

行政院原子能委員會  
103 年度第 1 次「輻射防護員」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.  $^{99m}\text{Tc}$  是由那一母核種衰變而來？ (1) $^{99}\text{Ru}$  (2) $^{99}\text{Mo}$  (3) $^{99}\text{Tc}$  (4) $^{99}\text{Mn}$

[解：]

(2)

2. 放射性核種能透過各種途徑進入體內，不包含下列何者途徑？ (1)經由呼吸系統吸入 (2)經由口部嚥入 (3)經由皮膚滲入 (4)X 光攝影。

[解：]

(4)

3. 下列組織或器官何者最易受輻射傷害？ (1)肌肉 (2)皮膚 (3)紅骨髓 (4)神經

[解：]

(3)

4. 下列那一項物理參數與鑑別游離輻射的核種最為相關？ (1)放射比度 (2)能量解析度 (3)無感時間 (4)偵測效率

[解：]

(2)

5. 要估計個人等效劑量時，係指人體表面定點下適當深度處軟組織體外曝露之等效劑量。對於強穿輻射，為 X 公分深度處軟組織。X = ?

(1) 0.5 (2) 0.7 (3) 1.0 (4) 1.5

[解：]

(3)

6. 假設某一原子的 K 層電子束縛能為 50 keV，L 層為 10 keV，而 M 層為 5 keV，則 KLM 奧杰(Auger)電子的動能為多少 keV？ (1) 65 (2) 45 (3) 35 (4) 15

[解：]

(3)

解：50- 10- 5 = 35

7. 10 MeV 之 X 射線與金片(Z=78)產生成對發生的機率，約是與 Al (Z=13)產生成對發生的多少倍？ (1) 6 倍 (2) 18 倍 (3) 24 倍 (4) 36 倍

[解：]

(4)

解：成對發生的機率正比於  $Z^2E$ ，故  $Z_1^2E / Z_2^2E = (78/13)^2 = 36$

8. 若 a 和 b 分別代表 200 kVp 的 X 光及某一輻射產生相同輻射生物效應的輻射吸收劑量，則該輻射之相對生物效應(RBE)的值為何？ (1) a+b (2) a-b (3) a/b (4) a×b

[解：]

(3)

9. 在 22 °C，760 mmHg 條件下校正的游離腔，置於 t °C，P mmHg 的環境下使用，請問溫度及壓力的修正因數(Ctp)為多少？

(1)  $\frac{273.2+t}{273.2+22} \times \frac{760}{p}$  (2)  $\frac{273.2+t}{273.2+22} \times \frac{p}{760}$  (3)  $\frac{273.2+22}{273.2+t} \times \frac{760}{p}$  (4)  $\frac{273.2+22}{273.2+t} \times \frac{p}{760}$

[解：]

(1)

10. 人體平均含有 18 %的碳元素，則體重 70 kg 的身體內含  $^{14}\text{C}$  的活度約為多少 Bq？  
〔每克碳在體內之  $^{14}\text{C}$  的活度為 0.25 Bq〕

(1) 2340 (2) 3150 (3) 4120 (4) 5270

[解：]

(2)

解：  $70 \times 10^3 \times 0.18 \times 0.25 = 3150(\text{Bq})$

11. 符合「曝露」之定義者，包括下列哪些條件：(A)X 光在水中、(B)  $\alpha$  粒子在空氣中、(C)  $\gamma$  射線在空氣中、(D)  $\beta$  粒子在空氣中、(E)  $\gamma$  射線在水中。

(1) AE (2) C (3) ABC (4) BCD

[解：]

(2)

12. 某一 X 光管使用高頻管電壓 100 kVp，管電流 100 mA，照射時間 30 ms。電子撞擊鎢靶後，假設有 0.6 %的電子動能轉換成 X 光，請問 X 光的總能量(J)？

(1) 0.37 (2) 1.8 (3) 29 (4) 174

[解：]

(2)

電子的總電量(個數) =  $100\text{mA} \times 30\text{ms} = 3\text{mAs} = 3 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{s}} \cdot \text{s} = 3 \times 10^{-3} \text{C}$

解：電子的總動能 =  $3 \times 10^{-3} \text{C} \times 100 \text{kV} = 300 \text{CV} = 300 \text{J}$

$300 \text{J} \times 0.6\% = 1.8 \text{J}$

13. 若每天給予 2 Gy 的劑量能殺死 1/2 總量的癌細胞，現有  $8 \times 10^9$  個癌細胞，試問大約需

給予多少 Gy 才能將癌細胞殺死到剩下一個以下？(假設無再生現象)

- (1) 55~60 (2) 65~70 (3) 75~80 (4) 45~55

[解：]

(2)

解： $(1/2)^n = 1/(8 \times 10^9) = 1.25 \times 10^{-10}$ ， $n \log 0.5 = -10 + \log 1.25$ ， $-0.3n = -10 + 0.1 = -9.9$   
 $n = 33$ ， $2 \text{ Gy} \times 33 = 66 \text{ Gy}$

14. 已知有一放射樣品的總計數率(樣品+背景)為 60 cpm，背景計數率為 15 cpm，若欲在 60 分鐘內完成度量，分配最佳的計測時間以使誤差最小，則度量背景所需時間為何？

- (1) 15 分 (2) 20 分 (3) 30 分 (4) 40 分

[解：]

(2)

解： $\frac{60 - t_b}{t_b} = \sqrt{\frac{60}{15}} = 2$ ， $t_b = 20$

15. 能量為 9 MeV 的電子進入人體組織與人體組織相互作用，已知肌肉的碰撞阻擋本領  $S_{col}$  為  $1.937 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$ ，肌肉的密度  $\rho$  為  $1.04 \text{ g/cm}^3$ ，則電子在肌肉中每 cm 的射程中約損失的能量為多少 MeV？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4

[解：]

(2)

解： $1.937 \text{ MeV cm}^2/\text{g} \times 1.04 \text{ g/cm}^3 = 2.01 \text{ MeV/cm}$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 有關  $^{232}\text{Th}$  衰變系列，請回答下列問題：

(a) 衰變過程中產生的氣體子核為何？

(b) 最終的穩定子核為何？

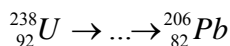
(c) 試問一個  $^{238}\text{U}$  原子衰變至最終穩定原子核的過程能發射出多少個阿伐粒子和貝他粒子？

[解：]

(a) 氣體子核為  $^{220}\text{Rn}$

(b) 最終穩定子核： $^{208}\text{Pb}$

(c) 8 個阿伐粒子及 6 個貝他粒子



$\alpha$  衰變  $(A - 4, Z - 2)$        $\beta^-$  衰變  $(A, Z + 1)$

$$\alpha \text{ 衰變數} = \frac{238 - 206}{4} = 8$$

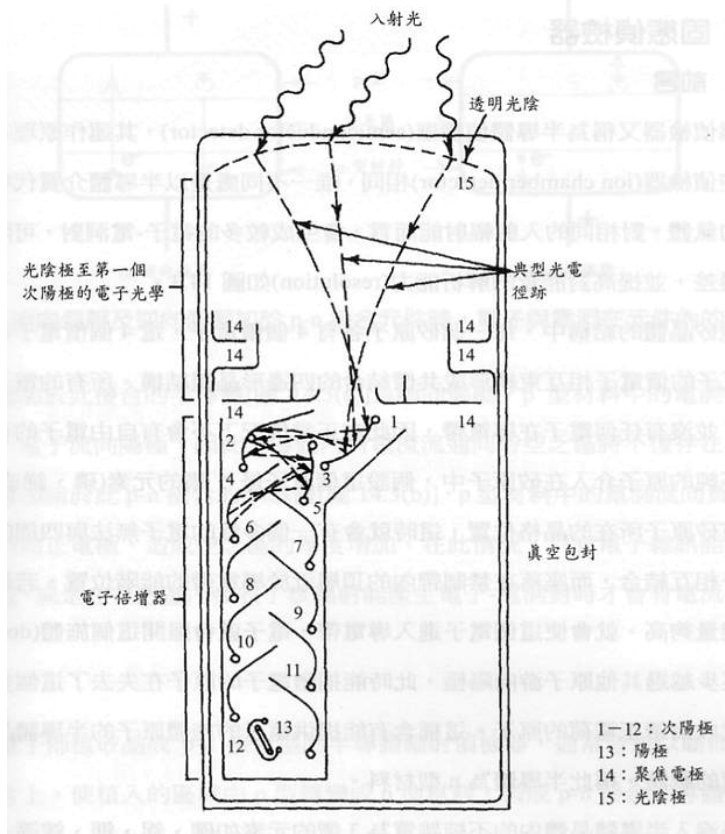
$$8 \times (-2) + n(+1) = -10$$

$$\beta \text{ 衰變數 } n = 6$$

2. 請繪圖並描述光電倍增管的功能、作用。

[解:]

光電倍增管可將閃爍脈衝所輸出微弱的光轉變成電子訊號，而使閃爍計數法廣泛應用於輻射偵測與能譜分析。光電倍增管可將典型不超過數百個的光子訊號轉換成有用的電流脈衝。



3. (a) 離某點射源 1 公尺處之劑量為 24 mSv/h，某人在距離此點射源 4 公尺處作業 15 分鐘，他可能接受的劑量約為多少 mSv？

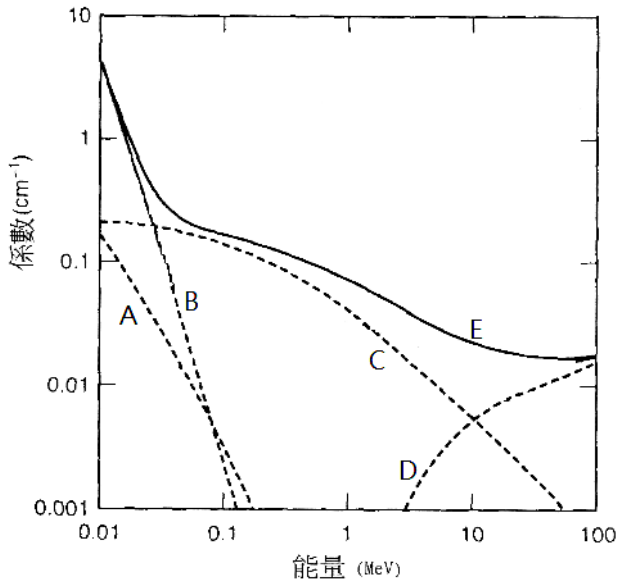
(b) 某人身體某器官接受 X 光照射，若等價劑量為 2 mSv，則吸收劑量為多少 Gy？

[解:]

$$(a) \frac{24}{16} \times \frac{15}{60} = 0.38 \text{ mSv}$$

$$(b) 2 \text{ mSv} \times 1 \frac{\text{Gy}}{\text{Sv}} \times 10^{-3} = 0.002 \text{ Gy}$$

4. 光子與水作用如下圖，X 軸為光子能量(MeV)，Y 軸為直線衰減係數，請指出 A、B、C、D 四條線各為何種作用？



[解:]

A 為合調散射作用，B 為光電作用，C 為康普吞作用(或不合調作用)，D 為成對產生作用。

5. 有一密閉容器 10 公升，置入 1.0 克的  $^{226}\text{Ra}$ ，經過 7.6 天後容器內  $^{222}\text{Rn}$  的活度為何？( $^{226}\text{Ra}$  的半化期 1620 年， $^{222}\text{Rn}$  的半化期 3.8 天)

[解:]

1 克的  $^{226}\text{Ra}$  活度  $A_{\text{Ra}} = 1 \text{ Ci}$ ；因為  $^{226}\text{Ra}$  的半化期(1620 年)  $\gg$   $^{222}\text{Rn}$  的半化期(3.8 天)，是為長期平衡。

$$A_{\text{Rn}} = A_{\text{Ra}} \times (1 - e^{-\frac{0.693}{3.8\text{天}} \cdot (7.6\text{天})}) = 1\text{Ci} \times 0.75 = 0.75\text{Ci}$$

6. 何謂克馬(kerma)，請定義之。

[解:]

用以衡量不帶電游離粒子與物質相互作用時，在單位質量物質中轉移給次級帶電粒子初始動能的總和。克馬，K，定義為  $dE_{\text{tr}}$  除以  $dm$  而得的商，即

$$K = dE_{\text{tr}}/dm$$

其中  $dE_{\text{tr}}$  是在質量為  $dm$  的某種物質中，由不帶電游離粒子釋出的全部帶電粒子的初始動能的總和。

克馬的英文原意是 kinetic energy released in material。

克馬的國際單位制(SI)單位是戈雷(Gy)

7. 試求距 1 mCi 銫-137 射源 2 公尺處的曝露率(R/h)與空氣吸收劑量率(Gy/h)。銫-137 的

$$\text{加馬常數為 } 2.3 \times 10^{-9} \left( \frac{\text{C/kg} \cdot \text{m}^2}{\text{MBq} \cdot \text{h}} \right)。$$

[解:]

$$2.3 \times 10^{-9} \left( \frac{\text{C/kg} \cdot \text{m}^2}{\text{MBq} \cdot \text{h}} \right) = 0.33 \left( \frac{\text{R} \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}} \right)$$

曝露率

$$\dot{X}(\text{R/h}) = \Gamma \left( \frac{\text{R} \cdot \text{m}^2}{\text{Ci} \cdot \text{h}} \right) \times \frac{A(\text{Ci})}{(d^2)(\text{m}^2)}$$

$$= 0.33 \times \frac{10^{-3}}{2^2}$$

$$= 8.25 \times 10^{-5} (\text{R/h})$$

吸收劑量率

$$\dot{D} = 8.25 \times 10^{-5} (\text{R/h}) \times 0.00873 (\text{Gy/R})$$

$$= 7.23 \times 10^{-7} (\text{Gy/h})$$