

行政院原子能委員會  
104 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. 診斷使用的 X 光設備所產生 X 光以那一類所佔比率最高？

- (1)單一能量 X 光 (2)制動輻射 (3) 0.511 MV 能量的 X 光 (4)特性輻射

[解：]

(2)

2. 游離輻射包括直接游離輻射及間接游離輻射。下列何者屬於直接游離輻射？

- (1)中子 (2)加馬 (3)貝他 (4) X 光。

[解：]

(3)

3. 輻射對人體的影響，哪一種所需的時間最久？ (1)游離與激發之物理作用 (2)分子內的放射化學變化 (3)產生癌症或遺傳效應 (4)生理及解剖上的變化

[解：]

(3)

4. 某 NaI 偵檢器測量得  $^{137}\text{Cs}$  光電峰的解析度(resolution)=7.6%，請問此光電峰的半高全寬(FWHM)=？ (1) 30 keV (2) 40 keV (3) 50 keV (4) 60 keV

[解：]

(3)

$$7.6\% = \frac{\text{FWHM}}{662 \text{ keV}} \times 100\%$$

$$\text{FWHM} = 662 \text{ keV} \times 0.076 = 50.3 \text{ keV}$$

5. 下列何者可用於評估攝入放射性核種造成體內輻射之危險度？

- (1)周圍等效劑量 (2)淺部等效劑量 (3)深部等效劑量 (4)約定有效劑量

[解：]

(4)

6. 阻擋本領(stopping power)的物理單位為何？

- (1) J/kg (2) MeV/cm (3) eV/ion-pair (4)克馬

[解：]

(2)

7. 拍攝 X 光片之條件為 80 kVp 與 100 mAs，試問在產生 X 光的過程中每秒有若干個電子與陽極靶起作用？ (1)  $6.25 \times 10^{17}$  (2)  $2.25 \times 10^{18}$  (3)  $3.25 \times 10^{19}$  (4)  $1.25 \times 10^{20}$

[解:]

(1)

$$100 \text{ mAs} = 100 \times 10^{-3} \text{ C/秒} \div 1.6 \times 10^{-19} \text{ C/電子} = 6.25 \times 10^{17} \text{ 電子/秒}$$

8. 輻射導致智商遲緩，主要是發生於懷孕期的那幾週？

(1)第 1-7 週 (2)第 8-15 週 (3)第 25-34 週 (4)第 35-40 週

[解:]

(2)

9. 下列何種輻射體外曝露所造成白內障之劑量為最小？

(1) $\alpha$  粒子 (2) $\beta$  粒子 (3)中子 (4)光子

[解:]

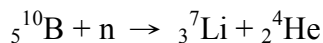
本題送分

10. 若利用  $^{10}\text{BF}_3$  氣體度量中子，試問會產生哪些核反應的產物？

(1) $^7\text{Be}$ 、 $^3\text{H}$  (2) $^7\text{Be}$ 、 $^4\text{He}$  (3) $^7\text{Li}$ 、 $^3\text{H}$  (4) $^7\text{Li}$ 、 $^4\text{He}$

[解:]

(4)



11. 鉛(密度  $11.35 \text{ gcm}^{-3}$ )對  $70 \text{ keV}$  光子的衰減係數( $\mu$ )為  $0.26 \text{ cm}^{-1}$ ，則鉛對此光子的能量吸收係數( $\mu_{\text{en}}$ )應該約為下列何者？ (1)  $0.10 \text{ cm}^{-1}$  (2)  $0.15 \text{ cm}^{-1}$  (3)  $0.25 \text{ cm}^{-1}$  (4)  $0.35 \text{ cm}^{-1}$

[解:]

(3)

12. 已知  $100 \text{ keV}$  光子與鉛(原子量  $A=207.2$ ，原子序  $Z=82$ ，密度  $\rho=11.3 \text{ g/cm}^3$ )作用的質量衰減係數( $\mu/\rho$ )= $5.453 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，請問原子衰減係數( $\times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{atom}$ )=?

(1) 440 (2) 898 (3) 1610 (4) 1877

[解:]

(4)

$${}_{\text{atom}}\mu \left( \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}} \right) = \frac{5.453 \text{ cm}^2}{\text{g}} \times \frac{1 \text{ g}}{\frac{1}{207.2} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ atom}} = 1877 \times 10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}}$$

13. 某人在 25 歲至 55 歲期間擔任輻射作業人員，假設期間大腸(colon)共累積接受了  $0.15 \text{ Gy}$  的劑量，其餘時間大腸並沒接受任何輻射劑量。依據 BEIR VII 之大腸癌的 ERR(excess relative risk)等於  $0.43 \text{ Gy}^{-1}$ 。請估算此人因輻射劑量造成大腸癌的機率(probability of causation)？ (1) 3.7% (2) 6.1% (3) 6.8% (4) 8.6%

[解:]

(2)

$$PC = \frac{0.43 \frac{1}{\text{Gy}} \times 0.15 \text{ Gy}}{1 + (0.43 \frac{1}{\text{Gy}} \times 0.15 \text{ Gy})} = 0.061 = 6.1\%$$

14. 某一試樣的計測值為  $1000 \pm 80$ ，則其 95% 信賴區間約為：

- (1) 840~1160 (2) 924~1076 (3) 843~1157 (4) 842~1158

[解：]

(3)

$$95\% = \pm 1.96 \sigma, 1000 \pm (80 \times 1.96) = 1000 \pm 156.8$$

15. 距 1 mCi 點射源 1 m 處之劑量率為 0.4 mSv/h，若不考慮空氣之增建因數，則當射源為 5 mCi，於距離 2 m 處工作 6 小時之劑量為多少毫西弗？

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

[解：]

(3)

$$D = \frac{\Gamma \cdot A}{d^2} \times t = \frac{0.4 \frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2}{\text{mCi} \cdot \text{h}} \times 5 \text{ mCi}}{2^2 \text{ m}^2} \times 6 \text{ h} = 3 \text{ mSv}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 自然界中鋰(Li)的同位素有  ${}^6\text{Li}$  與  ${}^7\text{Li}$  兩個，其平均原子質量為 6.940 amu，而  ${}^6\text{Li}$  與  ${}^7\text{Li}$  原子質量分別為 6.01512 amu 與 7.01600 amu，試問  ${}^6\text{Li}$  的豐度約為多少 %？

[解：]

$$6.01512 \text{ amu} \times X + 7.01600 \text{ amu} \times (1-X) = 6.940 \text{ amu}$$

$$(7.01600 - 6.01512) X = 7.01600 - 6.940$$

$$X = 0.0760 / 1.0009$$

$$= 0.0759$$

$$= 7.59\%$$

2. 在輻射生物效應中請簡答下列問題：

- (1) 何謂相對生物效能(RBE)?
- (2) 何謂氧增比(OER)?
- (3) 急性輻射症候群有那些?
- (4) 目前最靈敏亦最廣泛應用之生物劑量計是什麼?

[解：]

- (1) 指達到相同的生物效應時，所需 250 kV X 射線的劑量與其他待測不同輻射線的劑量的比值。

- (2) 指同一種輻射在有氧與缺氧的狀態下，產生相同生物效應所需劑量的比值。
- (3) 造血系統症候群，胃腸道症候群，中樞神經症候群。
- (4) 染色體變異分析。

3. X 光與物質間的交互作用有那五種？並解釋之。

[解：]

合調散射：X 光能量小於 10 keV，會藉由合調散射與物質作用。

光電效應：X 光會與內層軌域電子發生游離作用，X 光不會被散射，而是完全被吸收。

康普吞效應：X 光會與外層軌域電子起作用，不僅會散射出 X 光，降低其能量，並造成原子的游離。

成對發生：當入射 X 光具有足夠能量(> 1.022 MeV)時，其會避免與電子發生作用，且會非常靠近原子核，受到強大核力場影響，X 光會消失，且以兩個電子替代出現。

光蛻變：X 光能量大於 10 MeV，會直接被原子核吸收，進而發射核子或其他碎片。

4. 圓筒型比例計數器內部某一點垂直距離陽極絲中心軸  $r$  處的電場高壓  $E$  (V/m) =  $V / [r \ln(b/a)]$ 。試說明(1)公式中  $V$ ， $a$ ， $b$  三項代表的物理意義？(2)偵檢信號隨外加電場高壓增高而比例放大的原因？

[解：]

(1)  $V$  為外加電場高壓， $a$  為中心陽極絲的半徑長度， $b$  為圓筒(陰極)的半徑長度。

(2) 電場高壓  $E$  與外加電場  $V$  成正比與  $r$  成反比， $a$  愈細， $E$  會增加愈大。故當游離電子遷移到非常接近陽極絲時， $E$  值增加非常高，使得游離電子被加速獲取動能，大到足以再游離更多氣體分子，產生更多的電子與正離子對。因而偵檢信號能隨  $V$  值增高而照比例放大。

5. 一能量 5 MeV 之光子射束通量為  $10^{11}$  每平方公分，當此射束與一碳塊作用時，其吸收劑量為多少戈雷？( $\frac{\mu_{ab}}{\rho} = 0.0171 \text{ cm}^2/\text{g}$ )

[解：]

$$D = \frac{\Delta E_{\text{tr}}}{\Delta m} = E \cdot \Phi \cdot \frac{\mu_{ab}}{\rho} = 5 \times 10^6 \text{ (eV)} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ (J/eV)} \times 10^{11} \text{ (1/cm}^2\text{)} \times 0.0171 \text{ (cm}^2/\text{g)} \times 1000 \text{ (g/kg)}$$

$$= 1.368 \text{ J/kg} = 1.368 \text{ Gy}$$

6. 已知某同位素每次衰變(disintegration)釋出單一個 1.0 MeV 的  $\gamma$ -ray，此  $\gamma$ -ray 與空氣作用的質量衰減係數( $\mu/\rho$ )= $0.0636 \text{ cm}^2/\text{g}$ 、質量吸收衰減係數( $\mu_{\text{en}}/\rho$ )= $0.0279 \text{ cm}^2/\text{g}$ 。請使用衰減係數計算(勿使用粗略之估算)此同位素的曝露率常數  $\Gamma$ (單位以  $\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}}$  表示)。

[解:]

$$1\text{Ci 同位素在 } 1\text{ m 處的曝露率(mGy/h)} = \dot{\psi} \cdot \frac{\mu_{\text{en}}}{\rho}$$

$$= \frac{3.7 \times 10^{10} \frac{\text{decay}}{\text{s}} \times \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \times \frac{1.0\text{MeV}}{\text{decay}} \times \frac{1.6 \times 10^{-13}\text{J}}{1\text{MeV}}}{4\pi \cdot (1\text{m})^2} \cdot (0.00279 \frac{\text{m}^2}{\text{kg}}) = 4.73 \frac{\text{mGy}}{\text{Ci} \cdot \text{h}}$$

$$\text{依據距離平方反比, } \Gamma = 4.73 \frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}}$$

7.  $^{140}\text{Ba}$  以 12.8 天的半衰期衰變成  $^{140}\text{La}$ , 且  $^{140}\text{La}$  以 40.5 小時的半衰期衰變成穩定的  $^{140}\text{Ce}$ 。一放射化學家希望等到  $^{140}\text{La}$  有一最大的量之後才將  $^{140}\text{La}$  與  $^{140}\text{Ba}$  分開。試問

(a) 他要等多久?

(b) 若剛開始時有 10 mCi 的  $^{140}\text{Ba}$ , 則屆時他將收集到多少克的  $^{140}\text{La}$ ?

[解:]

(a) 衰變系列  $^{140}\text{Ba}(A) \xrightarrow{\lambda_A} ^{140}\text{La}(B) \xrightarrow{\lambda_B} ^{140}\text{Ce}(C)$ ,

$$B \text{ 樣品}(^{140}\text{La}) \text{ 的原子數目}(N_B) \text{ 的值为 } N_B = \frac{\lambda_A N_{A_0}}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}),$$

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{t_{A/2}} = \frac{\ln 2}{12.8 \times 24\text{h}} = 2.26 \times 10^{-3} \text{h}^{-1}$$

$$\lambda_B = \frac{\ln 2}{t_{B/2}} = \frac{\ln 2}{40.5\text{h}} = 0.017 \text{h}^{-1}$$

$$^{140}\text{La} \text{ 有一最大的量時, } \frac{d(\lambda_B N_B)}{dt} = \frac{\lambda_B \lambda_A N_{A_0}}{\lambda_B - \lambda_A} (-\lambda_A e^{-\lambda_A t_m} + \lambda_B e^{-\lambda_B t_m}) = 0$$

$$\text{得 } t_m = \frac{\ln(\lambda_B / \lambda_A)}{\lambda_B - \lambda_A} = \frac{\ln(0.017 / 0.00226)}{0.017 - 0.00226} = 136.4 \text{ h}$$

$$(b) \lambda_A = 2.26 \times 10^{-3} \text{h}^{-1} = 6.28 \times 10^{-7} \text{s}^{-1}$$

$$\lambda_B = 0.017 \text{h}^{-1} = 4.7 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$$

$$t = 136.4 \text{ h}$$

$$\lambda_A N_{A_0} = 10 \times 3.7 \times 10^7 \text{Bq} = 3.7 \times 10^8 \text{Bq}$$

$$\text{代入, 得 } N_B = \frac{\lambda_A N_{A_0}}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) = 5.76 \times 10^{13} \text{ 原子}$$

$$\text{收集到 } ^{140}\text{La} \text{ 的重量 } w = \frac{N_B}{N_0} \times A = \frac{5.76 \times 10^{13}}{6.02 \times 10^{23}} \times 140 \text{g} = 1.34 \times 10^{-8} \text{g}$$