

類 科：輻射安全

科 目：輻射安全

考試時間：2 小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、一般人的日常生活無可避免地都會接觸到輻射，而輻射依其來源可區分為天然輻射與人造輻射兩類，因食、衣、住、行等日常生活而接觸到的多種天然放射性核種，其輻射劑量率其實均非常微小，評估數據顯示臺灣地區每人每年所受到的天然輻射劑量約為 2 毫西弗。
- (一)天然輻射的最大來源為何？它是那些核種衰變過程中的產物？(6 分)
- (二)若欲測量日常生活中的環境輻射，必須先了解一般背景輻射，一般背景輻射範圍所定義的劑量率區間為何？(3 分)
- (三)執行環境輻射監測時，在何種條件下須「加強偵測調查」？另在何種條件下須「執行輻射緊急偵測」？(6 分)
- 二、某一能量為 1 百萬電子伏 (1 MeV) 且強度為  $10^9$  neutrons/cm<sup>2</sup>·s 的中子束正向撞擊一薄板碳-12 靶材，靶材面積為 2 cm<sup>2</sup>、厚度為 0.04 cm，中子束截面積為 0.4 cm<sup>2</sup>。對於能量 1 MeV 的中子，碳-12 的總截面 (total cross section) 為 2.6 邦 (barns)。根據前述的參數，並考慮碳-12 每立方公分原子數為  $0.08 \times 10^{24}$  個，回答下列問題：(每小題 5 分，共 10 分)
- (一)靶材中每秒發生相互作用的次數為何？
- (二)中子束中任一個中子與靶材發生碰撞的機率為何？
- 三、依據國際放射防護委員會出版的報告，不同能量中子導致人體接受每小時 0.01 毫西弗 (mSv) 有效劑量的中子通量率亦不相同，以能量大於 1 MeV 的快中子而言，其通量率為 7 neutrons/cm<sup>2</sup>·s；若為熱中子，則其通量率為 260 neutrons/cm<sup>2</sup>·s。今有空間中一特定位置與該空間內某中子射源保持一固定距離，並使此特定位置的快中子通量率為 300 neutrons/cm<sup>2</sup>·s、熱中子通量率為 4,000 neutrons/cm<sup>2</sup>·s。假設該空間內無任何加馬射線存在，回答下列問題：
- (一)依據游離輻射防護安全標準，接受職業曝露之輻射工作人員於單一年內在此特定位置所能停留的最長時間為何？(7 分)
- (二)同樣依據游離輻射防護安全標準，若為搶救生命之緊急曝露，輻射工作人員在此特定位置所能停留的最長時間為何？(4 分)
- (三)另依游離輻射防護安全標準，若為防止嚴重危害或減少大量集體有效劑量之緊急曝露，輻射工作人員在此特定位置所能停留的最長時間為何？(4 分)

四、輻射對於生物體所造成的影響程度可用相對生物效應（Relative Biological Effectiveness, RBE）加以區分及說明。

(一)何謂相對生物效應？（5分）

(二)輻射對生物體的直接效應（Direct Effect）與非直接效應（Indirect Effect）各為何？非直接效應對於生物體影響程度較大的原因為何？（15分）

(三)常見的輻射如阿伐（ $\alpha$ ）、中子、貝他（ $\beta$ ）及加馬（ $\gamma$ ）射線，其 RBE 各自不同的原因為何？（5分）

五、真空的空間中有一能量為 1 MeV 的單向加馬射線束，其強度（或稱通量率）為  $10^7 \gamma\text{-rays/cm}^2\cdot\text{s}$ ，假設此射線束正面撞擊一厚度為 5 公分之板狀鉛屏蔽的內表面。已知 1 MeV 加馬射線在鉛屏蔽中的質量衰減係數（Mass Attenuation Coefficient）為  $0.0684 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，鉛的密度為  $11.34 \text{ g/cm}^3$ 。此外，1 MeV 單向加馬射線在鉛屏蔽中的曝露增建因數（Exposure Buildup Factor）是  $\mu\alpha$  的函數，可表示為  $B_m(\mu\alpha)$ ，並與  $\mu\alpha$  有如下關係：（每小題 10 分，共 20 分）

$\mu\alpha$	2	4	7
$B_m(\mu\alpha)$	1.68	2.18	2.80

其中  $\mu$  為總衰減係數（Total Attenuation Factor）、 $\alpha$  為屏蔽厚度。

(一)鉛屏蔽外表面之加馬射線未撞擊通量率（Uncollided Flux）為何？

(二)鉛屏蔽外表面之增建通量率（Buildup Flux）為何？

六、位於新北市境內的核一廠與核二廠都面臨用過核燃料無法順利退出爐心的問題，主因是兩座電廠的用過燃料貯存池均已滿載，臺電公司為此還將核二廠兩部機組內的燃料裝載池改建為用過燃料暫時貯存池，讓核二廠免於發生提前停止運轉的窘況。解決此問題的具體有效作法為何？我國對於用過核燃料的現行管理策略為何？（15分）