

行政院原子能委員會
105 年度第 2 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. 放射性核種發生 β^+ 衰變時，母核放出 β^+ 粒子後，其子核的原子序 Z 變為：

- (1) $Z+1$ (2) Z 不變 (3) $Z-1$ (4) $Z-2$

[解：]

(3)

2. 一個 4.022 MeV 光子在原子核附近進行成對發生反應後，剩餘的能量由產生的正負電子均分，則此正、負電子的平均動能各為多少 MeV?

- (1) 1.5 (2) 2.0 (3) 3.0 (4) 4.022

[解：]

(1)

$$(4.022-1.022)/2 = 1.5 \text{ (MeV)}$$

3. 游離輻射造成的生物效應中，何者傷害最早發生？

- (1) DNA 傷害 (2) 細胞死亡 (3) 癌症形成 (4) 遺傳疾病

[解：]

(1)

4. 下列哪一種偵檢器的能量解析度最佳？

- (1) 蓋革偵檢器 (2) 純鍺偵檢器 (3) 碘化鈉偵檢器 (4) 比例計數器

[解：]

(2)

5. 某人的乳腺及肺分別接受 8 毫西弗與 10 毫西弗的等價劑量，其餘器官均未受曝露，求此人共接受多少毫西弗的有效劑量？

- (1) 0.18 (2) 1.46 (3) 1.6 (4) 18

[解：]

(3)

$$\text{有效劑量 } E = 0.05 \times 8 \text{ mSv} + 0.12 \times 10 \text{ mSv} = 1.6 \text{ mSv}$$

6. 一體積為 $V \text{ cm}^3$ 的空腔充滿標準狀態的空氣，當此空氣腔曝露在某輻射場後產生 C 庫倫之電荷，請問此空氣腔之曝露為？(在空氣中游離一 ion pair 需 $W \text{ eV}$ ，空氣密度為 ρ

- g/cm^3) (1) $\frac{1000 \times C}{V \times \rho}$ (2) $\frac{C}{V \times \rho \times 1000}$ (3) $\frac{1000 \times C \times W}{V \times \rho}$ (4) $\frac{C \times W}{V \times \rho \times 1000}$

[解:]

(1)

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} = \frac{C}{V \times \rho \times \frac{1}{1000}} = \frac{1000 \times C}{V \times \rho}$$

7.

X光室結構屏蔽計算公式 $K = \frac{P \cdot d^2}{W \cdot U \cdot T}$ ，試問其中六項因素 K, P, d, W, U, T 中，沒有單

位的共有幾項？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

[解:]

(2)

U, T

8. 經輻射曝露後，會在 30 天內造成 50% 個體致死的輻射劑量，通常以下列何者表示其縮寫符號？ (1) LD_{30/50} (2) LD_{50/30} (3) DL_{50/30} (4) DL_{30/50}

[解:]

(2)

9. 下列關於影響輻射生物效應之因素，下列何者正確？ (1) 累積劑量相同，低劑量率者造成傷害較大 (2) 累積劑量相同，單次連續照射較間歇照射傷害小 (3) 相同吸收劑量，高 LET 輻射，如中子、阿伐射線等對細胞有較高的存活率(%) (4) 低溫可使自由基擴散作用減少，而降低傷害

[解:]

(4)

10. 有一放射性樣本，經計測後得總計數為 1075，背景計數為 525。則此樣本之淨計數及其標準偏差可寫成下列何者？

(1) 550 ± 40 (2) 550 ± 33 (3) 550 ± 23 (4) 550 ± 13

[解:]

(1)

$$\text{淨計數} = 1075 - 525 = 550 \quad \text{標準偏差} = \sqrt{1075 + 525} = 40$$

11. 假設鉛($\rho = 11.34 \text{ g/cm}^3$)對 60 keV 的 X 光，其衰減係數(μ)為 0.26 cm^{-1} 則鉛對此能量光子的吸收係數約為多少 cm^{-1} ？ (1) 0.123 (2) 0.25 (3) 0.15 (4) 2.95

[解:]

(2)

12. 已知某活度為 1 mCi 的同位素(半化期為 24 hr)，請問 48 hr 內共有多少個原子核產生衰變？ (1) 2.7×10^{12} (2) 3.5×10^{12} (3) 4.8×10^{12} (4) 4.2×10^{12}

[解：]

(2)

1 Ci = 3.7×10^{10} Bq，活度 $A = \lambda N$ ， $\lambda = 0.693/t_h$ ，假設衰變時間為 t ，初始原子數目 N_0 之同位素，經過 t 時間衰變後，剩餘原子數目 N 為：

$$N = N_0 e^{-(0.693 \times 48/24)} = N_0/4$$

因此衰變個數為

$$N_0 - N = (3/4)N_0 = (3/4) \times (A_0/\lambda) = [0.75 \times (3.7 \times 10^7) \times (24 \times 60 \times 60)]/0.693 = 3.5 \times 10^{12}$$

13. 在 LET 值大於多少以上時，氧增比(OER)的數值會趨近於 1？

(1) 10 keV/ μ m (2) 50 keV/ μ m (3) 100 keV/ μ m (4) 200 keV/ μ m

[解：]

(4)

14. 能量 0.025 eV 的熱中子反應，中子捕獲截面為 0.34 邦(barn)，試估計 1.000 eV 中子捕獲截面為多少 cm^2 ？ (1) 5.6×10^{-26} (2) 2.1×10^{-26} (3) 5.4×10^{-26} (4) 1.36×10^{-23}

[解：]

(3)

$$\sqrt{\frac{0.025}{1}} \times 0.34 \times 10^{-24} = 0.054 \times 10^{-24} = 5.4 \times 10^{-26}$$

15. 下列關於克馬(Kerma)與吸收劑量的敘述有哪些正確？

A. 克馬的定義為不帶電粒子在每單位質量介質中之能量轉移

B. 克馬較吸收劑量容易度量

C. 在電子平衡達到的情況下，克馬會等於吸收劑量

D. 在考慮衰減情況下，隨著深度大於增建區後，克馬會逐漸減少但吸收劑量不變

(1) A, B (2) A, C (3) B, C (4) C, D

[解：]

(2)

克馬容易計算、吸收劑量較容易度量

在考慮衰減情況下，隨著深度大於增建區後，克馬與吸收劑量均會逐漸減少

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 對光子射線進行康普吞散射反應而言，若入射光子的能量為 0.662 MeV，而散射光子的能量為 0.527 MeV，則光子的散射角度 θ 為幾度？

[解:]

$$\begin{aligned}\alpha &= (0.662 \text{ MeV} / 0.511 \text{ MeV}) = 1.2955 \\ 0.527 \text{ MeV} &= (0.662 \text{ MeV}) / [1 + 1.2955(1 - \cos \theta)] \\ 1 + 1.2955(1 - \cos \theta) &= 1.2562 \\ 1.2955 \times \cos \theta &= 1.0393 \\ \cos \theta &= 0.8023 \\ \theta &= 36.65 \text{ 度}\end{aligned}$$

2. (a) 說明細胞有絲分裂的生命週期中各期的名稱，並說明各期的功能
(b) 運行於全身的淋巴球是屬於哪一期？
(c) 其中哪些期對輻射較敏感？

[解:]

- (a) G1 期(準備期)，DNA, RNA 及特殊蛋白質合成的準備期。
S 期(DNA 合成期)，在此期 DNA 染色體開始複製至原來的兩倍。
G2 期，RNA 與蛋白質分裂的準備期。
M 期(有絲分裂期)，母細胞分裂為兩個子細胞。
(b) G0 期(靜止期)運行於全身。
(c) G2 與 M 期對輻射較敏感。

3. 每克 ^{226}Ra 每秒發射大約 1.2×10^7 個快中子(平均能量=4 MeV)的 Ra-Be 中子源，已知在 4 MeV 快中子通量率 $9.2 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之下工作照射 40 小時將達 1 mSv/週之劑量限值。試問距該射源 0.5 m 處照射 1 小時，快中子造成之劑量為多少 mSv?

[解:]

$$\begin{aligned}(1.2 \times 10^7 \text{ 快中子/秒}) / [4 \times 3.1416 \times (50 \text{ cm})^2] \\ = 382 \text{ 快中子/ cm}^2 \cdot \text{s}\end{aligned}$$

$$382/X(\text{mSv/wk}) = 9.2/1(\text{mSv/wk})$$

$$\begin{aligned}X(\text{mSv/wk}) &= [382 \text{ 快中子/ cm}^2 \cdot \text{s}] / [9.2 \text{ 快中子/ cm}^2 \cdot \text{s}] \\ &= 41.5 \text{ mSv/wk}\end{aligned}$$

$$41.5 \text{ mSv/wk} \times 1/40 = 1.04 \text{ mSv/h}$$

$$1.04 \text{ mSv/h} \times 1 \text{ h} = 1.04 \text{ mSv}$$

4. 有 500 ml 水，由 22.0 °C 升到 22.3 °C 需(1)吸收多少 eV 能量? (2)吸收多少 Gy 量? [1 cal = 4.186 焦耳]

[解:]

(1) 1 ml 水 吸收 1 卡 熱能升高 1°C，即吸收 4.186 J 使 1 ml 水升高 1°C，

$$\begin{aligned}4.186 \text{ J} \times 500 \text{ ml} \times (22.3 - 22.0) \times (1 \text{ eV} / 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) \\ = 3.9 \times 10^{21} \text{ eV}\end{aligned}$$

(2) 吸收 4.186 J 能使 1 ml 水升高 1°C，

$$\therefore (4.186 \text{ J} \times 500 \times 0.3) / 0.5 \text{ kg} = 1255.8 \text{ Gy}$$

5. 一部自由空氣游離腔運作在飽和狀況下，其靈敏體積為 12 cm^3 ，受 X 射線照射給出的讀數為 $5 \times 10^{-6} \text{ mA}$ 。已知當時氣溫 $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ，氣壓 756 mm Hg ，求其曝露量率(R/h)?

[解:]

$$\begin{aligned} & (5 \times 10^{-9} \text{ C/s}) / \{ 12 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3 \times [273 / (273 + 18)] \times (756 / 760) \} \\ & = (5 \times 10^{-9} \text{ C/s}) / \{ 1.552 \times 10^{-5} \text{ kg} \times 0.938 \times 0.9895 \} \\ & = (3.45 \times 10^{-4} \text{ C/kg} \cdot \text{s}) \times (3600 \text{ s/h}) / [(2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}) / \text{R}] \\ & = 4.81 \times 10^3 \text{ R/h} \end{aligned}$$

6. 為 ^{90}Sr 射源($1 \times 10^{11} \text{ Bq}$)設計雙層屏蔽，內層PE塑膠($\rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$ ， $Z_{\text{eff}} = 4.75$)外層 Pb (2.27 MeV 光子之 $\mu = 0.506 \text{ cm}^{-1}$)，欲使 Pb 外表的劑量率低於 2 mSv/h (肌肉對 2.27 MeV 光子之 $\mu_{\text{en}}/\rho = 0.0249 \text{ cm}^2/\text{g}$)。已知 ^{90}Sr 之貝他平均能量 $E_{\beta} = 0.18 \text{ MeV}$ ， ^{90}Y 之貝他平均能量 = 0.93 MeV ， ^{90}Y 之貝他最大能量 $E_{\text{max}} = 2.27 \text{ MeV}$ ，產生制動輻射的機率 $f_{\beta} = 3.5 \times 10^{-4} Z E_{\text{max}}$ ， 2.27 MeV 電子最大射程 = 1.09 g/cm^2 。試計算(1) PE塑膠最小厚度? (2) 若不考慮增建因數，則外層Pb需多厚?

[解:]

(1) PE 塑膠最小厚度 = $(1.09 \text{ g/cm}^2) / (0.95 \text{ g/cm}^3) = 1.15 \text{ cm}$

(2) PE 塑膠產生制動輻射的機率 $f_{\beta} = 3.5 \times 10^{-4} \times 4.75 \times 2.27 = 3.8 \times 10^{-3}$

^{90}Sr - ^{90}Y 平衡時的貝他平均能量 = $0.93 \text{ MeV} + 0.18 \text{ MeV} = 1.11 \text{ MeV}$ / 蛻變

制動輻射的能量

$$= 1 \times 10^{11} \text{ 蛻變/秒} \times 1.11 \text{ MeV/蛻變} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 3.8 \times 10^{-3} = 6.75 \times 10^{-5} \text{ J/秒}$$

PE 塑膠屏蔽外表的劑量率:

$$[6.75 \times 10^{-5} \text{ J/秒} \times 3600 \text{ 秒/時} \times 0.0249 \text{ cm}^2/\text{g} \times 1000 \text{ g/kg}] \div$$

$$[4 \times 3.1416 \times (1.15 \text{ cm})^2]$$

$$= 0.3641 \text{ J/kg} \cdot \text{h} = 364.1 \text{ mGy/h} = 364.1 \text{ mSv/h}$$

需 Pb 屏蔽厚度:

$$2/364.1 = e^{-0.506 \times t}$$

$$0.0055 = e^{-0.506 \times t}$$

雙邊取 ln

$$5.2043 = 0.506 \times t$$

$$t = 5.2043 / 0.506$$

$$= 10.3 \text{ cm}$$

7. 設 1 MeV 中子開始在石墨緩速劑中減速，為使變成熱中子，試問必須與碳原子核碰撞的最少次數?

[解:]

碰撞一次，中子剩下 $[(12-1)/(12+1)]^2 \times 1 \text{ MeV} = 121 / 169 \text{ MeV}$

$$(121 / 169)^n \text{ MeV} = 2.5 \times 10^{-8} \text{ MeV}$$

$$n = (\log 2.5 \times 10^{-8}) / (\log 121 / 169) = 7.602 / 0.145 = 52.4 \approx 53 \text{ 次}$$