

# 行政院原子能委員會

## 九十四年度第二次輻射防護人員專業科目測驗解答

### 輻射防護員級：專業科目

1. 說明下列名詞的含義（每題 5%，共 20%）

- (1) 內轉換(internal conversion)
- (2) 制動輻射(Bremsstrahlung)
- (3) 有效半衰期(effective half-life)
- (4) 年攝入限度(annual limit on intake, ALI)

解：

(1)內轉換(internal conversion)

原子核通過發射軌道電子從激發態到較低能態的躍遷稱為內轉換。內轉換過程放出來的軌道電子稱為內轉換電子。

(2)制動輻射(Bremsstrahlung)

帶電粒子受核或其他帶電粒子的電場作用，改變其運動速率或運動方向時所產生的電磁輻射。

這種電磁輻射的能量是連續分布的。制動輻射與帶電粒子的運動速度有關，只有在粒子運動速率很高時才有明顯的效應。制動輻射的強度與帶電粒子的質量平方成反比，與阻止物質的原子序數的平方成正比。

(3)有效半衰期(effective half-life)

進入體內的放射性核種，由於生物排出和放射性衰變，在體內的放射性活度減少一半所需的時間稱之，以  $T_e$  表示之。

$$T_e = \frac{T_b \cdot T_p}{T_b + T_p}$$

式中， $T_b$  為生物半衰期， $T_p$  為物理半衰期。

(4)年攝入限度(annual limit on intake, ALI)

指參考人在一年內攝入某一放射性核種而導致 50 毫西弗之約定有效等效劑量或任一器官或組織 500 毫西弗之約定等效劑量，上述兩者之較小值。

2. 請說明細胞周期以及各時期與輻射敏感度之關係。(10%)

解：

細胞一般可分為 G1、S (蛋白質合成期) G2 及 M (分裂期) 等四期。細胞對輻射敏感度依其不同時期而異，敏感度最高的是 M 期，進入 G1 期敏感度急遽降低，自 G1 後期至 s 期敏感度再次升高，到 s 末期敏感度下降至最低，從 G2 到 M 期敏感度高。一定劑量照射下，敏感度高者存活率低，反之，對輻射敏感度低者，存活度則高。

3. 80 keV 的 X 光窄射束通過 5.5 公分厚的鋁板後，其輻射強度剩下為原來的 1/20。請問鋁對這種 X 光射束的半值層(HVL)為多少？(10%)

解：

$$\begin{aligned}\frac{I}{I_0} &= \frac{1}{20} = e^{-5.5\mu} \\ -\ln 20 &= -5.5\mu \\ \mu &= \frac{\ln 20}{5.5} = 0.544 \\ \frac{0.693}{0.544} &= 1.27 \\ \text{HVL} &= \underline{1.27 \text{ cm}}\end{aligned}$$

4.  $^{222}\text{Rn}$  的半衰期為 3.8 天， $1 \mu\text{Ci } ^{222}\text{Rn}$  的重量為多少克？又在 0 及一大氣壓下為多少毫升？(標準狀況下，1 莫耳的氣體為 22.4 升)(10%)

解：

$$\begin{aligned}\frac{dN}{dt} &= \lambda N \\ N &= \frac{dN}{dt} \frac{1}{\lambda} = \frac{dN}{dt} \frac{T}{0.693} \\ &= 3.7 \times 10^{10} \times 10^{-6} \times \frac{3.8 \times 24 \times 60 \times 60}{0.693} \\ N &= 1.753 \times 10^{10} \\ 22.4 \times 10^3 \times \frac{1.753 \times 10^{10}}{6.02 \times 10^{23}} &= 6.53 \times 10^{-10} \text{ [ml]} \\ 222 \times \frac{1.753 \times 10^{10}}{6.02 \times 10^{23}} &= 6.46 \times 10^{-12} \text{ [g]}\end{aligned}$$

5. 一 X 光管以 100kV 的電壓加速的電子撞擊靶核，請問其產生的 X 射線之最大能量為何？又最大頻率及最小波長各為多少？(蒲郎克常數  $h=6.625 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ,  $1\text{eV}=1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ) (10%)

解：

$$\begin{aligned}
 E &= eV && \text{X 光的大能量為 } \underline{100 \text{ keV}}. \\
 E &= h \nu, && 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}, \quad c = \\
 h &= 6.625 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \\
 100 \times 10^3 \text{ eV} &= 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times \\
 &= \underline{2.42 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}} \\
 &= c / \lambda = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} / 2.42 \times 10^{19} \text{ s}^{-1} = \underline{1.24 \times 10^{-11} \text{ m}}
 \end{aligned}$$

6. 以 1.00  $\mu\text{g}$  的天然鈷作成的薄片試樣，在熱中子束通量密度為  $1.00 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  中照射 1000 秒後，可獲得  $2.00 \times 10^9$  個  $^{60}\text{Co}$  原子，已知天然鈷中 100% 為  $^{59}\text{Co}$ ，若以熱中子進行中子捕獲反應  $^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}$ ，請問其反應截面積值為多少？請以 barn 表示之（ $^{59}\text{Co}$  之原子量 A 為 58.9，亞佛加厥數 N 為  $6.02 \times 10^{23}$ ）(10%)

解：

$$\begin{aligned}
 N_{\text{產物}} &= N_{\text{靶}} \sigma \phi t \\
 N_{\text{靶}} &= [(1.00 \times 10^{-6}) / 58.9] \times (6.02 \times 10^{23}) \\
 &= 1.02 \times 10^{16} \text{ atoms } ^{59}\text{Co} \\
 2.00 \times 10^9 &= (1.02 \times 10^{16}) \times (1.00 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}) \times 1000 \text{ s} \\
 &= (1.96 \times 10^{-23} \text{ cm}^2) (\text{barn} / 10^{-24}) = \underline{19.6 \text{ barn}}
 \end{aligned}$$

7. 鈾礦中  $^{231}\text{Pa}$  與  $^{235}\text{U}$  的原子數比為  $4.7 \times 10^{-5}$ ，請計算  $^{231}\text{Pa}$  的半衰期為何？（ $^{235}\text{U}$  的半衰期為  $7.0 \times 10^8$  年， $^{231}\text{Pa}$  與  $^{235}\text{U}$  呈長期平衡）(10%)

解：

$$\begin{aligned}
 \frac{N_2}{N_1} &= \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{(0.693/T_1)}{(0.693/T_2)} = \frac{T_2}{T_1} \\
 \frac{N_2}{N_1} &= \frac{T_2}{7 \times 10^8 \text{ y}} = 4.7 \times 10^{-5} \\
 T_2 &= 3.29 \times 10^4 \text{ 年}
 \end{aligned}$$

8. 用 I-131 治療罹患甲狀腺癌的病人，除了應注意病房與診療室牆壁之輻射防護屏蔽能力外，還要注意哪些輻防需求？(10%)

解：

當 I-131 進入人體內 24h，約有 76% 之 I-131 活度會隨病人之排泄物類糞便、尿液)、汗、唾液等排出體外，這些均含有揮發性 I-131，所以病房除了牆壁之輻射防護外，應設有抽氣設備、獨立的衛生系統、下水道系統，均不可與一般病房共用。若 I-131 治療室並不是位於獨棟之建築物內，而是位於醫療建築物之中，則需將其置於建築物空間的內側，以防止放射性污染的外洩。

9. 在標準狀況下，體積為  $1\text{cm}^3$  的空氣腔曝露在輻射場中產生  $3.336 \times 10^{-10}$  庫侖的電量，求空氣腔所吸收的劑量為多少 Gy？(空氣密度= $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ， $W/e=33.85$  焦耳/庫侖) (10%)

解：

$$(3.336 \times 10^{-10})(33.85) / (10^{-6})(1.293) = 8.733 \times 10^{-3} \text{ J/kg (Gy)}$$