

行政院原子能委員會
九十九年度第一次輻射防護人員測驗試題
輻射防護師級：專業科目

一、填充題(每格 2 分，共 30 分)

1. ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n \rightarrow \underline{\quad(1)\quad} + {}^4_2\alpha$

Ans: ${}^7_3\text{Li}$

2. 若 1000 個光子的平行射束射入厚度為 3 個半值層的鉛板，則有 (2) 個光子與鉛板作用。

Ans: $1000 \times (1/2)^3 = 125$
 $1000 - 125 = 875$

3. 某質量為 100 g 的器官，若接受 0.1 J 的 α 粒子能量，則等價劑量(equivalent dose)為 (3)。

Ans: $H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} = 20 \times \frac{0.1}{0.1} = 20 \text{ Sv}$

4. 以 1 MeV 的電子撞擊 ${}^{12}_6\text{C}$ 所產生的制動輻射比例比以 100 keV 的電子撞擊

${}^{63}_{29}\text{Cu}$ 所產生的制動輻射比例大或小? (4)。

Ans: 大，因為產生的制動輻射比例 $\propto Z \cdot E$

5. 入射能量為 5 MeV 及 10 MeV 的光子與物質產生成對效應時，所產生正負電子動能總和分別為 E_1 及 E_2 ，則 $E_1/E_2 = \underline{(5)}$ 。

Ans: $E_1/E_2 = (5-1.02)/(10-1.02) = 3.98/8.98 = 0.44$

6. 放射治療最常用的直線加速器是將 (6) 加速。

Ans: 電子

7. ${}^{14}\text{C}$ 的半化期為 5730 年，則其比活度(specific activity)為多少 (7) Ci/g?

$$\text{Ans: } SA = A / m = \frac{\lambda N}{m} = \frac{\left(\frac{0.693}{5730 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60}\right) \left(\frac{1}{14} \times 6.02 \times 10^{23}\right)}{1 \times 3.7 \times 10^{10}}$$

$$= 4.5 \text{ Ci / g 或 } 1.67 \times 10^{11} \text{ Bq / g}$$

8. X光機的射源屏蔽(source shielding)是為了阻擋(8)輻射。

Ans: 滲漏

9. 一充氣式游離腔校正於 22 °C 和 760 mmHg 大氣壓下。若在溫度 t °C 和 P mmHg 大氣壓時所測量到的讀數為 R，經修正後的讀數為 R'，R' = R × k_{tp}，則 k_{tp} = (9)。

$$\text{Ans: } k_{tp} = \left(\frac{273+t}{273+22}\right) \left(\frac{760}{P}\right)$$

10. 正子斷層掃描儀(positron tomography, PET)之偵檢器所偵測到的是(10)作用所產生的光子。

Ans: 互毀

11. 含有 1000 個光子的平行射束射入厚度為 10 cm 的鋁板，若鋁板的密度為 2699 kg/m³，質量衰減係數為 0.1706 cm²/g，則穿透鋁板的光子數為(11)。

$$\text{Ans: } N = N_0 e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)(\rho x)} = 1000 e^{-0.1706 \times 2699 \times 0.1} = 10$$

12. Cs-137 之加馬射線能量為 662 keV，以 NaI (Tl) 偵檢器分析其光子能譜中，在(12) keV 處在有一 peak，稱為 compton edge。

Ans:

當散射光子 (θ 角) 呈 180 度反彈回來時，其散射電子獲得的最大能量稱為 compton edge，散射光子能量 E'

$$E' = \frac{662 \text{ keV}}{1 + \frac{662}{511} (1 - \cos 180)} = \frac{662}{1 + \frac{662}{511} (2)} = \frac{662}{3.59} = 184 \text{ keV}$$

$$\text{散射電子能量} = E - E' = 662 \text{ keV} - 184 \text{ keV} = 478 \text{ keV}$$

13. 當發生電子捕獲或內轉換反應後留下 K 層軌道一個空位時，在遞補此空位之電子躍遷過程中會產生 K - X ray 或 Auger electron，此二者對母核之原子序較小者，比較容易發出 Auger electron，原子序較大之母核，較易發出(13)。

Ans: K - X ray

14. 阻止本領(Stopping Power)的定義：帶電粒子在介質中平均沿線能量損失率，其單位常以水中 (14) 表示之。

Ans: keV / μm 或 MeV / cm

15. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 m 表示 (15)。

Ans: 介穩態

二、問答與計算題(每題 10 分，共 70 分)

1. 當電子的速度 $v = 0.95c$ 時(c 為光速)，其動能為多少 MeV?

$$E_k = mc^2 - m_0c^2$$

$$\text{Ans: } E_k = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$= 0.511 \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.95c)^2}{c^2}}} - 1 \right) = 0.511 \times \left(\frac{1}{0.31} - 1 \right) = 0.511 \times 2.22 = 1.13 \text{ MeV}$$

2. 將 1 mCi 的 ^{198}Au 射源插入病人體內 2 天後取出，求其發射輻射(emitted radiation)? (^{198}Au 的半化期為 2.69 天)

$$\text{Ans: 發射輻射} = 1.44 \times 2.69 \times 24 \times 60 \times 60 \times 3.7 \times 10^7 \times \left(1 - e^{-\frac{0.693}{2.69} \times 2} \right) = 4.99 \times 10^{12}$$

3. 若水吸收 10 Gy 的輻射劑量，可以使水溫上升幾 $^{\circ}\text{C}$?

$$10 \text{ Gy} = 10 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

$$\text{Ans: } 1000 \times 1 \times t = 10 / 4.18$$

$$t = 2.39 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4. $^{13}_7\text{N} \rightarrow ^{13}_6\text{C} + \beta^+ + \nu$ 之 β^+ 蛻變過程中，產生 β^+ 粒子之最大能量為多少 MeV?

母核的原子質量為 13.0057388 amu，子核的原子質量為 13.0033551 amu。

$$E = mc^2$$

$$\text{Ans: } 1 \text{ amu} = 931 \text{ MeV}$$

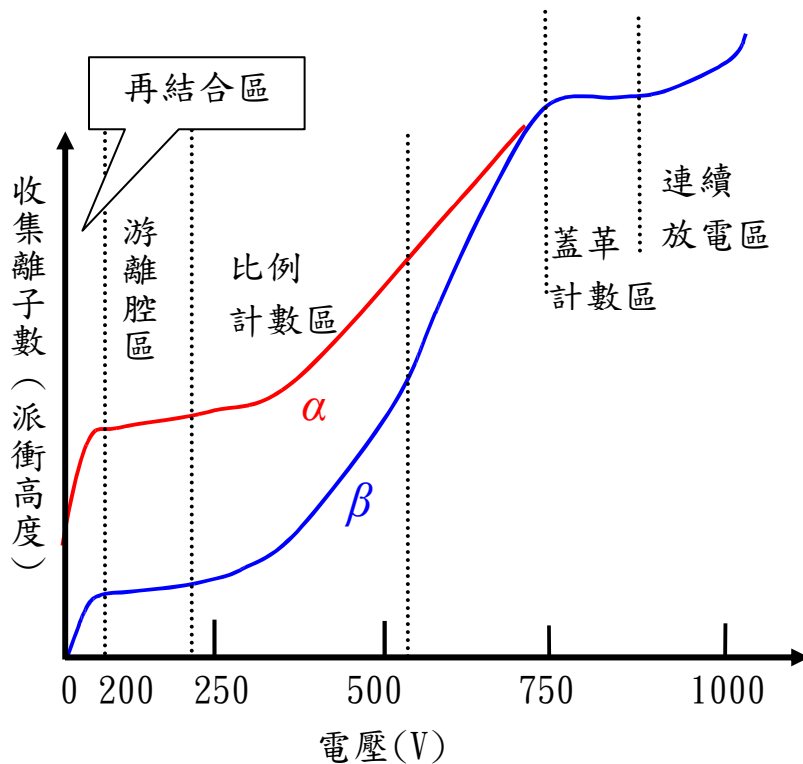
$$E = (13.0057388 - 13.0033551) \times 931 = 2.22 \text{ MeV}$$

$$2.22 - 2 \times 0.511 = 1.198 \text{ MeV}$$

5. 請解釋為何電磁波輻射（X-射線或加馬射線）與介質產生游離作用稱為間接游離作用。

Ans 電磁波輻射因不帶電荷，故無法像荷電粒子一樣，能以電場庫侖力方式直接將能量給於介質之外層軌道電子而將之游離。電磁波輻射與介質先發生光電吸收，康普頓散及成對發生等反應，產生光電子，或康普頓回跳電子，或成對發生的電子與正子，這些帶著能量的電子才開始去游離介質的外層軌道電子，故稱其為間接游離作用。

6. 下圖為充氣式偵檢器在不同電壓下收集到之離子數目，（1）解釋各種工作區形狀的特性，（2） α 粒子與 β 粒子的反應為何不同？



Ans :

- (1)
1. 當電壓低於 200 伏以下，輻射產生之離子容易復合，稱再結合區。
 2. 在 200 V 左右達到平坦區（脈衝高度一樣），即在此電場電壓範圍之間，產生多少離子對，就能全部被收集到，稱為游離腔區。
 3. 當電壓再次升高大於 250 - 500 V 之間，氣體被游離出來之電子已具足夠能量再游離其他氣體原子，產生更多離子對出來，即有放大的效果，故電壓愈高時，放大效率愈大，收集到之離子數與電場高壓成正比率關係，稱為比例計數區。

4. 再進一步升高電壓時，進入蓋格 (GM) 區，此時因電場電壓非常強，每個氣體分子被游離皆因被放大而如雪崩一般，足夠的電量已能產生一個脈衝，且該脈衝幅度與初始離子對數目已無關係。

5. 若再加大電壓，將直接使氣體原子游離，產生連續放電。

(2) 一個 β 粒子的能量比一個阿伐粒子的能量低很多，所以游離氣體產生的離子對數量即少很多，因此電場收集到的離子數或脈衝高度必低於阿伐粒子。而在 GM 區因電場電壓甚高，任何一個游離作用都被大量放大如雪崩一般，故已無法分辨具入射粒子阿伐或貝他。

7. 利用 Cf-252 中子射源做為熱中子通率的標準射源。現有一直徑 1 cm 圓片，厚度 0.013 cm 之金箔 (Au)，在距離射源 1 m 處被該熱中子照射達 7 天之久，照射一結束馬上計測比金箔，發現有 Au-198 活化產物 100 Bq 活度。試問金箔被照射之處的熱中子通率為何 ($\frac{\text{中子}}{\text{cm}^2 \cdot \text{秒}}$)。

註：Au 原子量 = 197.0 g，比重 = 19.32 g/cm³，熱中子活化截面 = 98.5 邦，Au-198 半衰期 = 2.7 天。

Ans :

利用 $\lambda N = \phi \sigma N(1 - e^{-\lambda t})$ 公式

$$\begin{aligned} \text{穩定Au的原子數目 } N &= \frac{19.32 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times (0.5\text{cm})^2 \times 3.1416 \times 0.013\text{cm} \times 6.02 \times 10^{23}}{197.0 \text{ g}} \\ &= 6.03 \times 10^{20} \text{ 個原子} \end{aligned}$$

$$100 \frac{\text{蛻變}}{\text{秒}} = \phi \times 98.5 \times 10^{-24} \text{ cm}^2 \times 6.03 \times 10^{20} \times (1 - e^{-\frac{0.693}{2.7\text{天}} \times 7\text{天}})$$

$$\begin{aligned} \therefore \phi &= \frac{100 \frac{\text{蛻變}}{\text{秒}}}{98.5 \times 10^{-24} \text{ cm}^2 \times 6.03 \times 10^{20} \times (1 - e^{-\frac{0.693}{2.7\text{天}} \times 7\text{天}})} \\ &= \frac{100}{5.94 \times 10^{-2} \times 0.834} \\ &= 2.02 \times 10^3 \frac{\text{中子}}{\text{cm}^2 \cdot \text{秒}} \end{aligned}$$