

行政院原子能委員會
107 年度第 1 次「輻射防護師」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. 游離腔內空氣的質量受氣溫、氣壓影響，故正確的度量須做氣溫氣壓修正，下列何者是正確的氣溫、氣壓修正？(V 為腔內體積，P 為氣壓，Po 為標準大氣壓，T 為氣溫，To 為標準氣溫)

(1) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (Po/P) / (To/T)$ (2) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P/Po) / (T/To)$

(3) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (Po/P) / (T/To)$ (4) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P/Po) / (To/T)$

[解：]

(2)

2. 假設某一放射性核種之物理半化期為 8 天，若被攝入人體後的有效半化期為 6 天，試問其生物半化期約多久？ (1) 24 小時 (2) 24 天 (3) 2 天 (4) 12 天

[解：]

(2)

解: $6 \text{ 天} = (8 \times X) / (8 + X)$, $8 X = 48 + 6 X$, $2 X = 48 \text{ 天}$, $X = 24 \text{ 天}$

3. 若 41 Gy 劑量可使細胞存活率降到 1%，試問其平均致死劑量 D_0 為多少 Gy？

(1) 7.8 (2) 8.9 (3) 10.1 (4) 11.3

[解：]

(2)

解: $S/S_0 = 0.01 = e^{-41/D_0}$, 兩邊取 ln , $4.6 = 41/D_0$, $D_0 = 8.9 \text{ Gy}$

4. 下列何種偵檢器需要利用輝光曲線(glow)來計算劑量？

(1)液態閃爍偵檢器 (2)高純鍍偵檢器 (3)熱發光劑量計 (4)高壓游離腔

[解：]

(3)

5. 下列何者不是游離輻射造成淋巴細胞染色體的主要變異？

(1)環型 (2)雙中節型 (3)斷裂 (4)三中節型

[解：]

(4)

6. 下列何種效應不屬於局部的輻射急性效應？

- (1)造血系統症候群 (2)脫毛 (3)皮膚紅腫 (4)消化道上皮組織減數分裂

[解：]

(1)

7. 能量 2 MeV 的光子射束與 500 公克的物質作用，並轉移 0.5 焦耳的能量給游離電子，其中 0.4 焦耳的能量被物質吸收，試問克馬(Kerma)為何？

- (1) 1 Gy (2) 0.8 Gy (3) 0.2 Gy (4) 0.5 Gy

[解：]

(1)

$$K = \frac{\Delta E_{tr}}{\Delta m} = \frac{0.5 \text{ J}}{0.5 \text{ kg}} = 1 \text{ (J/kg)} = 1 \text{ Gy}$$

8. ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{14}C 、 ^3H 、 ^{131}I 等五種核種所造成之體內污染，適合使用全身計測(whole body counting)法來偵測的共有幾種？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

[解：]

(3)

[解：] ^{137}Cs ， ^{60}Co ， ^{131}I

9. 核種進行內轉換反應之後，其子核的質子數會：

- (1)加 1 (2)不變 (3)減 1 (4)減 2

[解：]

(2)

10. 核種進行內轉換反應是指原子核的能量最有可能給予外圍那一層軌道電子而將其游離？

- (1) K 層 (2) L 層 (3) M 層 (4) N 層

[解：]

(1)

11. ^{90}Sr 半化期=28.78 年， ^{90}Y 半化期=64.1 小時，當 1 g ^{90}Sr 與 ^{90}Y 達平衡時，有多少克 ^{90}Y 產生？ (1) 2.5×10^{-4} (2) 1 (3) 1.78×10^{-4} (4) 2.13×10^{-4}

[解：]

(1)

解: $\lambda_{\text{Sr}} N_{\text{Sr}} = \lambda_{\text{Y}} N_{\text{Y}}$ ， $\lambda_{\text{Sr}} / \lambda_{\text{Y}} = N_{\text{Y}} / N_{\text{Sr}}$ ， $64.1 \text{ hr} / (28.78 \times 365 \times 24 \text{ hr}) = X(\text{g}) / 1 \text{ g}$
 $X = 2.54 \times 10^{-4} \text{ g}$

12. 鉛的密度為 $11.35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，它對鈷-60 釋出之加馬射線之半值層為 1.2 公分，若使用密度為 $2.35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的混凝土當屏蔽，則對此加馬射線最接近的半值層約為多少公分？
(1) 0.25 (2) 3.65 (3) 5.80 (4) 12.26

[解:]

(3)

[解:]

鈷-60, $\text{HVL} = \ln 2 / \mu = 1.2 \text{ 公分}$, $\mu = 0.5776 \text{ cm}^{-1}$, 密度為 $11.35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,
 $\mu/\rho = 0.0509 \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$; 混凝土 $\mu = 0.0509 \times 2.35 = 0.1196 \text{ cm}^{-1}$,
 $\text{HVL} = \ln 2 / 0.1196 = 5.80 \text{ cm}$

13. 下列何者為對 17 歲以上人員評估時須考慮 50 年之累積劑量？
(1) X 光機造成之器官等價劑量
(2) 鈷-60 放射治療造成之器官吸收劑量
(3) 吸入放射性物質造成之約定有效劑量
(4) 特定群體曝露於某加速器之集體有效劑量

[解:]

(3)

14. 在 60 天內發生 50% 死亡的致死劑量，以下列何者表示？
(1) $\text{MD}_{60/50}$ (2) $\text{MD}_{50/60}$ (3) $\text{LD}_{60/50}$ (4) $\text{LD}_{50/60}$

[解:]

(4)

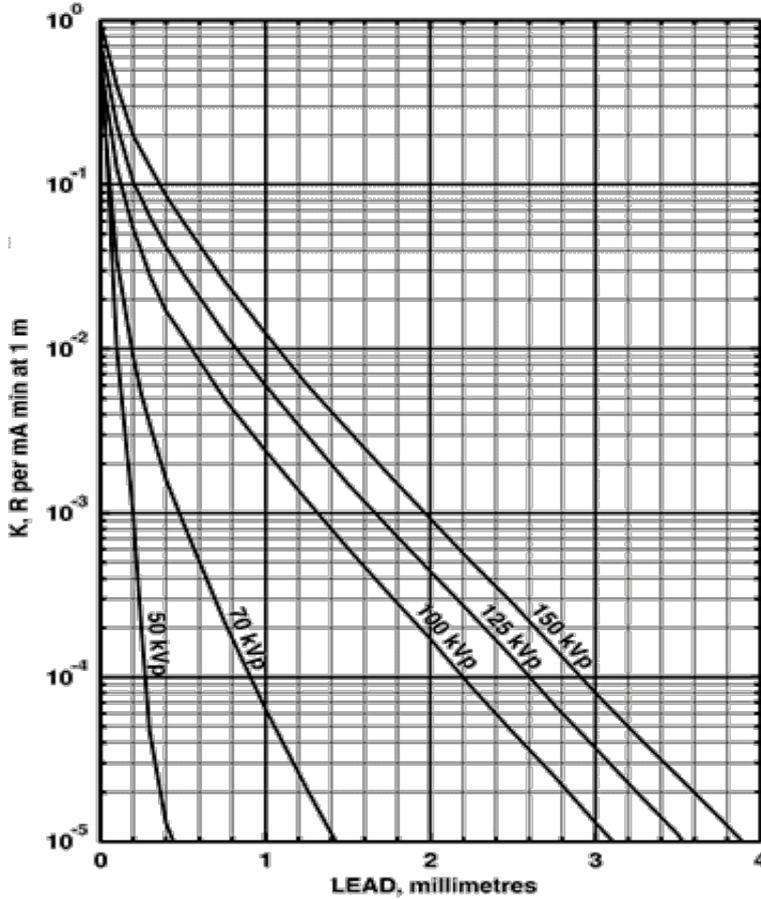
15. 利用 NaI(Tl) 閃爍偵檢器度量鈷-137 核種的能譜時，下列敘述何者正確？
(1) 康普頓邊緣是最小能量的康普頓電子所造成
(2) 回散射能峰(backscatter peak) 出現在 478 keV 處
(3) 康普頓邊緣(Compton edge) 出現在 184 keV 處
(4) 全能峰(full-energy peak) 出現在 662 keV 處

[解:]

(4)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 一間胸腔檢查專用 X 光攝影室，操作時 X 光管的管電壓的 125 kVp，工作負荷為 289 mA·min/wk。已知主射束對應牆面外為一走廊，走廊離 X 光管最近距離為 3.8 m，使用因數(U)=1，走廊的佔用因數(T)=1/4，欲使走廊之劑量率為 0.01 R/wk，則主要輻射防護的屏蔽鉛當量厚度(mm)須為多厚？



[解：]

Ans：P=0.01 R/wk

$$K = \frac{Pd^2}{WUT} = \frac{0.01 \frac{R}{wk} \cdot (3.8 m)^2}{289 \frac{mA \cdot min}{wk} \cdot 1 \cdot \frac{1}{4}} = 0.002 \frac{R \cdot m^2}{mAs}$$

對應圖形，須使用鉛厚度 1.4 mm。

2. 已知標準狀態下空氣的密度(ρ)為 0.001293 g/cm^3 ，W 值為 33.85 eV/ip 。若在空氣溫度 28°C 、氣壓 668 mmHg 條件下，以 0.6 cc 的游離腔 (ionization chamber) 測量 ^{137}Cs 的加馬射線曝露，在空氣中電量的讀數為 1.6 nC ，則此游離腔測量的曝露(R)為何？

[解：]

$$\text{曝露} = \frac{1.6 \times 10^{-9} \text{ C}}{0.6 \text{ cm}^3 \cdot 0.001293 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{668}{760} \cdot \frac{273}{273+28} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}} \times \frac{3876 \text{ R}}{1 \frac{\text{C}}{\text{kg}}} = 10.03 \text{ R}$$

3. 關於輻射的生物效應，試述確定效應(deterministic effect)與機率效應(stochastic effect)的性質，並分別舉例說明之。

[解：]

確定效應是指生物受到輻射照射後，若輻射劑量超過某一閾值(threshold)，生物效應一定會發生，且效應的嚴重程度隨輻射劑量增加而增加。若輻射劑量沒超過此閾值(threshold)，則如皮膚紅斑及白內障等生物效應一定不會發生。

機率效應的發生沒有閾值。機率效應是指生物受到輻射照射後，導致發生機率隨輻射劑量增加而增加，但如癌症與遺傳效應的嚴重程度與輻射劑量大小無關。

4. 二種同位素 A 和 B，其質量數分別為 A_A 和 A_B ，且 $A_A=4A_B$ ；其半化期分別為 T_A 和 T_B ，且 $T_A=0.5 T_B$ ，若二者比活度(specific activity)為 S_A 和 S_B ，請問 S_A 是 S_B 的幾倍？

[解：]

$$\frac{S_A}{S_B} = \frac{\frac{1620}{T_A} \cdot \frac{226}{A_A}}{\frac{1620}{T_B} \cdot \frac{226}{A_B}} = \frac{T_B \cdot A_B}{T_A \cdot A_A} = \frac{T_B \cdot A_B}{0.5T_B \cdot 4A_B} = \frac{1}{2}$$

所以 $S_A=0.5 S_B$

5. NaI(Tl) (密度為 3.67 g/cm^3) 對 500 keV 的光子質量衰減係數為 $0.090 \text{ cm}^2/\text{g}$ 。試求垂直入射的窄射束光子在 4 cm 厚晶體中發生作用的百分比(%)。

[解：]

$$\text{解: } 1 - I/I_0 = 1 - e^{-\mu x}$$

$$\mu = 0.090 \text{ cm}^2/\text{g} \times 3.67 \text{ g/cm}^3 = 0.3303 \text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore 1 - I/I_0 = 1 - e^{-\mu x} = 1 - e^{-0.3303 \times 4} = 1 - 0.2668 = 0.733 = 73.3 \%$$

6. 能量 2 MeV 中子與氘核(^2H)相碰撞，為使中子能量降至 1 eV，試粗略估計需要碰撞多少次？

[解：]

中子經一次彈性碰撞後平均能量為 $\bar{E}' = \frac{M^2 + m^2}{(M + m)^2} E$ ，經 x 次的能量為 $\bar{E}^x = \left[\frac{M^2 + m^2}{(M + m)^2} \right]^x E$ ，

$$\rightarrow 1 = \left[\frac{2^2 + 1^2}{(2 + 1)^2} \right]^x \times 2 \times 10^6 = \left(\frac{5}{9} \right)^x \times 2 \times 10^6, \rightarrow \ln \left(\frac{1}{2 \times 10^6} \right) = x \ln \left(\frac{5}{9} \right)$$

$$, \rightarrow \text{碰撞次數 } x = \frac{\ln(2 \times 10^6)}{\ln 9 - \ln 5} \approx 25 \text{ 次}$$

7. 一 20 MeV 的光子射線與物質作用產生回散射 (backscatter, 180°) 時，試計算此回散射光子的能量約為多少 MeV？

[解：]

$$\text{解: } E_{\text{散射}} = E_{\text{入射}} / \{ 1 + [E(1 - \cos \theta) / 0.511] \}$$

$$\because \theta = 180 \text{ 度}, \cos \theta = -1,$$

$$E_{\text{散射}} = 20 / [(0.511 + 2 \times 20) / 0.511]$$

$$= 0.511 \times 20 / (0.511 + 2 \times 20)$$

$$= 0.252 \text{ MeV}$$