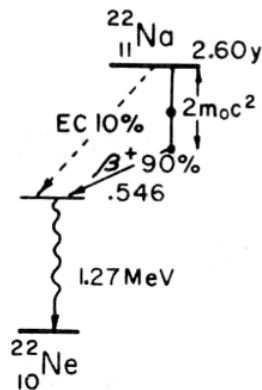


行政院原子能委員會
九十八年度第一次輻射防護人員測驗試題
輻射防護師級：專業科目（解答）

一、填充題(每格2分，每共30分)

- 一個電子的靜止質量 (1) $9.109 \times 10^{-31} \text{kg}$ 或 $5.485 \times 10^{-4} \text{amu}$ (0.511MeV) $(8.187 \times 10^{-14} \text{J})$ 。
- 已知 6 MeV 的 X 光在肌肉中的質量衰減係數為 $0.0273 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，肌肉的密度為 $1040 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，則其平均射程(即平均自由徑，mean free path)為 (2) 35.2 公分。
- 1mCi 的 ^{60}Co ，每秒鐘共釋出 (3) 9.25×10^7 MeV 的 gamma 能量。
- 已知 6 MeV 的電子在水中射程約為 3 cm；鋁的密度為 $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，則 6 MeV 的電子在鋁中的射程為 (4) 1.11 公分。
- 已知母核做 EC decay，且母核原子的質量=A amu，子核原子的質量=B amu，請問母核 decay 時，釋放出的總能量= (5) $(A-B) \times 931.5$ MeV。
- 511 keV 的光子，其 Compton edge 的能量位置 = (6) 341 keV。
- 依據下圖， ^{22}Na 與 ^{22}Ne 的能階差(energy difference)= (7) 2.838 MeV



- 比例計數器常填充P-10氣體，它是由 (8) 氬氣 及 (9) 甲烷 兩種氣體所組成的。
- 已知欲使用鉛來衰減某一能量之加馬射線，其半值層為0.1cm，今欲將此輻射強度衰減為原來的四萬分之一，需要 (10) 1.52 公分的鉛。
- ^{60}Co 射源(半化期 5.26年)活度370GBq，如果此射源在衰變為3.7GBq以前都還能使用，則此射源約可再使用 (11) 34.95 年。
- 放射性核種進行 β^- 蛻變時，蛻變前後之質量差，經質能互換，轉變為 β^- 及 (12) 反微中子($\bar{\nu}$) 之動能。

12. 原子在某種情況，其K層電子軌道會出現一個空位，此時若L層軌道的電子躍遷填補K層空位時，釋出的能量給了M層軌道的電子，而將該M層電子逐出原子，此被逐出的電子稱為 (13)鄂惹電子(Auger electron)。
13. 游離輻射與物質作用中的成對發生，涉及光子和 (14)原子核 間的作用。
14. 將一張光密度(OD)值為2之膠片(Film)與另一張光密度值為3之膠片疊在一起時，光的總穿透率為 (15)0.001 %。

二、問答題(共7題，計70分)

1. 將一克⁵⁹Co 樣品置於通量率為 10^{13} 中子/cm²·s 之原子爐內1年，求產生放射性原子⁶⁰Co 之活度為何？[已知一個中子與⁵⁹Co 的作用截面=37 barn/atom，⁵⁹Co 之原子量以 59 amu 計算]

Ans：經 t 時間之中子照射，則活化的活度 A

$$A = \dot{\phi} \sigma n (1 - e^{-\lambda t}) = 10^{13} \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times (37 \times 10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}}) \times (\frac{1}{59} \times 6.02 \times 10^{23} \text{atom}) \times (1 - e^{-\frac{0.693}{5.26\text{y}} t})$$

$$= 4.66 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} = 4.66 \times 10^{11} \text{ Bq}$$

2. 已知氫的質量衰減係數 $(\mu/\rho)_H = 0.1129 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，氧的係數 $(\mu/\rho)_O = 0.057 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，求水的衰減係數 $(\mu/\rho)_{H_2O}$ ？

Ans：

$$(\frac{\mu}{\rho})_{H_2O} = \frac{2}{18} \times 0.1129 + \frac{16}{18} \times 0.0571 = 0.0633 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

3. 已知有一放射性樣品放在計數裝置內測量了5分鐘，共記錄9600個計數。之後，拿走該樣品，用10分鐘測得1200個背景計數。兩個測量總共花15分鐘，今若欲以相同的15分鐘做量測以達到計測實驗之最適化，請問如何重新分配樣品計測及背景計測時間，以使誤差最小？

Ans：

$$\text{樣品計數率：} A_s = \frac{9600}{5} = 1920 \text{ cpm}$$

$$\text{背景計數率：} A_b = \frac{1200}{10} = 120 \text{ cpm}$$

樣品計測時間： t_s

背景計測時間： t_b

$$\frac{t_s}{t_b} = \sqrt{\frac{1920}{120}} = 4 \quad \text{即} \quad t_s = 4t_b$$

$$t_s + t_b = 4t_b + t_b = 5t_b = 15 \text{ min}$$

$$t_b = \frac{15 \text{ min}}{5} = 3 \text{ min}$$

$$t_s = 15 \text{ min} - 3 \text{ min} = 12 \text{ min}$$

4. 某放射性同位素之物理半化期為 8 天，若進入體內之初始活度為 $1.85 \times 10^7 \text{ Bq}$ 經過一星期後活度為 $7.4 \times 10^6 \text{ Bq}$ ，試問其生物半化期為多少天？

Ans:

$$\text{依公式 } \frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b},$$

式中 T_{eff} ：有效半化期、 T_p ：物理半化期 = 8 天、 T_b ：生物半化期

$$\text{知 } T_b = \frac{T_{eff} \cdot T_p}{T_p - T_{eff}}$$

$$\text{依公式 } A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

已知放射性同位素進入體內

$$A_0 = 1.85 \times 10^7 \text{ Bq}$$

$$A(7) = 1.85 \times 10^7 e^{-\lambda_{eff} \cdot 7} \text{ Bq} = 7.4 \times 10^6 \text{ Bq}$$

所以

$$e^{-7\lambda_{eff}} = \frac{7.4 \times 10^6}{1.85 \times 10^7} = 0.4$$

等式兩端取自然對數

$$-7\lambda_{eff} = \ln 0.4$$

或

$$\frac{-7 \times 0.693}{T_{eff}} = -0.9163$$

$$T_{eff} = \frac{7 \times 0.693}{0.9163} = 5.294 \text{ 天}$$

$$T_b = \frac{5.294 \times 8}{8 - 5.294} = 15.7 \text{ 天}$$

5. 4MeV 的光子進入 10 克的靶，產生康普吞散射及成對發生，光子進入靶後，先產生康普吞散射，散射後康普吞電子在離開靶時能量剩下 0.8MeV，而康普吞光子能量 1.8MeV 繼續前進並在靶內產生成對發生，負電子離開靶時能量剩下 0.078MeV，而正電子最後停在靶內並產生兩個互毀輻射，此二輻射皆離開靶區，請問在此過程中靶內所造成的吸收劑量為多少？ $1 \text{ MeV} = 1.602 \times 10^{13} \text{ J}$

Ans:

吸收劑量

$$D = [(4 - 1.8 - 0.8) + (1.8 - 1.022) - 0.078] \text{ MeV} / 10 \text{ g}$$

$$= 0.21 \text{ MeV} \times 1.602 \times 10^{-13} \text{ J} / \text{ MeV} \times \frac{1}{0.01 \text{ kg}}$$

$$= 3.36 \times 10^{-11} \text{ J} / \text{ kg}$$

$$= 3.36 \times 10^{-11} \text{Gy}$$

6. 已知 ^{35}S 均勻分佈於罌丸(罌丸重 20 公克)，其第一天之吸收劑量率為 1mGy/d ，請問 10 天後罌丸總共累積的吸收劑量多少？(^{35}S 的物理半化期=87.4 天， ^{35}S 在罌丸內的生物半化期=45.7 天)。

Ans:

參考答案

^{35}S 在罌丸內的有效半化期

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_b \cdot T_p}{T_b + T_p} = \frac{45.7 \cdot 87.4}{45.7 + 87.4} = 30\text{d}$$

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{0.693}{30} = 0.0231\text{d}^{-1}$$

$$D_t = \int_0^t \dot{D}_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{\dot{D}_0}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$D_{10} = \frac{\dot{D}_0}{\lambda_{\text{eff}}} (1 - e^{-\lambda_{\text{eff}} 10}) = \frac{1\text{mGy/d}}{0.0231/\text{d}} (1 - e^{-0.0231 \times 10}) = 8.93\text{mGy}$$

7. 實驗室使用 74MBq 的 ^{32}P ，及 3.7MBq 的 ^{137}Cs 各產生 40 公升的廢液，廢液活度皆為原先使用活度的 $1/500$ 。實驗產生的廢液先置放於廢液槽內，請問經 43 天後此廢液可以排放出去嗎？ ^{32}P 的半化期為 14.3 天，而其排放濃度限值为 0.3Bq/cm^3 ，另 ^{137}Cs 的半化期為 30 年，排放濃度限值为 0.09Bq/cm^3 。

Ans:

^{32}P 半化期為 14.3 天則 $43\text{天} \div 14.3\text{天} = 3$

故排放時 ^{32}P 已經過 3 個半化期，廢液共有 80 公升，其中 ^{32}P 濃度為

$$74 \times 10^6 \times \frac{1}{500} \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times \frac{1}{80 \times 1000} = 0.231\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$$

^{137}Cs 半化期為 30 年則 43 天活度幾乎不變

故排放時 ^{137}Cs 廢液濃度為

$$3.7 \times 10^6 \times \frac{1}{500} \times \frac{1}{80 \times 1000} = 0.0925\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$$

排放廢液有 2 種以上核種存在時，各放射性核種與其排放濃度限値之比的和小於 1 時，即可排放。

$$\frac{0.231}{0.3} + \frac{0.0925}{0.09} = 0.77 + 1.03 = 1.8, \text{ 故此廢液不得排放。}$$