

行政院原子能委員會
104 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. 重荷電粒子在物質不同距離的什麼物理量之曲線，稱為布拉格曲線(Bragg Curve)?
(1)放射性活度(Activity) (2)射程(Range)
(3)游離比度(Specific Ionization) (4)放射性比活度(Specific Activity)

[解:]

(3)

2. 下列何者為直線衰減係數(μ)之單位?
(1)公分 (2)1/公分 (3)(1/公分)² (4)(1/公分)³

[解:]

(2)

3. 經輻射曝露後，會在 45 天內造成 50 % 個體死亡的輻射劑量，以何種符號表示?
(1)TD_{45/50} (2)LD_{50/45} (3)TD_{50/45} (4)LD_{45/50}

[解:]

(2)

4. 氟化鋰熱發光劑量計加熱計讀時，會產生輝光曲線(Glow Curve)，此曲線下的面積可用來評估什麼?
(1)輻射的種類有多少種 (2)入射輻射的加馬能量大小
(3)人員所受輻射劑量多寡 (4)電子陷阱的深度

[解:]

(3)

5. 某放射性核種的衰變常數值為 0.693 y^{-1} ，經過 5 年後，其放射性活度衰變至原來的幾分之幾? (1) 1/8 (2) 1/16 (3) 1/32 (4) 1/64

[解:]

(3)

答： $T_{1/2} = 0.693 / 0.693 = 1 \text{ y}$

$(1/2)^5 = 1/32$

6. 請問 1 kg 的 ²³⁵U 若全部分裂，將放出多少焦耳的能量? (²³⁵U 每次分裂釋放約 200 MeV)
(1) 8.2×10^{10} (2) 8.2×10^{11} (3) 8.2×10^{12} (4) 8.2×10^{13}

[解:]

(4)

$$\frac{1000\text{g}}{235} \times 6.02 \times 10^{23} \times \frac{200\text{MeV}}{1\text{fission}} \times \frac{1.6 \times 10^{-13}\text{J}}{1\text{MeV}} = 8.2 \times 10^{13}\text{J}$$

7. 一居里之 ^{137}Cs ，其質量約為多少克？(半化期為 30 年)

- (1) 1.14×10^{-2} (2) 1.37×10^{-2} (3) 2.56×10^{-2} (4) 3.32×10^{-2}

[解：]

(1)

解: $(226 \times 1600) / (137 \times 30) = 87.98 \text{ (Ci/g)}$ ， $1/87.98 \text{ Ci/g} = 1.14 \times 10^{-2} \text{ g/Ci}$

8. 以下那一個輻射的線性能量轉移(LET)，將造成最大的相對生物效應(RBE)？

- (1) $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ (2) $100 \text{ keV}/\mu\text{m}$ (3) $10 \text{ MeV}/\mu\text{m}$ (4) $100 \text{ MeV}/\mu\text{m}$

[解：]

(2)

9. 下列四種輻射偵檢器中，那一種的能量依存性最顯著？

- (1) LiF 劑量計 (2) 膠片劑量計 (3) GM 計數器 (4) 矽二極體偵檢器

[解：]

(2)

10. 若某人的乳腺($W_T = 0.15$)和性腺($W_T = 0.2$)分別接受 8 mSv 及 1 mSv 的等價劑量，其餘器官未受曝露，則此人共接受多少有效劑量？

- (1) 1.4 mSv (2) 1.6 mSv (3) 1.5 mGy (4) 2.1 mSv

[解：]

(1)

$8 \times 0.15 + 1 \times 0.2 = 1.4 \text{ mSv}$

11. 高能光子在組織中具有劑量增建區，主要原因為：

- (1) 光子在組織中會衰減 (2) 光子的射質因數增加
(3) 散射輻射影響 (4) 游離的電子具有射程

[解：]

(4)

12. 一個能量 3 MeV 的光子射束，在水中某位置的 $\mu/\rho = 3.969 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kg}$ ， $\mu_{tr}/\rho = 2.567 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kg}$ ， $\mu_{en}/\rho = 2.278 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{kg}$ ，則其平均吸收能量為多少 MeV ？

- (1) 1.72 (2) 1.94 (3) 2.66 (4) 3.69

[解：]

(1)

答: $3 \text{ MeV} \times [2.278 \times 10^{-3} / (3.969 \times 10^{-3})] = 1.72 \text{ MeV}$

13. 下列輻射照射人體腫瘤組織時，何種射線的氧效應最顯著？

- (1)阿伐 (2)貝他 (3)加馬 (4)中子

[解：]

(3)

14. 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)

15. 有一 Au-198 射源的活度為 2.16 mCi，被放置於病人體內 2.9 天後取出，請問該核種在人體內總共有多少次的蛻變？(Au-198 半化期為 2.69 天)

- (1) 1.4×10^{13} (2) 2.5×10^{13} (3) 9.7×10^{12} (4) 1.6×10^8 次

[解：]

(1)

解： $\{(2.16 \times 3.7 \times 10^7 \text{ 蛻變/秒}) / [0.693 / (2.69 \text{ 天} \times 24 \times 3600 \text{ 秒/天})]\} \times [1 - \exp(-0.693/2.69) \times 2.9 \text{ 天}] = 2.68 \times 10^{13} \times (1 - 0.4737) = 2.68 \times 10^{13} \times 0.5263 = 1.4 \times 10^{13} \text{ 蛻變}$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 請列舉出至少 4 種輻射的名稱，它射出的能量是特定的，而不是連續的。(提示：例如阿伐粒子輻射(不計分))

[解：]

加馬，奧杰電子，特性 X 光，內轉換電子，互毀輻射，電子捕獲釋出之微中子，光電效應之光電子

2. 某試樣計測 10 min，得 1100 counts，計數器的背景計測 5 min，得 125 counts，試求此試樣的淨計數率及其標準差？

[解：]

$$\text{試樣} : \frac{1100}{10 \text{ min}} \pm \frac{\sqrt{1100}}{10 \text{ min}} = 110 \pm \sqrt{11} \text{ cpm}$$

$$\text{背景} : \frac{125}{5 \text{ min}} \pm \frac{\sqrt{125}}{5 \text{ min}} = 25 \pm \sqrt{5} \text{ cpm}$$

$$\text{淨計數率} = (110 - 25) \pm (\sqrt{11 + 5}) \text{ cpm} = 85 \pm \sqrt{16} = 85 \pm 4 \text{ cpm}$$

3. 一個 1×10^5 貝克的長半化期阿伐射源(阿伐射線能量為 4.7 MeV) 均勻分布於 100 克的器官中，求此射源對該器官造成之吸收劑量率是多少 mGy/hr ?

[解:]

$$\text{解: } [1 \times 10^5 \text{ 蛻變/s} \times 4.7 \text{ MeV /蛻變} \times 3600 \text{ s/hr} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J / MeV}] /$$

$$0.100 \text{ kg} = 2.71 \times 10^{-3} \text{ J / kg} \cdot \text{hr} = 2.71 \text{ mGy/hr}$$

4. 光子與物質作用之機制主要有哪些(至少列出 4 種)? 其中哪些作用機制會產生電子? 繼之, 這些電子會產生什麼反應?

[解:]

(1) 作用的機制包括合調散射、光電吸收、康普頓散射、成對發生、三項發生和光核反應。

(2) 其中光電效應、康普頓散射、成對發生與三項發生會產生電子。

(3) 這些帶著能量的電子會與介質產生游離或激發及產生制動輻射的反應。

5. 某 α 射源放在空氣游離腔內, 觀測到的電流為 8×10^{-12} A, 該射源每次衰變會釋放 5.30 MeV 能量之 α 粒子, 假設該 α 粒子的能量在游離腔內完全被吸收, 試問該射源每秒鐘放出多少個 α 粒子? [$W_\alpha = 36 \text{ eV/離子對}$]

[解:]

$$\frac{8 \times 10^{-12} \text{ (C/s)}}{\frac{5.30 \times 10^6}{36} \text{ (ion)} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ (C/ion)}} = 340 \text{ s}^{-1}$$

每秒鐘放出 340 個 α 粒子。

6. 某輻射作業場所之空氣含 Co-60 與 Cs-137 兩種放射性核種, 其年平均濃度分別為 $5.0 \times 10^2 \text{ Bq/m}^3$ 與 $1.0 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$ 。該場所中某輻射工作人員之劑量配章一年四季分別測得 1.0 mSv、2.0 mSv、0.5 mSv 與 1.5 mSv, 該年吸入 Co-60 與 Cs-137 的量分別為 $1.0 \times 10^6 \text{ Bq}$ 與 $2.0 \times 10^6 \text{ Bq}$ 。已知 Co-60 的吸入與吸入劑量轉換因數分別為 $1.7 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$ 與 $2.5 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$; Cs-137 分別為 $6.7 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ 與 $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$ 。求該輻射工作人員之(1)體外曝露年個人等效劑量為多少 mSv? (2)年吸入有效劑量為多少 mSv? (3)年吸入有效劑量為多少 mSv? (4)是否超過游離輻射防護安全標準之劑量限值?

[解:]

該輻射工作人員之

(1) 年個人等效劑量 $H_p(d) = 1.0 + 2.0 + 0.5 + 1.5 = 5.0 \text{ mSv}$,

(2) 輻射工作人員在作業場所, 法規假設每年吸入 2400 m^3 之空氣體積, 所以吸入年有效劑量 $\sum_i h_{i,inh} I_{i,inh} = (1.7 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^2 + 6.7 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^3) \times 2400 = 3.6 \times 10^{-2} \text{ Sv} = 36 \text{ mSv}$,

(3) 吸入年有效劑量

$$\sum_j h_{j,ing} I_{j,ing} = 2.5 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^6 + 1.3 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^6 = 2.9 \times 10^{-2} \text{ Sv} = 29 \text{ mSv}$$

(4) 輻射工作人員之年總有效劑量

$$E_T = H_p(d) + \sum_i h_{i,inh} I_{i,inh} + \sum_j h_{j,ing} I_{j,ing} = 5 + 36 + 29 = 70 \text{ mSv}$$

已超過工作人員之單年最高有效劑量 50 mSv 之限值！

7. 已知 400 keV 的光子與銅、鋁作用的原子衰減係數分別為 9.91 barn 與 4.45 barn，銅與鋁的原子量分別為 63.57 與 26.98。今有一銅鋁合金密度 $7.6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (銅的質量比為 90%，鋁的質量比為 10%)，請計算此合金對 400 keV 的光子的直線衰減係數(cm^{-1})？

[解：]

$$\mu = 9.91 \times 10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}} \times \frac{0.9 \times 7.6}{63.57} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ cm}^3} + 4.45 \times 10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}} \times \frac{0.1 \times 7.6}{26.98} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ cm}^3}$$

$$\mu = 0.72 \text{ cm}^{-1}$$