

行政院原子能委員會
106 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. 光子與物質作用產生成對發生時最少需要多少能量？

- (1) 0.511 keV (2) 1.022 keV (3) 0.511 MeV (4) 1.022 MeV

[解：]

(4)

2. 當母核的半化期遠大於子核時，所達成的平衡稱為下列何者？

- (1)永久平衡 (2)暫時平衡 (3)動態平衡 (4)不平衡

[解：]

(1)

3. 下列何者之輻射加權因數最大？

- (1) 250 kV X 光 (2) Co-60 發射之加馬射線 (3) 阿伐粒子 (4) 質子輻射

[解：]

(3)

4. 半導體偵檢器產生一個電子電洞對大約需要多少能量？

- (1) 3 eV (2) 34 eV (3) 3 MeV (4) 34 MeV

[解：]

(1)

5. 若將一加馬放射性物質的活度增加為原來的 4 倍，且離點射源的距離亦增加為原來的 4 倍，則曝露率為原來的多少倍？

- (1) 0.25 (2) 1 (3) 2 (4) 16

[解：]

(1)

$$\text{曝露率}_1 = \Gamma A_1 / d_1^2$$

$$A_2 = 4A_1, d_2 = 4d_1$$

$$\text{則曝露率}_2 / \text{曝露率}_1 = (\Gamma A_2 / d_2^2) / (\Gamma A_1 / d_1^2) = (\Gamma 4A_1 / 16d_1^2) / (\Gamma A_1 / d_1^2) = 1/4 = 0.25$$

6. 在 X 光機的主屏蔽厚度計算中，考慮部分占用的占用因數為多少？

- (1) 1/16 (2) 1/4 (3) 3/4 (4) 11/16

解：

(2)

7. 假設某核種的衰變常數為 λ ，經過 1 年後，其活度為原來的 1/4，則 λ 值為？(年⁻¹)

- (1) 0.347 (2) 0.693 (3) 1.386 (4) 2.772

[解：]

(3)

$$T_{1/2}=0.5 \text{ 年}, \lambda=0.693/T_{1/2}=0.693/0.5=1.386 \text{ (年}^{-1}\text{)}$$

8. 關於組織對於輻射敏感程度的敘述，下列何者正確？

- (1) 幹細胞對輻射較不敏感 (2) 分裂次數愈高的組織對輻射愈不敏感
(3) 肝細胞比肌肉細胞對輻射較不敏感 (4) 神經細胞比幹細胞對輻射較不敏感

[解：]

(4)

幹細胞為形態與功能上尚未分化的組織，對輻射較敏感。

9. 以計數器計讀時，若想得到測量之標準差為 2%，請問至少需達到多少計數？

- (1) 2000 (2) 2500 (3) 3000 (4) 3500

[解：]

(2)

$$\text{解：} [(N)^{1/2}]/N = 0.02$$

$$N = 2500$$

10. 一個點射源 Cs-137 在 20 年前活度為 5 Ci，現在距此射源 2.5 m 處的曝露率是多少 R/h？

($T_{1/2}=30$ 年，加馬常數 = $0.32 \text{ R} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Ci}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

- (1) 0.12 (2) 1.12 (3) 0.16 (4) 1.16

[解：]

(3)

$$\text{解：} 5 \text{ Ci} \times e^{-(0.693 \times 20/30)} = 5 \times 0.63 = 3.15 \text{ Ci},$$

$$3.15 \text{ Ci} \times 0.32 (\text{R} \cdot \text{m}^2)/(\text{Ci} \cdot \text{h}) \times [1/(2.5\text{m})^2] = 0.16 \text{ R/h}$$

11. 若一空浮污染放射性物質其吸入的劑量轉換係數(DCF)為 $6.7 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ ，試計算工作場所的推定空氣濃度(DAC)為多少 Bq/m^3 ？

- (1) 3.11×10^3 (2) 4.21×10^3 (3) 5.19×10^3 (4) 1.33×10^4

[解:]

(1)

$$\text{解: } 50[\text{mSv/年}] / \{6.7 \times 10^{-9} [\text{Sv/Bq}] \times 1000[\text{mSv/Sv}] \times 2400[\text{h/年}]\} = 3.11 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$$

12. 碳-12 對某單能光子束的直線衰減係數為 0.143 cm^{-1} ，碳的密度為 2.25 g/cm^3 ，求碳的電子衰減係數($\text{cm}^2/\text{電子}$)? (1) $6.35 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{電子}$ (2) $1.06 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{電子}$ (3) $1.27 \times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{電子}$ (4) $2.11 \times 10^{-25} \text{ cm}^2/\text{電子}$

[解:]

(4)

$$\text{電子衰減係數 } \mu_e = \frac{\mu}{\rho} \frac{1}{N_e} = \frac{\mu}{\rho} \frac{A}{ZN_A} = \frac{0.143}{2.25} \times \frac{12}{6 \times 6.02 \times 10^{23}} \frac{\text{cm}^2}{\text{電子}} = 2.11 \times 10^{-25} \frac{\text{cm}^2}{\text{電子}}$$

13. 一個 1 mCi 的 ^{60}Co 點射源，距離 10 cm 處的光子能量通量率約為多少 $\text{J/cm}^2 \cdot \text{h}$?

- (1) 4.24×10^{-3} (2) 1.35×10^{-3} (3) 1.06×10^{-3} (4) 3.37×10^{-4}

[解:]

(1)

$$\begin{aligned} \text{解: } & [3.7 \times 10^7 \text{ 蛻變/秒} \times 3600 \text{ 秒/時} \times (1.17+1.33) \text{ MeV/蛻變} \times 1.6 \times 10^{13} \text{ J/MeV}] / \\ & 4 \times 3.1416 \times 100 \text{ cm}^2 \\ & = 4.24 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2 \cdot \text{h} \end{aligned}$$

14. 試樣 A 測得 3000 個計數，試樣 B 測得 200 個計數，則此二試樣之計數比值(A/B) 的標準差約為多少 %?

- (1) 9.0 % (2) 7.3 % (3) 5.5 % (4) 6.4 %

[解:]

(2)

$$\begin{aligned} \text{解: } & [3000 \pm (3000)^{1/2}] / [200 \pm (200)^{1/2}] \\ & = 15 \pm 15 \times \{ [(3000)^{1/2} / 3000]^2 + [(200)^{1/2} / 200]^2 \}^{1/2} \\ & = 15 \pm 15 \times \{ 0.0003 + 0.005 \}^{1/2} \\ & = 15 \pm 15 \times 0.073 \\ & = 15 \pm 1.1 \\ & (1.1 / 15) \times 100\% = 7.3\% \end{aligned}$$

15. 有一電子束打在一水假體上，電子束的通量是 10^4 電子/cm^2 ，每一電子的能量為 20 MeV 。S 表示質量阻擋本領(mass stopping power)，tot 表示全部(total)、rad 表示輻射

(radiation)、Pb 表示鉛，對水的 $S_{tot}=2.4727 \text{ MeV/cm}$ ， $S_{rad}=0.4097 \text{ MeV/cm}$ ，請問在第一個 1 mm 層裡單位面積(cm^2)因游離(ionization)而積存的能量(MeV/cm^2)?

- (1) 410 (2) 1328 (3) 2063 (4) 2473

[解:]

(3)

$$S_{ion} = S_{tot} - S_{rad} = 2.4727 - 0.4097 = 2.063 \text{ MeV/cm} \cdot \text{電子}$$

$$\text{所以游離積存的能量} = 10000 \frac{\text{電子}}{\text{cm}^2} \times 2.063 \frac{\text{MeV}}{\text{cm} \cdot \text{電子}} \times 0.1 \text{ cm} = 2063 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}^2}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 試問下列放射核種， ^{213}Bi ， ^{215}Po ， ^{222}Rn ， ^{224}Ra ， ^{233}U 屬於那個天然系列(寫出系列原始核種名稱)?

[解:]

- 解: 1. $213/4 = 4 \times 53 + 1$ ， $4n+1$ 系列，鐳系(^{237}Np)
 2. $215/4 = 4 \times 53 + 3$ ， $4n+3$ 系列，錒系(^{227}Ac)
 3. $222/4 = 4 \times 55 + 2$ ， $4n+2$ 系列，鈾系(^{238}U)
 4. $224/4 = 4 \times 56$ ， $4n$ 系列，釷系(^{232}Th)
 5. $233/4 = 4 \times 58 + 1$ ， $4n+1$ 系列，鐳系(^{237}Np)

2. 某試樣經計測 10 分鐘得 40000 cpm，試問在 95 % 信賴水準(confidence level)下之標準差為多少%?

[解:]

$$\text{解: } 40000 \pm (40000 / 10)^{1/2} \text{ cpm} = 40000 \pm 63.2$$

$$95 \% = 1.96 \sigma$$

$$\therefore 1.96 \times (63.2 / 40000) \times 100\% = 0.31 \%$$

3. 一部自由空氣游離腔在標準狀況下運作，其靈敏體積為 103 cm^3 ，受 X 射線照射給出的讀數為 $6.60 \times 10^{-11} \text{ A}$ 。求其曝露率為多少 R / h。(1 R = $2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg air}$)

[解:]

$$\text{解: } \{ (6.60 \times 10^{-11} \text{ C/s}) \times (3600 \text{ s/h}) \} / \{ 103 \text{ cm}^3 \times 1.293 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^3 \}$$

$$= 1.78 \times 10^{-3} \text{ C/kg}$$

$$(1.78 \times 10^{-3} \text{ C/kg}) / [(2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}) / \text{R}]$$

$$= 6.9 \text{ R/h}$$

4. 何謂增建因數(buildup factor, B)，並詳述其特性？

[解：]

(1)增建因數 $B(h\nu, d, Z)$ 是一個用於計算 X 或 γ 輻射衰減時因散射所致的修正係數。

(2)其定義是：穿過吸收介質厚度為 d 的 X 或 γ 輻射強度 I (包括散射輻射強度)與同一點的未包括散射的 X 或 γ 輻射強度 ($I_0 e^{-\mu d}$) 的比值。即：

$B(h\nu, d, Z) = I / I_0 e^{-\mu d}$ 式中 I_0 為入射 X 或 γ 輻射的原始強度， μ 為直線衰減係數。

(3)增建因數與 X 或 γ 輻射的能量 ($h\nu$)、介質的厚度 (d) 和原子序數 (Z) 等有關。

(4)對於窄束 X 或 γ 輻射， $B(h\nu, d, Z) = 1$ ；對於寬束 X 或 γ 輻射， $B(h\nu, d, Z) > 1$ 。

5. 將一克的 Co-59 以中子活化一年(通量率 $10^{10} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)，中子與 Co-59 的作用截面為 37 barn，請問可產生多少貝克(Bq)的 Co-60 ($T_{1/2} = 5.26$ 年)？

解：

$$A = \phi \sigma n (1 - e^{-\lambda T}) = 10^{10} \times 37 \times 10^{-24} \times \frac{1}{59} \times 6.02 \times 10^{23} \times (1 - e^{-\frac{\ln 2}{5.26} \times 1}) = 4.66 \times 10^8 \text{ Bq}$$

6. 設肺中存有某放射性同位素，發射 0.5 MeV 的光子，若其對腎臟的比有效能量 SEE(腎←肺)(specific effective energy)為 $5.82 \times 10^{-9} \text{ MeV/g}$ ，腎的重量為 310 g，求

(a) 該放射性同位素每次蛻變將造成腎的等價劑量為多少西弗？

(b) 腎的吸收分數(腎←肺) (absorbed fraction, AF) 為多少？

[解：]

$$\begin{aligned} \text{(a) 腎的等價劑量} &= 5.82 \times 10^{-9} \text{ MeV/g} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 1000 \text{ g/kg} \times W_R (=1) \\ &= 9.3 \times 10^{-19} \text{ Sv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) } 5.82 \times 10^{-9} \text{ MeV/g} &= [\text{AF} / 310 \text{ g}] \times 0.5 \text{ MeV} \\ \text{AF} &= [5.82 \times 10^{-9} \text{ MeV/g} \times 310 \text{ g}] / 0.5 \text{ MeV} \\ &= 3.61 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

7. 碳($\rho = 2.25 \text{ g/cm}^3$)對 4 MeV 光子的質量衰減係數(μ/ρ)= $0.0305 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，質量轉移係數(μ_{tr}/ρ)= $0.0187 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，質量吸收係數(μ_{ab}/ρ)= $0.0185 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，不考慮增建因數，試問：

(1)碳對 4 MeV 光子的半值層(half value layer)

(2)每次光子與碳碰撞時的平均轉移能量

解：

$$\text{(1) } \mu = 0.0305 \times 2.25 = 0.0686 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{HVL} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{\ln 2}{0.0686} = 10.1 \text{ cm}$$

$$(2) \text{ 平均轉移能量} = E \times \left(\frac{\mu_{\text{tr}}}{\mu} \right) = 2.45 \text{ MeV}$$