃腸道症候群、中樞神經系統症候群
- (3) 造血症候群、呼吸系統症候群、胃腸道症候群
- (4) 呼吸系統症候群、造血症候群、胃腸道症候群

[解：]

(2)

9. 有一腔壁為碳之游離腔，其內含有一體積為 0.6 cm^3 之空氣腔（腔內氣體質量為 m 克），將此游離腔暴露在鈷-60 所發射的加馬射線裡，產生 Q 庫侖之電荷，則此游離腔腔壁的吸收劑量為？

- (1) $33.85 \left(\frac{J}{C}\right) \cdot \frac{Q}{m} \cdot \bar{S}_{air}^{wall(C)}$
- (2) $33.85 \left(\frac{J}{C}\right) \cdot \frac{Q}{m} \cdot \bar{S}_{wall(C)}^{air}$
- (3) $33.85 \left(\frac{J}{C}\right) \cdot \left(\frac{\bar{\mu}_{ab}}{\rho}\right)_{air}^{wall(C)}$
- (4) $33.85 \left(\frac{J}{C}\right) \cdot \frac{Q}{m} \cdot \left(\frac{\bar{\mu}_{ab}}{\rho}\right)_{wall(C)}^{air}$

[解：]

(1)

10. 下列中子能量範圍，哪一個輻射加權因數最大？

- (1) 10~100 keV (2) 100 keV~2 MeV (3) 2~20 MeV (4) > 20 MeV

[解：]

(2)

11. $^{226}_{88}\text{Ra}$ 原子經過 α 及 β^- 衰變後變成 $^{206}_{82}\text{Pb}$ 原子，請問其中發生了幾次 β^- 衰變？

- (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 5

[解：]

(3)

經過每次 α 衰變後質量數會減 4、原子序會減 2；每次 β^- 衰變後質量數會不變、原子序會加 1。

$\therefore \text{Ra-226}$ 經過 $(226-206)/4 = 5$ 次 α 衰變而變成 Pb-206 ，如經過 5 次 α 衰變後，原子序應減少 10 變成 $(88-10)=78$ ；但子核 Pb-206 的原子序為 82，比 78 多了 4，因此可估計發生了 4 次 β^- 衰變。

12. 關於閃爍偵檢器所用晶體之特性，下列何者錯誤？

- (1) 能量轉換效率要高 (2) 延遲發光的時間要短
(3) 吸收與發射光的波長要一樣 (4) 折射率最好與玻璃接近

[解：]

(3)

13. 下列關於貝他(β^-)蛻變的敘述，何者為真？

- (1) 母核和子核互為同重素
(2) 母核的質子數比子核多 1 個
(3) 母核原子的質量必須比子核原子的質量至少多 2 個電子的質量
(4) 所產生的貝他能譜是不連續的

[解：]

(1)

14. 關於相對生物效應(RBE)的敘述，下列何者錯誤？

- (1) $\text{RBE} = D_x / D$ ， D_x 通常是指 250 kVp 標準 X 射線產生生物效應的劑量， D 為待測輻射產生相同生物效應的劑量 (2) LET 為 50 keV/ μm 輻射的 RBE 小於 4 keV/ μm 輻射的 RBE (3) RBE 值會依生物效應不同而改變 (4) RBE 值會依分次照射的次數不同而改變

[解：]

(2) LET 為 50 keV/ μm 輻射的 RBE 大於 4 keV/ μm 輻射的 RBE

15. 若一放射性核種每小時衰減 10%，則該核種的平均壽命為多少小時？

- (1) 0.3 (2) 5.0 (3) 6.6 (4) 9.5

[解：]

(4)

每小時衰減 10% \Rightarrow 每小時尚存 90%

$$\Rightarrow 0.9 = \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda \cdot 1 \text{小時}} \Rightarrow \lambda = -\ln(0.9) (\text{小時}^{-1})$$

$$\Rightarrow \text{平均壽命} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{-\ln 0.9} \cong 9.5 (\text{小時})$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 在游離腔中，當測得電流為 $1.0 \times 10^{-14} \text{A}$ 時，請問：

(a) 每秒有多少電子被收集？

(b) 若 $W = 29.9 \text{ eV/離子對}$ ，能量吸收率是多少(eV/s)？

[解：]

(a)

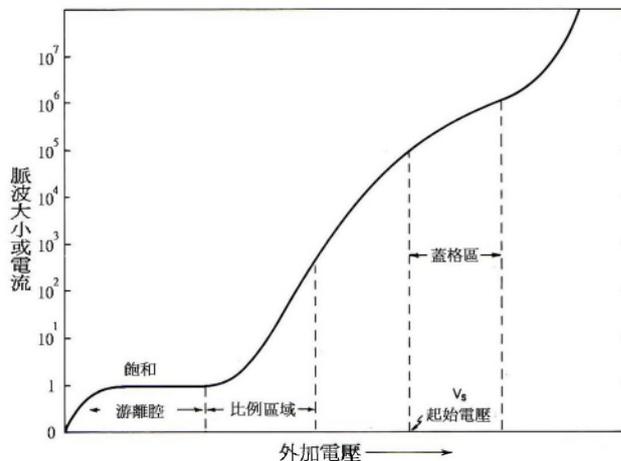
$$1.0 \times 10^{-14} / 1.6 \times 10^{-19} = 6.3 \times 10^4 \text{ 電子}$$

(b)

$$6.3 \times 10^4 \times 29.9 = 1.9 \times 10^6 \text{ eVs}^{-1}$$

2. 請繪出充氣式偵測器(gas-filled detector)的操作電壓圖，圖中需標示出各區名稱。

[解：]



3. 在一密閉的倉庫($40 \times 30 \times 20 \text{ m}^3$)中有 0.2 g 的放射性 ^{85}Kr ($T_{1/2} = 10.72 \text{ 年}$) 氣體試樣，現該射源突然被打破，氣體散逸到該倉庫內。試求：

(a) ^{85}Kr 活度 (b) 倉庫內的空氣比活度(MBq/m^3)。

[解：]

(a)

$$0.2 \text{ g 的 } ^{85}\text{Kr} \text{ 含原子數目, } N = (0.2/85) \times 6.02 \times 10^{23} = 1.416 \times 10^{21} \text{ 原子}$$

$$\lambda N = [0.693 / (10.72 \times 365 \times 24 \times 3600)] \times 1.416 \times 10^{21}$$

$$= [0.693 / (3.381 \times 10^8)] \times 1.416 \times 10^{21} = 2.9 \times 10^{12} \text{ Bq}$$

(b)

$$\text{比活度} = 2.9 \times 10^{12} \text{ Bq} / (40 \times 30 \times 20 \text{ m}^3) = 1.2 \times 10^8 \text{ Bq}/\text{m}^3 = 120 \text{ MBq}/\text{m}^3$$

4. 有一個鉛合金，含 87% Pb、12% Sn、1% Cu，其密度= 10.4 g/cm³，若這三元素對某X射線的質量衰減係數(μ/ρ)分別為3.50、1.17、0.325 cm²/g，且已知三元素的密度分別為11.3、7.3、8.9 g/cm³，試求：

(a)此鉛合金的質量衰減係數與直線衰減係數各為何？

(b)將此 X 射線強度衰減至原來的 1/25，所需鉛合金的厚度為何？

[解：]

(a) 鉛合金 $\mu/\rho = 3.50 \times 0.87 + 1.17 \times 0.12 + 0.325 \times 0.01$

$$= 3.045 + 0.1404 + 0.00325$$

$$= 3.19 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\mu = 3.19 \text{ cm}^2/\text{g} \times 10.4 \text{ g/cm}^3$$

$$= 33.2 \text{ cm}^{-1}$$

(b) $1/25 = e^{-33.2 \times t}$

$$0.04 = e^{-33.2 \times t}$$

雙邊取 ln:

$$3.2189 = 33.2 \times t$$

$$t = 3.2189 / 33.2$$

$$= 0.097 \text{ cm}$$

5. 以 HPGe 偵檢器度量 511 keV 單能量的光子能譜，請問全能峰、康普吞邊緣及回散射峰的能量分別為何？

[解：]

全能峰 = 511 keV

康普吞邊緣：是光子發生康普吞作用，轉交給電子最大可能的能量(發生在光子 180 度

散射)。此電子可獲得之最大能量= $h\nu \times \frac{2\alpha}{1+2\alpha} = 511 \times \frac{2}{3} = 341 \text{ keV}$

回散射峰：511-341=170 keV

6. 寫出 X 光機的主屏蔽計算公式，並分別解釋各相關參數。

[解：]

X 光機的主屏蔽計算公式為 $K = \frac{Pd^2}{WUT}$ ，各參數的意義說明如下：

K：距離 X 光靶 1 公尺處每單位照射量(mA-min)的輻射劑量

P：最大許可曝露率

W：工作負載(workload)，一周使用 X 射線的總量

U：使用因素(use factor)，X 光機之有用射束朝向主屏蔽方向的工作負載分數

T：佔用因數(occupancy factor)，人員可能停留在屏蔽牆外區域的時間分數

d：X 光管靶到主屏蔽外評估點的距離

7. 請說明氟化鋰熱發光劑量計(TLD)度量輻射劑量的原理。

[解:]

氟化鋰晶體中含有雜質，當晶體吸收輻射的能量激發晶體中的原子，導致晶體內產生自由電子與電洞，這些自由電子與電洞被雜質或晶格缺陷所陷住，因此鎖住激發能在晶體中。當晶體被加熱，陷住之電子與電洞復合以光形式釋出激發能，光的總輸出正比於陷住的受激電子數，受激電子數又正比於自輻射所吸收的能量。經過校正後，晶體發射出來的光輸出可正比於接受的輻射劑量。