

行政院原子能委員會
105 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. 在加速器中常用到鎳作為屏蔽的一部分，其目的是要屏蔽
(1) α (2) 中子 (3) γ (4) β

[解：]

(2)

2. 假設某一輻射屏蔽體對 ^{60}Co 加馬射線的半值層為 3 mm，試問其衰減係數(μ)
為何? (1) 3.012 mm (2) 0.231 mm (3) 3.012 mm^{-1} (4) 0.231 mm^{-1}

[解：]

(4)

$$\mu = 0.693 / 3 \text{ mm} = 0.231 \text{ mm}^{-1}$$

3. 有關游離輻射對細胞的效應，下列敘述何者“錯誤”？ (1)細胞的存活率會因輻射劑量率的減低而增加 (2)硫氫化合物可消耗細胞中因輻射所誘發的自由基而減少輻射傷害 (3)維生素 C 可以還原自由基而減少傷害 (4)在高氧狀態下，細胞有保護作用較不易受到傷害

[解：]

(4)

4. 度量加馬輻射時，純鍺半導體偵檢器與碘化鈉閃爍偵檢器相比較，通常前者：
(1)能量解析度較高，偵檢效率較低 (2)能量解析度較高，偵檢效率亦較高
(3)能量解析度較低，偵檢效率較高 (4)能量解析度較低，偵檢效率亦較低

[解：]

(1)

5. 請問乳腺在 ICRP 第 60 號與第 103 號報告的組織加權因數(tissue weighting factor)分別為何？ (1) 0.12, 0.12 (2) 0.12, 0.05 (3) 0.05, 0.12 (4) 0.05, 0.04

[解：]

(3)

6. 使用 X 光機時，若想獲得較高能量的特性 X 射線，我們應該選擇：
(1)高原子序的靶 (2)增加管電流 (3)增加管電壓 (4)增加燈絲電流

[解：]

(1)

7. 關於電子捕獲，下列敘述何者為真?

- (1)母核的質量需比子核多兩個電子質量才會發生 (2)會伴隨特性 X 射線的發生
(3)常發生在母核有過多的中子時 (4)子核和母核同為同中數

[解:]

(2)

8. 全身接受加馬輻射急性照射至少多少 Gy 以上才有可能引發中樞神經系統症候群?

- (1) 5 (2) 10 (3) 20 (4) 30

[解:]

(3)

9. 關於皮膚組織，以下那一層相對輻射最敏感(radiosensitive)? (1)粒狀層(granular layer)
(2)基底細胞(basal cells) (3)真皮(dermis) (4)皮下組織(subcutaneous tissue)

[解:]

(2)

10. 一放射樣本經計測後得計數為 2240，計測時間為 5 sec，若不考慮背景，則其計數率及標準偏差為下列何者?

- (1) 448 ± 21.2 cps (2) 448 ± 15.5 cps (3) 448 ± 9.5 cps (4) 448 ± 5.5 cps

[解:]

(3)

$$\text{計數率} = 2240/5 = 448 \quad \text{標準偏差} = \sqrt{2240}/5 = 9.5$$

11. 已知 150 kV 的 X 光，其半值層為 0.3 mm Pb，今欲將某點之曝露率從 32 mR/hr 降為 1 mR/hr，至少需鉛屏蔽多少 mm? (1) 0.5 (2) 1 (3) 1.5 (4) 2

[解:]

(3)

$$1 = (1/2)^5, \text{ 即 } 5 \text{ 個 HVL} = 5 \times 0.3 \text{ mm} = 1.5 \text{ mm}$$

12. 某 X 光管照射條件:電壓 80 keV，管電流 150 mA，照射 0.2 秒，則共有多少電子從陰極跑向陽極? (1) 1.88×10^{14} (2) 1.88×10^{15} (3) 1.88×10^{16} (4) 1.88×10^{17}

[解:]

(4)

$$0.15(\text{庫倫/秒}) \times 0.2 \text{ 秒} \times [1/1.6 \times 10^{-19}(\text{庫倫/電子})] = 1.88 \times 10^{17} \text{ 電子}$$

13. 下列元素中哪些是主要累積於骨骼:(A)碘、(B)銫、(C)鐳、(D)鋇?

- (1) AB (2) BC (3) CD (4) AD

[解:]

(3)

14. 在 22 °C，760 mmHg 條件下校正的游離腔，置於 28 °C，750 mmHg 的環境下使用，試問溫度及壓力的修正因子為多少？ (1) 1.03 (2) 1.01 (3) 0.99 (4) 0.97

[解：]

(1)

$$K = \frac{273.2+t}{273.2+22} \times \frac{760}{p} = 1.03$$

15. 下列有關利用氧增強比值(oxygen enhancement ratio, OER)評估氧效應之敘述何者正確？

(1) X 射線的 OER 在高劑量時約為 1，低劑量(低於 2Gy)時約為 0.5

(2) OER 隨線性能量轉移值 (linear energy transfer, LET)增加而增加

(3) 中子的 LET 值較 X 射線大，其 OER 值約為 1.6

(4) 在有氧狀態下自由基造成的傷害可容易的被修復。

[解：]

(3)

X 射線的 OER 在高劑量時約為 3，低劑量時(低於 2Gy)約為 1；OER 隨線性能量轉移值 (linear energy transfer, LET)增加而減少，對低 LET 的 X 射線而言 OER 值約為 2.5-3.0；當 OER 超過 30 keV/μm 時 OER 開始下降，至 LET 為 160 keV/μm 時，OER 等於 1，中子的 OER 值約為 1.6。氧效應的產生係氧分子固定自由基造成的傷害，在無氧狀態下自由基造成的傷害可被修復，因此氧可調節間接作用而不能調節直接作用。

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 距離一 ⁶⁰Co 點射源 1 公尺處之劑量率為 0.1 mSv/h，若有一人於該處工作 40 分鐘，所接受的劑量不得超過 2 μSv，則至少需加多少厚度的鉛屏蔽？(Pb 對 ⁶⁰Co 的 HVL = 1.2 cm，不考慮增建因數)

[解：]

$$100 \mu\text{Sv/h} \times (40/60) \text{ h} = 66.7 \mu\text{Sv}$$

$$(2/66.7) = e^{-(0.693 \times X \text{ cm}) / 1.2 \text{ cm}}$$

$$0.03 = e^{-(0.693 \times X \text{ cm}) / 1.2 \text{ cm}}$$

雙邊取 ln

$$3.507 = (0.693 \times X \text{ cm}) / 1.2 \text{ cm}$$

$$X \text{ cm} = 3.507 \times 1.2 \text{ cm} / 0.693$$

$$= 6.1 \text{ cm}$$

2. 細胞的生命週期有那 4 個循環階段？(1)請依順序列出，(2)說明每一階段進行那些反應或作用，(3)在週期外呈靜止狀態，稱什麼期？

[解：]

(1) M，G₁，S，G₂ 等 4 階段。

(2) M 期：分裂期，母細胞分裂成兩個子細胞。

G₁ 期：DNA，RNA 及特殊蛋白質合成的準備期。

S 期：DNA 合成期。

G₂ 期：RNA 與蛋白質合成的準備期。

(3) G₀ 期：細胞在週期外呈靜止狀態。

3. 某輻射場量得 1.0 cm³ 體積空氣產生 2 × 10⁻⁸ 庫倫的電量，請問其曝露約為多少倫琴？

[解：]

$$(2 \times 10^{-8} \text{ C}) / (1.0 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg / cm}^3) = 1.55 \times 10^{-2} \text{ C / kg}$$
$$1.55 \times 10^{-2} \text{ C / kg} \times 1 \text{ R} / (2.58 \times 10^{-4} \text{ C / kg}) = 0.6 \times 10^2 \text{ R} = 60 \text{ R}$$

4. 利用一活度為 0.1 μCi 之 Cs-137 放射性核種(每次衰變之光子產率為 85%)，針對一輻射偵檢器進行光子計測效率測試，重複多次計數觀測到結果的平均值為 13469 cpm，背景計數的平均值為 260 cpm，則此儀器之光子偵測效率為多少%？

[解：]

此 Cs-137 放射性核種每分鐘發射之光子數目為：

$$3.7 \times 10^3 \text{ (dps)} \times 0.85 \times 60 \text{ (s/min)} = 188700 \text{ (photons/min)}$$

此儀器每分鐘之測得光子淨計數為：

$$13469 \text{ cpm} - 260 \text{ cpm} = 13209 \text{ cpm}$$

$$\text{此儀器之光子偵測效率} = \text{每分鐘測得之光子淨計數} / \text{每分鐘發射之光子數目}$$
$$= 13209 / 188700 = 0.07 = 7\%$$

5. 一參考人均勻接受 3.7 × 10⁷ 熱中子 / (cm² · s) 照射 1 小時，試計算人體構成元素氫(H)吸收熱中子產生 ¹H(n, γ)²H 核反應所造成的人體組織吸收劑量為多少 mGy? [氫原子吸收熱中子截面 = 0.33 邦，該反應釋出 γ 光子能量 = 2.23 MeV，被人體吸收的分量為 0.278，人體含氫原子數量約為 5.98 × 10²⁵ 氫原子 / kg]

[解：]

$$3.7 \times 10^7 \text{ 中子 / (cm}^2 \cdot \text{s)} \times (0.33 \times 10^{-24} \text{ cm}^2 / \text{氫原子}) \times (5.98 \times 10^{25} \text{ 氫原子 / kg}) \times$$
$$3600 \text{ s / hr} \times 1 \text{ 小時} \times 2.23 \text{ MeV} \times 0.278 \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J / MeV}$$
$$= 2.61 \times 10^{-1} \text{ J / kg} = 261 \text{ mGy}$$

6. 一位病人接受 ¹²⁵I (半化期 = 59.4 天) 射源插入攝護腺腫瘤做插種治療，腫瘤接受之初始劑量率為 25 mGy/hr，試問(1)置入 8 天後取出射源，及(2)永久不再取出所造成腫瘤的累積劑量各為多少 Gy？

[解：]

$$(1) D = [(0.025 \text{ Gy/hr}) / (0.693 / 59.4 \times 24 \text{ hr})] \times (1 - e^{-0.693 \times 8 / 59.4})$$
$$= (0.025 \times 59.4 \times 24 / 0.693) \times (1 - 0.9109)$$
$$= 4.6 \text{ Gy}$$

$$(2) D = [(0.025 \text{ Gy/hr}) / (0.693 / 59.4 \times 24 \text{ hr})]$$
$$= 51.4 \text{ Gy}$$

7. 請計算 ^{13}N 發生貝他正衰變所發出之貝他正粒子的最大能量與平均能量。
(^{13}N 之原子質量 M_N 為 13.00574 amu, ^{13}C 之原子質量 M_C 為 13.00336 amu)



[解:]

- (1) 貝他正粒子的最大能量為衰變前後之質量差所轉變之總能量 $Q = m_N - m_C - m_e$

(m_N : ^{13}N 之原子核質量; m_C : ^{13}C 之原子核質量; m_e : β^+ 之質量)

$$Q = m_N - m_C - m_e = (m_N + 7m_e) - (m_C + 6m_e) - m_e = (m_N + 7m_e) - (m_C + 6m_e) - 2m_e$$

$$= M_N - M_C = 13.00574 \text{ amu} - 13.00336 \text{ amu} - 2m_e = 0.00238 \text{ amu} - 2m_e$$

$$= 2.217 \text{ MeV} - 1.022 \text{ MeV} = 1.2 \text{ MeV}$$

$$(1 \text{ amu} = 931.5 \text{ MeV}, 1m_e = 0.511 \text{ MeV})$$

- (2) 他粒子的平均能量約為最大能量的 $1/3 = 1.2 \text{ MeV} / 3 = 0.4 \text{ MeV}$