

行政院原子能委員會
101 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. 下列哪一個原子的K層束縛能(絕對值)最大? (1) ${}_6\text{C}$ (2) ${}_{27}\text{Co}$ (3) ${}_{47}\text{Ag}$ (4) ${}_{79}\text{Au}$

解：

4

2. 下列何種情況之宇宙射線強度較大? (1)緯度越高，高度越低 (2)緯度越高，高度越高 (3)緯度越低，高度越高 (4)緯度越低，高度越低

解：

(2)

3. 細胞週期中，運行全身之淋巴細胞是屬於那一期?

(1) G_0 期 (2) G_1 期 (3) G_2 期 (4)M期

解：

1

4. 屏蔽貝他粒子希望產生最少的二次輻射，應以下述何種材質作屏蔽?

(1)鉛板 (2)鋁板 (3)銅板 (4)不鏽鋼板

解：

2

5. 若將射源的活度增加為原來的 10 倍，但多加了 0.3 公分的鉛屏蔽，問在相同位置劑量率將為原來的多少倍? (鉛對此射源產生之輻射的半值層為 0.1 cm)

(1)0.3 (2)0.8 (3)1.25 (4)不變

解：

(3)

6. 原子能階主要是在描述什麼?

(1)核內中子能量 (2)核內質子能量 (3)電子軌道能量 (4)原子核能量

解：

3

7. 某放射性核種的衰變常數(λ)值為 1.386 y^{-1} ，經過 3 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：

(4)

8. 假設 5 MeV 的中子殺死某種細菌的相對生物效能(RBE)值為 10，若以中子照射該細菌的致命劑量為 10 戈雷，則使用 200 keV 之 X 射線照射該細菌的致命劑量為多少戈雷?

(1)1 (2)20 (3)50 (4)100

解：

(4)

9. LD_{50/30} 表示： (1)在 30 天內，50%個體因輻射致死的劑量 (2)在 50 天內，30%個體因輻射致死的劑量 (3)在 30 天內，50%個體因輻射致癌的劑量 (4)在 50 天內，30%個體因輻射致癌的劑量

解：

1

10. 利用染色體變異分析評估人員劑量，最常觀察的變異型態為： (1)環型變異 (2)失真型變異 (3)欠失型變異 (4)雙中節變異

解：

4

11. 中子捕獲反應式 ${}^{14}_7\text{N}(n, X){}^{14}_6\text{C}$ ，式中“X”代表什麼？

(1) α (2) β (3)p (4)2n

解：

3

12. 已知銅對 1 MeV 的光子射束的質量衰減係數為 0.0589 cm²/g，質量轉移係數為 0.0260 cm²/g，則每一次光子與銅碰撞平均轉移能量為多少 keV？ (1)148 (2)441 (3)552 (4)732

解：

(2)

13. 線性二次曲線(linear-quadratic curve)的劑量-回應曲線函數 F(D)為：

(1) $F(D) = \alpha_0 + \alpha_1 D$ (2) $F(D) = \alpha_0 + \alpha_2 D^2$ (3) $F(D) = \alpha_0 + \alpha_1 D + \alpha_2 D^2$

(4) $F(D) = (\alpha_0 + \alpha_1 D + \alpha_2 D^2) \exp(-\beta_1 D - \beta_2 D^2)$

解：

(3)

14. 對各向同性(isotropic)的射源而言，真實計測效率(intrinsic efficiency)(ϵ_{int})、絕對計測效率(absolute efficiency)(ϵ_{abs})及立體角(Ω)之關係式為： (1) $\epsilon_{\text{int}} = \epsilon_{\text{abs}}$ (2) $\epsilon_{\text{int}} = (\Omega/4\pi)\epsilon_{\text{abs}}$

(3) $\epsilon_{\text{int}} = (4\pi/\Omega)\epsilon_{\text{abs}}$ (4) $\epsilon_{\text{int}} = 1/\epsilon_{\text{abs}}$

解：

(3)

15. 2 Ci 之點射源($\Gamma = 0.5 \text{ R}\cdot\text{m}^2 / \text{Ci}\cdot\text{h}$)發射的加馬射線，經過兩個半值層(HVL)屏蔽的衰減後射入人體。已知人體至射源的距離為 3 公尺，問人體處的曝露率為多少 R/h？

(1)0.008 (2)0.028 (3)0.034 (4)0.062

解：

(2)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 某人從事氚水(HTO)實驗。吸入人體之氚會全被人體吸收，關鍵器官就是全身。假設此人在連續 91 天期間持續吸入氚以致造成全身 30 mGy 的累積劑量，試問在此情況下對人體的初始劑量率是多少 mGy / 天？

註：氚的生物半化期 = 12 天，物理半化期 = 12.3 年。氚的平均貝他能量 = 0.006 MeV。

此人體重 = 70 kg

解：

$$\text{先計算有效半化期 } T_E = \frac{T_B \times T_p}{T_B + T_p} = \frac{(12\text{天})(12.3\text{年} \times 365 \frac{\text{天}}{\text{年}})}{12\text{天} + 12.3\text{年} \times 365\text{天}} = 12\text{天}$$

$$\therefore \text{氚的有效衰減係數}(\lambda) = \frac{0.693}{12\text{天}} = 0.0578\text{天}^{-1}$$

$$\text{利用公式 } D = \frac{\dot{D}(\text{mGy}/\text{天})}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$30\text{ mGy} = \frac{\dot{D}(\text{mGy}/\text{天})}{0.0578(\frac{1}{\text{天}})} \times (1 - e^{-0.0578 \times 91})$$

$$\therefore \dot{D}(\frac{\text{mGy}}{\text{天}}) = \frac{30 \times 0.0578}{1 - e^{-0.0578 \times 91}} = \frac{1.734}{0.9948} = 1.74 \frac{\text{mGy}}{\text{天}}$$

2. 請說明影響輻射生物效應的化學因素。

解：

1. 在高氧狀態下，細胞較易受到傷害：

細胞內的分子受到輻射作用所產生的自由基，在氧的存在下易生成過氧化物自由基 (RO₂)，使細胞無法進行修補作用以恢復原來的功能，造成較大的輻射傷害。

2. 硫氫化合物的作用：

硫氫化合物可以消耗細胞中因輻射所誘發的自由基，或與氧作用減少細胞中的氧含量而減少輻射傷害。

3. 維生素對輻射亦有防護作用：

如維生素 C 可以還原自由基而減少傷害。

3. 有一 1 MBq 之 Co-60 點射源，每次蛻變釋出 2 個光子射線，能量分別為 1.17 MeV 及 1.33 MeV。若針對此能量之空氣直線能量吸收係數 $\mu_a = 3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ ，試計算 Co-60 國際制

之加馬常數值 ($\frac{\text{C/kg}}{\text{h} \cdot \text{MBq}}$ at 1 m 處)？

解：

$$\Gamma = \frac{10^6 \left(\frac{\text{秒變秒}}{\text{秒變時}} \right) \times (1.17 + 1.33) \frac{\text{MeV}}{\text{MeV}} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \times 3.3 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{m}} \times 3600}{4\pi(1\text{m}^2) \times 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 34 \frac{\text{J}}{\text{C}}}$$

$$= \frac{4.75 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{h}} \right)}{552.4 \frac{\text{kg}}{\text{C}}}$$

$$= 8.60 \times 10^{-9} \frac{\frac{\text{C}}{\text{kg}}}{\text{h} \cdot \text{MBq}} \text{ at } 1 \text{ m}$$

4. 為何蓋革計數器需要有淬熄(Quenching)的功能？請說明達成淬熄有哪些方法？

解：

1. 因為正離子撞擊陰極壁時，因被加速到較高能量故可激發管壁的原子釋出紫外線光子，這些紫外線光子會與管中氣體相作用產生游離子電子，使得計數造成混亂，為防止這種現象所採取的抑制方法稱為淬熄。
2. 方法是 (1)加入一點酒精或醚類等有機氣體，或鹵素氣體以吸收紫外線光子能量但不会被游離，可達淬熄功能。(2)或在一脈衝之後降低陽極電壓，直到所有正離子被收集到為止。

5. (1)請說明 Bragg-Gray 原理，(2)該原理成立的條件為何？

解：

- (1)在一個被固體吸收介質所圍繞的小空腔內的氣體所產生的游離量或該氣體所吸收的能量正比於圍繞它的固體的吸收能量。
- (2)成立條件是該小空腔要足夠的小，不致影響(或改變)固體介質中原始電子的數量與角度或速度的分布，且原始電子在行經此小空腔時，其能量只損失非常小的分量。

6. 已知 2 MeV 的光子與碳作用的質量衰減係數 (μ/ρ) 為 $0.00444 \text{ m}^2/\text{kg}$ ，求 (a) 每公克碳所含的電子數，(b) 電子衰減係數 ($\text{m}^2/\text{electron}$) 及 (c) 原子衰減係數 (m^2/atom)

解：

$$(a) \text{ 每克碳所含的電子數 } N_e = \frac{1}{12} \times 6.02 \times 10^{23} \times 6 = 3.01 \times 10^{23} \text{ el./g}$$

$$(b) \mu_e = \frac{\mu}{\rho} \times \frac{1}{1000 N_e} = 0.00444 \text{ m}^2/\text{kg} \times \frac{1}{1000 \times 3.01 \times 10^{23} \text{ el./kg}} = 1.48 \times 10^{-29} \text{ m}^2/\text{el.}$$

$$(c) \mu_a = Z \times \mu_e = 6 \text{ el./atom} \times 1.48 \times 10^{-29} \text{ m}^2/\text{el.} = 8.88 \times 10^{-29} \text{ m}^2/\text{atom}$$

7. 一個 Cs-137 點射源 0.5 Ci，置於一球形鉛(Pb)容器內。假若在 0.5 m 處之空氣吸收劑量率不超過 $25 \mu\text{Gy/h}$ ，不考慮增建因數下，需要多厚(cm)的鉛屏蔽？

註：Cs-137 的加馬常數 = $0.33 \text{ R} \cdot \text{m}^2/\text{Ci} \cdot \text{h}$ ，鉛對 0.662 MeV 光子射線的直線衰減係數 = 1.24 cm^{-1} 。

解：

空氣曝露率(倫琴/h)轉換成空氣吸收劑量率為 $1 \text{ R/h} = 0.00876 \text{ Gy/h} = 8760 \mu\text{Gy/h}$

利用 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 公式

$$25 \frac{\mu\text{Gy}}{\text{h}} = 0.33 \frac{\text{R} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{Ci}} \times 0.5 \text{ Ci} \times \frac{1}{(0.5 \text{ m})^2} \times 8760 \frac{\mu\text{Gy}}{\text{R}} \times e^{-1.24 \frac{1}{\text{cm}} \times \text{cm}}$$

$$= 5782 \frac{\mu\text{Gy}}{\text{h}} \times e^{-1.24t}$$

$$\therefore e^{-1.24t} = 4.32 \times 10^{-3}$$

$$1.24t = 5.44 \quad , \quad t = 4.39 \text{ cm}$$