

行政院原子能委員會
101 年度第 2 次「輻射防護師」測驗試題
專業科目

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. ^{60}Co 的半化(衰)期為 5.26 年，則其比活度為多少 Ci/g?

- (1) 1146 (2) 1296 (3) 865 (4) 498

[解:]

(1)

$$226 \times \frac{1600}{60 \times 5.26} = 1146 \text{ Ci/g}$$

2. 在臨床放射治療上，用於劑量計算的函數下述哪一項是錯的？

- (1) 組織與空氣比 (2) 回散射因數 (3) 百分深度劑量 (4) 平方正比律。

[解:]

(4)

3. 下列粒子何者輻射加權因數最大？(能量皆為 10 keV)

- (1) 光子 (2) 電子 (3) 中子 (4) 阿伐粒子

[解:]

(4)

4. 度量某試樣之計數值為 400 ± 20 ，背景計數值為 20 ± 6 ，問此試樣的淨計數值之標準差為：

- (1) ± 20.9 (2) ± 20.4 (3) ± 21.5 (4) ± 21.9

[解:]

(1)

5. 吸入放射性物質在肺部之生物滯留時間，可分為那三種級別？

- (1) T、S、D (2) D、W、Y (3) Y、W、Q (4) F、M、S

[解:]

(4)

6. 已知 6 MeV 中子入射 1 cm 厚介質，強度被衰減為入射值的 80%，則此物質對 6 MeV 中子的巨觀截面為多少 cm^{-1} ？(1) 0.11 (2) 0.22 (3) 0.33 (4) 0.44

[解:]

(2)

$$0.8 = e^{-\mu \cdot 1 \text{ cm}}, \text{ 雙邊取 } \ln, \mu = 0.22 \text{ cm}^{-1}$$

7. 如果使用鉛、石蠟及鎘作為中子的屏蔽，由靠近射源的內層往外排列，下列何者為較合適的排列順序？(1) 鉛、鎘、石蠟 (2) 鎘、鉛、石蠟 (3) 石蠟、鉛、鎘 (4) 石蠟、鎘、鉛。

[解:]

(4)

8. 有一腫瘤含 10^6 個細胞，其輻射之平均致死劑量 (mean lethal dose) $D_0 = 1.5 \text{ Gy}$ 。請計算在

接受 6.0 Gy 劑量後的殘存 (survivors)數量? ($N = N_0 e^{-D/D_0}$)

- (1) 3.7×10^2 (2) 9.0×10^3 (3) 1.83×10^4 (4) 2.50×10^5

[解:]

(3)

$$N = N_0 e^{-\lambda D} = N_0 e^{-D/D_0} = 10^6 \times e^{-6.0/1.5} = 1.83 \times 10^4$$

9. 若使用 10 MeV 的中子照射某細胞的致死劑量為 10 Gy，而使用 250 keV 之 X 射線照射該細胞的致死劑量為 100 Gy，則 10 MeV 中子的相對生物效能 (relative biological effectiveness, RBE) 值為 (1) 0.025 (2) 0.1 (3) 10 (4) 40

[解:]

(3)

10. 圓筒狀比例計數器內某一點之電場與該點距軸心陽極絲之距離成何種關係?

- (1) 二次方正比 (2) 二次方反比 (3) 一次方正比 (4) 一次方反比

[解:]

(4)

11. ICRP 的腸胃道的隔室模式中，可溶性物質可經由那一隔室進入體液 (body fluid) 中?

- (1) 大腸上部 (2) 大腸下部 (3) 小腸 (4) 結腸

[解:]

(3)

12. 球形器官的平均幾何因數 (Geometry Factor)，等於其球心幾何因數的多少倍?

- (1) 1/2 (2) 2/3 (3) 3/4 (4) 1.5

[解:]

(3)

13. 高劑量輻射生物效應包含：①造血症候群 ②胃腸症候群 ③中樞神經系統症候群，試問發生這種三種效應所需之劑量由低至高排列順序為：(1) ③、②、① (2) ①、②、③

- (3) ②、①、③ (4) ②、③、①

[解:]

(2)

14. 在 STP 下，以 0.6 c.c 之 Farmer 游離腔度量光子射束，收集到 10 nC 電量之電荷，已知

$$\left(\frac{\bar{L}}{\rho}\right)_{air}^{carbon} = 0.992, \left(\frac{\bar{W}}{e}\right)_{air} = 33.97 \text{ eV}/i.p., \text{ 若不考慮氣溫、氣壓修正，則 Farmer 游離}$$

腔的腔壁之吸收劑量為多少 Gy?

- (1) 0.414 (2) 0.424 (3) 0.434 (4) 0.444

[解:]

(3)

$$\frac{10 \times 10^{-9} \text{ C} \times 33.97 \frac{\text{J}}{\text{C}}}{0.6 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}} \times 0.992 = 4.34 \times 10^{-1} \text{ Gy}$$

15. 0.5 MeV 之快中子與石墨經三次彈性碰撞後，快中子的能量還剩多少 MeV？

- (1)0.332 (2)0.184 (3)0.166 (4)0.258

[解：]

(2)

$$\text{彈性碰撞後散射中子所剩能量} = \left(\frac{M-m}{M+m}\right)^2 E_0$$

$$\therefore \left(\frac{12-1}{12+1}\right)^2 \times 0.5 \text{MeV} = 0.716 \times 0.5 = 0.358 \text{MeV}$$

$$0.716 \times 0.358 = 0.256 \text{MeV}$$

$$0.716 \times 0.256 = 0.184 \text{MeV}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 有一個 27 mCi 的 Co-60 射源遺失了，若以一敏感度在背景之上 0.05 mR/h 的輻射偵檢器去尋找，請問在多遠處就可能偵測到遺失的 Co-60 射源？

註：Co-60 之加馬常數 = 1.32 R·m²/Ci·h。

[解：]

此題意即距射源多遠處之曝露率達 0.05 mR/h，

$$\therefore 0.05 \frac{\text{mR}}{\text{h}} = 1.32 \times 10^3 \frac{\text{mR} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{Ci}} \times 0.027 \text{ Ci} \times \frac{1}{(\chi \text{m})^2}$$

$$\therefore \chi(\text{m}) = \sqrt{\frac{1.32 \times 10^3 \times 0.027}{0.05}} = 26.7 \text{ m}$$

2. (a)說明細胞有絲分裂的生命週期中各期的名稱與循環順序，並說明各期的功能。

(b)運行於全身的淋巴球是屬於那一期？

(c)那些期對輻射最敏感？那些期較不敏感？

[解：]

(a)G1 期(準備期)，DNA、RNA 及特殊蛋白質合成的準備期。

S 期(DNA 合成期)，在此期 DNA 染色體開始複製至原來的兩倍。

G2 期，RNA 與蛋白質分裂的準備期。

M 期(有絲分裂期)，母細胞分裂為兩個子細胞。

(b)G0 期(靜止期)運行於全身。

(c)G2 與 M 期對輻射最敏感。G1 與 S 期最不敏感。

3. 請說明何謂內轉換 (Internal Conversion)？放射性核種產生內轉換之後的現象為何？並可能會伴隨釋出那些射線？

[解：]

1. 原子核的激發能量直接傳遞給內層軌道電子 (大都為 K 層或 L 層電子)並將該電子游離出去的過程稱為內轉換。

2. 內層軌道電子被游離後，空位將由較高層軌道電子躍遷填補這空位，故將釋出特性輻射或鄂惹電子(Auger electron)。

4. 一計測儀器背景測 100 min 得 169 counts，若試樣量 0.5 kg，經純化分析得化學回收率

85 %，若計測儀器之計測效率為 30 %，試問該試樣在 95 %可信度的最小可測活度 (MDA) 是多少 Bq/公斤？

註：95 %可信度的儀器偵檢下限為 $LLD = 4.66 \times \sigma_b + 3 \text{ counts}$

[解：]

$$\begin{aligned}
 MDA &= \frac{LLD(\text{counts})}{\text{試樣量} \times \text{背景計測時間} \times \text{化學回收率} \times \text{計數效率}} \\
 &= \frac{4.66 \times \sqrt{169} + 3}{100 \text{ min} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \times 0.85 \times 0.3 \times 0.5 \text{ kg}} = \frac{4.66 \times 13 + 3}{100 \times 60 \times 0.85 \times 0.3 \times 0.5} \\
 &= 8.3 \times 10^{-2} \text{ Bq/公斤}
 \end{aligned}$$

5. 將 1.00 mg 的天然鈷薄片試樣置於 1.00×10^{12} 個熱中子/cm²-s 通量率中照射 1000 秒後可獲得 2.00×10^{11} 個 Co-60 原子，已知天然鈷中 100% 為 Co-59，若以熱中子進行中子捕獲反應 $^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}$ ，請問此反應截面 σ 是多少個 barn？(註 ^{59}Co 的原子量 $A=58.9 \text{ g}$ ， ^{60}Co 半化期=5.26 年)

[解：]

利用中子活化公式 $\lambda N = \phi \sigma n (1 - e^{-\lambda t})$

先算出 1.00 mg ^{59}Co 含多少個原子(即 n 值)：

$$58.9 \text{ g} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 個原子}$$

$$1.00 \times 10^{-3} \text{ g} = n \text{ 原子}, \quad n = \frac{1.00 \times 10^{-3} \times 6.02 \times 10^{23}}{58.9} = 1.02 \times 10^{19} \text{ 個原子}$$

$$\frac{0.693}{5.26 \times 365 \times 86400 \text{ s}} \times 2.00 \times 10^{11} = 1.00 \times 10^{12} \frac{\text{中子}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times \sigma \times 1.02 \times 10^{19} \times (1 - e^{-\frac{0.693 \times 1000}{5.26 \times 365 \times 86400}})$$

$$4.18 \times 10^{-9} \times 2.00 \times 10^{11} = 4.26 \times 10^{25} \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \cdot \sigma$$

$$8.36 \times 10^2 \frac{1}{\text{s}} = 4.26 \times 10^{25} \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \cdot \sigma$$

$$\therefore \sigma = \frac{8.36 \times 10^2 \frac{1}{\text{s}}}{4.26 \times 10^{25} \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}} = 1.96 \times 10^{-23} \text{ cm}^2 = 19.6 \text{ barn}$$

6. 一放射核種 ThB，半化(衰)期為 10.6 小時，其子核種 ThC 之半化(衰)期為 60.5 分鐘。若將 ThC 萃取出來，剩下母核種 ThB，試求 ThC 活度再達到最大時需要多久時間？

[解：]

$$\lambda(\text{ThB}) = \frac{0.693}{10.6\text{h}} = 0.065 \text{ h}^{-1}, \lambda(\text{ThC}) = \frac{0.693}{\frac{60.5}{60}} = 0.686 \text{ h}^{-1}$$

$$t_{\text{md}} = \frac{\ln\left(\frac{\lambda(\text{ThC})}{\lambda(\text{ThB})}\right)}{\lambda(\text{ThC}) - \lambda(\text{ThB})} = \frac{\ln\left(\frac{0.686}{0.065}\right)}{0.686 - 0.065}$$

$$= \frac{2.36}{0.621 \text{ h}^{-1}} = 3.8 \text{ h}$$

7. 有一工作人員從事 H-3、Sr-90、Co-60、Cs-137、P-32、C-14 等非密封放射性核種的作業，為確保工作人員安全，必須定期偵測該人員是否遭體內污染，請問那些核種較適用全身計測法？那些較適合生化分析法？請列出兩法各五項之優劣點。

[解：]

(一)全身計測法：Co-60, Cs-137 較適合。

- (1)可直接自體外偵測體內所含核種與活度
- (2)可自體外直接偵測到核種的位置
- (3)受檢人員需到特定計測室
- (4)只針對 X 或加馬核種的測量且甚方便
- (5)設備較昂貴
- (6)評估體內劑量較正確

(二)生化分析法：H-3、Sr-90、P-32、C-14 較適合。

- (1)藉分析人體排泄物，間接推算體內劑量
- (2)必須具備體內核種體內排泄常數
- (3)試樣收集困難
- (4)可以測量阿伐、貝他、加馬等任何核種
- (5)可在一般實驗室測量
- (6)推算結果誤差大