

行政院原子能委員會
106 年度第 1 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. 下列何者是屬於分裂(fission)反應的一種？

- (1) ${}_{29}^{63}\text{Cu} + \gamma \rightarrow {}_{29}^{62}\text{Cu} + {}_0^1n$ (2) ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$
(3) ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_1^1\text{H} + {}_0^1n$ (4) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1n$

[解：]

(4)

2. 有關光電效應的敘述，下列何者正確？

- (1)當光子能量大於 1.022 MeV 時才會產生 (2)物質原子序越高，作用機率越高 (3)光子能量的變化與作用機率無關 (4)會間接產生互毀光子

[解：]

(2)

3. 下列有關輻射機率效應的敘述，何者錯誤？ (1)無低限劑量 (2)白血病屬之

- (3)發生機率隨劑量增加而增加 (4)嚴重程度隨劑量增加而增加

[解：]

(4)

4. 半導體偵檢器與閃爍偵檢器用於偵測光子能譜，針對光譜的解析度(resolution)與偵測效率(efficiency)之比較，下列何者正確？ (1)半導體偵檢器有較佳的解析度與較高的偵測效率 (2)半導體偵檢器有較差的解析度與較低的偵測效率 (3)半導體偵檢器有較佳的解析度與較低的偵測效率 (4)半導體偵檢器有較差的解析度與較高的偵測效率

[解：]

(3)

5. 以下哪一個委員會是專為核子醫學之體內劑量，提供相關放射核種之劑量表格式、計算模擬與規範資訊？(1) IAEA (2) MIRD (3) ICRP (4) NCRP

解：

(2)

6. 比較下列核種每一核子之平均束縛能，何者為最大？

- (1) ${}^6\text{Li}$ (2) ${}^{12}\text{C}$ (3) ${}^{60}\text{Co}$ (4) ${}^{238}\text{U}$

解：

(3)

7. 已知 ${}^{197}\text{Au}$ 對於熱中子(thermal neutron)的吸收截面為 99 邦(b)，請問 ${}^{197}\text{Au}$ 對動能為 10 eV 中子的吸收截面為何？

- (1) 0.248 b (2) 0.495 b (3) 4.95 b (4) 49.5 b

解：

(3)

$$\frac{\sigma_{10\text{eV}}}{\sigma_{0.025\text{eV}}} = \sqrt{\frac{0.025}{10}} = 0.05$$

$$\therefore \sigma_{10\text{eV}} = 99\text{b} \times 0.05 = 4.95\text{b}$$

8. 細胞受輻射照射後，若 $\alpha = 0.25 \text{ Gy}^{-1}$ ， $\beta = 0.025 \text{ Gy}^{-2}$ ，單次照射劑量為 2 Gy，試問細胞存活的比例約多少 %？ (1) 49 (2) 55 (3) 60 (4) 65

[解：]

(2)

$$\begin{aligned} \text{解: } S &= \exp(-\alpha D - \beta D^2) = \exp(-0.25 \times 2 - 0.025 \times 2^2) = \exp(-0.5 - 0.1) \\ &= \exp(-0.6) = 0.5488 = 54.9\% \end{aligned}$$

9. S 表示質量阻擋本領(mass stopping power)，ion 表示游離(ionization)、rad 表示制動輻射(radiation)、Pb 表示鉛，請問對 10 MeV 以下的入射電子，何者最大？

- (1) $S_{\text{ion,Pb}}$ (2) $S_{\text{ion,*}}$ (3) $S_{\text{rad,Pb}}$ (4) $S_{\text{rad,*}}$

[解：]

(2)

10. ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$ ，反應的 Q 值 2.31 MeV，則 α 粒子與 ${}^7\text{Li}$ 各分得多少 MeV 能量？

- (1) 1.47, 0.84 (2) 1.45, 0.86 (3) 0.88, 1.43 (4) 0.91, 1.40

解：

(1)

解：
 α 粒子 = $\frac{7}{7+4} \times 2.31 = 1.47\text{MeV}$
 ${}^7\text{Li} = \frac{4}{7+4} \times 2.31 = 0.84\text{MeV}$

11. 已知 100 kVp 的 X 光，其半值層為 0.2 mm 鉛，今若欲將某點 8 mSv/h 的劑量率降為 10 uSv/h，試求所需鉛屏蔽的厚度至少為多少 mm？

- (1) 0.5 (2) 0.8 (3) 1.5 (4) 1.9

解：

(4)

[解]劑量率須降的比例為 $(10 \text{ uSv/h}) / (8 \text{ mSv/h}) = (10 \text{ uSv/h}) / (8000 \text{ uSv/h}) = 1/800$

故需 3 個半質層(HVL)加 2 個什一質層(TVL)的鉛屏

又 $1\text{TVL} = 3.32\text{HVL}$ ，故需鉛屏 $3 \times 0.2\text{mm} + 2 \times 3.32 \times 0.2\text{mm} = 0.6\text{mm} + 1.328\text{mm} = 1.93\text{mm}$

12. 骨髓幹細胞具有高輻射敏感度，其 D_0 約為？

- (1) 0.2 Gy (2) 1 Gy (3) 5 Gy (4) 10 Gy

解：

(2)

13. 在光子會衰減的情況下，6 MV 的光子與水發生作用，請問在增建區後的深度，kerma 與 dose 的關係？ (1) kerma 略大於 dose (2) kerma 遠大 dose (3) kerma 略小於 dose

- (4) kerma 等於 dose

[解：]

(3)

14. 有一圓柱型蓋革(GM)偵檢器，陽極燈絲直徑 0.1 mm，圓柱(陰極)直徑 2 cm，請問陽極表面 0.1 mm 處之電場，是圓柱中間點(距離燈絲中心 1.0 cm)電場的幾倍？

- (1) 0.05 (2) 5.8 (3) 66.7 (4) 100

[解：]

(3)

$$\varepsilon = \frac{1}{r} \times \frac{V}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}, \text{ 即電場大小和離燈絲中心的距離成反比}$$

$$\text{所以 } \frac{\varepsilon_{\text{表面}0.1\text{mm}}}{\varepsilon_{10\text{mm}}} = \frac{r_{10\text{mm}}}{r_{\text{表面}0.1\text{mm}}} = \frac{10\text{mm}}{0.1\text{mm} + 0.05\text{mm}} = \frac{10}{0.15} = 66.7 \text{ (倍)}$$

15. ^{60}Co 點射源的比加馬常數 Γ 為多少 $\frac{\text{C}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}\cdot\text{MBq}\cdot\text{h}}$? [在空氣中的質量吸收係數

$$\mu_a / \rho = 0.0244 \text{ cm}^2 / \text{g}]$$

(1) 4.11×10^{-9} (2) 8.22×10^{-9} (3) 4.11×10^{-8} (4) 8.22×10^{-8}

[解:]

(2)

^{60}Co 點射源每次蛻變會射出 1.17 MeV 與 1.33 MeV 加馬射線各一條，比加馬常數

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{q_e}{E_{ip}} \frac{1}{4\pi} \sum_i E_i f_i \frac{\mu_a}{\rho} = \frac{1}{34} \times \frac{1}{4\pi} \times 0.0244 \times (1.17 + 1.33) \frac{\text{C}}{\text{J}} \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \frac{\text{MeV}}{\text{dis}} \\ &\times \frac{1.6 \times 10^{-13} \text{ J}}{\text{MeV}} \times \frac{10^{-4} \text{ m}^2}{\text{cm}^2} \times \frac{10^3 \text{ g}}{\text{kg}} \times \frac{\text{dis}}{\text{Bq}\cdot\text{s}} \times \frac{10^6 \text{ Bq}}{\text{MBq}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} \\ &= 8.22 \times 10^{-9} \frac{\text{C}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}\cdot\text{MBq}\cdot\text{h}} \end{aligned}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. ^{137}Cs 之半化期為 30 年，其衰變至剩下 1% 約需多少年？

[解:]

$$A(t) = A(0)e^{-\lambda t} = A(0)e^{-\frac{0.693}{30}t}$$

$$\frac{A(t)}{A(0)} = e^{-\frac{0.693}{30}t} = 0.01,$$

$$\ln(e^{-\frac{0.693}{30}t}) = \ln 0.01 = -4.61$$

$$-\frac{0.693}{30} \cdot t = -4.61$$

$$t = 199.57 \cong 200 \text{ (y)}$$

2. 一部球形游離腔，腔壁為石墨，腔內氣體為 CO_2 ，當受加馬射線照射時，每克 CO_2 ($W = 33 \text{ eV} / \text{ion pair}$) 中產生 2.8×10^{12} 離子對，試問石墨腔壁的吸收劑量為多少？(若石墨和 CO_2 對該光子的平均質量阻擋本領分別為 1.648 與 $1.680 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^2 / \text{g}$ ；質量吸收係數分別為 1.032 與 $1.131 \text{ cm}^2 / \text{g}$)

[解:]

$$\begin{aligned} \text{解: } \text{CO}_2 \text{ 氣體的吸收劑量} &= [2.8 \times 10^{12} \text{ 離子對} \times 33 \text{ eV} / \text{ion pair} \times 1.6 \times 10^{19} \text{ J} / \text{eV}] \\ &\quad / 1 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ &= 1.48 \times 10^{-2} \text{ J} / \text{kg} \end{aligned}$$

$$= 14.8 \text{ mGy}$$

$$\text{腔壁的吸收劑量} = 14.8 \text{ mGy} \times 1.648 / 1.680 = 14.5 \text{ mGy}$$

3. 在 STP 標準狀態下，已知動能 5.3 MeV 的阿伐粒子，在空氣中射程為 3.93 cm，請換算此阿伐粒子在水中的射程為多少(mm)？

[解：]

$$\rho_{\text{air}} \times l_{\text{air}} = \rho_{\text{water}} \times l_{\text{water}}$$

$$\therefore l_{\text{water}} = \frac{0.001293 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 3.93 \text{ cm}}{1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 0.0051 \text{ cm} = 0.051 \text{ mm}$$

4. 閃爍體吸收了 140 keV 的單能 γ 射線後，產生 5,000 個頻率為 $6.25 \times 10^{14} \text{ (s}^{-1}\text{)}$ 的閃爍光子，試計算此閃爍體的效率？

[解：]

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 6.25 \times 10^{14}}{1.6 \times 10^{-19}} \times 5000 = 1.30 \times 10^4 \text{ eV} = 13.0 \text{ keV}$$

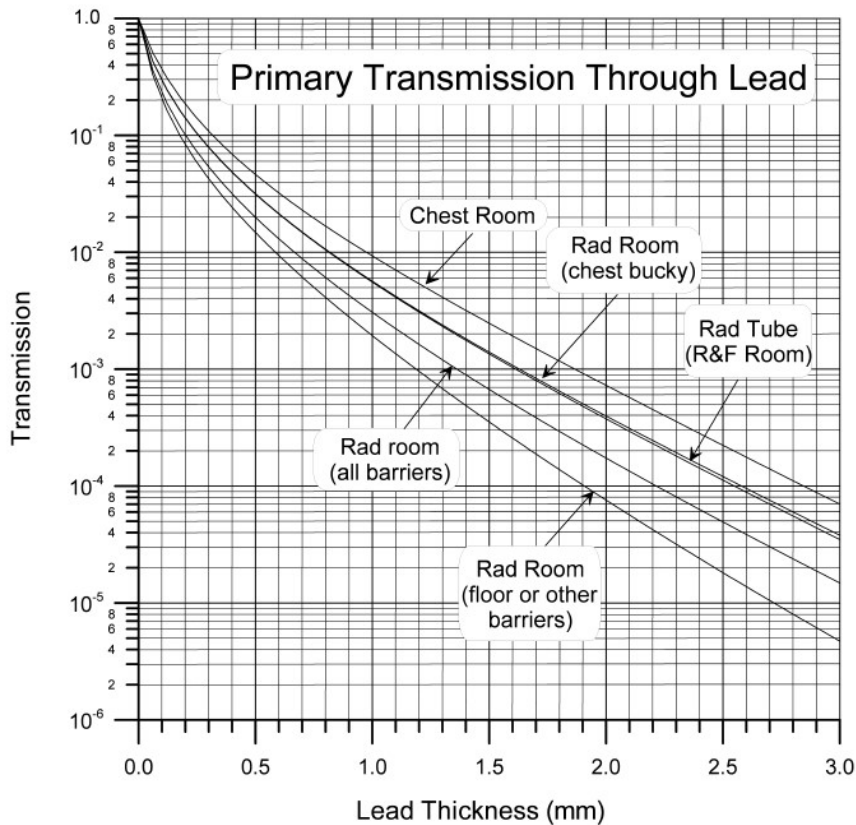
$$\varepsilon = \frac{13.0}{140} \times 100\% = 9.29\%$$

5. 有一體積為 0.6 cm^3 之空腔充滿著標準狀況的空氣，在某一時間裡此空氣腔曝露在一輻射場裡而放出 3.5×10^{-10} 庫侖之電荷。試決定空氣的吸收劑量(mGy)？

[解：]

$$\text{Dose} = \frac{3.5 \times 10^{-10} \text{ C} \times \frac{33.85 \text{ J}}{1 \text{ C}}}{0.6 \text{ cm}^3 \times 0.001293 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}} = 0.0153 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 15.3 \text{ mGy}$$

6. 有一胸腔 X 光室(Chest room)，每星期 250 人次的胸腔 X 光攝影，在主射束前方 1 公尺處，每人次平均無屏蔽的空氣克馬(the mean unshielding air kerma per patient)等於 $1.2 \text{ mGy patient}^{-1}$ ，X 光管到主屏蔽牆的垂直距離為 3 公尺。牆外為非管制區，其空氣克馬率限值採用 0.02 mGy wk^{-1} ，佔用因數採用 1，請求出主屏蔽的鉛當量厚度(mm)為何？



[解:]

$$K_p(0) = \frac{1.2 \frac{mGy \cdot m^2}{patient} \times 250 \frac{patient}{wk} \times 1}{(3 m)^2} = 33.3 \frac{mGy}{wk}$$

$$Transmission = B_p = \frac{P}{K_p(0)} = \frac{0.02 \frac{mGy}{wk}}{33.3 \frac{mGy}{wk}} = 6 \times 10^{-4}$$

Chest Room curve, Transmission 6×10^{-4} 對應的鉛當量厚度為 2.2 mmPb

7. 一束準直良好的射束，含有 10^6 個 1 MeV 光子，垂直入射 20 cm 厚的碳塊(密度 2.25 g/cm^3)，其質量衰減係數(mass attenuation coefficient, μ/ρ)為 $0.0636 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，質量能量吸收係數(mass energy absorption coefficient, μ_{ab}/ρ)為 $0.0280 \text{ cm}^2/\text{g}$ 。請計算在碳塊裡的 10 cm 深處，1 mm 的碳層(即 10.0-10.1 cm 範圍內)所吸收的能量(MeV)？

[解:]

$$\Delta N = N_{10.0\text{cm}} - N_{10.1\text{cm}} = 10^6 (e^{-0.0636 \text{ cm}^2/\text{g} \times 2.25 \text{ g/cm}^3 \times 10.0\text{cm}} - e^{-0.0636 \text{ cm}^2/\text{g} \times 2.25 \text{ g/cm}^3 \times 10.1\text{cm}}) = 3397$$

$$3397 \times \bar{E}_{ab} = 3397 \times (1 \text{ MeV} \times \frac{0.0280}{0.0636}) = 1495 \text{ MeV}$$