

行政院原子能委員會  
103 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. 合理抑低原則(ALARA)是何種輻射防護觀念的應用？

- (1)正當化 (2)最適化 (3)限制化 (4)歸一化

[解：]

(2)

2. 能量為 1 MeV 的光子射束與 100 克物質作用，轉移 0.12 焦耳的能量游離電子，其中有 0.04 焦耳的能量轉成制動輻射，則克馬(kerma)值為何？

- (1)  $1.2 \times 10^{-3}$  Gy (2)  $0.8 \times 10^{-3}$  Gy (3) 0.8 Gy (4) 1.2 Gy

[解：]

(4)

解：  $0.12 \text{ J} / 0.1 \text{ kg} = 1.20 \text{ J} / \text{ kg} (\text{Gy})$

3. 細胞受輻射照射時，下列何者最能減少其輻射傷害？ (1)降低照射時細胞周圍的溫度

- (2)增高照射時細胞周圍硫氫化合物的濃度 (3)增高照射時細胞周圍氧氣的濃度 (4)減少照射時細胞中的水含量

[解：]

(2)

4. 氣泡劑量計(bubble dosimeter)主要是用來測量下列何種輻射？

- (1) $\alpha$  粒子 (2) $\gamma$  射線 (3) $\beta$  粒子 (4)中子

[解：]

(4)

5. 下列的帶電粒子，何者 LET 最高？

- (1) 1 MeV 電子 (2) 10 MeV 電子 (3) 10 MeV 正子 (4) 1 MeV  $\alpha$  粒子

[解：]

(4)

6. 請問耗乏鈾(Depleted uranium)是指？ (1) $^{238}\text{U}$  的豐度(abundance) $<0.07\%$  (2) $^{235}\text{U}$  的豐度 $<0.7\%$  (3) $^{238}\text{U}$  的豐度 $<3.7\%$  (4) $^{235}\text{U}$  的豐度 $<3.7\%$

[解：]

(2)

7. 將鈷( $^{59}\text{Co}$ )原子置放於核反應器中，經中子活化 1 個半化期(5.26 年)，取出後又使用 2.63 年，試問此時活度為飽和活度的多少比例？

- (1) 11.7 % (2) 25.0 % (3) 35.4 % (4) 45.6 %

[解：]

(3)

$$\text{解： } A = A_{\text{飽和}} \left(1 - e^{\frac{-0.693}{5.26\text{年}} \times 5.26\text{年}}\right) \times e^{\frac{-0.693}{5.26\text{年}} \times 2.6\text{年}} = 0.354 \times A_{\text{飽和}}$$

8. 下列敘述組合何者正確？

- A. 眼球水晶體的等價劑量限度每年 150 mSv  
B. 紫外線引起之白內障與游離輻射引起的白內障容易區別  
C. 眼球水晶體含有分裂細胞，對游離輻射敏感性高  
D. 白內障是機率效應

- (1) A 和 B (2) A 和 C (3) A 和 D (4) B 和 C

[解：]

(2)

9. X 射線、快中子、 $\alpha$  粒子的氧增比(oxygen enhancement ratio, OER)值，依序為：

- (1) X 射線>快中子> $\alpha$  粒子 (2)  $\alpha$  粒子>快中子>X 射線 (3) 快中子> X 射線>  $\alpha$  粒子 (4) X 射線=快中子= $\alpha$  粒子

[解：]

(1)

10.  $\beta$  輻射在水中的射程( $R_w$ )為 5 mm，請問如果在標準狀態的空氣中，其射程( $R_a$ )約為多少？(空氣密度  $0.001293 \text{ g cm}^{-3}$ )

- (1) 5 mm (2) 7 cm (3) 30 cm (4) 4 m

[解：]

(4)

解：水的密度  $\rho_w = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

$$\rho_w \cdot R_w = 1 \times 0.5 \text{ g cm}^{-2}$$

空氣的密度  $\rho_a = 0.001293 \text{ g cm}^{-3}$

$$R_a = \frac{0.5}{0.001293} \text{ cm}^{-1}$$

$$= 388 \text{ cm}$$

$$= 3.9 \text{ m}$$

11. 已知某類型熱發光劑量計(TLD)之消光率(spontaneous fading rate)為  $1.57 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$ ，此 TLD 曝射後立即計讀的劑量為  $D_0$ 。若曝射後，延遲 30 天後才計讀(不考慮背景輻射的劑量)，請問計讀的劑量？ (1)  $0.90 D_0$  (2)  $0.93 D_0$  (3)  $0.96 D_0$  (4)  $0.99 D_0$

[解：]

(3)

$$\text{解： } D = D_o e^{-1.57 \times 10^{-8} s^{-1} \times 30 d \times 86400 s/d} = 0.96 D_o$$

12. 動能為 20 MeV 的電子，其在真空中的速度為光速的幾倍？

(1) 0.789 (2) 0.879 (3) 0.987 (4) 0.897

[解：]

(3)

13. 以相同能量之下列輻射分別照射培養皿中的細胞，那一種輻射的細胞存活曲線比較不受氧濃度的影響？ (1)  $\alpha$  (2)  $\beta$  (3)  $\gamma$  (4) 質子

[解：]

(1)

14. 以 NaI 偵檢器度量 450 keV 的  $\gamma$ -ray，已知轉換成閃爍光子的效率為 11%，閃爍光子平均能量為 2.5 eV，其中 75% 的閃爍光子可到達光電倍增管的陰極(光陰極)，入射光陰極的閃爍光子轉換成光電子的機率為 20%。請計算此入射輻射在陰極產生一個光電子所消耗的平均能量(W 值)？ (1)3 (2)29 (3)74 (4)152

[解：]

(4)

解：

$$\text{產生閃爍光子數} = \frac{450 \text{ keV} \times 11\%}{2.5 \text{ eV/光子}} = 19800 \text{ 光子}$$

$$\text{產生光電子數} = 19800 \times 75\% \times 20\% = 2970$$

$$\text{W 值} = \frac{450 \text{ keV}}{2970 \text{ 光電子}} = 152 \text{ eV/光電子}$$

15. 某輻射場使 1 cm<sup>3</sup> 體積空氣產生 1.3×10<sup>-8</sup> 庫侖電量，則其曝露量約為多少倫琴？

(1) 33.95 (2) 38.97 (3) 41.25 (4) 36.59

[解：]

(2)

$$\text{解： } 1.3 \times 10^{-8} \text{ C} / \{ 1 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ (kg/cm}^3\text{)} \} = 1.0054 \times 10^{-2} \text{ C/kg} \times \{ 1 / \{ 2.58 \times 10^{-4} \text{ (C/kg)/R} \} \} = 38.97 \text{ R}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

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

[解:]

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

2. (a)請說明輻射的健康效應，及其與輻射劑量的關係為何？並舉例之。  
 (b)為輻射防護目的分別說明使用輻射加權因數( $W_R$ )，組織加權因數( $W_T$ )的意義。

[解:]

(a)輻射的健康效應分為

- (1)機率效應，係假設只要接受輻射劑量就有發生致死癌與不良遺傳的機率存在，且發生之機率與接受劑量多寡成正比，劑量愈高(無低限)，發生的機率愈大。  
 (2)確定效應，係接受一定強度以上劑量(稱為低限劑量)才會產生臨床上可查覺的症狀，如噁心，嘔吐，皮膚紅斑，疲倦，血球數變化。接受劑量愈高，症狀愈嚴重。

- (b)(1) $W_R$  用於以吸收劑量計算組織器官等價劑量之修正因數，代表不同種類輻射之相對生物效應，即不同種類輻射造成組織器官的傷害程度不同。  
 (2) $W_T$  用於以各組織或器官等價劑量計算全身有效劑量之修正因數，係考慮不同組織或器官對輻射曝露造成機率效應(發生致死癌與不良遺傳)之敏感度(貢獻度)而訂定。

3. 請於答案紙繪出下表，於空格中填入核種在  $\alpha$ 、 $\beta^+$ 、同質異能遞移(IT)及電子捕獲(EC)衰變後其原子序數(Z)，中子數(N)及質量數(A)之變化。

衰變模式	Z	N	A
$\alpha$	-2	-2	
$\beta^+$			
IT			
EC			

解：

衰變模式	Z	N	A
$\alpha$	-2	-2	-4
$\beta^+$	-1	+1	0
IT	0	0	0
EC	-1	+1	0

4. 甲射源之計測值為 10000，乙射源之計測值為 1000，試計算甲射源與乙射源活度比值與其標準差？

[解:]

$$10 \pm 0.33$$

$$s = 10 \times (1/10000 + 1/1000)^{1/2} = 0.33$$

5. 說明克馬(kerma)的(1)定義，(2)如何產生(以光子輻射為例)? (3)物理單位，(4)何謂空氣克馬?。

[解:]

(1)定義:不帶電荷之輻射(光子或中子)與物質作用，在每單位質量中釋放出的所有帶電粒子的初始動能的總和。

(2)如何產生:以光子為例，經由光電效應，康普頓散射，成對發生等作用產生帶能量的電子。

(3)單位: J/kg

(4)空氣克馬:輻射與空氣作用產生的克馬，謂之。

6. 在一碳塊內有一個  $0.6 \text{ cm}^3$  空氣小腔，以加馬射線照射，在空腔裡產生  $5 \times 10^{-9}$  庫侖電量

(a)試計算碳塊的吸收劑量。(碳對空氣的平均阻擋本領比( $S_{air}^{carbon}$ )= 1.009，空氣之溫壓修正省略，空氣  $W=33.97 \text{ eV/離子對}$ ，空氣密度= $1.293 \text{ kg/m}^3$ )。

(b)一標準游離腔之限制光閘面積  $0.30 \text{ cm}^2$ ，電極板之靈敏長度  $5.00 \text{ cm}$ ，以 X 光照射，在 P 點收集到  $5 \times 10^{-9}$  庫侖，若是在標準狀態下，則 P 點的曝露量是多少?

[解:]

解: (a)  $D_{carbon} = D_{air} \cdot S_{air}^{carbon}$

$$= \frac{5 \times 10^{-9} \text{ C}}{0.6 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3} \times 33.97 \text{ J/C} \times 1.009$$

$$= 220.9 \times 10^{-3} \text{ J/kg} = 220.9 \text{ mGy} \quad \#$$

$$(b) \frac{5 \times 10^{-9} \text{ C}}{0.3 \text{ cm}^2 \times 5.00 \text{ cm} \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3}$$

$$= 2.58 \times 10^{-3} \text{ C/kg}$$

$$\text{或 } 2.58 \times 10^{-3} \text{ C/kg} / [2.58 \times 10^{-4} \text{ (C/kg) / R}] = 10 \text{ R} \quad \#$$

7. 一位患者一次注入  $1.11 \times 10^8 \text{ Bq}$  的  $^{131}\text{I}$ ，其中 30% 進入甲狀腺，甲狀腺質量為 20 g。試求甲狀腺的吸收劑量率(Gy/s)。〔 $^{131}\text{I}$  的  $\beta$  能量： $E = (0.069 \times 0.02 + 0.097 \times 0.07 + 0.192 \times 0.89 + 0.807 \times 0.006) = 0.183892 \text{ MeV}$ 〕

[解:]

$$\text{解: } D = [(1.11 \times 10^8 \times 0.3 \times 0.183892) \times 1.6 \times 10^{-13}] / 0.02 = 4.9 \times 10^{-5} \text{ (J/kg} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$= 4.9 \times 10^{-5} \text{ (Gy/s)}$$

甲狀腺的吸收劑量率為  $4.9 \times 10^{-5} \text{ Gy/s}$