

行政院原子能委員會  
100 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. 單靶一次擊出模型(single target, single model)中，若 D-37 劑量為 0.41 Gy，則存活率 50% 的劑量為多少 Gy？

(1)0.011 (2)0.28 (3)0.55 (4)15.17

解：(2)

$$0.5 = e^{-D/0.41}$$

$$\ln 0.5 = -D/0.41$$

$$D = 0.28 \text{ Gy}$$

2. 已知在某物質內游離一 ion-pair 平均需 W eV 能量，而此物質密度為  $\rho$  g/cm<sup>3</sup>，今輻射在 A cm<sup>3</sup> 的物質中造成 B 焦耳能量的沉積(deposit)，請問此物質的吸收劑量 (Gy)為：

(1) (WxB)/(A× $\rho$ ) (2) (1000xB)/(A× $\rho$ ) (3) (6.25×10<sup>15</sup>xB)/W×A× $\rho$

(4) (6.25×10<sup>18</sup>xB)/W×A× $\rho$

解：(2)

3. 加馬能譜之尖峰 1173 keV，若偵檢器的能量解析度為 2.5%，則尖峰半高全寬度 (FWHM)為： (1)33.5 keV (2)29.3 keV (3)33.5 eV (4)29.3 eV

解：(2)

4. 單位時間及單位面積內，通過光子的數目稱為：

(1)通量 (2)能量通量 (3)通量率 (4)流量

解：(3)

5. 一個 14 MeV 快中子與石墨反射體發生一次碰撞，試問該中子剩下多少 MeV 能量？

(1)5.17 MeV (2)10.02 MeV (3)7.14 MeV (4)9.05 MeV

解：(2)

$$14 \times ((12-1)/(12+1))^2 = 14 \times 0.716 = 10.02 \text{ MeV}$$

6. 下列關於細胞週期的先後順序，何者正確？

(1)S→G2→M→G1 (2)G2→S→G1→M (3)G2→S→M→G1 (4)G1→M→S→G2

解：(1)

7. 比例計數器通常充 P-10 氣體，該氣體之組成為： (1)90% Ar，10% CH<sub>4</sub>

(2)90% N<sub>2</sub>，10% CH<sub>4</sub> (3)90% N<sub>2</sub>，10% Ar (4)90% O<sub>2</sub>，10% Ar

解：(1)

8. <sup>32</sup>P 蛻變釋出電子後形成 <sup>32</sup>S，並釋出多少 MeV 的能量？ (<sup>32</sup>P 與 <sup>32</sup>S 原子質量單位分別為 31.973910 amu 及 31.972074 amu) (1)1.71 (2)2.02 (3)3.32 (4)4.42

解：(1)

9. 在輻射產生細胞生物效應的過程中，下列何種化學成分具有關鍵性的影響因素？

(1)白血球 (2)自由基 (3)紅血球 (4)氬原子

解：(2)

10. Cs-137 的  $\Gamma$  值為  $0.33 \text{ R}\cdot\text{m}^2/\text{Ci}\cdot\text{hr}$ ，則距離 2 mCi Cs-137 點射源 1.5 公尺處之劑量率 (Gy/hr) 為多少？

- (1)  $2.6 \times 10^{-6}$  (2)  $2.9 \times 10^{-4}$  (3)  $2.9 \times 10^{-1}$  (4)  $2.62 \times 10^{-3}$

解：(1)

$$D = \frac{0.33 \times 2 \times 10^{-3}}{1.5 \times 1.5} \times 0.0087 = 2.6 \times 10^{-6} \text{ Gy/hr}$$

11. 下列何者不是半導體偵檢器常用的材料？ (1) CdTe (2) Si (3) Ge (4) HgF<sub>2</sub>

解：(4)

12. 一核反應  ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{X}$  用以測試熱中子，試問 X 為何物？

- (1)  ${}^3\text{He}$  (2)  ${}^3\text{H}$  (3) 質子 (4)  ${}^2\text{H}$

解：(2)

13. 中子與物質作用，下列敘述何者為非？

- (1) 非彈性碰撞時會伴隨  $\gamma$  射線的發生 (2) 快中子常用原子序較低的物質作為緩和劑  
(3) 中子速度較大時，產生中子捕獲的截面較大 (4) 中子屬於間接游離輻射，穿透能力強

解：(3)

14. 關於組織對於輻射的敏感程度，下列何者為真？

- (1) 分裂次數愈高的組織對輻射愈不敏感。  
(2) 形態與功能上尚未分化的組織對輻射較不敏感。  
(3) 幹細胞比神經細胞對輻射敏感  
(4) 肌肉細胞比肝細胞對輻射敏感

解：(3)

15. 關於貝他( $\beta^-$ )蛻變，下列敘述何者為真？

- (1) 母核的質量需比子核多兩個電子質量 (2) 子核和母核同為同重數  
(3) 子核的中子數比母核少 2 (4)  $\beta^-$  粒子能譜為不連續的

解：(2)

## 二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 在 1 分鐘的計數顯示 35 個計數的總活度。若背景為 60 分鐘 1560 計數，為了使真活度在 68% 的信賴水平  $\pm 10\%$  以內，樣品必須被計數多久？

解：

$$\text{背景} = \frac{1560}{60} = 26 \text{ cpm}$$

$$\text{淨計數率} = 35 - 26 = 9 \text{ cpm}$$

$$1 \times \sqrt{\frac{35}{t} + \frac{26}{60}} = 9 \text{ cpm} \times 0.1 = 0.9$$

$$\text{雙邊平方}, \frac{35}{t} + 0.43 = 0.81$$

$$\frac{35}{t} = 0.38$$

$$\therefore t = \frac{35}{0.38} = 92.1 \text{ 分鐘}$$

2. 什麼是線性無低限假說 (Linear non-threshold hypothesis, LNT) ? LNT 對輻射防護有什麼影響?

解:

- (1) 線性無低限假說 (LNT)是針對輻射健康效應的機率效應而做的假說，因為在接受低輻射劑量下並無臨床症狀，但依日本核爆後接受高劑量倖存者的流行病學調查結果，將結果外推到零劑量，且假設只要接受到輻射劑量就有得致死癌與不良遺傳的機率存在，產生機率的大小與接受劑量多寡成正比。
- (2) LNT 假設輻射健康機率效應大小與接受劑量成正比，使得制訂人員輻射劑量限度(法規限度)成為容易可行，而且人員在不同時期、不同場所、體內、體外接受輻射之劑量可以直接相加，使輻射防護與人員劑量管制之工作易於執行。

3. 1 MBq 的 I-131 碘射源蛻變中產生 0.08 MeV 光子的效率為 5.1%，空氣對 0.08 MeV 光子的能量吸收係數為  $3.2 \times 10^{-3} m^{-1}$ ，空氣密度  $1.29 \times 10^{-3} g/cm^3$ ，在空氣產生一離子對的能量為 34 eV，求離點射源 1 m 處空氣克馬 (air kerma) 為多少 Sv/h?

解:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \frac{(10^6 \times 60 \times 60) \times 0.051 \times 0.08 \times 1.6 \times 10^{-13} \times 3.2 \times 10^{-3}}{1.29 \times 4\pi \times 1^2} \\ &= 4.62 \times 10^{-10} \frac{Sv}{h} \end{aligned}$$

4. 有一個 20 kBq 的  $^{133}Ba$  與 50 kBq 的  $^{137}Cs$  之混合點射源， $^{133}Ba$  的空氣克馬率常數為  $0.0704 \mu Gy \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$ ， $^{137}Cs$  的空氣克馬率常數為  $0.0771 \mu Gy \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$ 。請計算離此點射源 50 公分的位置滯留 10 分鐘之空氣克馬為多少?

解:

$$^{133}Ba : 0.0704 \frac{\mu Gy \cdot m^2}{h \cdot MBq} \times 0.02 MBq \times \frac{1}{(0.5m)^2} \times \frac{10}{60} h = 9.4 \times 10^{-4} \mu Gy$$

$$^{137}Cs : 0.0771 \frac{\mu Gy \cdot m^2}{h \cdot MBq} \times 0.05 MBq \times \frac{1}{(0.5m)^2} \times \frac{10}{60} h = 2.6 \times 10^{-3} \mu Gy$$

$$\text{相加} : 2.6 \times 10^{-3} + 9.4 \times 10^{-4} = 3.5 \times 10^{-3} \mu Gy$$

5. 放射治療室中  $^{60}Co$  點射源的活度為 2000 Ci，距主屏蔽的距離為 5 公尺，屏蔽外為一般人之占用位置，佔用因數  $T = 1/4$ ，使用因數  $U = 1$ 。假設屏蔽為混凝土(半值層  $HVL = 7$  cm，增建因數  $B = 12$ )，求屏蔽的厚度。(  $^{60}Co$  的  $\Gamma = 3.7 \times 10^{-4} mSv \cdot m^2 / MBq \cdot h$ )

解:

$$1 \frac{mSv}{y} = BI_0 e^{-\mu x}$$

$$I_0 = 2000Ci \times 3.7 \times 10^4 \frac{MBq}{Ci} \times 3.7 \times 10^{-4} \frac{mSv-m^2}{h-MBq} \times \frac{1}{(5m)^2} \times \frac{1}{4} \times 1 \times 2000 \frac{h}{y}$$

$$= 547600 \frac{mSv}{y}$$

$$\frac{1}{547600 \times 12} = e^{-\frac{0.693}{7cm} x(cm)} = 1.52 \times 10^{-7}$$

$$\text{取 } \ln, \frac{0.693}{7} x = 15.70$$

$$x = 158.6cm$$

6. 一含有銅(Cu)及鋁(Al)的合金，密度為  $7.6 \frac{g}{cm^3}$ 。Cu 所佔的重量比例為 80%，原子量 = 63.57，原子衰減係數 =  $9.91 \times 10^{-24} \frac{cm^2}{atom}$ 。Al 所佔的重量比例為 20%，原子量 = 26.98，原子衰減係數 =  $4.45 \times 10^{-24} \frac{cm^2}{atom}$ 。求 0.4 MeV 的  $\gamma$  射線經過此合金的線性衰減係數為多少  $m^{-1}$  及質量衰減係數為多少  $m^2/kg$ ？（不考慮增建因素）

解：

$$\mu = (\mu_a)_{Cu} \times N_{Cu} + (\mu_a)_{Al} \times N_{Al}$$

$$= 9.91 \times 10^{-24} \times \frac{7.6 \times 0.8}{63.57} \times 6.02 \times 10^{23} + 4.45 \times 10^{-24} \times \frac{7.6 \times 0.2}{26.98} \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$= 0.718 cm^{-1}$$

$$= 71.8 m^{-1}$$

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{71.8}{7.6 \times 10^3} = 9.44 \times 10^{-3} \frac{m^2}{kg}$$

7. 請說明何以光子輻射與介質的作用稱為間接游離？為何光子輻射的穿透力很強？克馬(kerma)指的是什麼？

解：

- (1) 光子輻射先與物質發生光電效應，康普吞散射，成對發生反應，產生光電子，或康普吞回跳電子，或成對發生的電子與正電子，這些帶著能量的電子才開始去游離介質的外層軌道電子，故稱為間接游離。
- (2) 因為光子與介質產生作用的機率很低，故穿透力很強。
- (3) 入射光子轉移給生成之光電子、康普吞電子、成對發生電子等的初始動能的總和稱為克馬。