

行政院原子能委員會
九十六年度第二次輻射防護人員測驗試題
輻射防護員：專業科目

一、填充題：(每格 2 分，共 30 分)

1. 一般人體組織含微量加馬放射性核種，其比例最多者為 K-40。
2. 水分子受游離後的產物產量以 G 值表示，所謂 G 值即游離輻射每損失 100 eV 所形成的產物分子數。
3. 某器官 40 公克，均勻接受 0.01 焦耳的 X 光照射，其等價劑量為 0.25 西弗。
4. 一個半值層 (HVL) 加上兩個什一值層 (TVL) 的屏蔽厚度，可使光子的穿透率降為原來的 1/200。
5. 帶電粒子的射程和介質單位體積內之電子數成 反 比。
6. ^{209}Bi 是唯一原子序大於 82，且穩定的元素。(請寫出元素符號與質量數)
7. 阻擋 β^- 粒子的屏蔽體常用低原子序物質為第一層，接著使用高原子序為第二層屏蔽。請問第一層低原子序屏蔽，主要目的是阻擋 β^- 粒子和降低 制動輻射 的產率。
8. 鋰的原子量為 6.941，它有兩種天然同位素： ^6Li 和 ^7Li ，其原子量分別為 6.015 和 7.016，請問 ^6Li 的豐度為 7.49 %。

解：

設 ${}^6\text{Li}$ 的豐度為 x ，則 ${}^7\text{Li}$ 豐度為 $1-x$

$$6.015x + 7.016(1-x) = 6.941$$

$$x = 0.0749 = 7.49\%$$

9. 使用質能互換公式，請問 $1.49 \times 10^{-10} \text{ J} = \underline{1.0} \text{ amu}$ 。

解：

$$E = mc^2$$

已知 $1 \text{ amu} = 931.5 \text{ MeV}$

$$1.49 \times 10^{-10} \text{ J} \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-13} \text{ J} / \text{MeV}} \times \frac{1}{931.5 \frac{\text{MeV}}{\text{amu}}} = 1$$

10. 在室溫(20)條件下，熱中子最可能的能量為 0.025 eV。

11. 已知 662 keV 的單能 γ 射線被某 NaI(Tl) 晶體吸收的總效率為 10%，產生 1 個閃爍光子平均需耗 2.8 eV，68% 的閃爍光子到達光電倍增管的陰極，該陰極將把 20% 之入射閃爍光子轉換成光電子。請問平均一個被吸收的 γ 光子將產生 23643 個閃爍光子；產生 3215 個光電子。

解：

$$\frac{662000 \text{ eV} \times 0.1}{2.8 \text{ eV}} = 23643$$

$$23643 \times 0.68 \times 0.2 = 3215$$

12. 某輻射工作人員於連續五年週期之前四年接受的有效劑量分別是：30 mSv、15 mSv、5 mSv、10 mSv，請問此工作人員第五年最多可接受有效劑量

40 mSv。

解：

$$100\text{mSv} - 30\text{ mSv} - 15\text{ mSv} - 5\text{ mSv} - 10\text{ mSv} = 40\text{ mSv}$$

13. 接續上題，第五年之上半年中，其性腺($W_T=0.2$)接受 20 mSv，肺($W_T=0.12$)

接受了 50 mSv，甲狀腺($W_T=0.05$)接受了 100 mSv，餘組織或器官均未接受劑

量，則此工作人員上半年接受了 15 mSv 的有效劑量；請問下半年最

多僅可再接受 25 mSv 的有效劑量，方不致超過法規標準。

解：

$$\text{上半年接受之等效劑量} = 20 \times 0.2 + 50 \times 0.12 + 100 \times 0.05 = 4 + 6 + 5 = 15 \text{ (mSv)}$$

$$40\text{ mSv} - 15\text{ mSv} = 25\text{ mSv}$$

二、問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 以下核種何者為(A) isotope; (B) isobar; (C) isomer; (D) isotone：



Isotope: ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{61}\text{Co}$

Isobar: ${}^{60}\text{Ni}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{60}\text{Fe}$

Isomer: ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$, ${}^{99}\text{Tc}$

Isotone: ${}^{61}\text{Co}$, ${}^{60}\text{Fe}$

2. 汞密度為 $13.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，其原子量為 200.6g，請問每立方公分有多少汞原子？

$$13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{200.6\text{g}} = 4.08 \times 10^{22} \frac{\text{atom}}{\text{cm}^3}$$

3. 某樣品以偵檢器計數 5 分鐘得 600 counts，背景量測計數 1 小時得 1800 counts，問淨計數率 (net sample counting rate) 為多少 cpm？其標準差為何？

$$r_n = \frac{600 \text{ counts}}{5 \text{ min}} - \frac{1800 \text{ counts}}{60 \text{ min}} = 120 \text{ cpm} - 30 \text{ cpm} = 90 \text{ cpm}$$

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{120}{5} + \frac{30}{60}} = 4.9 (\text{cpm})$$

4. 若工作人員之年攝入限度為 ALI，工作時之呼吸率為 $0.02 \text{ m}^3/\text{min}$ ，試求 DAC 與 ALI 之關係式。

解：

係指參考人 (用於模擬評估正常之工作人員) 在輕度工作情況下，每分鐘之呼吸量為 0.02 m^3 (即 20 公升)。

每年平均以 2000 之工作小時計算 (每年 50 週，每週工作 5 天，每天工作 8 小時，則 $50 \frac{\text{週}}{\text{年}} \times 5 \frac{\text{天}}{\text{週}} \times 8 \frac{\text{小時}}{\text{天}} = 2000 \text{ 小時}$)

則每年參考人在輕度工作條件下：

$$\text{總呼吸量} = 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{分}} \times 60 \frac{\text{分}}{\text{小時}} \times 2000 \text{ 小時} = 2400 \text{ m}^3$$

5. 當人體遭受 5 Gy 的全身急性輻射曝露時，最可能發生何種急性效應而致死？死亡的原因為何？

解：

造血系統症候；

死因為輻射殺死造血前驅細胞，導致週邊血球減少而在三週後死亡。

6. 一個放射性樣品由 ^{35}S (半衰期 87.4 天) 和 ^{32}P (半衰期 14.3 天) 組成。開始時， ^{32}P 的活度是 ^{35}S 活度的 20 倍，請問經過多長的時間後，樣品中此兩種核種的活度將相等？

解：

假設 ^{35}S 的初始活度為 A_0 ，則 ^{32}P 初始活度即為 $20A_0$

以 S 代表 ^{35}S ，P 代表 ^{32}P ，A 代表經過時間 t 之活度

$$\text{則 } A_S = A_0 \times e^{-\lambda_S t}$$

$$A_P = 20A_0 \times e^{-\lambda_P t}$$

若經過 T 時間後，兩者活度相等 ($A_S = A_P$)，即 $A_0 \times e^{-\lambda_S T} = 20A_0 \times e^{-\lambda_P T}$

消去 A_0 ，則等式可改寫成 $e^{(\lambda_P - \lambda_S)T} = 20$

等式二邊取 \ln ，則 $(\lambda_P - \lambda_S) \times T = \ln(20)$

$$\text{即 } \left(\frac{0.693}{14.3 \text{天}} - \frac{0.693}{87.4 \text{天}} \right) \times T = \ln(20)$$

所以 $T=73.9$ 天

7. 已知 ^{131}I 在人體內的有效半衰期 (effective half-life) 為 5 天，物理半衰期 (physical half-life) 為 8 天。某輻射工作人員不慎攝入 ^{131}I ，且在攝入一個月 (以 30 天計) 後，方被檢測出體內殘留 ^{131}I 活度 $2 \mu\text{Ci}$ ，請問此工作人員剛攝入 ^{131}I 於體內之初始活度為？

解：

$$\text{因為 } A = A_0 \times e^{-(\lambda_{\text{eff}} \times t)} = A_0 e^{-\frac{0.693}{T_{\text{eff}}} \times t}$$

$$\text{所以 } 2\mu\text{Ci} = A_0 \times e^{-\frac{0.693}{5\text{天}} \times 30\text{天}} = A_0 \times 0.01564$$

即 ^{131}I 之初始活度為 $A_0 = 128\mu\text{Ci}$