

行政院原子能委員會  
104 年度第 2 次「輻射防護員」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. 某射源之活度為 1 單位，半化期為 292 天，使用 4 年後此射源之活度約變為原來的幾倍？  
(1) 1/64 (2) 1/32 (3) 1/16 (4) 1/8

[解：]

(2)

2. 光子經過 2 個什一值層與 3 個半值層的均質屏蔽後，若不考慮屏蔽材質的增建效應，可將原來的輻射強度減至？(1) 1/40 (2) 1/80 (3) 1/800 (4) 1/400

[解：]

(3)

$$\frac{1}{10^2} \times \frac{1}{2^3} = \frac{1}{800}$$

3. 某放射核種的生物半化期 ( $T_B$ ) 很長，而其物理半化期 ( $T_P$ ) 相對很短時，則其有效半化期 ( $T_E$ )，何者正確？(1)  $T_E \gg T_B$  (2)  $T_E \doteq T_P$  (3)  $T_E \doteq T_B$  (4)  $T_E \gg T_P$

[解：]

(2)

4. 關於蓋革計數器、比例計數器、游離腔偵檢器之操作電壓敘述何者正確？

- (1) 游離腔之操作電壓最高 (2) 比例計數器之操作電壓最高  
(3) 蓋革計數器之操作電壓最高 (4) 高壓游離腔之操作電壓高於蓋革計數器

[解：]

(3)

5. 某人的紅骨髓 ( $W_T = 0.12$ ) 及肝 ( $W_T = 0.05$ ) 各接受 3 mSv 的等價劑量，其餘器官未受曝露，求此人接受多少 mSv 的有效劑量？

- (1) 0.42 (2) 0.51 (3) 1.0 (4) 1.3

[解：]

(2)

$$3 \text{ mSv} \times 0.12 + 3 \text{ mSv} \times 0.05 = 0.36 \text{ mSv} + 0.15 \text{ mSv} = 0.51 \text{ mSv}$$

6. 一 X 光機之操作電壓為 100 kVp，求其所產生之最短 X 光波長為多少 nm？(已知普朗克常數為  $6.62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ) (1) 0.00124 (2) 0.0124 (3) 0.124 (4) 1.24

[解：]

(2)

$$E = h\nu = 100 \times 1.6 \times 10^{-16} = 6.62 \times 10^{-34} \times (3 \times 10^8 / \lambda), \lambda = 1.24 \times 10^{-10} \text{ m} = 0.0124 \text{ nm}$$

或 波長 $=12.4/100 = 0.124 \overset{\circ}{\text{A}} = 0.0124 \text{ nm}$

7. 某同位素的半化期為一天，已知此同位素活度為 1 mCi，請問在二天內共有多少個此同位素原子核產生蛻變？ (1)  $1.2 \times 10^{12}$  (2)  $2.3 \times 10^{12}$  (3)  $3.5 \times 10^{12}$  (4)  $4.6 \times 10^{12}$

[解：]

(3)

$$N = N_0 e^{-\frac{0.693}{1\text{天}} \cdot 2\text{天}} = \frac{N_0}{4},$$

$$\text{所以蛻變的個數為 } N_0 - N = \frac{3 \cdot N_0}{4} = \frac{3}{4} \cdot \frac{A_0}{\lambda} = 0.75 \times \frac{3.7 \times 10^7 \frac{1}{\text{s}}}{\frac{0.693}{86400\text{s}}} = 3.5 \times 10^{12}$$

8. 以 250 kV 的 X-ray 照射老鼠使它死亡的劑量為 1.5 戈雷；如果以另一 A 輻射照射同樣的老鼠需 3 戈雷可使它死亡。試問此 A 輻射的 RBE 值為多少？

(1) 0.5 (2) 1.5 (3) 2 (4) 3

[解：]

(1)

$$\text{RBE} = 1.5/3 = 0.5$$

9. 100 keV 的光子與物質發生康普吞作用，若光子的散射角為 60 度，請問散射光子具有多少能量(keV)？ (1) 19 (2) 35 (3) 65 (4) 91

[解：]

(4)

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \alpha(1 - \cos 60^\circ)} = \frac{0.1}{1 + \frac{0.1}{0.511}(1 - 0.5)} = 0.091 \text{ (MeV)}$$

10. 已知輻射在 A 物質造成的吸收劑量為 2 Gy，其質量阻檔本領為 1.112，若 B 物質之質量阻檔本領為 0.991，則相同輻射情況下會在 B 物質造成多少 Gy 之劑量？

(1) 2.224 (2) 1.982 (3) 2.022 (4) 1.782

[解：]

(4)

$$2 \text{ Gy} \times (0.991/1.112) = 1.782 \text{ Gy}$$

11. 已知某人誤食 1.0 MBq 的  $^{137}\text{Cs}$ ，它在人體內滯留的特徵可使用二隔室模式描述與計算

之，即  $q(t) = 0.1 \times q_0 e^{-\left(\frac{0.693}{2\text{天}}\right) \cdot t} + 0.9 \times q_0 e^{-\left(\frac{0.693}{110\text{天}}\right) \cdot t}$ ，請問 30 天後，在體內的剩餘活度(MBq)=?

- (1) 0.37 (2) 0.66 (3) 0.75 (4) 0.83

[解:]

(3)

$$q(30\text{天}) = 0.1 \times 1 \times e^{-\left(\frac{0.693}{2\text{天}} \times 30\text{天}\right)} + 0.9 \times 1 \times e^{-\left(\frac{0.693}{110\text{天}} \times 30\text{天}\right)} = 3.1 \times 10^{-6} + 0.745 = 0.745 (\text{MBq})$$

12. 計算 X 光照射室主屏蔽中的占用因數(occupancy factor)為 T，若屬部分占用的場所則 T 值為: (1) 1 (2) 1/2 (3) 1/4 (4) 1/16

[解:]

(3)

13. 在放射生物學中細胞存活曲線公式  $S = e^{-\alpha D - \beta D^2}$ ，若  $\alpha = 0.3 \text{Gy}^{-1}$ ， $\beta = 0.03 \text{Gy}^{-2}$ ，若單次劑量為 2 Gy，則細胞存活比例是多少%? (1) 19 (2) 49 (3) 24 (4) 2.9

[解:]

(2)

14. 使用 AgBr 底片度量光子輻射劑量時，其能量依持性較高的主因為何?

- (1) AgBr 成分的電子密度較軟組織高 (2) AgBr 成分的物理密度較軟組織高  
(3) AgBr 成分的原子序數值較軟組織高 (4) AgBr 成分的碰撞阻擋本領較軟組織高

[解:]

(3)

15. 活度 1 Ci 的  $^{60}\text{Co}$  點射源， $\gamma$  能量有 1.173 MeV(100%) 與 1.333 MeV(100%)，試問在 1 m 處的輻射強度為多少  $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ?

- (1)  $1.01 \times 10^{-3}$  (2)  $1.18 \times 10^{-3}$  (3)  $3.21 \times 10^{-3}$  (4)  $4.28 \times 10^{-3}$

[解:]

(2)

$$\begin{aligned} & [3.7 \times 10^{10} \text{ 蛻變/秒} \times (1.173 + 1.333) \text{ MeV/蛻變} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV}] \div (4 \times \pi \times 1 \text{ m}^2) \\ & = 1.18 \times 10^{-3} \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \end{aligned}$$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 何謂放射性核種衰變的長期平衡(secular equilibrium)，並說明形成長期平衡的條件?  
(10%)

[解:]

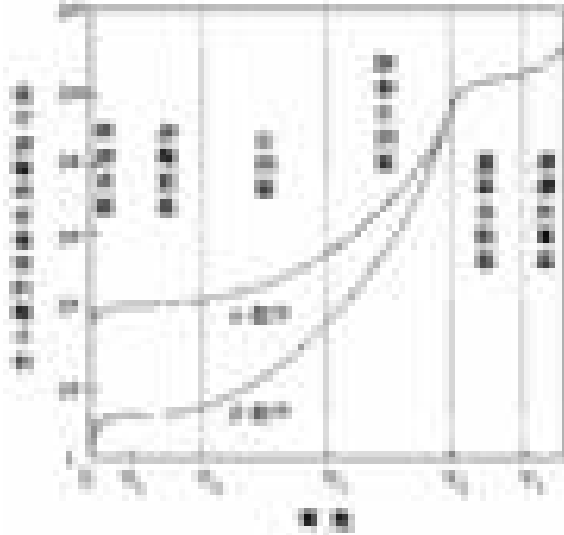
在串聯衰變中，各放射體的放射性活度相等且其值不隨時間明顯變化的情況，稱為長期平衡。

對於串聯衰變： $A \rightarrow B \rightarrow C$ ，如果母核 A 的半化期  $T_1$  比子核 B 的半化期  $T_2$  長得多，即

$T_1 \gg T_2$  或  $\lambda_1 \ll \lambda_2$ ，這裡  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  分別表示母核 A 和子核 B 的衰變常數，而且在觀察時間內，看不出母核放射性的變化，則在相當長時間以後 ( $\geq 7T_2$ )，子核 B 的放射性活度達到飽和，並且子核 B 和母核 A 的放射性活度相等： $\lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1$ ，這裡  $N_1$  和  $N_2$  分別表示母核 A 和子核 B 的核數目，這時出現長期平衡。

2. 充氣式偵檢器有那些工作區域?請繪圖表示。

[解:]



3. 一游離腔的腔壁材料為鋁，假設腔中空氣的體積為  $20 \text{ cm}^3$ ，腔壁對於空氣的相對質量阻擋本領比為 1.3。今將游離腔置入加馬輻射場中，測得 20,000 個離子對 (ion pairs)。請問利用 Bragg-Gray 原理，求得的腔壁吸收劑量等於多少戈雷 (Gy)？

已知空氣的密度約  $0.001293 \text{ g/cm}^3$ ， $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ， $W = 34 \text{ eV/離子對}$

[解:]

空氣的質量為  $20 \text{ cm}^3 \times 0.001293 \text{ g/cm}^3 = 20 \times 0.001293 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ；

空氣吸收能量為  $20,000 \times 34 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ；

腔壁吸收劑量等於  $20,000 \times 34 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J} \times 1.3 / (20 \times 0.001293 \times 10^{-3} \text{ kg}) = 5.48 \times 10^{-9} \text{ Gy}$

4. 試計算  $^{226}\text{Ra}$  的比活度 (specific activity) 為多少 Bq/g? ( $^{226}\text{Ra}$  的半化期為 1600 年)

[解:]

$$SA = \lambda N = \frac{0.693}{1600 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{226}$$

$$= 3.66 \times 10^{10} \text{ Bq/g}$$

5. 混凝土 ( $\rho = 2.35 \text{ g/cm}^3$ ) 對於 2 MeV 光子射束的直線衰減係數 ( $\mu$ ) 為  $0.105 \text{ cm}^{-1}$ ，試問：

(1) 若欲將某點的曝露率 16 mR/h 降低至 1 mR/h，需使用混凝土多少公分屏蔽

(2) 此光子射束在此混凝土中的平均射程 (mean free path)

[解:]

(1)  $HVL = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{\ln 2}{0.105} = 6.6 \text{ cm}$ ，曝露率由 16 mR/h 降低至 1 mR/h 需使用 4 個半值層，所

以需使用混凝土  $6.6 \times 4 = 26.4 \text{ cm}$

(2) 平均射程  $= \frac{1}{\mu} = 9.52 \text{ cm}$

6. 在實驗室中校正一個  $^{192}\text{Ir}$  點射源得空氣克馬強度為  $10 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ ，則此  $^{192}\text{Ir}$  點射源為多少 mCi？( $^{192}\text{Ir}$  之加馬常數  $= 0.469 \text{ mR} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mCi}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，

$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ ，曝露  $1 \text{ C/kg}$  約為空氣吸收劑量  $33.97 \text{ Gy}$ )

[解：]

$$\begin{aligned} & 0.469 (\text{mR} \cdot \text{m}^2/\text{mCi} \cdot \text{h}) \times X \text{ mCi} \times 2.58 \times 10^{-4} [(C/\text{kg})/\text{R}] \times 1 \times 10^{-3} \text{ R/mR} \times \\ & 33.97 [\text{Gy}/(C/\text{kg})] = 1 \times 10^{-5} \text{ Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h} \\ & X \text{ mCi} = 1 \times 10^{-5} / [0.469 \times 2.58 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-3} \times 33.97] \\ & = 1 \times 10^{-5} / 4.11 \times 10^{-6} \\ & = 2.43 \text{ mCi} \end{aligned}$$

7. 一 Farmer 游離腔之腔壁材料為石墨，腔中空氣的體積為  $0.6 \text{ cm}^3$ ，腔壁對於空氣的質量阻擋本領比(relative mass stopping power)為 0.992。今將游離腔置入加馬輻射場中，測得  $1 \times 10^{-12}$  庫倫的電量。請利用 Bragg-Gray 原理，求得的腔壁吸收劑量為多少 Gy？(空氣之 W 值為  $33.97 \text{ eV/ip}$ ，空氣密度為  $1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3$ )

[解：]

$$\begin{aligned} D_{\text{wall}} &= D_{\text{gas}} \times (S/\rho)_{\text{gas}}^{\text{wall}} \\ &= [1 \times 10^{-12} \text{ C} \times 33.97 \text{ J/C} \times 0.992] / [0.6 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3] \\ &= 43.4 \times 10^{-6} \text{ J/kg} \\ &= 4.34 \times 10^{-5} \text{ Gy} \end{aligned}$$