

行政院原子能委員會
112 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. 若 ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ 反應的 Q 值為 4.78 MeV，試問 α 粒子的動能為多少 MeV？
(1) 2.73 (2) 2.05 (3) 1.41 (4) 4.78

[解：]

(2)

$$E_{\alpha} = 4.78 \text{ MeV} \times 3/(3+4) = 2.05 \text{ MeV}$$

2. 一 10.022 MeV 光子射入一 0.1 kg 物質，並經歷了一次成對產生形成各具動能 4.5 MeV 的正子和電子。此二荷電粒子最後均在此物質內消散所有動能，其間共產生 1.6、1.4、2 MeV 之三個制動輻射並全部從此物質內逃逸。正子在消耗完動能後，在此物質內發生互毀作用並產生二個各 0.511 MeV 之光子逃逸出此物質。則此時之吸收劑量為多少 pGy？ (1) 1.4 (2) 6.4 (3) 14.4 (4) 20.8

[解：]

(2)

$$\text{吸收劑量 } D = \frac{\text{吸收能量}}{\text{物質質量}}$$

$$= \frac{[10.022 - (1.6 + 1.4 + 2 + 2 \times 0.511)] \text{ MeV} \times (1.6 \times 10^{-13}) \frac{J}{\text{MeV}}}{0.1 \text{ kg}}$$

$$= 6.4 \times 10^{-12} \text{ Gy} = 6.4 \text{ pGy}$$

3. 硼有 ${}^{10}\text{B}$ 、 ${}^{11}\text{B}$ 二個穩定同位素，如果硼、 ${}^{10}\text{B}$ 與 ${}^{11}\text{B}$ 的原子量分別為 10.812025、10.012939 與 11.009305 amu，請計算 ${}^{10}\text{B}$ 的豐度為多少%？

- (1) 9.80 (2) 19.80 (3) 29.37 (4) 39.80

[解：]

(2)

假設 ${}^{10}\text{B}$ 的豐度為 X

$$\text{硼原子量} = 10.012939X + 11.009305 \times (1-X) = 10.812025 \therefore X = 0.1980 = 19.80\%$$

4. 針對 X 光機次防護屏蔽設計時，屏蔽外某點 P 的輻射強度主要與下列哪些項目有關？
A. 散射角度 B. 散射體之照野面積 C. 散射體的溫度 D. P 點的使用因數

- (1) AB (2) BC (3) AD (4) CD

[解：]

(1)

5. 淋巴細胞具有高輻射敏感性，下列關於其細胞存活曲線的描述何者錯誤？

A.較小 D_0 值 B.較寬廣的肩部 C.較小 α/β 值 D.細胞以分裂死亡(mitotic death)的比重遠比細胞凋亡(apoptosis)多

(1)僅 ABC (2)僅 BCD (3)僅 ABD (4) ABCD

[解：]

(2)

6. 有一偵檢器的 Fano factor 為 0.1，如果要達到能量解析度的統計極限為 0.5%，則每一個脈衝荷電載體的最小數目為多少個？ (1) 22090 (2) 32090 (3) 42030 (4) 51060

[解：]

(1)

$$R = 2.35 \times \sqrt{\frac{F}{N}} \Rightarrow 0.5\% = 2.35 \times \sqrt{\frac{0.1}{N}} \therefore N = 22090$$

7. 下列關於劑量與單位的配對何者正確？

A.等價劑量-西弗 B.有效劑量-西弗 C.集體劑量-人西弗 D.器官劑量-西弗

(1)僅 ABC (2)僅 BCD (3)僅 ABD (4) ABCD

[解：]

(1)

器官劑量-戈雷

8. H-3、C-14、Sr-90、I-131 中有哪些造成體內污染時，不建議使用全身計測？

(1) H-3、C-14 (2) H-3、Sr-90 (3) H-3、C-14、Sr-90 (4) H-3、C-14、Sr-90、I-131

[解：]

(3)

純貝他發射之核種(H-3、C-14、Sr-90) 不建議使用全身計測評估

9. 鉛($\rho=11.34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) 對光子的總衰減係數在下列哪個能量附近有一最低值？

(1) 30 keV (2) 300 keV (3) 3 MeV (4) 10 MeV

[解：]

(3)

10. 光子與物質作用中，關於成對效應(pair production)所伴隨的互毀作用(annihilation)之敘述，下列何者為真？

(1)互毀作用會產生兩個方向相同的光子

(2)互毀作用會產生兩個 1.02 MeV 的光子

(3)胸部 X 光檢查中不會產生互毀作用

(4)互毀作用會產生兩個方向相反的電子

[解：]

(3)

胸部檢查 X 光能量小於 1.02 MeV，不會產生成對效應

11. 相同種類細胞在不同生命週期受到輻射傷害的程度會不同，如細胞於下列週期中接受照射，何者對輻射最敏感？

(1)有絲分裂期 M (2) DNA 合成期 S (3)細胞靜止期 G₀ (4) DNA 合成準備期 G₁

[解：]

(1)

12. 下述何者是吸收劑量的單位？ (1) C/kg (2) J/kg (3) MeV (4) Sv

[解：]

(2)

13. 下列關於輻射生物效應之敘述何者正確？

(1)不同輻射造成相同生物效應，需較高劑量者其 RBE 值較大

(2) 3 MeV 質子之輻射加權因數較 1 MeV 中子大

(3)女性卵巢接受超過 1 Gy 者即會造成暫時不孕

(4)男性睪丸接受超過 300 mGy 者即會造成暫時不孕

[解：]

(4)

RBE=標準輻射產生某一生物效應的劑量/某一輻射產生相同生物效應的劑量，故需較高劑量之輻射其 RBE 值應較小。

依據游離輻射防護安全標準附表一，3 MeV 質子之輻射加權因數為 5，1 MeV 中子之輻射加權因數為 20。

女性卵巢接受超過 3 Gy 者即會造成暫時不孕。

14. 同位素 ²²⁶Ra 的初始質量為 500 mg，請問多久後 ²²²Rn 達到最大的活度？（²²⁶Ra 的半化期=1600 年，²²²Rn 的半化期=3.8 天）

(1) 14 天 (2) 28 天 (3) 48 天 (4) 65 天

[解：]

(4)

²²⁶Ra 的半化期=1600 年，²²²Rn 的半化期=3.8 天，而質量與所求並無關係。

$$t_{\max} = \frac{\ln\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)}{\lambda_B - \lambda_A} = \frac{\frac{0.693}{\frac{3.8}{365}}}{\frac{0.693}{365} - \frac{0.693}{1600}} = 0.18 \text{年} = 65 \text{天}$$

15. 在診斷 X 光室中，有用射束能照到的地方都需要加入下列何種屏蔽？

(1)主防護屏蔽 (2)次防護屏蔽 (3)中子屏蔽 (4)混凝土迷宮

[解：]

(1)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 某一工作人員不慎將 Tc-99m 藥物濺灑到檯面。該單位的輻防人員以擦拭濾紙擦拭 100 cm² 檯面後，測得計數率為 100 cps。若擦拭效率為 10%，計數效率 70%，則該檯面之污染活度為多少 Bq/m²？

[解：]

$$100 \text{ cm}^2 = 0.01 \text{ m}^2$$

$$100 \text{ cps} / [(0.1 \text{ cps Bq}^{-1}) \times 0.7] = 1429 \text{ Bq}$$

$$\text{該檯面之污染活度為 } 1429 \text{ Bq} / 0.01 \text{ m}^2 = 1.43 \times 10^5 \text{ Bq m}^{-2}$$

2. 若在一一年內，某輻射工作人員受到沉積在肺(組織加權因數=0.12)中的 α 粒子授予體內吸收劑量 10 mGy，甲狀腺(組織加權因數=0.05)中的 β 粒子所導致之劑量 160 mGy，及體外全身均勻之 γ 曝露 15 mGy，試問：

(1)該工作人員之有效劑量為多少 mSv？

(2)該年工作人員還能接受多少全身均勻 γ 體外曝露的有效劑量？

[解：]

$$(1) E = \sum H_T W_T = 10 \times 20 \times 0.12 + 160 \times 1 \times 0.05 + 15 \times 1 \times 1 = 47 \text{ (mSv)}$$

$$(2) 50 - 47 = 3 \text{ (mSv)}$$

3. 試求距離某 10^8 貝克光子點射源 4 公尺處的空氣劑量率。

(已知該射源的 Γ 值為 $2.3 \times 10^{-9} (\text{Gy} \cdot \text{m}^2) / (\text{MBq} \cdot \text{h})$)

[解：]

$$\text{空氣劑量率} : [2.3 \times 10^{-9} (\text{Gy} \cdot \text{m}^2) / \text{MBq} \cdot \text{h}] \times 10^8 \text{ Bq} / (4 \text{ m})^2 = 1.43 \times 10^{-8} \text{ Gy h}^{-1}$$

4. 某醫院將 2 MBq 的 Au-198 射源(半化期為 2.69 天)永遠植入一病人體內進行治療，則 Au-198 射源在此病人體內總共會發生多少次衰變？

[解：]

衰變次數=植入病人體內之核種原子個數(永遠植入)

$$= N_0 = A_0 / \lambda = 2 \times 10^6 (\text{Bq}) / (0.693 / T_{1/2})$$

$$= 2 \times 10^6 (\text{dps}) \times 1.443 \times 2.69 \times 86400 (\text{s}) = 6.7 \times 10^{11} (\text{次衰變})$$

5. 已知有一放射性樣本的總計數率(A_s)為背景計數率(A_b)的 49 倍, 若欲在 12 分鐘內完成最佳的計測時間, 則總計數及背景計數所需的計測時間各為幾分鐘?

[解:]

總計數及背景計數所需的計測時間為 10.5 分鐘及 1.5 分鐘。

$$t_s / t_b = \sqrt{A_s / A_b} = \sqrt{49}, \quad t_s = 7t_b, \quad 7t_b + t_b = 12, \quad t_b = 1.5, \quad t_s = 10.5$$

6. 有一活度為 4 Ci 的 ^{60}Co 點射源, 每次蛻變射出 1.17 MeV 與 1.33 MeV 的加馬射線, 在空氣中的質量吸收係數 $\mu_a / \rho = 0.0267 \text{ cm}^2 / \text{g}$, 試求:

(1) ^{60}Co 的比加馬射線常數 $\Gamma \left(\frac{R \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}} \right)$

(2) 離該射源 2 公尺處空氣的吸收劑量率 $\dot{D}(\text{Gy}/\text{h})$ 。

[解:]

(1) 比加馬常數

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{q_e}{E_{ip}} \frac{1}{4\pi} \sum_i E_i f_i \frac{\mu_i}{\rho} = \frac{1}{34} \times \frac{1}{4\pi} \times 0.0267 \times (1.17 \times 1 + 1.33 \times 1) \frac{\text{C cm}^2 \text{ MeV}}{\text{J g dis.}} \\ &\times \frac{1.6 \times 10^{-13} \text{ J}}{\text{MeV}} \times \frac{10^{-4} \text{ m}^2}{\text{cm}^2} \times \frac{10^3 \text{ g}}{\text{kg}} \times \frac{\text{dis}}{\text{Bq} \cdot \text{s}} \times \frac{3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}}{\text{Ci}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} \times \frac{3876 \text{ R}}{\text{C/kg}} \\ &= 1.29 \frac{R \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}} \end{aligned}$$

(2) 吸收劑量率

$$\begin{aligned} \text{曝露率 } \dot{X} &= \Gamma \frac{A}{r^2} = 1.29 \times \frac{4 \text{ R} \cdot \text{m}^2 \text{ Ci}}{4 \text{ Ci} \cdot \text{h m}^2} = 1.29 \frac{\text{R}}{\text{h}} \\ \text{吸收劑量率 } \dot{D} &= \frac{E_{ip}}{q_e} \dot{X} = 34 \times 1.29 \frac{\text{J R}}{\text{C h}} \times \frac{\text{C/kg}}{3876 \text{ R}} \times \frac{\text{Gy}}{\text{J/kg}} = 1.13 \times 10^{-2} \text{ Gy/h} \end{aligned}$$

7. 輻射工作人員對於某放射性核種的年攝入限度為 $5 \times 10^6 \text{ Bq}$, 請計算其推定空氣濃度, 並說明推定空氣濃度之定義。

[解:]

$$\text{DAC} = \text{ALI} / (2400 \text{ m}^3) = 5 \times 10^6 \text{ Bq} / (2400 \text{ m}^3) = 2083 \text{ Bq/m}^3$$

推定空氣濃度(DAC): 指某一放射性核種在每一立方米空氣中的濃度(貝克/立方米), 參考人在輕微體力之活動中, 於一年中呼吸此濃度之空氣 2000 小時, 將導致年攝入限度。