

九十七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(每格二分，共三十分)

1. 空氣經加馬輻射照射後之曝露為  $6.45 \times 10^{-5}$  C/kg，相當於\_\_\_\_(1)\_\_\_\_毫侖琴？

[解]  $6.45 \times 10^{-5}$  [C/kg]/ $2.58 \times 10^{-4}$  [(C/kg)/R]=0.25 R= 250 mR

2. 若一空浮放射性物質，其吸入的劑量轉換係數(DCF)為  $6.7 \times 10^{-9}$  Sv/ Bq，則其推定空氣濃度為\_\_\_\_(2)\_\_\_\_Bq/m<sup>3</sup> ？

[解]  $(50\text{mSv}/6.7 \times 10^{-9}\text{Sv/ Bq} \times 1000 \times 2400) = 3.11 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$

3. <sup>137</sup>Cs 的比活度約為多少 Bq/g？(<sup>137</sup>Cs 的半衰期為 30 年)\_\_\_\_(3)\_\_\_\_

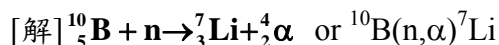
[解] 每克 <sup>137</sup>Cs 的活度 A=[衰變常數λ]×[每克 <sup>137</sup>Cs 的原子數 N]

= $[0.693/(30 \times 365 \times 24 \times 3600)] \times [6.02 \times 10^{23} \times 1/137] = 3.2 \times 10^{12}$

4. 已知某一輻射之什一值層(TVL)厚度為 1 cm 的鉛，今欲將此輻射強度衰減為四萬分之一，試問所需鉛屏的厚度為多少 cm？\_\_\_\_(4)\_\_\_\_

[解]  $\text{HVL} = 0.3 \times \text{TVL} = 0.3\text{cm}$ ,  $1/40000 = 1/2^2 \times 1/10^4$ , 即需 2 個 HVL 及 4 個 TVL 厚度的鉛屏= $2 \times 0.3 + 4 \times 1 = 4.6(\text{cm})$

5. 請寫出 <sup>10</sup><sub>5</sub>B 捕獲熱中子的反應式？\_\_\_\_(5)\_\_\_\_



6. 如果一個元素的 K、L、M 層中電子的結合能分別為 8979eV、951eV 及 74eV，則 KLM 鄂惹電子的能量為\_\_\_\_(6)\_\_\_\_eV。

[解] KLM 鄂惹電子的能量=7954 eV

7. 一個 4.022 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？\_\_\_\_(7)\_\_\_\_

[解]  $(4.022 - 1.022)/2 = 1.5$

8. 兩張光密度(OD)值分別等於 1 及 2 之膠片疊在一起時，則光穿透此二張膠片後之穿透率將等於多少？\_\_\_\_(8)\_\_\_\_

[解]= $1/10^1 \times 1/10^2 = 1/1000$

9. 某非破壞檢測公司購入工業用  $^{192}\text{Ir}$  射源 (半衰期: 74 天) 768 GBq, 如果此射源在衰變成 3 GBq 以前都可用來檢查, 則此射源約可使用多少天? \_\_\_\_\_ (9)

[解]  $3/768=1/256=1/2^8$  約 8 個半衰期  $=74 \times 8 = 592$  天

10. 光子的總克馬等於光子的能通量( $\Psi$ )乘以 \_\_\_\_\_ (10)。

[解] 質量能量轉移係數 ( $\mu_{tr}/\rho$ )。

11. 若  $\gamma$  射線的波長為 2 pm, 則每一光子所攜帶的能量為 \_\_\_\_\_ (11) MeV。

[解]  $E=h\nu=hc/\lambda=(4.12 \times 10^{-21} \text{MeV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 / 2 \times 10^{-12}) = 6.18 \times 10^{-1} \text{MeV} = 0.618 \text{MeV}$ .

12. 若電子的速度為光速的 0.98 倍, 則電子的動能為 \_\_\_\_\_ (12) MeV。

[解]  $m = m_o / \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = m_o / 0.2 = 5m_o$

$$KE = mc^2 - m_o c^2 = 4m_o c^2 = 4 \times 0.511 \text{MeV} = 2.04 \text{MeV}$$

13. 若  $^{198}\text{Au}$  的原子數為  $2 \times 10^8$  個, 則經過 \_\_\_\_\_ (13) 天,  $^{198}\text{Au}$  的原子數剩下  $2 \times 10^5$  個 ( $^{198}\text{Au}$  的半衰期為 2.69 天)。

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

[解]  $2 \times 10^5 = 2 \times 10^8 \times e^{-\left(\frac{0.693}{2.69}\right)t}$

$$t = -\left(\frac{2.69}{0.693}\right) \ln\left(\frac{2 \times 10^5}{2 \times 10^8}\right) = 26.8d$$

14. 正常細胞週期中 \_\_\_\_\_ (14) 和 \_\_\_\_\_ (15) 期對輻射最敏感。

[解] G2 和 M

## 二、問答與計算題(每題十分, 共七十分)

1. 某同位素經過三個半衰期的中子活化照射, 試問其活度達飽和值的百分之幾?

參考答案:

$$\frac{A}{A_s} = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{0.693}{t_{1/2}} \cdot t} = 1 - e^{-\frac{0.693}{t_{1/2}} \cdot 3t_{1/2}} = 1 - e^{-0.693 \times 3} = 1 - e^{-2.079} = 1 - 0.125 = 0.875 = 87.5\%$$

2. 某一輻射計測系統, 度量 10 分鐘後, 其百分標準差為 10%, 試問另需再計測多少時間, 其百分標準差方可減少為 2%?

參考答案:

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.1, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.1, \quad \therefore N = 100$$

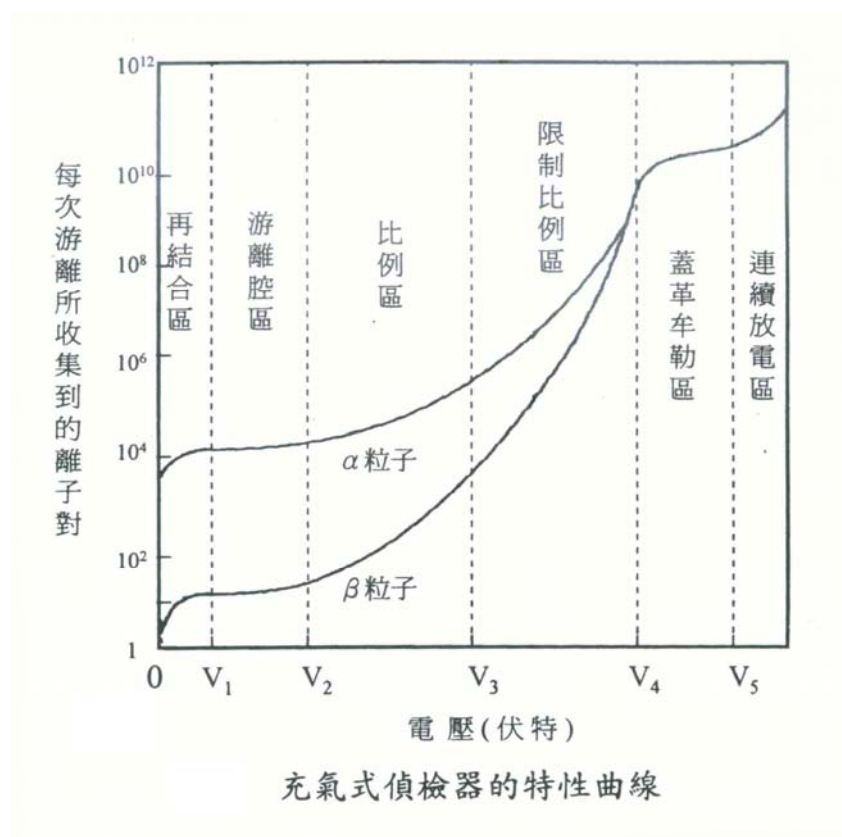
$$\therefore \text{計數率} = 100/10\text{min} = 10 \text{ cpm}$$

$$\text{如百分標準差減少為 } 2\%, \text{ 則 } \frac{\sqrt{N}}{N} = 0.02, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.02, \quad N = 2500$$

$$\therefore \text{需時 } T = (2500/10) = 250 \text{ min}, \quad 250 \text{ min} - 10 \text{ min} = 240 \text{ min}$$

$\therefore$  另需再計測 240 分鐘(或 4 小時)

3. 請繪圖並詳細說明充氣式偵檢器的操作電壓與收集信號大小的關係。



參考答案：

充氣式偵檢器工作電壓與收集信號的關係如圖所示，依電壓大小可分為六區。

(1) 再結合區

當外加電壓很小時，由輻射產生的正負離子對，部分會再復合而消失，因此產生的信號太小而無應用價值。

(2) 游離腔區(飽和區)

當外加電壓逐漸升高，輻射產生的正負離子對複合機率減少，電壓增至適當大小後，所產生的離子對全部被收集而呈現飽和的信號。此飽和的信號大小與入射輻射游離的離子對數目有關，而與外加電壓大小無關。此區域為游離腔的工作區。

(3) 比例區(比例計數區)

外加電壓繼續升高，會使初次游離的電子被加速，在比例區的電子已被加速至具有足夠的動能使其他未被入射輻射游離的氣體分子亦因撞而游離。此時離子對的數目會急遽增加，收集脈衝信號亦隨之升高。此區域內，脈衝信號大小正比於原始離子對的數目，故稱為比例區，為比例計數器的工作區域。

(4) 限制比例區

持續升高電壓，電場與電壓之關係將呈非線性。此乃因二次游離過程中，電子很快被收集，而正離子則緩慢的移向陰極，當正離子濃度很高時，其空間電荷會嚴重影響偵檢器內電場的分佈，而使外加電壓與電場將呈非線之關係性。在此區中，脈衝信號大小仍隨初次游離之離子對增加而增加，但不呈線性關係。

(5) 蓋格牟勒區(蓋格區)

當外加電壓再升高，氣體游離的倍增作用繼續增加，直到產生足夠的正離子，使得偵檢器內之電場降低直至氣體倍增作用終止。不同種類或能量的輻射在相同電壓下之蓋格區產生的脈衝信號大小皆相同，故此區僅能計數輻射數量，而不能用以鑑別輻射種類或能量。

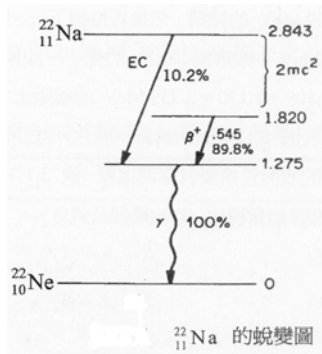
(6) 連續放電區

當外加電壓再升高，不需外部輻射信號刺激，偵檢器內之氣體分子已自行解離，而產生連續放電之現象，此區不適合操作，亦無應用價值。

4. 根據  $^{22}\text{Na}$  蛻變圖，正子最大的能量為多少? 能量 0.511MeV 光子出現的機率為多少? 為何會出現此能量的光子? 是否會產生特性 X 射線，並說明原因?

參考答案：**註：因未給  $^{22}\text{Na}$  蛻變圖，此題送 10 分。**

根據  $^{22}\text{Na}$  蛻變圖，正子最大的能量為  $1.820-1.275 = 0.545\text{MeV}$ 。能量  $0.511\text{MeV}$  光子出現的機率為  $179.6\%$ 。此光子是因為互毀作用而產生的，一個正子和一個負電子結合，會產生 2 個  $0.511\text{MeV}$  光子。正子產生的機率為  $89.8\%$ ，所以能量  $0.511\text{MeV}$  光子出現的機率為  $89.8\%\times 2 = 179.6\%$ 。在蛻變中的電子捕獲(EC)作用會造成 K 層電子空缺，其它層電子會來補這空洞，產生特性 X 射線。



5. 試說明 ICRP-60 中器官或組織的等價劑量及有效劑量的定義及單位。

參考答案：

器官或組織的平均吸收劑量  $D_T$  定義為  $D_T = \frac{\epsilon_T}{m_T}$ ，式中， $\epsilon_T$  是游離輻射授與某一組織或器官的總能量， $m_T$  是該組織或器官的質量。單位為  $\text{J/kg}$  或  $\text{Gy}$ ， $1\text{J/kg} = 1\text{Gy}$ 。

器官或組織的等價劑量  $H_{T,R}$  定義為  $H_{T,R} = \omega_R \cdot D_{T,R}$ ，式中  $D_{T,R}$  是輻射  $R$  在組織或器官  $T$  中產生的平均吸收劑量， $\omega_R$  是輻射加權因數。等價劑量的 SI 單位為  $\text{J/kg}$  或  $\text{Sv}$ ， $1\text{J/kg} = 1\text{Sv}$ 。

器官或組織的有效劑量  $E$  定義為  $E = \sum_T \omega_T \cdot H_{T,R}$ ，式中  $H_{T,R}$  是輻射  $R$  在組織或器官  $T$  中產生的等價劑量， $\omega_T$  是組織加權因數。有效劑量的 SI 單位為  $\text{J/kg}$  或  $\text{Sv}$ ， $1\text{J/kg} = 1\text{Sv}$ 。有效劑量用來表達個體全身產生機率效應的總機率。

6. 在康普吞散射作用中，總作用係數為  $\sigma$ ，散射係數為  $\sigma_s$ ，能量轉移係數為  $\sigma_{tr}$ 。若有一  $4\text{MeV}$  的 X 光，其康普吞散射之  $\sigma = 9.60 \times 10^{-30} \text{m}^2/\text{電子}$ ， $\sigma_s = 3.77 \times 10^{-30} \text{m}^2/\text{電子}$ ，則康普吞散射碰撞所產生之回跳電子的平均能量  $\bar{\sigma E_{tr}}$  為多少  $\text{MeV}$ ？

參考答案：

康普吞散射總作用係數  $\sigma = \sigma_s + \sigma_{tr}$

$$\sigma_{tr} = 9.60 \times 10^{-30} - 3.77 \times 10^{-30} = 5.83 \times 10^{-30} (\text{m}^2/\text{電子})$$

康普吞散射過程中之回跳電子的平均能量轉移  $\sigma \bar{E}_{tr}$  為：

$$\sigma \bar{E}_{tr} = \text{光子能量 } h\nu \times (\sigma_{tr}/\sigma) = 4 \text{ MeV} \times (5.83 \times 10^{-30} / 9.60 \times 10^{-30}) = 2.43 \text{ MeV}$$

7. 有一腔壁為碳之游離腔，其內含有一體積為  $0.6 \text{ cm}^3$  之空氣腔，將此游離腔放在水假體內，而曝露在鈷-60 所發射的加馬射線裡，如此而產生  $3 \times 10^{-8}$  庫侖之電荷，試計算量測點位置水的吸收劑量。

(平均阻擋本領比值  $\bar{S}_{air}^{=wall}$  (鈷-60)=1.009；質量吸收係數比值  $\left(\frac{\bar{\mu}_{ab}}{\rho}\right)_{wall(C)}^{water}$  (鈷-60)=1.111)

參考答案：

$$D_{water} = \left(33.85 \frac{J}{C}\right) \cdot \frac{Q}{m} \cdot \bar{S}_{air}^{=wall(C)} \left(\frac{\bar{\mu}_{ab}}{\rho}\right)_{wall(C)}^{water}$$

$$= 33.85(J/C) \times 3 \times 10^{-8}(C) \times 1.009 \times 1.111 / (0.6 \text{ cm}^3 \times 0.001293 \text{ g/cm}^3)$$

$$= 1.47 \times 10^{-3}(J/g) = 1.47(J/kg) = 1.47 \text{ Gy}$$