

行政院原子能委員會

九十八年度第二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. x 射線依其產生的機制可分為 (1)特性 x 射線、(2) 制動輻射 兩種類型。
2. 熱中子與組織中的氮和氫的相互作用的主要形式為 (3) $^1\text{H}(n, \gamma)^2\text{H}$  和 (4)  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  反應。
3.  $\beta$  射線與物質相互作用，產生何種類型的輻射？(5)游離、(6)激發 與 (7) 制動輻射。
4. 能通率(energy fluence rate)的 SI 單位為何 (8)  $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。
5. 考量  $\gamma$  射源屏蔽時，會影響增建因數(buildup factor)的主要考量因素為 (9)光子能量、(10) 屏蔽材料、(11) 屏蔽厚度。
6. 光子與物質作用產生成對效應(pair production)的低限能量為 (12)1.02 MeV。
7. 中子與物質之原子核作用會產生彈性碰撞、非彈性碰撞及 (13)中子捕獲。
8.  $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子、質子、X 射線、 $\gamma$  射線等 5 種輻射中，有 (14) 2 種屬於間接游離輻射。
9. 同樣能量的  $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子、中子與 X 射線，在空氣中射程最短的是 (15)  $\alpha$  粒子。

二、問答題與計算題 (每格十分，共七十分)

1. 試說明下列是如何產生的？(10%)

奧杰電子 (Auger electron)

制動輻射 (bremsstrahlung radiation)

特性輻射 (characteristic X-ray)

答：奧杰電子：核種蛻變時所釋放的 $\gamma$ 射線，被K層軌道電子吸收，而使K層電子游離，留下K層軌道電子空位，此時若L層的電子被K層吸收時，會伴隨特性輻

射產生，此特性輻射再被 M 層電子吸收，而被游離輻射出來的電子稱為 Auger electron。

制動輻射：高速電子撞擊到靶，受到靶減速時釋放能量的過程。

特性輻射：原子中軌道電子受到外界能量激發時，吸收能量而跑到較高能階上（激態），當不再受激發而回到原來的能階（基態）釋放出的能量以光子形式產生，能量為兩能階差。

2. 試解釋直線能量轉移（linear energy transfer, LET）與質量阻擋本領（mass stopping power）。(10%)

答：LET 表示游離粒子的游離能力，定義為  $dE_{\Delta}/dl$ ， $dE_{\Delta}$  為該粒子在  $dl$  距離內的局部能量平均耗損。質量阻止本領表示已知能量荷電粒子，在密度為  $\rho$  的作用物質內穿越  $dl$  時所損失的能量，則物質對此荷電粒子質量阻擋本領為  $S/\rho=1/\rho dE/dl$ 。兩者皆為荷電粒子與物質作用機轉的描述參數，LET 多用於荷電粒子釋放的狀況， $S/\rho$  多用於描述物質對荷電粒子損失能量的過程。

3. 請分別說明度量固著表面污染及鬆弛表面污染之方法及作業方式？(10%)

答：污染大致可分為固著表面污染（fixed contamination）與鬆弛表面污染（loose contamination）。前者可視同體外曝露輻射源，後者將隨時會自污染物表面鬆浮脫落而污染空氣，直接或間接的污染人體、衣服，有造成體內曝露的顧慮。前者通常可用比較簡單的輻射偵檢器監測，然而後者需要仔細的監測方法。

#### (1) 使用偵檢器直接監測污染方法

選擇適當偵檢器（survey meter）具有可監測空間輻射曝露率及物體表面污染雙重功能，偵檢器多為可以攜帶，專供地面等平坦大面積監測污染而製作的地面偵檢器（floor monitor）；使用偵檢器有側窗型 GM 管、大面積尾窗型 GM 管或比例計測管，偵檢器用小輪支架外罩屏蔽減少輻射背景及便於前進。常在計測管下面加裝薄膜屏蔽窗，由開閉屏蔽來鑑別貝他與加馬污染核種。

(2) 擦拭法 (Smear Test)

在執行輻射管制區域內外例行較低鬆散污染偵檢時，多以擦拭法有效的完成。此法即剪取計測皿容器大小之直徑，有韌性的濾紙在一定表面積（約

$$\text{污染活度(Bq/m}^2\text{)} = C_c \times \frac{100}{E_c} \times \frac{1}{A} \times \frac{100}{E_f}$$

100 平方厘米) 之可能污染地表或物面上擦拭後加以計測，即可監測污染物表面污染的活性, 擦拭試樣計測後以下式估算污染活性：

$C_c$ ：每秒鐘淨計數值       $A$ ：擦拭面積（平方公尺）

$E_c$ ：計數效率       $E_f$ ：擦拭效率通常以 10% 計算

4. 試計算 1.0mCi 之純  $^{32}\text{P}$ ，其質量為若干？（ $t_{1/2}=14.28$  天， $^{32}\text{P}$  之原子量 = 31.9998）  
(10%)

答：

$$A = \lambda N$$

$$3.7 \times 10^7 = \frac{0.693}{14.28 \times 86400} \times \frac{w}{31.9998} \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$w = 3 \times 10^{-9} \text{ g}$$

5. 有一鈷 60 密封射源  $3.7 \times 10^8$  貝克，今欲置於 1 吋厚的鉛罐內，再以箱型車運送，鉛罐距離司機的位置為 1.5 米，問司機位置的輻射劑量率是否超過運送射源的管制規定？（鈷 60 的加馬放射比為  $3.704 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{MBq}$ ，鉛比重  $11.3 \text{ g/cm}^3$ ，對鈷 60 的質量衰減係數  $0.0595 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，增建因數不考慮）。 (10%)

答：

1.  $3.7 \times 10^2 \text{ MBq}$  點射源於 1.5m 處之劑量率

$$\begin{aligned} X(0) &= 3.704 \times 10^{-4} \times 3.7 \times 10^2 \times \frac{1}{(1.5)^2} \\ &= 6.09 \times 10^{-2} \frac{\text{mSv}}{\text{h}} \end{aligned}$$

2. 加上 1 吋鉛屏蔽後，剩下

$$\begin{aligned} X(t) &= 6.09 \times 10^{-2} \times e^{-0.0595 \times 11.3 \times 2.54} \\ &= 6.09 \times 10^{-2} \times 0.18 = 1.1 \times 10^{-2} \frac{\text{mSv}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$= 11 \mu\text{Sv/h}$$

3. 未超過駕駛座限制  $20 \mu\text{Sv/h}$ 。

6. 一溶液含有  $^{198}\text{Au}$  (半化期 = 2.7 d) 和  $^{131}\text{I}$  (半化期 = 8.05 d)，在  $t=0$  時， $^{198}\text{Au}$  活度與  $^{131}\text{I}$  活度的比值為 2.5，試問在  $t=10$  d 時， $^{198}\text{Au}$  活度與  $^{131}\text{I}$  活度的比值為多少？ (10%)

答：

$$\frac{A(\text{Au})}{A(\text{I})} = \frac{A_0(\text{Au})e^{-(0.693/2.7) \times 10}}{A_0(\text{I})e^{-(0.693/8.05) \times 10}} = (2.5) \times e^{-1.706} = 0.45$$

7. 將純  $\beta$  發射體  $^{32}\text{P}$  注入小鼠體內，小鼠體重為 30g， $^{32}\text{P}$  的半化期為 14.3 d，產生  $\beta$  粒子的平均能量為 0.70 MeV。若  $^{32}\text{P}$  注入小鼠體內後，立即全身分佈，且在幾個小時內不會從體內損失。試問一開始要注射多少活度(Bq)的  $^{32}\text{P}$ ，可使小鼠在注入後第一個小時接受 5 mGy 的劑量？(10%)

答：

$$\frac{A \times 1.44 \times 14.3 \times 24 \times 60 \times 60 \times [1 - e^{-0.693/(14.3 \times 24)}] \times 0.7 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{0.03} = 5 \times 10^{-3}$$

$$A = 3.75 \times 10^5 \text{ Bq}$$