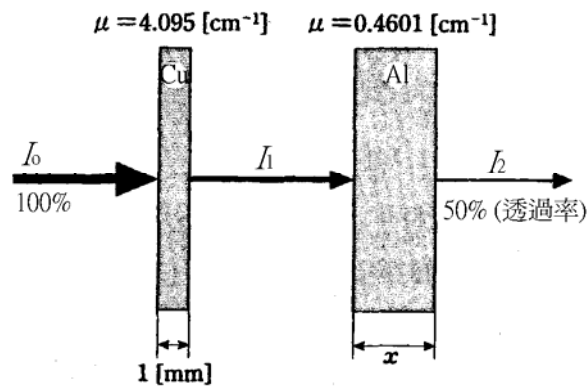


行政院原子能委員會
九十四年度第一次輻射防護人員專業科目測驗試題
輻射防護員級：專業科目

(每題 10 分，共 100 分)

1. 試述放射性體內污染途徑與其防護措施。(10%)
2. 購入 ^{59}Fe (半衰期：45 日) 含有不純物 ^{60}Co (半衰期：5.3 年)，其中 ^{60}Co 之放射性活度為全部活度之 0.1%，請問 2 年後 ^{59}Fe 與 ^{60}Co 之放射性活度比值為何？(10%)
3. 1g 的 ^{226}Ra 與其子核 ^{222}Rn 達到長期平衡時，請計算標準狀態下 ^{222}Rn 的體積為何？(^{226}Ra 的半衰期：1600 年； ^{222}Rn 的半衰期：3.8 日)(10%)
4. 如下圖 100 keV 的 X 射束通過 1mm 厚的銅板後，再通過一鋁板，透過率為 50%。銅對 100keV 的光子的衰減係數為 4.095cm^{-1} ，鋁對 100keV 的光子的衰減係數為 0.4601cm^{-1} ，請問此時所用的鋁板厚度為多少？(不考慮空氣中之衰減)(10%)



5. 試說明：(1) 為何 β 衰變時， β 之能量為連續能譜，而非單一能量？(2) 如 β 衰變之最大能量為 1 MeV，劃出 β 能譜圖，並計算 β 之平均能量約為多少 keV？(10%)

6. 某放射性同位素之物理半化期為 2 d，生物半化期 0.25d，若進入體內之初始活度為 5×10^6 Bq，試問滯留 4 天後仍有多少活度保留在體內？（10%）
7. 請問中子的屏蔽問題包括哪些重點，又以何種材質做為屏蔽材質效果最佳？（10%）
8. 某一輻射計測系統，度量 10 分鐘後，其百分標準差為 3%，試問另需再計測多少時間，其百分標準差可減少為 1%？（10%）
9. 設一名工作人員肺部受到肺內沉積的放射性核種的 α 輻射曝露的劑量 6 mGy，加上體外加馬射線全身均勻曝露的劑量 20 mGy，試問：（10%）
 - (1)肺的等效劑量多大？（肺的 $W_T=0.12$ ）
 - (2)全身的有效等效劑量多大？
10. 在一混合輻射場中，加馬劑量率為 $5 \mu\text{Gy/h}$ ，快中子劑量率為 $40 \mu\text{Gy/h}$ ，熱中子劑量率為 $50 \mu\text{Gy/h}$ 。如某一輻射工作人員最多能接受 4 mSv，試求最多可工作多久？（10%）（加馬、快中子、熱中子之輻射加權因數(W_R)分別為 1、20 及 5)

行政院原子能委員會
九十四年度第一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

(每題 10 分，共 100 分)

1. 試述放射性體內污染途徑與其防護措施。

解：

污染途徑	防護措施
經由呼吸道	使用呼吸防護面具 防止飛散與揮發（使用抽氣設備）
經口	禁止可能有放射性物質污染的區域內飲食、吸菸，並於工作後及飯前洗手。
經皮膚	使用橡膠手套 檢查有無傷口 減少露出部份（穿著防護衣） 增加距離（使用遙控操作器具）

2. 購入 ^{59}Fe （半衰期：45 日）含有不純物 ^{60}Co （半衰期：5.3 年），其中 ^{60}Co 之放射性活度為全部之 0.1%，請問 2 年後 ^{59}Fe 與 ^{60}Co 之放射性活度比值為何？

解： $A = A_0(1/2)^{t/T}$

$$\begin{aligned}
 {}^{59}\text{Fe} / {}^{60}\text{Co} &= [A_0(1/2)^{2 \times 365/45}] / [10^{-3}A_0(1/2)^{2/5.3}] \\
 &= 10^3 \times (1/2)^{16.22/0.38} = 10^3 \times (1/2)^{15.84} \quad 10^3 \times (1/2)^{16} \\
 &= 0.015
 \end{aligned}$$

3. 1g 的 ^{226}Ra 與其子核 ^{222}Rn 達到長期平衡時，請計算標準狀態下 ^{222}Rn 的體積為何？（ ^{226}Ra 的半衰期：1600 年； ^{222}Rn 的半衰期：3.8 日）

解： $N_{\text{Ra}}\lambda_{\text{Ra}} = N_{\text{Rn}}\lambda_{\text{Rn}}$

$$N_{\text{Ra}} = (1/226) \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$\lambda_{\text{Ra}} = 0.693 / (1.6 \times 10^3 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$N_{\text{Rn}} = x \text{ (mole)} \times 6.02 \times 10^{23}$$

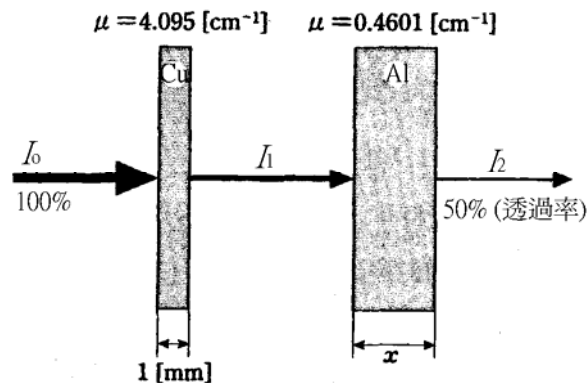
$$\lambda_{\text{Rn}} = 0.693 / (3.3 \times 10^5)$$

$$\rightarrow x = 2.89 \times 10^{-8} \text{ mole}$$

$$1 \text{ mole} = 22.4 \text{ l}$$

$$2.89 \times 10^{-8} \times 22.4 = 6.5 \times 10^{-7} \text{ [l]} = 6.5 \times 10^{-4} \text{ [ml]}$$

4. 如下圖 100 keV 的 X 射束通過 1mm 厚的銅板後，再通過一鋁板，透過率為 50%。銅對 100keV 的光子的衰減係數為 4.095 cm^{-1} ，鋁對 100keV 的光子的衰減係數為 0.4601 cm^{-1} ，請問此時所用的鋁板厚度為多少？



解：X 射線通過兩層屏蔽之方程式如下

$$I/I_0 = e^{-(\mu_1 x_1 + \mu_2 x_2)} = 0.5$$

$$\ln 0.5 = -(\mu_1 x_1 + \mu_2 x_2)$$

$$-0.693 = -(4.095 \times 0.1 + 0.4601 x_2)$$

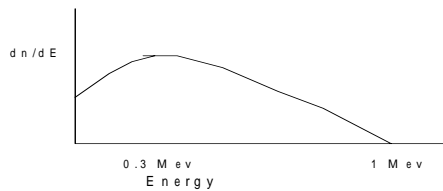
$$x_2 = (0.693 - 0.4095) / 0.4601 = 0.6165 \text{ [cm]}$$

5. 試說明：(1) 為何 β^- 衰變時， β^- 之能量為連續能譜，而非單一能量？(2) 如 β^- 衰變之最大能量為 1 MeV，劃出 β^- 能譜圖，並計算 β^- 之平均能量約為多少 keV？

解：

(1) β^- 衰變之衰變式為 ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1H + {}_{-1}^0e + \nu$ ，衰變前後質量差經質能互換轉變為粒子之動能，此動能由 β^- 與微中子(ν)分享。因此， β^- 之能量為連續分佈，而非單一能量。

(2) 貝他之平均能量約為最大能量之 30-40%，亦即約 300-400 keV



6. 某放射性同位素之物理半化期為 2 d，生物半化期 0.25d，若進入體內之初始活度為 5×10^6 Bq，試問滯留 4 天後仍有多少活度保留在體內？

解：據題意知： $T_R = 2$ d， $q_a(0) = 5 \times 10^6$ Bq

體液中活度滯留分數為： $\exp[-\lambda_{\text{eff}} \cdot t]$

故 $q_a(t) = q_a(0) \cdot \exp[-\lambda_{\text{eff}} \cdot t]$

$$\lambda_R = \frac{0.693}{T_R} = \frac{0.693}{2} = 0.35 \text{ d}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_R + \lambda_a = 0.35 + 2.77 = 3.12 \text{ d}^{-1}$$

代入上式得：

$$q_a(4) = q_a(0) \cdot \exp[-\lambda_{\text{eff}} \cdot 4]$$

$$= 5 \times 10^6 \exp[-3.12 \cdot 4]$$

$$= 19 \text{ Bq}$$

答：在 4 天末，體液中還有 19 Bq 的活度。

7. 請問中子的屏蔽問題包括哪些重點，又以何種材質做為屏蔽材質效果最佳？

解：中子的屏蔽問題包括了三點：(1)快中子緩速或減能，(2)捕獲減能後的中子，(3)衰減所可能引起的加馬輻射。捕獲快中子之前必須先將其緩速，而下列二種作用可使快中子緩速：

- (1) 中子與重元素（特別是鐵）起非彈性碰撞，中子能量大於 1MeV 者，作用尤其顯著。
- (2) 中子與輕原子核，例如氫，起彈性碰撞。

8. 某一輻射計測系統，度量 10 分鐘後，其百分標準差為 3%，試問另需再計測多少時間，其百分標準差可減少為 1%？。(10%)

解：

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.03, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.03, \quad N = 1111$$

$$\text{計數率} = 1111 / (10 \times 60 \text{s}) = 1.852 \text{ cps}$$

$$\text{如百分標準差減少為 1\%，則 } \frac{\sqrt{N}}{N} = 0.01, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.01, \quad N = 10000$$

$$\text{需時 } T = 10000 / 1.852 \text{ s}^{-1} = 5400 \text{ s}, \quad 5400 \text{ s} - 600 \text{ s} = 4800 \text{ s}$$

另需再計測 4800 秒或 80 分鐘或 1 小時又 20 分鐘

9. 設一名工作人員肺部受到肺內沉積的放射性核種的 α 輻射曝露的劑量 6 mGy，加上體外 γ 射線全身均勻曝露的劑量 20 mGy，試問：

(1) 肺的等效劑量多大？（肺的 $W_T=0.12$ ）

(2) 全身的有效等效劑量多大？

解：(1) 下面求肺的等效劑量：

$$H_T = DQ = 6 \times 20 + 20 \times 1 \\ = 140 \text{ mSv}$$

(2) 下面求相應的有效等效劑量：

$$H_E = \sum W_T \times H_T \\ H_E = 120 \times 0.12 + 20 \times 1 \\ = 34.4 \text{ mSv}$$

答：(1) 肺的等效劑量為 140 mSv。

(2) 全身的有效等效劑量為 34.4 mSv

10. 在一混合輻射場中，劑量率為 $5 \mu\text{Gy/h}$ ，快中子劑量率為 $40 \mu\text{Gy/h}$ ，熱中子劑量率為 $50 \mu\text{Gy/h}$ 。如某一輻射工作人員最多能接受 4 mSv，試求最多可工作多久？

（ α 、快中子、熱中子之輻射加權因數(W_R)分別為 1、20 及 5）

解：

$$\dot{H} = \sum_R W_R \dot{D}_R = 5 \times 10^{-6} \text{ Gy/h} \times 1 \text{ Sv/Gy} + 40 \times 10^{-6} \text{ Gy/h} \times 20 \text{ Sv/Gy} + \\ 50 \times 10^{-6} \text{ Gy/h} \times 5 \text{ Sv/Gy} = 1.055 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$$

$$\text{最多可工作時間} = 4 \times 10^{-3} \text{ Sv} / (1.055 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}) = 3.8 \text{ h} = 3 \text{ 小時 } 48 \text{ 分鐘}$$