

行政院原子能委員會
100 年度第 1 次「輻射防護人員」測驗試題
輻射防護員級：專業科目

壹、填充題(每題 2 分，共 30 分)

1. 充氣式偵檢器在不同電壓下可分為 6 個工作區， β 電子產生之脈衝信號外形類似 α 粒子，但高度較低。兩個曲線在蓋革區重合為一。
2. 若 N_0 個光子經過厚度為一個什一層的鉛，再經過厚度為一個半值層的鉛後，有 $\frac{1}{20} N_0$ 個光子穿透。
3. 能量單位 1 J 是指 $1/(1.6 \times 10^{-19}) = 6.25 \times 10^{18}$ 個電子的電荷經 1 V 電場加速所得到的能量。
4. ${}^{14}_0n + {}^{14}_7N \rightarrow {}^1_1p + {}^{14}_6C$
5. 已知某一 2 cm 厚的物質可以將 100 keV 能量射束衰減為原來的 60%，請問再加上另一塊 4 cm 的相同物質可將此射束衰減為原來的 21.6 %？
 $60\% = 0.6$
 $0.6 \times (0.6)^2 = 0.216 = 21.6\%$
6. ${}^{99}\text{Tc}$ 與 ${}^{99m}\text{Tc}$ 二核種之關係為同質異能(同質異構)素？
7. 一個激發態的核，可以通過射出一個原子電子而蛻變，通常射出的電子是 K 或 L 殼層中的電子，發射這種電子的過程稱為內轉換。
8. 致死劑量 LD-50/30 表示在 X 天內發生 Y% 死亡率的致死劑量，其中 X=30？
致死劑量 LD-50/30 表示在 30 天內發生 50% 死亡率的致死劑量，即 X=30
9. 光子與物質作用時如要發生成對發生效應，至少需要 1.022 MeV 能量？
10. 碘-131 的半衰期為 8.04 天，求其平均壽命為 11.58 天？
平均壽命 = $1.44 \times$ 半衰期 = $1.44 \times 8.04 = 11.58$ (天)
11. 已知鉛半值層為 0.05 cm，欲使曝露之劑量率 80 $\mu\text{Sv/h}$ ，下降至 10 $\mu\text{Sv/h}$ ，應至少使用 15 mm 厚的鉛屏蔽？
 $80/10 = 8 = 2^3$
故須 3 個半質層的鉛厚度 = $3 \times 0.05 \text{ cm} = 0.15 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$
12. 若一加馬衰變的放射性物質活度減少一半，離點射源的距離增加 4 倍，且照射時間縮短一半，則曝露量為原來的 0.015625 倍？
 $A_2 = A_1/2$ ， $d_2 = 4d_1$ ， $t_2 = t_1/2$ ， $\Gamma_2 = \Gamma_1$
 $X_1 = (\Gamma_1 \times A_1 / d_1^2) \times t_1$

$$X_2 = (\Gamma_2 \times A_2 / d_2^2) \times t_2 = [\Gamma_1 \times (A_1 / 2) / (4d_1^2)] \times (t_1 / 2) = (1/64)(\Gamma_1 \times A_1 / d_1^2) \times t_1 = (1/64)X_1 \quad \text{或} \\ = 0.015625 \text{ 倍}$$

13. 比例計數器常用之 P-10 氣體之組成為：90% 氬氣(Ar)與 10% 甲烷(CH₄)氣體？

14. 某樣品經 1 分鐘計測得 1500 個淨計數，若此儀器效率為 25 %，則此樣品之活度為 100 Bq？

$$\text{淨計數率} = 1500 / 60 = 25 \text{ (cps)}$$

$$\text{活度 dps} = \text{cps} / \text{儀器效率} = 25 / 0.25 = 100 \text{ dps} = 100 \text{ Bq}$$

15. 生物鑑定法收集人體尿液進行體內氡污染檢測，通常使用何種偵檢器？液態閃爍偵檢器。

貳、問答及計算題(每題 10 分，共 70 分)

1. 試述特性 X 射線、制動輻射及 γ 射線是如何產生的？

正確答案：

(1) 特性 X 射線：當原子的內層電子軌道(如 K 層軌道)出現空位時，較外層軌道之電子(如 L 層或 M 層)將會躍遷遞補該內層軌道之空位並發射出電磁波，其能量為兩個電子軌道的能階差，稱之為特性輻射或特性 X 光，能量為單一能量。

(2) 制動輻射：當電子在行徑介質原子核附近時因受原子核電場影響而偏轉其行進方向或在電場中被加速或減速均會發射出電磁波，釋出能量，稱為制動輻射，其能量為連續能譜。

(3) 原子核從高能量的激發狀態到低能量的基態時，所放出的電磁波或光子，稱為 γ 射線。

2. 一平行射束，含有 10000 個光子，射入厚度為 0.5 mm 的鉛板，若鉛板的密度為 11360 kg/m³，質量衰減係數為 5.461 cm²/g，則穿透鉛板的光子數為何？

$$\text{正確答案：} N = N_0 e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)(\rho x)} = 10000 e^{-0.5461 \times 11360 \times 0.0005} = 450$$

3. 某一輻射計測系統，度量 10 分鐘後，其標準差為 4%，試問另需再計測多少分鐘的時間，其標準差方可減少為 2%？

正確答案：

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.04, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.04 = \frac{1}{25}, \quad \therefore N = 625$$

$$\therefore \text{計數率} = 625 / 10 \text{min} = 62.5 \text{ cpm}$$

如標準差減少為 2%，則 $\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.02$ $\frac{1}{\sqrt{N}} = 0.02$ ， $N = 2500$

∴ 需時 $T = (2500/62.5) = 40 \text{ min}$ ， $40 \text{ min} - 10 \text{ min} = 30 \text{ min}$

∴ 另需再計測 30 分鐘

4. 某一放射性核種每小時衰減 5%，則該核種活度衰減至 1/2 所須的時間約為多少小時？

正確答案：

$A/A_0 = e^{-\lambda t}$ ，當 $t=1$ 小時， $A/A_0 = 0.95 = e^{-\lambda}$ ，即 $\ln 0.95 = -\lambda$ ，故此放射性物質之衰變常數 $\lambda = 0.051$ (小時⁻¹)

核種活度衰減至 1/2 所須的時間(半衰期)為 $0.693/\lambda = 13.6$ 小時(~14 小時)

5. 請解釋相對生物效能(relative biological effectiveness, RBE)的定義。

正確答案：

RBE 被定義為下述比值：

$RBE = D_x/D = \text{參考輻射產生某一生物效應的劑量} / \text{某一特定輻射產生相同生物效應的劑量}$

在產生相同生物效應的情況下，若以中子照射需 $D \text{ mGy}$ ，而以參考 X 射線照射需 $D_x \text{ mGy}$ ，則此中子輻射之 $RBE = D_x/D$ ，其他輻射亦以此類推。

6. 請簡述(a)γ射線及(b)β粒子輻射之屏蔽考量。

正確答案：

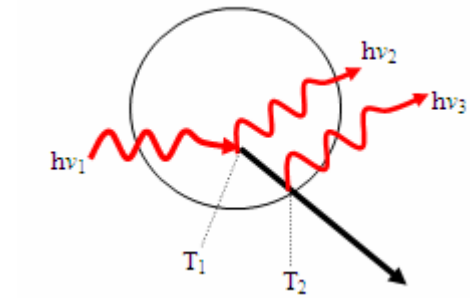
(a) γ射線屏蔽物質的原子序愈大、密度愈大，屏蔽效果愈好，鉛、鐵、混凝土等是良好的屏蔽材料，其中鉛是屏蔽γ射線最好的材料。

(b) β粒子之屏蔽物質及厚度，決定於：

- 屏蔽物質的原子序必須很小，以減少制動輻射的產生。且屏蔽物質的厚度必須大於β粒子的最大射程，以完全阻擋β粒子。
- 高原子序物質可有效衰減所產生之制動輻射的量。

故屏蔽β粒子時宜先用較低原子序數(Z)物質以完全阻擋β粒子，其後再接高原子序數物質，以有效阻擋β粒子產生之制動輻射的影響。

7. 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 $h\nu_1=200\text{ keV}$ 之光子在靶體積內發生康普吞(Compton)效應，散射光子能量為 $h\nu_2=100\text{ keV}$ 所產生之 Compton 電子初始動能為 $T_1=100\text{ keV}$ ；Compton 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)，Compton 電子在離開靶體積時尚有 $T_2=10\text{ keV}$ 之動能。請計算在此過程中靶體積內之 (a)吸收劑量=? μGy (b)總克馬=? μGy



正確答案：

$$(a) \text{吸收劑量} = D = (T_1 - h\nu_3 - T_2) / 1\mu\text{g} = (100 - 30 - 10)\text{keV} / \mu\text{g} = 60$$

$$\text{keV} / 10^{-9}\text{kg} = 9.6 \times 10^{-6} \text{ J/kg} = 9.6 \mu\text{Gy} \quad \text{Gy}$$

$$(b) \text{總克馬} = h\nu_2 / 1\mu\text{g} = 100 \text{ keV} / 10^{-9}\text{kg} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ J/kg} = 16 \mu\text{Gy}$$