

行政院原子能委員會
110 年度第 2 次「輻射防護員」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. 當放射性核種衰變 8 天時，活度只剩原有的四分之一，其半化期為幾天？

(1) 2 天 (2) 4 天 (3) 8 天 (4) 16 天

[解：]

(2)

經過 2 個半化期為 8 天，故 1 個半化期為 4 天

2. ICRP 60 建議一般人接受低劑量率輻射曝露後之終生致癌風險係數約為每西弗多少%？

(1) 5 (2) 10 (3) 15 (4) 20

[解：]

(1)

$5 \times 10^{-2}/Sv$

3. 假設 Ra-226 的半化期為 1622 年，試求 1 居里之 Ra-226 的質量約多少克？

(1) 1 (2) 10 (3) 100 (4) 1000

[解：]

(1)

4. 已知 2 MeV 的電子在水中的射程 R 及制動輻射產率 B 分別為 0.9720 g/cm^2 及 0.0071，試求 2 MeV 電子在水中的平均碰撞阻擋本領等於多少 $\text{MeV} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$ ？

(1) 1.34 (2) 1.95 (3) 2.04 (4) 4.96

[解：]

(3)

$$\bar{S}(E_i) = \frac{E_i(1-B)}{R} = \frac{2(1-0.0071)}{0.972} = 2.04$$

5. 光子由空氣射入介質，在暫態電子平衡(transient charged particle equilibrium)區，吸收劑量 D 與碰撞克馬 K_c 的比值 β 關係為何？ (1) $\beta < 1$ (2) $\beta = 0$ (3) $\beta = 1$ (4) $\beta > 1$

[解：]

(4)

6. 閃爍偵檢器主要的輻射偵測原理為以下何項？

(1) 生物效應 (2) 激發作用 (3) 化學反應 (4) 熱反應

[解：]

(2)

7. 骨髓幹細胞具有高輻射敏感度，其 D_0 約為？ (1) 0.2 Gy (2) 1 Gy (3) 5 Gy (4) 10 Gy

[解：]

(2)

8. 能量為 100 keV 的光子射束與 10 公克的物質作用，並轉移 0.02 焦耳的能量給游離電子，其中 0.015 焦耳的能量被物質吸收，則克馬(kerma)為何？

(1) 2 戈雷 (2) 10 戈雷 (3) 1.5 西弗 (4) 1.33 倫琴

[解：]

(1)

$$0.02/0.01=2$$

9. 已知： ϕ 表示光子通量(fluence)， ψ 表示光子能通量(energy fluence)， μ/ρ = 質量衰減係數、 μ_{tr}/ρ = 質量轉移係數、 μ_{ab}/ρ = 質量吸收係數。請問吸收劑量等於？

(1) $\psi \cdot (\frac{\mu_{tr}}{\rho})$ (2) $\phi \cdot (\frac{\mu}{\rho})$ (3) $\psi \cdot (\frac{\mu_{ab}}{\rho})$ (4) $\phi \cdot (\frac{\mu_{tr}}{\rho})$

[解：]

(3)

10. 某放射性核種的衰變常數(λ)值為 0.693 y^{-1} ，經過 6 年後，其放射性活度變為原來的多少？ (1) 1/8 (2) 1/16 (3) 1/32 (4) 1/64

[解：]

(4)

$$T = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.693 \text{ y}^{-1}} = 1 \text{ y} \quad \frac{1}{2^6} = \frac{1}{64}$$

11. 在高能光子的輻射能譜中，康普吞邊緣(Compton edge)與全能峰(full energy peak)的能量差為何？ (1) 0.101 MeV (2) 0.256 MeV (3) 0.511 MeV (4) 1.02 MeV

[解：]

(2)

$$h\nu \gg m_0c^2, h\nu'_{\min} = m_0c^2/2 = 0.256 \text{ MeV}, E_{e-} = h\nu - 0.256 \text{ MeV}$$

12. 下列關於游離輻射生物效應的敘述，下列何者為真？

A. 輻射造成皮膚損傷有其劑量閾值

B. 輻射造成機率效應之事件（如:癌症），其嚴重性與劑量成正比

C. 細胞在有氧情況下，對輻射的敏感度較無氧時高

D. 氧增比(oxygen enhancement ratio, OER)隨線性能量轉移(linear energy transfer, LET)增加而降低

(1)僅 BCD (2)僅 ACD (3)僅 AB (4)ABCD

[解：]

(2)

13. 某一材料的原子 K 層能階為 -80 keV，L 層為 -10 keV，M 層為 -3 keV，若 K 層有一個電子被移走後，L 層電子回補，使 L 層釋出 Auger 電子，則該 Auger 電子的動能約多少 keV？ (1) 73 (2) 70 (3) 67 (4) 60

[解：]

(4)

解： $80 - 10 - 10 = 60$ keV

14. 輻射偵檢器的核心材料組成與人體組織相近有利於正確的人體劑量評估，下列數種熱發光物質中，何者在輻射與物質作用特性上與人體組織最為相近？

(1) LiF (2) Al₂O₃ (3) CaF₂ (4) CaSO₄

[解：]

(1)

15. 某樣本計數值約為 10000，以計數器做 30 次之測量，則在 9900 ~ 10100 間的計數值預期會有多少次？ (1) 15 (2) 20 (3) 25 (4) 30

[解：]

(2)

解： $10000 \pm (10000)^{1/2} = 10000 \pm 100 (=1\sigma) \therefore 30 \times 68.3\% = 20$ 次

二、計算問答题：(每題 10 分，共 70 分)

1. 假設光子的通量為 10^{17} m^{-2} ，能量為 662 keV， $\mu/\rho = 0.1614 \text{ m}^2/\text{g}$ ， $\mu_{tr}/\rho = 0.0984 \text{ cm}^2/\text{g}$ ， $\mu_{ab}/\rho = 0.0951 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，試問克馬為多少戈雷？

[解：]

解： $1 \times 10^{17} \text{ 光子}/\text{m}^2 \times 0.662 \text{ MeV}/\text{光子} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}/\text{MeV} \times 0.0984 \text{ cm}^2/\text{g} \times 1000 \text{ g}/\text{kg} \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{cm}^2 = 0.1042 \times 10^3 \text{ J}/\text{kg} = 104.2 \text{ Gy}$

2. 將 ¹³⁷Cs 樣品放在計數裝置內測量 5 分鐘，共記錄 2500 個計數；之後，拿走了該樣品，用 20 分鐘測得 3600 個背景計數，請問樣品的淨計數率及其標準差？

[解：]

$$\text{淨計數率 } r_n = r_g - r_b = \frac{n_g}{t_g} - \frac{n_b}{t_b} = \frac{2500}{5} - \frac{3600}{20} = 320(\text{cpm})$$

$$\text{標準差 } \sigma_{r_n} = \sqrt{\frac{n_g}{t_g^2} + \frac{n_b}{t_b^2}} = \sqrt{\frac{2500}{5^2} + \frac{3600}{20^2}} = 10.4(\text{cpm})$$

淨計數率 ± 標準差 = $320 \pm 10.4(\text{cpm})$

3. 200 kBq 的 I-131 沉積在輻射工作人員的體內，造成甲狀腺 50 mGy 的吸收劑量與肺 0.20 mGy 的吸收劑量，根據現行游離輻射防護安全標準，請問：

(1) 甲狀腺及肺的組織加權因數各為何？ (2) 計算此工作人員的有效劑量(effective dose)

[解：]

(1) 甲狀腺: 0.05 肺: 0.12

(2) $H_E = 50 \times 0.05 + 0.2 \times 0.12 = 2.524 \text{ mSv}$

4. 某光子入射於鉛板中，若鉛板的密度為 11.34 g/cm^3 ，對該光子的質量衰減係數為 $0.00362 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ，則：

(1) 該光子於鉛板中之衰減係數為多少 cm^{-1} ？

(2) 該光子之平均自由行程約為多少 cm？(請詳列算式)

[解：]

解：

$$(1) \mu_p = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.00362}{11.34} = 0.000319 \rightarrow \mu = 0.00362 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

$$(2) \text{平均自由行程 } L = \frac{1}{\mu}$$

$$L = \frac{1}{0.00362} = 276.24 \text{ (cm)}$$

5. 請說明為何蓋革管要加淬熄氣體？請列舉至少 2 種淬熄氣體。

[解：]

(1) 因淬熄氣體游離能比主要氣體低，當主要氣體正離子撞擊到淬熄氣體後，會將電荷轉移給淬熄氣體，以防主要氣體正離子撞擊陰極壁時釋放電子，造成二次雪崩。淬熄氣體分子撞擊到陰極壁時容易分解，不會撞出陰極壁之電子造成假訊號。

(2) 酒精或醚類的有機蒸氣、鹵素氣體。

6. 質子的質量為 1 個原子質量單位(amu)，若質子的動能為 150 MeV，請問：

(1) 總能量為多少 MeV (2) 其質量約為靜止質量的幾倍 (3) 質子速度與光速的比值(v/c)

[解：]

(1) 總能量=動能+質子的靜止能量 = 150 MeV + 931 MeV = 1081 MeV

$$(2) \frac{mc^2}{m_0c^2} = \frac{1081 \text{ MeV}}{931 \text{ MeV}} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = 1.16$$

$$(3) m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 1.16$$

$$\frac{1}{1 - v^2/c^2} = 1.16^2 = 1.35$$

$$1.35 - 1.35 v^2/c^2 = 1$$

$$v/c = 0.51$$

7. 一般會使用鉛材料(密度 11.35 g/cm^3)進行 X 光機的輻射防護，請問鉛對 70 keV 光子的半值層(HVL)與什一值層(TVL)各為多少 cm？

(70 keV 光子的質量衰減係數為 $2.8 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)

[解：]

$$0.693/(11.35 \times \text{HVL}) = 2.8$$

$$0.693/2.8 = 11.35 \times \text{HVL}$$

$$\text{HVL} = 0.022 \text{ cm}$$

$$1 \text{ TVL} = 3.32 \times \text{HVL} = 0.073 \text{ cm}$$