

行政院原子能委員會
108 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. 輻射曝露可能造成的生物效應中，哪些屬於確定效應？

A.遺傳效應、B.皮膚紅斑、C.甲狀腺癌、D.不孕症、E.白內障、F.白血病

(1) ACD (2) CDF (3) BDE (4) BEF

[解：]

(3)

解：皮膚紅斑、不孕症、白內障

2. 若 10 MeV 的光子射束在碳中的平均能量轉移為 7.30 MeV，平均能量吸收為 7.06 MeV，則打出的電子其能量轉為制動輻射的百分比為多少？

(1) 1.6 (2) 2.8 (3) 3.3 (4) 4.5

[解：]

(3)

[解：]

$$\frac{7.30 - 7.06}{7.30} = 0.033 = 3.3\%$$

3. 某屏蔽體的直線衰減係數為 0.9 cm^{-1} ，厚度為 2.5 cm，入射光子的強度為 I_0 ，透過的光子強度為入射強度的 15%，則增建因數約為多少？

(1) 1.05 (2) 1.25 (3) 1.32 (4) 1.42

[解：]

(4)

解： $0.15 I_0 = B I_0 e^{-0.9 \times 2.5} = 0.1054 \times B I_0$ ， $B = 0.15 / 0.1054 = 1.42$

4. 偵測人體內是否受到 ^3H 污染，最適當的檢測方法及設備為：

(1)全身量測，高壓游離腔 (2)局部量測，熱發光劑量計

(3)尿樣分析，液態閃爍計數器 (4)尿樣分析，高純鍺偵檢器

[解：]

(3)

5. 充氣式偵檢器常用之 P-10 氣體之組成為？

- (1) 10% Ar + 90% CH₄ (2) 10% N₂ + 90% Ar
(3) 90% Ar + 10% C₃H₈ (4) 90% Ar + 10% CH₄

[解：]

(4)

6. 細胞受光子輻射照射時，下列何者最能減少其輻射傷害？

- (1) 增高照射時細胞周圍氧氣的濃度 (2) 增高照射時細胞中的水含量
(3) 增高照射時細胞周圍硫氫化合物的濃度 (4) 增高照射時細胞周圍的溫度

[解：]

(3)

7. 鎢的 K 層能階為 -70 keV，L 層為 -11 keV，M 層為 -2.5 keV，若 K 層有一個電子被移走後，則從 L 層釋出 Auger 電子的動能約多少 keV？

- (1) 59 (2) 48 (3) 37 (4) 11

[解：]

(2)

解：70 - 11 - 11 = 48 keV

8. 人體不同細胞的劑量存活反應曲線不同，一般而言反應曲線肩部(shoulder)較狹窄者，表示該細胞對輻射的反應： (1) 不一定 (2) 不敏感 (3) 較敏感 (4) 變化小

[解：]

(3)

9. 若統計測試之次數為 n，單次測試成功之機率為 p，則帕松(Poisson)分佈的標準差(σ)計算公式為： (1) np (2) $(np)^{1/2}$ (3) np(1-p) (4) $[np(1-p)]^{1/2}$

[解：]

(2)

10. 若某輻射與 X 物質作用後吸收劑量為 D_X，其質量阻擋本領為 S_X，請問在相同輻射的情況下，與 Y 物質作用的吸收劑量 D_Y 為？ (Y 物質的質量阻擋本領為 S_Y)

- (1) S_XD_X/S_Y (2) S_YD_X/S_X (3) S_Y/D_X (4) D_X/S_Y

[解：]

(2)

11. 下列核種中，何者被熱中子活化的截面最大？ (1) ^{10}B (2) ^{59}Co (3) ^{197}Au (4) ^{113}Cd

[解：]

(4)

12. 游離腔內的空氣質量應做氣壓與氣溫的修正，下列何者是正確的空氣質量(仟克)修正公式？ [V 為腔內體積，P 為度量時氣壓， P_0 為標準大氣壓，T 為度量時氣溫， T_0 為標準氣溫(273.15 K)]

(1) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P_0/P) \cdot (T/T_0)$

(2) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P_0/P) \cdot (T_0/T)$

(3) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P/P_0) \cdot (T_0/T)$

(4) 質量 = $1.293 \cdot V \cdot (P/P_0) \cdot (T/T_0)$

[解：]

(3)

解：P 增加，質量增加，成正比；T 增加，質量減小，成反比。

13. 下列何種輻射照射某一特定器官後，會造成該器官的等價劑量與吸收劑量相同？

(1)阿伐輻射 (2)貝他輻射 (3)重核粒子 (4)中子

[解：]

(2)

14. 若一空浮放射性物質，其吸入的年攝入限度(ALI)為 8.4×10^5 Bq，則其推定空氣濃度(DAC)為多少 Bq/m^3 ？ (1) 168 (2) 350 (3) 460 (4) 840

[解：]

(2)

$$\text{DAC} = \text{ALI} / 2400 = 8.4 \times 10^5 \text{ Bq} / 2400 \text{ m}^3 = 350 \text{ Bq/m}^3$$

15. 設 $X = \Phi E (\mu_{\text{tr}} / \rho)$ ，若式中 Φ 為光子通量，E 為光子能量， μ_{tr} / ρ 為能量轉移係數，則 X 是指： (1)曝露 (2)吸收劑量 (3)等價劑量 (4)克馬

[解：]

(4)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 請說明：(1)使用 Farmer 游離腔測量能量超過 3 MeV 光子輻射的劑量時，為何需要有足夠厚的增建帽套(buildup cap)？ (2)在空氣中、水假體或固態假體中是否需要增建帽套？原因為何？

[解：]

- (1) 以 Farmer 游離腔測量能量超過 3 MeV 光子輻射的劑量時，需要有足夠厚的增建帽套以使游離腔的腔體內產生電子平衡，如此之測量才有意義。
- (2) 在空氣中，以 Farmer 游離腔測量高能光子輻射劑量，必須使用增建帽套，以使游離腔的腔體內達到電子平衡；若在水假體或固態假體中，以 Farmer 游離腔測量高能光子輻射劑量，則毋須使用增建帽套，因為假體材質本身就是增建帽套。

2. I-131 的半化期 8 天，請問活度為 100 μCi 的 I-131 之重量為多少公斤？

[解：]

假設 I-131 重量為 W

$$A = \lambda N$$

$$100 \times 10^{-6} \text{Ci} \times 3.7 \times 10^{10} = \left(\frac{0.693}{8 \times 24 \times 60 \times 60} \right) \times \left(\frac{W}{131} \times 6.02 \times 10^{23} \right)$$

$$W = 8.03 \times 10^{-10} \text{g} = 8.03 \times 10^{-13} \text{kg}$$

3. 一顆活度為 1 Ci 的 ^{60}Co 射源操作時不慎掉出其屏蔽容器，操作員在離射源 10 公尺處查看 15 秒，請問該操作員在查看期間全身均勻曝露之有效劑量為何？

$$(^{60}\text{Co} \text{ 比加馬劑量常數 } \Gamma_d = 8.53 \times 10^{-11} \frac{\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{MBq} \cdot \text{s}}, \text{ 加馬加權因子 } W_R=1)$$

[解：]

$$\text{劑量率為 } \dot{D} = \frac{A_s}{r^2} \Gamma_d = \frac{1}{r^2} \times 8.53 \times 10^{-11} \frac{\text{Ci}}{\text{m}^2} \frac{\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{MBq} \cdot \text{s}} \times \frac{3.7 \times 10^4 \text{MBq}}{\text{Ci}} = \frac{3.16 \times 10^{-6} \text{Gy}}{r^2 \text{s}}$$

$$\text{有效劑量率為 } \dot{H} = \dot{D} \times W_R = \frac{3.16 \times 10^{-6} \text{Sv}}{10^2 \text{s}}$$

$$\text{有效劑量為 } H = \frac{3.16 \times 10^{-6} \text{Sv}}{10^2} \times 15 \text{s} = 4.74 \times 10^{-7} \text{Sv}$$

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

[解：]

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

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

$$=2.71 \text{ mGy/h}$$

5. 若要將 500 keV 窄射束光子數目衰減為入射值的 1/8，需要多厚的鉛？
(鉛的質量衰減係數為 $0.15 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，密度為 11.4 g/cm^3)

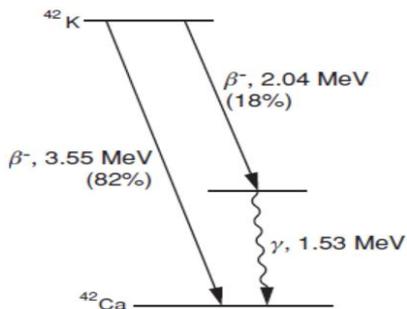
[解:]

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\mu x}$$

$$\frac{1}{8} = e^{-0.15 \times 11.4 x}$$

$$x = 1.22 \text{ cm}$$

6. 有一 2 MBq 的 ^{42}K (半化期為 12.4 h) 射源經過 6.2 h 蛻變，請利用 ^{42}K 蛻變圖計算：
(1) 在此期間會有多少個 β^- 發射？ (2) 釋放的所有 γ 射線總能量為多少 MeV？



[解:]

$$(1) \text{ 經過 } 6.2 \text{ h 蛻變減少的活度} = 2 \times 10^6 (1 - e^{-0.693 \times 6.2 / 12.4}) = 5.86 \times 10^5 \text{ Bq}$$

$$\text{經過 } 6.2 \text{ h 蛻變的原子數} = \frac{5.86 \times 10^5}{0.693 \div (12.4 \times 3600)} = 3.77 \times 10^{10}$$

在此期間會有 3.77×10^{10} 個 β^- 發射

$$(2) \text{ 釋放的所有 } \gamma \text{ 射線總能量} = 3.77 \times 10^{10} \times 0.18 \times 1.53 = 1.04 \times 10^{10} \text{ MeV}$$

7. 已知某 X 光的頻率為 $5 \times 10^{20} \text{ Hz}$ ，求其波長為多少 pm？ 能量為多少 MeV？
($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ， $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

[解:]

解：

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{20}} = 0.6 \times 10^{-12} \text{ m} = 0.6 \text{ pm}$$

$$E = h\nu = 6.626 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{20} = 3.3 \times 10^{-13} \text{ J} = \frac{3.3 \times 10^{-13}}{1.6 \times 10^{-13}} \text{ MeV} = 2.06 \text{ MeV}$$