

行政院原子能委員會  
102 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. 質量衰減係數( $\mu/\rho$ )的單位為何？ (1) $\text{kg}/\text{m}^2$  (2) $\text{kg}/\text{m}$  (3) $\text{m}^2/\text{kg}$  (4) $\text{m}/\text{kg}$

[解：]

3

$$\text{解：} \left(\frac{1}{\text{m}}\right) / (\text{kg} / \text{m}^3) = \text{m}^2 / \text{kg}$$

2. 一含有 2000 個單能光子的射束，穿過 1 cm 厚度的銅片後，只剩下 500 個，則此銅片的直線衰減係數為多少  $\text{cm}^{-1}$ ？ (1)0.693 (2)1.386 (3)2.079 (4)2.772

[解：]

2

$$\text{解：} 500 = 2000 e^{-(\mu \times 1)} \implies \mu = 1.386 \text{ cm}^{-1}$$

3. 下列何者屬於機率效應所可能產生的輻射傷害？

(1)皮膚紅腫 (2)嘔吐 (3)脫髮 (4)白血病

[解：]

4

4. 充氣式偵檢器的關係曲線中，下列那一個區域不能用來偵測輻射？

(1)再結合區 (2)飽和區 (3)比例區 (4)蓋革區

[解：]

1

5. 重荷電粒子輻射與物質作用，最主要的反應模式為何？

(1)激發 (2)游離 (3)核反應 (4)產生電磁輻射

[解：]

2

6.  $\beta$  輻射與物質的相互作用，正確的組合為何？ A.光電效應 B.游離 C.湯姆生散射 D.制動輻射

(1)A 和 B (2)A 和 C (3)B 和 C (4)B 和 D

[解：]

4

7. 某一質點，若其行進的速度是光速的 90%，則其質量應為靜止質量的幾倍？

(1)0.9 (2)1.8 (3)2.3 (4)3.2

[解：]

3

8. 針對同一種類的細胞，細胞生命周期中的哪一階段，對輻射最不敏感？

- (1) G<sub>1</sub> (2) S (3) G<sub>2</sub> (4) M

[解：]

2

9. 用標準射源校正 NaI (Tl)偵測器計數效率，沒有直接關係者為何？

- (1)入射窗的厚度 (2)總尖峰面積值 (3)射源的活度 (4)射源與偵測器的距離

[解：]

1

10. 一部 X 光照相設備在靶至影像接收器的距離為 100 cm 時之輸出強度為 3.7 mR/mAs，請問在 75 cm 處之輸出強度為多少 mR/mAs？ (1)3.3 (2)4.8 (3)6.6 (4)9.6

[解：]

3

$$3.7 \text{ mR/mAs} \times (100/75)^2 = 6.6 \text{ mR/mAs}$$

11. 某一輻射工作人員在一混合輻射場中工作一日(8 小時)，若其全身僅甲狀腺(組織加權因素  $W_T=0.05$ )接受曝露，其加馬劑量率為 5  $\mu\text{Gy/h}$ ，快中子劑量率為 10  $\mu\text{Gy/h}$ ，熱中子劑量率為 5  $\mu\text{Gy/h}$ ，則其所接受之有效劑量為多少  $\mu\text{Sv}$ ？(加馬、快中子、熱中子之輻射加權因數  $W_R$  分別為 1、20 及 5)

- (1)11.5 (2)92 (3)230 (4)1840

[解：]

2

解：

$$\begin{aligned} \text{甲狀腺等價劑量} &= 5 \mu\text{Gy/h} \times 8 \text{ h} \times 1 + 10 \mu\text{Gy/h} \times 8 \text{ h} \times 20 + 5 \mu\text{Gy/h} \times 8 \text{ h} \times 5 \\ &= 1840 \mu\text{Sv} \end{aligned}$$

$$\text{有效劑量} = 1840 \mu\text{Sv} \times 0.05 = 92 \mu\text{Sv}$$

12. 關於阻擋本領( $\bar{S}$ )之說明何者正確？

- (1)係指單能量電子的平均阻擋本領  
(2)係指單能量光子產生的連續分布電子的平均阻擋本領  
(3)係指連續分布的光子產生的連續分布電子的平均阻擋本領  
(4)係指限制的阻擋本領

[解：]

2

13. 在某一實驗中，用單靶一次擊中回應函數  $N = N_0 e^{-1.6D}$  來描述細胞存活，此處 N 表示存活的細胞數量， $N_0$  表示初始的細胞數量，D 是照射的劑量(Gy)。若以 1 Gy 的輻射照射，試計算細胞靶被擊中 2 次的機率為何？ (1)0.2 (2)0.36 (3)0.64 (4)0.8

[解：]

3

$$\left(1 - \frac{N}{N_0}\right)^2 = (1 - e^{-1.6 \times 1.0})^2 = (1 - 0.2)^2 = 0.8^2 = 0.64$$

14. 水吸收輻射能量之後溫度升高，因此也可用於決定輻射吸收劑量，試問 1 克水吸收多少 Gy 會升高 1°C？ (1)4.18 (2)0.876 (3) $2.58 \times 10^{-4}$  (4)3881

[解：]

1

15. 兩瓶溶液在一開始  $t=0$  時，分別含有 0.20 mCi 的  $^{198}\text{Au}$  和 0.12 mCi 的  $^{131}\text{I}$ 。 $^{198}\text{Au}$  的半化期為 2.70 天， $^{131}\text{I}$  的半化期為 8.05 天。當  $^{198}\text{Au}$  的活度變成 0.05 mCi 時， $^{131}\text{I}$  的活度為多少  $\mu\text{Ci}$ ？ (1)30 (2)60 (3)75 (4)150

[解：]

3

解： $0.05/0.2=1/4$ ，經過  $2.7 \times 2=5.40$  天， $0.12 \text{ mCi} \times \text{Exp}[-(0.693 \div 8.05) \times 5.40]=0.12 \text{ mCi} \times 0.63=0.075 \text{ mCi}=75 \mu\text{Ci}$

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 根據質能互換， $1 \times 10^{-24} \text{ g}$  的物質能轉換成多少 MeV 能量？ ( $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

[解：]

$$E = mc^2 = 1 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3.0 \times 10^8)^2 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \\ = 9.0 \times 10^{-11} \text{ J} / 1.6 \times 10^{-13} (\text{J} / \text{MeV}) = 5.63 \times 10^2 \text{ MeV}$$

2. 何謂布拉格—格雷原理(Bragg-Gray's prinple)？

[解：]

布拉格-格雷原理(Bragg-Gray's prinple)

測量固體吸收輻射能量的一種原理。這個原理指出：若在適當厚度的固體中有充有氣體的微小空腔，且空腔的尺寸小到不足以影響初始輻射及二次輻射在固體中的分布，則單位固體體稱所吸收的能量  $E$  與單位質量氣體中的游離量  $J$  有如下關係：

$$E = SJW$$

式中： $J$  為單位體稱氣體中所產生的離子對數目； $W$  為在該種氣體中產生一對離子所需的平均能量； $S$  為固體和氣體對二次電子阻止本領之比值。

3. 一袖珍式游離腔其內部容積為  $2.5 \text{ cm}^3$ ，電容為  $6 \text{ pF}$ 。初始充電至  $200 \text{ V}$ ，經佩戴使用後，游離腔讀數儀指示其電位為  $150 \text{ V}$ ，試推算其曝露量有多少倫琴？

解：

$$\Delta Q = C \cdot \Delta V = 6 \times 10^{-12} \text{ F} \times (200 - 150) \text{ V} = 3 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$\Delta m = \rho \cdot V = 0.001293 \text{ g/cm}^3 \times 2.5 \text{ cm}^3 = 3.23 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} = \frac{3 \times 10^{-10} \text{ C}}{3.23 \times 10^{-3} \text{ g}} = \frac{3 \times 10^{-10} \text{ C}}{3.23 \times 10^{-3} \text{ g}} \times \frac{1 \text{ R}}{2.58 \times 10^{-7} \text{ C/g}} = 0.36 \text{ R}$$

4. 欲將 511 keV 窄射束的光子數減少為入射光子數的 1/10，需要多少公尺厚度的混凝土？  
(混凝土  $\mu = 0.209 \text{ cm}^{-1}$ )

[解：]

$$n/n_0 = e^{-\mu x}, \quad 0.1 = e^{-\mu x}$$

$$\mu x = 2.3026$$

$$x = \frac{2.3026}{0.209} = 11.0 \text{ (cm)} = 0.11 \text{ (m)}$$

5. 有關加馬射線屏蔽，請回答下列問題

(a) 增建因數(buildup factor)的產生原因為何種效應？又其大小與那些因素有關？

(b) 有一屏蔽的半值層(HVL)厚度為 6 cm，增建因數為 2。假如沒有屏蔽時的劑量率為 1 mSv/h，如欲使劑量率下降至 0.25 mSv/h，則所需的屏蔽厚度為何？

[解：]

(a) 產生原因為康普吞散射。

增建因數與屏蔽材料、屏蔽厚度、光子能量，以及射源的幾何形狀有關。

(b)

$$I = B \cdot I_0 \cdot e^{-\mu t}$$

$$0.25 = 2 \times 1 \times e^{-\frac{0.693}{6}t}$$

$$\frac{1}{8} = e^{-\frac{0.693}{6}t}$$

$$\ln 8 = \frac{0.639}{6} \cdot t$$

$$t = \frac{\ln 8 \times 6}{0.693} = 18 \text{ cm}$$

6. 1 g 的軟組織，受到通量  $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$  的熱中子照射，試計算組織因  $^{14}\text{N}(\text{n}, \text{p})^{14}\text{C}$  反應所接受的吸收劑量為多少 Gy？(軟組織的密度為  $1.0 \text{ g/cm}^3$ ，軟組織中氮的原子密度為  $1.29 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ ， $^{14}\text{N}(\text{n}, \text{p})^{14}\text{C}$  反應截面  $\sigma = 1.70 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ ，氮每次捕獲產生 0.626 MeV 能量的沉積)

[解：]

$$D = \frac{1.29 \times 10^{21} \times 10^7 \times 1.7 \times 10^{-24} \times 0.626 \times 1.6 \times 10^{-13}}{0.001} = 2.2 \times 10^{-6} \text{ Gy}$$

7. 一個活度為 1 mCi 的 Y-90 貝他放射性物質被包裝在鉛屏蔽體內，鉛屏蔽的厚度足以吸收該輻射源所發射之貝他粒子(其最大能量為 2.28 MeV，平均能量為 0.94 MeV)。若此貝他粒子能量轉化成制動輻射光子的比率為 10%，為了輻射防護目的，試估計在 50 cm 遠處的制動輻射能量通量率(單位： $\text{MeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )。

[解：]

$$1 \text{ mCi} = 3.7 \times 10^7 \text{ Bq}$$

$$\text{該貝他放射性物質每秒放出之貝他粒子總能量為 } (3.7 \times 10^7 \text{ s}^{-1}) \times (0.94 \text{ MeV}) = 3.478 \times 10^7 \text{ MeV s}^{-1}$$

$$\text{每秒放出之制動輻射能量率為 } (3.478 \times 10^7 \text{ MeV s}^{-1}) \times (0.1) = 3.478 \times 10^6 \text{ MeV s}^{-1}$$

在 50 cm 遠處的一點由於制動輻射產生的能量通率為：

$$3.478 \times 10^6 \text{ MeV s}^{-1} / (4\pi \times 2500 \text{ cm}^2) = 110.71 \text{ MeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

