

行政院原子能委員會
110 年度第 1 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. 下列何者為點射源在空氣中的曝露量計算公式？

(X：曝露量、A：活度、d：距離、 Γ ：曝露常數、t：時間)

(1) $X = \Gamma^2 \times A \times t / d$ (2) $X = \Gamma \times d^2 \times t / A$ (3) $X = A \times t / \Gamma d^2$ (4) $X = \Gamma \times A \times t / d^2$

[解：]

(4)

2. 弗力克(Fricke)化學輻射劑量計，在產生相同分子數目下，使用的 G 值 (每吸收 100 eV 輻射能產生變化的分子數目) 與吸收劑量 D 的關係為何？

(1) G 與 D 成正比 (2) G 與 D 成反比 (3) G 與 D^2 成正比 (4) G 與 D^2 成反比

[解：]

(2)

每吸收 100 eV 輻射能產生的分子數目，此數目稱為 G 值。考量一硫酸亞鐵樣品，密度為 ρ (g/cm³)，被照射 D(100eV/g) 劑量，在其過程產生鐵離子濃度為

ΔM (molecules/cm³)。G 值可表示為 $G = \frac{\Delta M}{D \cdot \rho}$ 。

3. 現有一活度為 10 mCi 之放射性核種被攝入人體，已知其生物半化期為 12 天，物理半化期為 7 天，試問經過 20 天後體內尚留該核種多少 mCi ？

(1) 0.15 (2) 0.43 (3) 0.67 (4) 1.33

[解：]

(2)

$T_e = (T_p \times T_b) / (T_p + T_b) = 12 \times 7 / (12 + 7) = 4.42$ 天，

$10 \text{ mCi} \times e^{-(0.693/4.42) \times 20} = 10 \text{ mCi} \times 0.043 = 0.43 \text{ mCi}$

4. 單靶一次擊出模型 (single-target / single-hit model) 中，若某輻射 D_0 為 1.5 Gy，則經此輻射照射 4.5 Gy 後，存活率為多少？

(1) 1.73 % (2) 4.98 % (3) 17.60 % (4) 33.33 %

[解：]

(2)

$S = e^{-4.5/1.5}$

$S = 4.98\%$

5. 某樣品經 10 分鐘計測得 2100 個淨計數，若此儀器的計測效率為 10 %，則此樣品之活度為多少 Bq？（假設此樣品每次蛻變放出一個輻射） (1) 25 (2) 35 (3) 55 (4) 65

[解：]

(2)

$$2100/(10 \times 60) = 3.5 \text{ (cps)} \quad \text{活度 dps} = \text{cps}/\text{儀器效率} = 3.5/0.1 = 35 \text{ dps} = 35 \text{ Bq}$$

6. 關於 β^+ decay 和電子捕獲 (Electron Capture, EC) 的敘述，何者正確？

- (1) 兩者皆因中子過多而發生 (2) β^+ decay 會放出微中子 (3) EC 會放出反微中子
(4) 電子捕獲需於 Q 值大於 1.022 MeV 的情況才會發生

[解：]

(2)

7. 制動輻射主要是由高速電子在下列何種作用產生？

- (1) 與軌道電子發生非彈性碰撞 (2) 與原子核發生非彈性碰撞
(3) 與原子核發生彈性碰撞 (4) 與軌道電子發生彈性碰撞

[解：]

(2)

8. 為提升對高能中子 (>20 MeV) 的偵測效率，常見商用高能中子偵檢器內部可能添加下列何種物質？ (1) 含氫材料 (2) B-10 (3) Li-7 (4) 鉛

[解：]

(4)

加入重金屬，利用高能中子的(n, xn)反應增加偵測效率

9. 阿伐粒子造成肝臟 2 mGy 的吸收劑量，請問肝臟的等價劑量為何？

- (1) 2 mSv (2) 20 mSv (3) 40 mSv (4) 80 mSv

[解：]

(3)

$$\text{解：} 2 \text{ mGy} \times 20 = 40 \text{ mSv}$$

10. 下列關於輻射生物效應中機率效應(stochastic effect)的描述何者錯誤？

- (1) 發生的機率與劑量成正比 (2) 可能沒有低限劑量 (3) 劑量越高嚴重程度越高
(4) 產生腫瘤是機率效應的一種

[解：]

(3)

11. 適合利用人體染色體變異分析的輻射劑量範圍大約為？

- (1) 0.01~1 Gy (2) 0.1~10 Gy (3) 50~100 Gy (4) 0.0001~0.01 Gy

[解：]

(2)

12. 一光子束入射 10 公分之平板物質，入射時之光子數目為 10^5 ，射出時之光子數目(不計散射光子)為 10^2 ，求該物質的線性衰減係數？

- (1) 6.9 cm (2) 6.9 cm^{-1} (3) 0.69 cm (4) 0.69 cm^{-1}

[解：]

(4)

$$\text{線性衰減係數 } \mu = \frac{1}{x} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{1}{10} \ln(10^3) = 0.69 \text{ cm}^{-1}$$

13. 將某 $8 \times 10^6 \text{ Bq}$ 之 ^{125}I (半化期= 59.4 天)射源置入病人體內，於 3 天後取出，則此段期間內總蛻變次數約為多少次？ (1) 2×10^{12} (2) 3×10^{12} (3) 4×10^{12} (4) 5×10^{11}

[解：]

(1)

$$\begin{aligned} D &= [(8 \times 10^6 \text{ 蛻變/秒}) / (0.693 / 59.4 \times 24 \times 3600)] \times (1 - e^{-0.693 \times 3 / 59.4}) \\ &= 5.92 \times 10^{13} \text{ 蛻變} \times (1 - 0.9656) \\ &= 5.92 \times 10^{13} \text{ 蛻變} \times 0.0344 \\ &= 2 \times 10^{12} \text{ 蛻變} \end{aligned}$$

14. 有效劑量(effective dose)的計算方式為組織加權因數與下列何者乘積之和？

- (1)等價劑量 (2)等效劑量 (3)器官劑量 (4)吸收劑量

[解：]

(1)

15. 下列何種器官在接受相同輻射劑量下，引起致死癌的風險較高？

- (1)肝 (2)皮膚 (3)紅骨髓 (4)甲狀腺

[解：]

(3)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 在一次輻射作業中，若某輻射工作人員的膀胱、結腸及性腺受到某 γ 射線照射，分別造成 1、2 及 3 mSv 的等價劑量，其他組織未受到曝露。若性腺之質量為 25 g，則：

(1)該 γ 射線在性腺造成之吸收劑量為多少 mGy？

(2)性腺所吸收之能量為多少毫焦耳？

(3)若膀胱、結腸及性腺之組織加權因數各為 0.05、0.12、0.20，則其有效劑量為多少 mSv？

[解：]

(1) $H_T = D \times W_R$, $3 \text{ (mSv)} = D \times 1$, $D = 3 \text{ (mGy)}$

(2) $D = E/M$, $D = 3 \text{ (mGy)} = E/0.025 \text{ (kg)}$, 吸收之能量 $E = 3 \times 0.025 = 0.075 \text{ (mJ)}$

(3) $1 \times 0.05 + 2 \times 0.12 + 3 \times 0.20 = 0.89 \text{ (mSv)}$

2. 請說明：

- (1) 哪些放射性物質可經由無外傷的皮膚毛孔進入人體造成體內曝露(列舉二種)?
- (2) 除前述方式外, 放射性物質還有哪些進入人體的途徑?
- (3) 最常用於偵測加馬核種體內污染的計測方法為何?

[解:]

- (1) 氡、碘等。
- (2) 吸入、食入(嚥入)、由傷口吸收。
- (3) 全身計測法。

3. 已知 τ 、 σ_{coh} 、 σ_{inc} 、 κ ，分別是光子和碳作用的光電、合調、不合調、成對發生等效應的原子衰減係數，請計算 50 keV 光子和碳作用的質量衰減係數(m^2/kg)為何?
($\tau=0.173\times 10^{-28} \text{ m}^2/\text{atom}$ 、 $\sigma_{\text{coh}}=0.274\times 10^{-28} \text{ m}^2/\text{atom}$ 、 $\sigma_{\text{inc}}=3.252\times 10^{-28} \text{ m}^2/\text{atom}$)

[解:]

50 keV < 1.02 MeV，所以 $\kappa=0$

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{kg}} \right) &= (\tau + \sigma_{\text{coh}} + \sigma_{\text{inc}} + \kappa) \left(\frac{\text{m}^2}{\text{atom}} \right) \times \frac{\text{碳原子數量}}{1 \text{ kg}} \\ &= (0.173 + 0.274 + 3.252 + 0) \times 10^{-28} \frac{\text{m}^2}{\text{atom}} \times \frac{1000}{12} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ kg}} = 0.01856 \frac{\text{m}^2}{\text{kg}} \end{aligned}$$

4. 一個電容器型游離腔的有效體積為 2 cm^3 ，電容為 5 pF，輻射照射之前的電壓為 180 V，照射後下降為 140 V，空氣的密度為 0.001293 g/cm^3 ，請計算曝露(C/kg)為多少?

[解:]

$$7.7 \times 10^{-5} \text{ C/kg}$$

$$\Delta Q = C \times \Delta V$$

$$5 \times 10^{-12} \text{ F} \times (180 - 140) \text{ V} = 2 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$X = \frac{Q}{m} = \frac{2 \times 10^{-10} \text{ C}}{2 \text{ cm}^3 \times 0.001293 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 7.73395 \times 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

5. 簡述 β 粒子對人體健康效應之重要影響及其屏蔽考量。

[解:]

- (1) β 粒子穿透力雖較 α 強，但只會在人體淺部組織(皮膚、水晶體)造成劑量，確定效應比機率效應重要。
- (2) β 粒子之屏蔽物質及厚度，決定於：
 - 屏蔽物質的原子序必須很小，以減少制動輻射的產生。且屏蔽物質的厚度必須大於 β 粒子的最大射程，以完全阻擋 β 粒子。
 - 高原子序物質可有效衰減所產生之制動輻射的量。

故屏蔽 β 粒子時宜先用較低原子序物質以完全阻擋 β 粒子，其後再接高原子序物

質，以有效阻擋 β 粒子產生之制動輻射的影響。

6. (1) 距離射源 1 m 處的空氣克馬率(air Kerma rate)為 3×10^{-3} Gy/h，若使用 4.4 cm 厚的屏蔽，屏蔽的線性衰減係數為 1.24 cm^{-1} ，增建因數(buildup factor)為 2.12，請計算空氣克馬率(Gy/h)。

(2) 請問該輻射的平均自由路徑(mean free path)為何？

[解：]

(1)

$$3 \times 10^{-3} \frac{\text{Gy}}{\text{h}} \times 2.12 \times e^{-(1.24 \times 4.4)} = 2.72 \times 10^{-5} \frac{\text{Gy}}{\text{h}}$$

(2) $x = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{1.24} = 0.806 \text{ (cm)}$

7. 某一 100 keV 貝他射線，試問：

(1) 完全停留於空氣中，產生的正負離子對大約是幾對？

(2) 完全停留於鍺中，產生的電子電洞對大約是幾對？

(3) 因此，高純度鍺偵檢器和游離腔偵檢器何者的能量解析度較好？

[解：]

(1) $100 \times 10^3 \text{ eV} \times \frac{1}{34 \text{ eV}} = 2941 \text{ pairs}$ (約 3000 對)

(2) $100 \times 10^3 \text{ eV} \times \frac{1}{3.4 \text{ eV}} = 29412 \text{ pairs}$ (約 30000 對)

(3) 高純度鍺偵檢器(HPGe)優於游離腔(ion chamber)