

行政院原子能委員會  
104 年度第 1 次「輻射防護師」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. 入射能量為 4 MeV 之加馬射線與物質產生成對作用，請問所產生的正、負電子，任何一個的最大動能為多少 MeV？ (1) 0.511 (2) 1.022 (3) 1.489 (4) 1.978

[解：]

(3)

2. 某一元素的原子序為 Z，原子量為 A，亞弗加厥數為 N，則此元素每克含多少電子數？ (1) 1000 NZ/A (2) 1000 N/A (3) NZ/A (4) N/A

[解：]

(3)

3. 細胞內水被分解後，下列哪一產物造成的輻射傷害最嚴重？

(1)  $e^-_{aq}$  (2)  $H_3O^+$  (3)  $\cdot OH$  (4)  $H_2$

[解：]

(3)

4. 下列何種偵檢器須經由光電倍增管(PMT)放大及轉換其所偵測之訊號？

(1) 半導體偵檢器 (2) 蓋革計數器 (3) 閃爍偵檢器 (4) 游離腔

[解：]

(3)

5. 某員操作一 Co-60 輻射源，若將工作距離減少一半，工作時間減少一半，再使用一個半值層(HVL)厚度的鉛屏蔽，請問其曝露量為原來的幾倍？

(1) 1/4 (2) 1/2 (3) 相同 (4) 2

[解：]

(3)

假設原先曝露量為 X

$$X \cdot \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = X$$

6. 下列那一核種衰變時可釋出正子，並引起互毀效應(Annihilation Effect)？

(1)  $^{14}C$  (2)  $^{13}C$  (3)  $^{12}C$  (4)  $^{11}C$

[解：]

(4)

7. 社區醫院計畫需要 2 間 X 光檢查室，評估每間檢查室每天有 15 位病人，而每位病人在 80 kVp, 70 mAs 下平均照 3 張 X 光片。請問每一間 X 光檢查室其工作負荷為多少 mAs/週？ (1) 75 (2) 225 (3) 2625 (4) 15750

[解：]

(4)

$$15 \text{ 人/日} \times 70 \text{ mAs/張} \times 3 \text{ 張/人} \times 5 \text{ 日/週} = 15750 \text{ mAs/週}$$

8. 在 LET 大於多少 keV/ $\mu\text{m}$  以上時，則氧增強效應(OER) 數值將趨近於 1？

(1) 10 (2) 50 (3) 100 (4) 200

[解：]

(4)

9. 下列何者不是輻射生物學中所謂的四個”R”？

(1) Repair (2) Redistribution (3) Regeneration (4) Reoxygenation

[解：]

(3)

10. 一放射活性樣品在 8 分鐘內偵測到 3,200 個計數，試問其計數速率和標準差為何？

(1)  $400 \pm 7 \text{ cpm}$  (2)  $400 \pm 12 \text{ cpm}$  (3)  $400 \pm 18 \text{ cpm}$  (4)  $400 \pm 20 \text{ cpm}$

[解：]

(1)

$$\text{計數速率 } c = 3,200 \text{ count} / 8 \text{ min} = 400 \text{ cpm}$$

$$\text{標準差 } \sigma_c = \sigma / t = \sqrt{n} / t = \frac{\sqrt{ct}}{t} = \frac{\sqrt{(400 \times 8)}}{8} \approx 7$$

11. 吸收劑量、曝露劑量、克馬劑量、等價劑量、器官劑量、有效劑量等六種劑量名詞中，其單位為戈雷的共有幾項： (1) 1 項 (2) 2 項 (3) 3 項 (4) 4 項

[解：]

(3)

解：第 1, 3, 5 等三項

12. 已知某  $^{60}\text{Co}$  同位素在 1 秒鐘共釋出  $4.6 \times 10^7 \text{ MeV}$  的  $\gamma$  ray 能量，請問其活度約為？

(1) 0.02 mCi (2) 0.05 mCi (3) 0.2 mCi (4) 0.5 mCi

[解：]

(4)

1 個  $^{60}\text{Co}$  原子衰變釋出 2.5 MeV 的  $\gamma$  ray 能量

$$\frac{4.6 \times 10^7 \text{ MeV}}{1 \text{ s}} = A(\text{mCi}) \times \frac{3.7 \times 10^7 \frac{\text{衰變}}{1 \text{ s}}}{1 \text{ mCi}} \times \frac{2.5 \text{ MeV}}{1 \text{ 衰變}}, \text{ 所以活度}(A) = 0.5 \text{ mCi}$$

13. 單靶一次擊出模型(single hit, single target model)中，細胞殘存率 SR 與劑量 D 的關係可表示成  $SR = e^{-D/D_0}$ 。下列敘述何者為非？

- (1)  $D_0$  為細胞存活 37% 的劑量
- (2)  $D_0$  愈大表示細胞對輻射愈不敏感
- (3) 不同細胞種類會有不同的  $D_0$  值
- (4)  $\ln(SR)$  對 D 作圖，可得一直線，斜率為  $D_0$ 。

[解：]

(4)

14. 若樣品 A 之計數值為 18000，樣品 B 之計數值為 9000，則 A 與 B 的計數比值及其標準差為何？ (1)  $2 \pm 0.026$  (2)  $2 \pm 0.13$  (3)  $2 \pm 0.013$  (4)  $2 \pm 0.26$

[解：]

(1)

$$\begin{aligned}\frac{A}{B} &= 2 \pm 2 \times \sqrt{\left(\frac{1}{18000}\right)^2 + \left(\frac{1}{9000}\right)^2} \\ &= 2 \pm 2 \times \sqrt{0.000055 + 0.000111} \\ &= 2 \pm 2 \times 0.013 \\ &= 2 \pm 0.026\end{aligned}$$

15. 有一游離腔偵檢器度量得曝露為 40 倫琴(R)，請換算相當是多少的組織(tissue)吸收劑量？ (1) 352 mGy (2) 380 mGy (3) 421 mGy (4) 455 mGy

[解：]

(2)

$$40 \text{ R} \times \frac{9.5 \times 10^{-3} \text{ Gy}}{1 \text{ R}} = 380 \text{ mGy}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 將一重 5 mg 的  $^{59}\text{Co}$  試樣置於熱中子通量率為  $2.1 \times 10^{12}$  中子/( $\text{cm}^2 \times \text{秒}$ )的核反應器中照射 2 年，問所得之  $^{60}\text{Co}$  活度為多少貝克？(假設  $^{59}\text{Co}$  之熱中子反應截面為 15 邦， $^{60}\text{Co}$  半化期為 5.27 年)

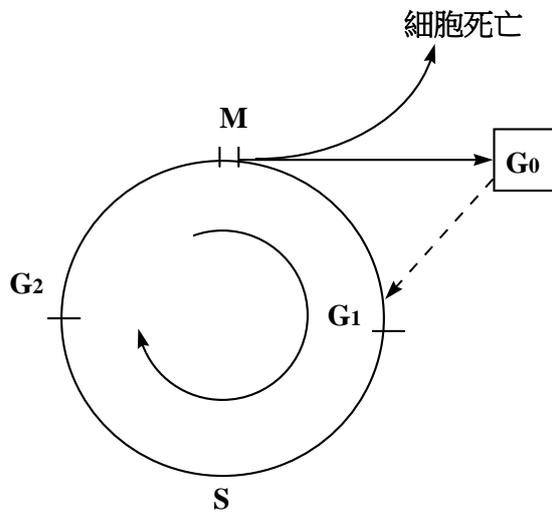
[解：]

$$\begin{aligned}\lambda N &= \psi \sigma n [1 - \text{Exp}(-\lambda t)] = 2.1 \times 10^{12} (\text{中子}/\text{cm}^2 \cdot \text{秒}) \times 15 \times 10^{-24} (\text{cm}^2/\text{中子}) \times 5 \times 10^{-3} \text{ g} \\ &\quad \times (1/59 \text{ g}) \times 6.02 \times 10^{23} \times [1 - \text{Exp}(-0.693 \times 2/5.27)] \\ &= 16.1 \times 10^8 \times (1 - 0.7687) (1/\text{秒}) = 3.7 \times 10^8 \text{ 貝克}\end{aligned}$$

2. 細胞週期共分為  $G_0$ ， $G_1$ ， $G_2$ ，S 和 M 等五期，請比較其對輻射之敏感度，畫出細胞週期的循環圖並寫出各期的中文名稱。

[解:]

$G_2$  與 M 期對輻射最敏感， $G_1$  期次之，S 期晚期對輻射最不敏感。



$G_0$ ：細胞靜止期

$G_1$ ：DNA 合成準備期

S：合成期

$G_2$ ：分裂準備期

M：分裂期

3. 有一薄窗游離腔受  $5 \times 10^5$  貝克之阿伐射源照射，阿伐射線之能量為 4.75 MeV，試問

(1) 游離腔內產生之電流為多少安培？

(2) 假若游離腔含  $0.6 \text{ cm}^3$  空氣，則測得劑量率每小時多少 Gy？

(空氣之 W 值 = 33.97 eV/離子對，空氣密度 =  $1.293 \text{ kg/m}^3$ )

[解:]

$$\text{解: (1) } 5 \times 10^5 (\text{衰變/s}) \times 4.75 \times 10^6 (\text{eV/衰變}) \times [1/(33.97 \text{ eV/離子對})] \times 1.6 \times 10^{-19} (\text{C/離子}) = 1.1 \times 10^{-8} \text{ C/秒} = 1.1 \times 10^{-8} \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{(2) } & [5 \times 10^5 (\text{衰變/s}) \times 4.75 (\text{MeV/衰變}) \times 1.6 \times 10^{-13} (\text{J/MeV}) \times 3600 (\text{s/hr})] / \\ & [0.6 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} (\text{kg/cm}^3)] = 1.76 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{hr)} \\ & = 1.76 \times 10^3 \text{ Gy/hr} \end{aligned}$$

4. 以 GM 計數器度量一個含  $^{14}\text{C}$  試樣，得計數率為  $4200 \pm 150 \text{ cpm}$ ，已知該計數器的背景計數率為  $100 \pm 30 \text{ cpm}$ ，且事先曾以  $^{14}\text{C}$  標準試樣求得其計數效率為  $(15.2 \pm 1.6)\%$ ，試求該試樣的放射性活度多少 Bq？標準偏差與相對標準差為何？

[解:]

$$\begin{aligned} \text{(1) 試樣淨計數率為 } & (4200 \pm 150) - (100 \pm 30) \\ & = 4100 \pm \sqrt{150^2 + 30^2} \\ & = 4100 \pm 153 (\text{cpm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{放射性活度與標準偏差} &: \frac{4100 \pm 153 \text{ cpm}}{0.152 \pm 0.016} = 26974 \pm 26974 \times \sqrt{\left(\frac{153}{4100}\right)^2 + \left(\frac{0.016}{0.152}\right)^2} \\
 &= 26974 \pm 26974 \times \sqrt{0.0014 + 0.0111} \\
 &= 26974 \pm 26974 \times 0.1117 \\
 &= 26974 \pm 3013 \text{ dpm} \\
 &= 450 \pm 50 \text{ Bq}
 \end{aligned}$$

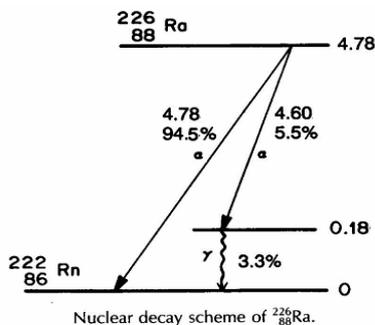
$$(2) \text{ 相對標準差} = \frac{50}{450} \times 100\% = 11.1\%$$

5. 請定義下列名詞並列出其單位：(1)通量(flucence) (2)能量通量(energy flucence) (3)通量率(flucence rate) (4)能量通量率(energy flucence rate)。

[解:]

- (1)通量(flucence)：每單位面積通過之粒子數目，單位為： $1/\text{m}^2$ 。
- (2)能量通量(energy flucence)：每單位面積通過之粒子能量，單位為： $\text{J}/\text{m}^2$ 。
- (3)通量率(flucence rate)：每單位時間通過單位面積之粒子數目，單位為： $1/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。
- (4)能量通量率(energy flucence rate)：每單位時間通過單位面積之粒子能量，單位為： $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 或 $\text{W}/\text{m}^2$ 。

6. 請參考衰變圖解釋鐳-226 衰變至氡-222 會發生之衰變或作用有哪些?並詳細說明這些作用的發生率(產率)與發射出的輻射種類與能量。(圖中之能量單位為 MeV)



[解:] 當每個鐳-226 原子衰變至氡-222 會發生下列衰變或作用:

- (1) 94.5 % 機率發生阿伐衰變，發射出 4.78MeV 之阿伐粒子。
  - (2) 5.5 % 發生另一阿伐衰變，發射出 4.60MeV 之阿伐粒子。
  - (3) 由(2)的衰變作用後，原子核內仍不穩定，持續以電磁波的放式釋放能量，5.5%中之 3.3 % 釋放出能量為 0.18MeV 之加馬射線並發射出去；
  - (4) 5.5 % 中之另 2.2% 釋放出之加馬射線則會與內層軌道電子發生作用，而發射出能量為 0.18MeV 減去電子軌道束縛能之內轉換電子。
7. 一個治療室擁有  $^{60}\text{Co}$  點射源( $\Gamma = 3.7 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ )活度 2200 Ci，距離主屏蔽牆 5.0 m，主屏蔽牆外為 CT 診斷室(年劑量限值為 20 mSv)。使用因數  $U=1$ ，每天治療 8 小時，(1)求主屏蔽的穿透因子( transmission,  $k$ )，(2)若主屏蔽牆為混凝土 ( $\text{HVL}=6\text{cm}$ )，且增建因數( $B$ )為 10.6，則主屏蔽牆至少需多厚?

[解：]

T=1，U=1，每日照射 8 小時，每週 40 小時，1 年照射 2000 小時，

$$(1) D = (3.7 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}) \times [2200 \text{ Ci} \times 3.7 \times 10^4 \text{ MBq/Ci}] \times [1 / (5.0 \text{ m})^2] \times 1 \times 1 \times 2000 \text{ h/y}$$
$$= 2.4 \times 10^6 \text{ mSv/y}$$

$$k = (20 \text{ mSv/y}) / (2.4 \times 10^6 \text{ mSv/y})$$

$$= 8.3 \times 10^{-6}$$

$$(2) 8.3 \times 10^{-6} = 10.6 \times e^{-0.693 \times T/6}$$

$$7.8 \times 10^{-7} = e^{-0.693 \times T/6} \quad \text{雙邊取 ln}$$

$$14.064 = 0.1155 \times T$$

$$T = 122 \text{ cm}$$