

行政院原子能委員會
九十五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 解答

1. 簡述體外曝露輻射防護的基本原則？(10%)

- (a) 時間 - 曝露時間最小化。
- (b) 距離 - 距離射源最大化。
- (c) 屏蔽 - 在射源與接受者間放入屏蔽。

2. 針對高能量的貝他射源，應如何設計屏蔽？(10%)

對高能量貝他射源屏蔽的設計，必須考慮兩個因素，射源本身及屏蔽所產生之制動輻射。因此屏蔽是一個厚到足以阻擋所有貝他射源的低原子序物質(使制動輻射產生最少)，緊接著是一厚到足以衰減制動輻射至可接受水平的高原子序物質。

3. 需要多少計數值，才能使測量的標準誤差達到 2%？(6%)

$$\text{測量的標準誤差} = \frac{\sqrt{N}}{N} = 0.02$$

$$N = 2500 \text{ 計數}$$

4. 請解釋克馬(kerma)，並說明光子打到介質後，克馬隨深度的變化。(10%)

克馬(kinetic energy released per unit mass) 是定義為不帶電輻射 (光子或

中子)在介質中單位質量中所釋放出的所有帶電粒子的初始動能。

隨著介質深度的增加，光子通率由於介質的衰減而持續減小，因此克馬也逐漸變小。

5. 設 450 keV 的單能量 γ 射線被 NaI(Tl) 晶體所吸收(效率為 12%)。NaI 晶體產生平均能量 2.8 eV 的閃爍光子，其中有 75% 達到光電倍增管的陰極，該陰極將 20%的入射光子轉換成光電子。(a)請問對該 γ 射線而言，在 NaI(Tl) 晶體產生一個光電子所消耗的平均能量 (W) 多大？(b)請將該值與在氣體及半導體的 W 值比較，討論 W 值對偵檢器的影響是什麼？(10%)

$$(a)、閃爍光子的平均粒子數 = \frac{450\text{keV} \times 0.12}{2.8\text{eV}} = 19286$$

$$\text{達到陰極的粒子數} = 19286 \times 0.75 = 14465$$

$$\text{陰極產生的光電子} = 14465 \times 0.2 = 2893$$

$$\gamma \text{ 射線的能量為 } 450 \text{ keV}，\text{故 } W = \frac{450\text{keV}}{2893} = 156 \text{ eV}$$

- (b) 氣體及半導體的 W 值分別為 30eV 及 3eV。主要影響是 W 值越小，產生的光電子數目越多，偵檢器所產生脈衝信號之高低起伏(變異)越小，它的能量解析度越好。

6. 有質量數 A 、原子序數為 Z 、密度為 ρ 的物質，試求其電子密度(單位體積的物質所含電子數目)？(10%)

物質的克分子量為 A ，每個分子所含電子數目為 Z

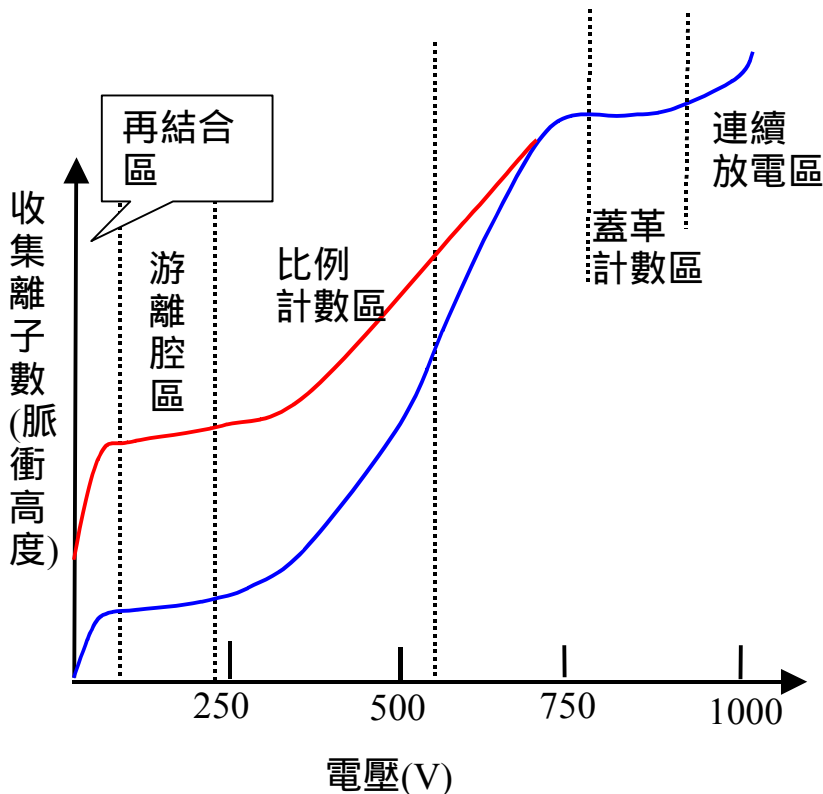
$$\text{電子密度為 } n = \frac{\rho}{A} \times 6.02 \times 10^{23} \times Z$$

7. ^{60}Co 點射源活度為 100,000 MBq (2.7Ci)，若以 10 cm 厚的鉛作屏蔽，試求距射源 1.25 公尺處的曝露率。已知 $\Gamma_{\text{Co-60}} = 1.32 \text{ (R-m}^2\text{)/(Ci-h)}$ ， ^{60}Co 寬射束的 HVL = 1.2 cm Pb。(10%)

$$\dot{X} = \frac{\Gamma A}{d^2} = \frac{1.32 \times 2.7}{1.25^2} = 2.28 \text{ R/hr (exposure rate without shielding)}$$

$$\text{屏蔽之後， } I = 2.28 \times 2^{-\frac{10}{1.2}} = 0.007 \text{ R/hr} = 7 \text{ mR/hr}$$

8. 下圖為充氣式偵檢器在不同電壓下收集到之離子數目，(a) 解釋各種工作區形狀的特性，(b) α 粒子與 β 粒子的反應為何不同？(10%)



(a)、當電壓太低時，輻射產生之離子容易復合

在 200V 左右達到平坦區(脈衝高度一樣)

當電壓再次升高時，使游離出之電子具足夠能量來游離其他氣體原子，發生氣體放大。

再進一步升高電壓時，進入蓋格(GM) 區，此時電場非常強，每個游離皆能產生一個脈衝，該脈衝幅度與初始離子對數目無關。

若再加大電壓，將直接使氣體原子游離，產生連續放電。

(b)、 β 電子產生之脈衝信號外形類似 α 粒子，但高度較低。兩個曲線在 GM 區重合為一。

9. 含 1.0 毫莫耳鈉的化合物，在反應器中以通量率 $1.0 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的熱中子照射，請問生成之 ^{24}Na 的飽和放射活度為多少 Bq？【 $^{23}\text{Na}(n, \gamma)^{24}\text{Na}$ 反應截面積為 $0.53 \times 10^{-24} \text{cm}^2$ 】 (10%)

$$A = \dot{\Phi} \sigma N (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\begin{aligned} \text{飽和時, } A_s &= \dot{\Phi} \sigma N = 1.0 \times 10^{12} \times 0.53 \times 10^{-24} \times (0.001 \times 6.02 \times 10^{23}) \\ &= 3.19 \times 10^8 [\text{Bq}] \end{aligned}$$

10. 已知 ^{59}Fe 的半衰期為 45.53 天。請問 (1) ^{59}Fe 原子的平均壽命；(2) ^{59}Fe 的比活度；(3) 10 mCi 的 ^{59}Fe 有多少克 ^{59}Fe 。(14%)

$$(1) \tau = 1/\lambda = T/0.693, \quad \tau = T/0.693 = 45.53/0.693 = 65.7 \text{ 天}$$

$$(2) ^{59}\text{Fe} \text{ 的比活度 } SA = 4.17 \times 10^{23} / \text{MT} = 4.17 \times 10^{23} /$$

$$(59 \times 45.53 \times 86400) = 1.797 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

$$(3) 10 \text{ mCi} = 3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$$

$$\text{故 } m = A / SA = (3.7 \times 10^8) / (1.797 \times 10^{15}) = 2.06 \times 10^{-7} \text{ g} = 0.206 \mu\text{g}$$