

九十七年度第一次輻射防護人員測驗試題

輻射防護員級：專業科目

一、填充題(每格二分，共三十分)

1. 一個半值層(HVL)約為多少個什一值層(TVL)? ____ (1) ____

[解]=0.3

2. 寫出克馬(kerma)的單位? ____ (2) ____

[解]= J/kg

3. 計算 X 光機的屏蔽時，部分佔用(partial occupancy)區的佔用因數等於多少?
____ (3) ____；偶爾佔用(occasional occupancy)區的佔用因數等於多少? ____ (4) ____

[解](3)1/4 (4)1/16

4. P-10 氣體的成分為 90%的 ____ (5) ____ 氣體及 10%的 ____ (6) ____ 氣體。

[解](5)氬(Ar) (6)甲烷(CH₄)

5. 使用密度儀(Densitometer)度量兩張 X 光照片的光密度(Optical density, OD)，第一張 OD =1，第二張 OD =2，則重疊兩張照片後的光密度 OD 是多少? ____ (7) ____

[解] 1+2=3

6. 經輻射曝露後，會在 60 天內造成 50%個體致死的輻射劑量，通常會用何種縮寫符號表示? ____ (8) ____

[解] LD_{50/60}

7. 一個 2.022 MeV 光子在原子核附近進行成對發生反應後，剩餘的能量由產生的正負電子均分。計算正電子的動能為多少 MeV? ____ (9) ____

[解]=(2.022-1.022)/2=0.5

8. ¹⁴C 蛻變時釋放出何種輻射? ____ (10) ____

[解] β^-

9. ¹⁹⁸Au 射源之原始活度為 10 居里，其半衰期為 2.7 天。計算 13.5 天後的活度，將此活度用貝克表示。 ____ (11) ____

[解] 13.5/2.7=5 個半衰期；

$$10 \times 3.7 \times 10^{10} \times 1/2^5 = 1.16 \times 10^{10} \text{Bq}$$

10. 氚原子(tritium)較氘原子(deuterium)多幾個質子? ____ (12) ____

[解]0(質子數相同)

11. 某核醫放射師手持含 ^{131}I 的針筒，其指端距射源 3 公分之劑量率為 9 mSv/h，則距射源 9 公分外之胸部表面所接受之劑量率為多少 mSv/h? ____ (13) ____

[解] $\Gamma A/3^2 = 9 \text{ (mSv/h)} \Rightarrow \Gamma A = 81$ ，離射源 9 公分外之劑量率： $\Gamma A/9^2 = 1 \text{ mSv/h}$

12. 核種進到體內，若 T_R 是核種之物理半化期， T_M 是核種之代謝半化期， T_{eff} 是核種之有效半化期，則 $T_{\text{eff}} =$ ____ (14) ____

[解]
$$\frac{T_R T_M}{T_R + T_M}$$

13. 平均壽命 = ____ (15) ____ × 半化期

[解]1.44

二、問答與計算題(每題十分，共七十分)

1. 在相同條件下計測某一試樣與標準物質的放射性活度，結果該試樣為 5000 ± 100 cpm，標準物質為 2000 ± 50 cpm，試計算該試樣與標準物質的放射性活度比及活度比標準差。

參考答案：

設試樣的放射性活度 = $x \pm \sigma_x = 5000 \pm 100$

標準物質的放射性活度 = $y \pm \sigma_y = 2000 \pm 50$

試樣與標準物質的放射性活度比 $u = x/y = 5000/2000 = 2.5$

則放射性活度比的標準差 σ_u 可下列關係求得：

$$\left(\frac{\sigma_u}{u}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{\sigma_u}{2.5}\right)^2 = \left(\frac{100}{5000}\right)^2 + \left(\frac{50}{2000}\right)^2 = 0.001025$$

$$\Rightarrow \sigma_u^2 = 0.0064$$

$$\Rightarrow \sigma_u = 0.08$$

∴ 放射性活度比及其標準差 $u \pm \sigma_u = 2.5 \pm 0.08$

2. 若某人做了 50 次輻射計數值度量，結果呈現一高斯分布，若平均計數值為 900，標準差為 50。則請問下次計數(a)介於 900 至 950 間之機率為多少%? (b)大於 950 之機率為多少%?

參考答案：

高斯分布之平均值 $X \pm \sigma$ 之區間約佔 68%，即量測值介於 900 ± 50 間之機率為 68%，故(a)下次計數結果介於 900 至 950 間之機率為 68%之一半，為 32%。又量測值在 900 ± 50 以外之機率為 $100\% - 68\% = 32\%$ ；(b)下次計數結果大於 950 之機率為 32%之一半，為 16%。

3. 某放射性藥物之物理半衰期為 2.88 天，生物半衰期為 0.6 天，若其注射入病人體內之初始活度為 $3.2 \times 10^5 \text{ Bq}$ ，則 3 天後此放射性藥物仍有多少 Bq 之活度殘留在病人身上？

參考答案：

$$\text{有效半衰期} = \frac{1}{\frac{1}{2.88 \text{天}} + \frac{1}{0.6 \text{天}}} = 0.5 \text{天}$$

$$A = A_0 e^{-(0.693/0.5 \text{天}) \times 3 \text{天}} = 5004.4 \text{ Bq}$$

4. $^{32}_{15}\text{P}$ 蛻變放出一個 β^- 粒子後形成 $^{32}_{16}\text{S}$ ，請估計此衰變之 β^- 粒子的最大能量及平均能量為多少 MeV? ($^{32}_{15}\text{P}$ 及 $^{32}_{16}\text{S}$ 的原子質量單位分別為 31.973910 amu 及 31.972074 amu)

參考答案：

由能量不減定律：

$$^{32}_{15}\text{P} \text{ 原子核質量} = ^{32}_{16}\text{S} \text{ 原子核質量} + \beta^- \text{ 粒子(電子)質量} + Q \text{ 值}$$

$$\Rightarrow ^{32}_{15}\text{P} \text{ 原子核質量} - ^{32}_{16}\text{S} \text{ 原子核質量} - \beta^- \text{ 粒子(電子)質量}$$

$$= (^{32}_{15}\text{P} \text{ 原子質量} - 15 \text{ 個電子質量}) - (^{32}_{16}\text{S} \text{ 原子核質量} - 16 \text{ 個電子質量}) - \beta^- \text{ 粒子質量}$$

$$= (^{32}_{15}\text{P} \text{ 原子質量} - ^{32}_{16}\text{S} \text{ 原子核質量}) - 15m_0 + 16m_0 - m_0$$

$$= {}_{15}^{32}\text{P} \text{ 原子質量} - {}_{16}^{32}\text{S} \text{ 原子核質量}$$

$$= (31.973910 - 31.972074) \times 931.5 \text{ MeV} = 1.71 \text{ MeV}$$

∴ β^- 粒子的最大能量 = Q 值 = 1.71 MeV

$$\beta^- \text{ 粒子的平均能量} \cong \frac{Q}{3} = 1.71 \text{ MeV} / 3 = 0.57 \text{ MeV}$$

5. 若開始時 ${}^{131}\text{I}$ 的原子數為 2×10^{14} 個，則經過 3 天後， ${}^{131}\text{I}$ 的活性為多少 Ci? (${}^{131}\text{I}$ 的半化期為 8 天)?

參考答案：

$$A_0 = \lambda N_0 = \left(\frac{0.693}{8 \times 24 \times 60 \times 60} \right) \times 2 \times 10^{14}$$

$$= 20.05 \times 10^7 \text{ Bq}$$

$$= \frac{20.05 \times 10^7}{3.7 \times 10^{10}} = 5.42 \text{ mCi}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = 5.42 e^{-\left(\frac{0.693}{8}\right) \times 3} = 4.18 \text{ mCi}$$

6. 何謂互毀作用？試比較成對效應和 β^+ 蛻變中互毀作用的異同。

參考答案：

互毀作用是一個靜止的正子和一個靜止的負電子結合，會產生 2 個方向相反的 0.511 MeV 光子。成對效應是大於 1.02 MeV 光子和物質原子核場作用時，會產生電子及正子，正子能量用盡時，會和鄰近電子結合，產生 2 個方向相反的 0.511 MeV 光子。 β^+ 蛻變是從原子核中釋出正子，同樣地，當正子能量用盡時，會和鄰近電子結合，產生 2 個方向相反的 0.511 MeV 光子。兩者均會產生 2 個方向相反的 0.511 MeV 光子，差別是正子的產生來源不同。

7. ${}^{137}\text{Cs}$ 密封射源的 Γ 值為 $3.2 \text{ R cm}^2 \text{ h}^{-1} \text{ mCi}^{-1}$ ，試求將距離 10 居里之 ${}^{137}\text{Cs}$ 射源 1 公尺處，曝露率降至 1.6 mR/h 需加多少公分的鉛？（假設鉛對 ${}^{137}\text{Cs}$ 加馬射線的半值層為 0.7 cm）

參考答案：

距離 10 居里之 ${}^{137}\text{Cs}$ 射源 1 公尺處之曝露率：

$$\dot{X} = \frac{\Gamma A}{d^2} = \frac{3.2 \left(\frac{R \cdot \text{cm}^2}{h \cdot \text{mCi}} \right) \times 10000 \text{mCi}}{100^2 (\text{cm}^2)} = 3.2 \left(\frac{R}{h} \right) = 3200 \left(\frac{\text{mR}}{h} \right)$$

$$\frac{1.6 \left(\frac{\text{mR}}{h} \right)}{3200 \left(\frac{\text{mR}}{h} \right)} = \frac{1}{2000} = \frac{1}{2^1} \times \frac{1}{10^3}$$

即欲將 3200 mR/h 降至 1.6 mR/h 需 1 個半值層+3 個什一值層之厚度

$$= 1 \times 0.7 (\text{cm}) + 3 \times 3.32 \times 0.7 (\text{cm}) = 7.672 (\text{cm})$$