

行政院原子能委員會
108 年度第 2 次「輻射防護員」測驗試題
游離輻射防護專業

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. 下列關於半導體偵檢器的敘述何者錯誤？

- (1) Si 原子具有 4 個價電子 (2) Ge 的 W 值為 35 eV/離子對 (3) 在輻射度量時，加在半導體 n-p 接合處 (n-p junction) 的偏壓是反向的 (4) 在 Ge 晶體中，加入少量有 5 個價電子的 As，生成的半導體為 n 型半導體

[解：]

(2)

Ge 的 W 值約為 3 eV/離子對

2. 下列何種放射性物質侵入人體內後，會積滯於骨頭處？ (1) 碘 (2) 鋇 (3) 鉍 (4) 氡

[解：]

(2)

碘：集中於甲狀腺；

鉍、氡：可能隨體液均勻分布於全身。

3. 使用布拉格-戈雷空腔理論計算吸收劑量時，會用到下列哪一種物理量？

- (1) 組織加權因數 (2) 曝露率常數 (3) 質量阻擋本領比值 (4) 輻射加權因數

[解：]

(3)

4. 某人做了 50 次輻射計數值度量，結果呈現一高斯分布，若平均計數值為 500，標準差為 25。若再進行一次計數，其結果大於 549 之機率為多少%？

- (1) 2.5 (2) 5 (3) 10 (4) 25

[解：]

(1)

$$49/25=1.96$$

高斯分布之平均值 $X \pm 1.96 \sigma$ 之區間約佔 95%，即量測值介於 500 ± 49 間之機率為 95%，故再進行一次計數，結果會大於 549 之機率為 $(100-95)\%$ 之一半，為 2.5%。

5. 下列何者並非輻射生物學中細胞效應的 4R ?

- (1)修復(Repair) (2)再氧化(Reoxygenation)
(3)再發生(Recurrence) (4)再分佈(Redistribution)

[解:]

(3)

6. 一位 80 公斤的工作人員，全身接受 X 光均勻照射，吸收劑量為 4 Gy，請問換算為熱量為幾卡？（已知 1 卡可產生 4.18 焦耳） (1) 67 (2) 77 (3) 87 (4) 97

[解:]

(2)

$$80 \times 4 = 320 \text{ (焦耳)} \quad 320 / 4.18 = 77 \text{ (卡)}$$

7. 關於中子的敘述，下列何者錯誤？

- (1)中子質量約等於 1 原子質量單位 (atomic mass unit) (2)中子捕獲的截面 (cross section) 隨中子速度增加而增加 (3)水可作為快中子的緩和劑 (4)中子屬於間接游離輻射，穿透能力強

[解:]

(2)

中子捕獲的截面 (cross section) 隨中子速度增加而減少

8. 重荷電粒子輻射與物質作用時，其動能與能量轉移的關係是？

- (1)高動能導致能量轉移以電磁輻射形式展開 (2)高動能有助於能量轉移 (3)動能高低不影響能量轉移 (4)能量轉移和重荷電粒子的動能成反比

[解:]

(4)

9. 若以 μ/ρ 表示質量衰減係數，其單位為 m^2/kg ，以 N_e 表示每克的電子(electron)數， Z 表示物質的原子序數，當電子的衰減係數(μ_e)以 $\text{m}^2/\text{electron}$ 為單位時，其值為下列何者？

- (1) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{N_e}$ (2) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{1000N_e}$ (3) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{Z}{N_e}$ (4) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{Z}{1000N_e}$

[解:]

(2)

10. Fricke 劑量計常使用的 G 值與何種濃度有關？ (1) Fe (2) Fe²⁺ (3) Fe³⁺ (4) Fe⁴⁺

[解：]

(3) Fe³⁺

11. 輻射偵檢器若要量測個別輻射的能量必須在何種模式下操作？

(1) 電流模式 (2) RMS 模式 (3) Campbelling 模式 (4) 脈衝模式

[解：]

(4)

12. ⁶⁰Co 核種之比加馬常數(specific gamma ray constant) Γ 值約為多少

$\frac{R \cdot cm^2}{h \cdot mCi}$? (空氣質量吸收係數為 $\mu_{\rho,air} = 0.0268 \left(\frac{cm^2}{g} \right)$)

(1) 18.4 (2) 13.0 (3) 8.25 (4) 3.30

[解：]

(2)

⁶⁰Co 比加馬常數

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{\sum_i E_i f_i \mu_{\rho,air}}{4\pi} \frac{q_e}{E_{ip}} = \frac{(1.17 \times 1 + 1.33 \times 1) \times 0.0268}{4\pi} \times \frac{1.6 \times 10^{-19}}{34} \left(\frac{MeV}{tr} \cdot \frac{cm^2}{g} \cdot \frac{Coul}{eV} \right) \\ &\times 10^6 \left(\frac{eV}{MeV} \right) \times 1 \left(\frac{tr}{Bq \cdot s} \right) \times 3.7 \times 10^7 \left(\frac{Bq}{mCi} \right) \times 10^3 \left(\frac{g}{kg} \right) \times 3600 \frac{s}{h} \times \frac{R}{2.58 \times 10^{-4} C/kg} \\ &= 13.0 \frac{R \cdot cm^2}{mCi \cdot h} \end{aligned}$$

13. 一個原子質量單位 (amu) 若完全轉換為能量，約為多少 MeV？

(1) 931 (2) 2.044 (3) 0.511 (4) 1.022

[解：]

(1)

[算式：] $E = mc^2 = 1.66 \times 10^{-27} \cdot (3 \times 10^8)^2 J \cdot \frac{1}{1.6 \times 10^{-13}} \frac{MeV}{J} \approx 931 MeV$

14. 下列何者為選擇鎢當 X 光機靶材料的主要原因之一？

(1) 熔點低 (2) 密度低 (3) 不導電 (4) 原子序大

[解：]

(4)

X 光機靶材料原子序愈大，產生 X 光之效率愈高

15. 加馬光子的能量為 300 keV、通量率為 $1000 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ，空氣的質量能量吸收係數為 $0.0287 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，請問曝露率(C/kg·s)最接近下列何者？

- (1) 28.7 (2) 8610 (3) 1.38×10^{-9} (4) 4.06×10^{-11}

[解：]

(4)

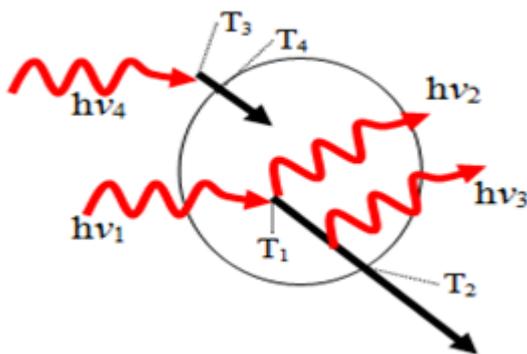
$$300 \text{ keV} \times 1000 \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times 0.0287 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \times 1.6 \times 10^{-16} \frac{\text{J}}{\text{keV}} \times \frac{1}{33.97} \frac{\text{C}}{\text{J}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

$$= 3 \times 10^5 \times 0.0287 \times 1.6 \times 10^{-16} \times \frac{1}{33.97} \times 1000$$

$$= 4.06 \times 10^{-11} \text{ C/kg} \cdot \text{s}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 下圖為 $1 \mu\text{g}$ 靶物質(圓圈中的體積)經光子輻射照射的能量傳遞情形，若能量 $h\nu_1=300 \text{ keV}$ 之光子在靶體積內發生康普吞效應，散射光子能量為 $h\nu_2=100 \text{ keV}$ 及所產生之康普吞電子初始動能為 $T_1=200 \text{ keV}$ ；該電子在靶體積中發射出 $h\nu_3=30 \text{ keV}$ 之制動輻射(逸出靶體積，而無任何之相互作用於靶體積內)，該電子在離開靶體積時尚有 $T_2=80 \text{ keV}$ 之動能。同時另有一能量 $h\nu_4=100 \text{ keV}$ 之光子在靶體積外發生光電效應，產生之光電子初始動能為 $T_3=100 \text{ keV}$ ，此光電子進入靶體積時之動能為 $T_4=60 \text{ keV}$ 。請計算在此過程中靶體積內之 (a)吸收劑量=? μGy (b)總克馬=? μGy



[解：]

- (a) 吸收劑量= $D = (T_1 - h\nu_3 - T_2 + T_4) / 1 \mu\text{g}$
 $= (200 - 30 - 80 + 60) \text{ keV} / \mu\text{g} = 150 \text{ keV} / 10^{-9} \text{ kg} = 24 \times 10^{-6} \text{ J/kg} = 24 \mu\text{Gy}$
- (b) 總克馬= $T_1 / 1 \mu\text{g} = 200 \text{ keV} / 10^{-9} \text{ kg} = 3.2 \times 10^{-5} \text{ J/kg} = 32 \mu\text{Gy}$
 (克馬僅考慮在靶體積內之帶電粒子初始動能總和)

2. 有一個 1 Ci 活度的 ^{137}Cs 點射源， Γ 常數為 $0.33 \text{ R} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{Ci})$ ，若要使距此射源 1 m 處的曝露率不超過 2 mR/h，則至少需要多少 cm 的鉛板作為屏蔽？

(鉛對 ^{137}Cs 的加馬射線衰減係數 $\mu = 1.24 \text{ cm}^{-1}$)

[解：]

$$2 \text{ mR/h} = (0.33 \text{ R} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{Ci}) \times 1 \text{ Ci} / 1 \text{ m}^2) \times e^{-1.24 \times t} = 330 \text{ mR/h} \times e^{-1.24 \times t}$$

$$6.1 \times 10^{-3} = e^{-1.24 \times t}$$

雙邊取 \ln ， $5.10 = 1.24 \times t$

$$t = 4.11 \text{ cm}$$

3. 說明放射性物質侵入體內的途徑及相對應之防護方法。

[解：]

1. 途徑：

(1) 嚥入、吸入 (2) 經由外傷傷口侵入 (3) 經由無外傷的皮膚吸收

2. 防護方法

(1) 避免在可能有非密封放射性物質污染的區域內飲食、吸菸，工作時必須穿戴口罩或防護面具，並於工作後及飯前洗手，即可有效防止嚥入或吸入。

(2) 如有外傷，應避免在污染區工作或從事涉有非密封放射性物質之工作；如仍須工作時，應將傷口妥善包紮，可有效防止經由傷口侵入。

(3) 於適當時機應穿著工作服或防護衣，可避免透過皮膚吸收。

4. 現有兩種材質的 TLD，LiF 與 CaF_2 ，若同時用來偵測某一低能量光子輻射時（100 keV 以下），何者的靈敏度較高（即計讀值較大）？為什麼？

[解：]

(1) CaF_2 的靈敏度較高（即計讀值較大）。

(2) 因為低能量光子輻射與物質作用多行光電效應，光子被吸收釋出電子，反應機率與物質的原子序的 3-5 次方成正比，而與光子能量的 3 次方成反比。

而 Ca 的原子序 ($Z=20$) 大於 Li ($Z=3$)，故 CaF_2 較易吸收低能量光子，對於低能量光子的偵測靈敏度較 LiF 為高。

5. 試說明(a)特性 X 射線、(b) γ 射線、(c)鄂惹電子 (Auger electron) 及(d)內轉換 (internal conversion) 電子，各是如何產生？

[解：]

- (a)特性 X 射線：當原子較低能階的內層電子軌道（如 K 層軌道）出現空位時，較高能階之外層軌道電子（如 L 層或 M 層）會回補至內層電子軌道，遞補此空位，並發射出輻射，其能量為兩個電子軌道的能階差，稱之為特性 X 射線。
- (b)原子核從高能量的激發狀態到低能量的基態時，會放出電磁波或光子，稱為 γ 射線。
- (c)原子中一個 L 層電子回補至 K 層，遞補 K 層中的空位時，並不總是發射特性 X 射線，而可能將 M 層中的電子射出，此被射出的電子稱為鄂惹電子。
- (d)原子核從高能量的激發狀態到低能量的基態時，並不總是發射 γ 射線，而可能將相等於能階差的能量轉移給內層電子，並將該電子打出去，此被打出的電子稱為內轉換電子。

6. 總直線衰減係數 μ 可以右式表示： $\mu = \tau + \sigma_{\text{coh}} + \sigma_{\text{inc}} + \kappa$ ；請說明式中 τ 、 σ_{coh} 、 σ_{inc} 、 κ 之作用截面分別是來自於光子與物質的何種作用之貢獻？

[解：]

τ 是來自於光電效應的貢獻。

σ_{coh} 是來自於合調散射（瑞利散射）的貢獻。

σ_{inc} 是來自於康普吞散射（非合調散射）的貢獻。

κ 是來自於成對發生的貢獻。

【專計中 T-02615_A.doc】

7. 當 Cs-137 蛻變成 Ba-137 時，會放出 662 keV 的 γ 射線，若 Ba-137 K 層及 L 層電子的束縛能分別為 38 keV 和 6 keV，請 (a)計算所產生 γ 射線的頻率與波長為多少？ (b)計算由 K 層打出的內轉換電子之能量為多少 keV？（普朗克常數 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js）

[解：]

(a) γ 射線能量 = 662 keV

$$\nu = E/h = (662 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}) / (6.63 \times 10^{-34}) = 1.60 \times 10^{20} \text{ (1/s)}$$

$$\lambda = (3.0 \times 10^8) / (1.60 \times 10^{20}) = 1.88 \times 10^{-12} \text{ m}$$

(b) $662 - 38 = 624 \text{ keV}$