

行政院原子能委員會
九十九年度第二次「輻射防護員」測驗試題
專業科目

一、填充題(每格 2 分，共 30 分)

1. n 代表核內中子數，p 代表質子數，請問氙核的 $n/p=$ 2。
2. 在室溫的條件下，熱中子的平均能量 = 0.025 eV。
3. 微波、可見光、X 光、gamma-ray、電子、質子，以上六項屬於電磁波者共有 4 項。
4. 有一核種 ^{60}Co ，在 2000 年元月時的活度為 1 mCi，請問 2011 年元月時，此核種的活度為 0.235 mCi。
5. 不考慮增建因數經過 10 個半值層，輻射的強度衰減至原來的 $\frac{1}{1024}$ 。
6. 從一個 $^{235}_{92}\text{U}$ 開始衰變至穩定的 $^{207}_{82}\text{Pb}$ ，共釋出 7 個 α 粒子和 4 個 β 粒子。
7. 經輻射曝露後，會在 30 天內造成 50% 個體致死的輻射劑量，通常以 LD_{50/30} 縮寫符號表示？
8. BF_3 計數器，係用來度量 中子 游離輻射。
9. 輻射曝露所造成的皮膚紅斑、肺癌、乳癌、不孕、白內障、骨癌、遺傳效應及白血病等生物效應中屬於機率效應的共有 5 項。
10. 熱中子與人體軟組織中的哪一主要元素作用，產生(n,p)反應？ 氫。
11. 充填 P-10 氣體(90% 氬氣,10% 甲烷)的偵檢器為 比例計數器。
12. 輻射度量的總計數為 100 ± 3 ，背景計數為 20 ± 4 ，則淨計數為 $80 \pm N$ ，N 為 5。
13. $^{60}_{27}\text{Co}$ 的比活度(specific activity)= 4.23×10^{13} Bq/g。
14. 距 1 mCi 點狀之射源 1 m 處之劑量率為 0.3 mSv/h，若不考慮空氣之增建因數，則當射源為 5 mCi，於距離 2 m 處工作 4 小時之劑量為 1.5 毫西弗。
15. 若用一偵檢器測得加馬全能峰(photopeak)為 40 keV，全寬半高(FWHM)為 2 keV，則此偵檢器的能量解析度(energy resolution)為多少 % ? 5

二、問答與計算題(每題 10 分，共 70 分)

1.若使用內外層二層材料(有一層是低原子序，另一層為高原子序)做為 ^{32}P 射源的屏蔽，請問內外材料選用高或低原子序的搭配為何？原因為何？

參考解答：

內層：低原子序。外層：高原子序。

原因： ^{32}P 為純 β^- decay，靠近射源的內層屏蔽，宜使用低原子序材料，以降低阻擋電子時，電子所釋出的制動 X 光。因為電子產生制動輻射的比率(f)正比於阻擋材料的原子序(Z)。即 $f \propto Z \cdot E$ ，其中 E 為電子的動能。外層屏蔽則採用高原子序的材料以阻擋制動 X 光。

2.若發生 Compton 作用，則散射光子能量 $=h\nu' = h\nu \cdot \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)}$ ，其中 $\alpha = \frac{h\nu}{0.511(\text{MeV})}$ ，

入射光子能量 $=h\nu$ 。有一 256 keV 的光子和靜止電子發生 Compton 碰撞，當散射角 $=\pi/2$ 時，請問光子轉移給電子多少能量(keV)=?

參考解答：

$$h\nu' = h\nu \cdot \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)} = 256 \text{ keV} \cdot \frac{1}{1 + \frac{0.256}{0.511}(1 - \cos 90^\circ)} = 171 \text{ keV}$$

所以轉移給電子的能量為 $256 \text{ keV} - 171 \text{ keV} = 85 \text{ keV}$

3.已知 10 MeV 的電子在水中的射程為 4.923 g/cm^2 ，平均游離阻擋本領 $=1.95 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$ ，請問產生制動輻射的能量比率=?

參考解答：

$$\frac{10 \text{ MeV}(1-f)}{4.923 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}} = 1.95 \frac{\text{MeV} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}}$$

所以產生制動輻射的能量比率 $f=0.04=4\%$

4.請說明產生 X 光的兩種機制及其特性。

參考答案：

(1)特性輻射：當原子的內層電子軌道(如 K 層軌道)出現空位時，較外層之軌道電子(如 L 層或 M 層)將會躍遷遞補該內層軌道之空位並發射出電磁波輻射，其能量為兩個電子軌道的能階差，稱之為特性輻射或特性 X 光，能量為單一能量。

(2)制動輻射：當電子在行徑介質原子核附近時因受原子核電場影響而偏轉其行進方向或在電場中被加速均會發射出電磁波輻射釋出能量，稱為制動輻射，或俗稱之 X 光，其能量為連續能譜。

5.在標準狀況下，體積為 1cm^3 的空氣腔曝露在輻射場中產生 9.25×10^{-10} 庫倫的電量，求空氣的吸收劑量為多少 Gy？(空氣密度= 1.293 kg/m^3 ， $w/e=33.85$ 焦耳/庫倫)。

參考答案：

$$D_{\text{gas}} = \frac{Q}{m} \times W = \frac{9.25 \times 10^{-10} \text{ C}}{1.293 \times 10^{-6} \text{ kg}} \times 33.85 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 0.024 \text{ J/kg} = 0.024 \text{ Gy}$$

6.某放射性同位素之物理半衰期為 6 天，生物半衰期 4 天，若進入體內之初始活度為 8 mCi，試問 10 天後仍有多少活度保留在體內？

參考答案：

由題意知：物理半衰期 $T_R = 6 \text{ d}$ ，生物半衰期 $T_B = 4 \text{ d}$ ， $A_0 = 8 \text{ mCi}$

$$\text{有效半衰期 } T_{\text{eff}} = \frac{1}{\frac{1}{T_R} + \frac{1}{T_B}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} = 2.4 \text{ d}$$

10 天後仍保留在體內之活度：

$$A = A_0 e^{-\left(\frac{0.693}{T_{\text{eff}}}\right) \times 10} = 8(\text{mCi}) \cdot e^{-\left(\frac{0.693}{2.4}\right) \times 10} = 8(\text{mCi}) \times 0.056 = 0.448(\text{mCi}) = 1.658 \times 10^7 \text{ Bq}$$

7.將 3 mCi 的 ^{198}Au (半衰期為 2.69 天)射源永遠植入病人體內，求其發射輻射(emitted radiation)為多少 $\text{Bq} \cdot \text{s}$ ？

參考答案：

$$\begin{aligned} \text{發射輻射 } N_0 &= \frac{A_0}{\lambda} = A_0 \times \tau = A_0 \times 1.443 \text{ T} \\ &= 3 \text{ mCi} \times 1.443 \times 2.69 \text{ d} \\ &= 3 \times 3.7 \times 10^7 \text{ Bq} \times 1.443 \times 2.69 \times 86400 \text{ s} \\ &= 3.72 \times 10^{13} \text{ Bq} \cdot \text{s} \end{aligned}$$