

等 別：高考二級
類 科：核子工程
科 目：核工原理研究
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)請以黑色鋼筆或原子筆在申論試卷上作答。

(四)本科目得以本國文字或英文作答。

一、回答下列問題：（每小題 5 分，共 20 分）

- (一)微觀與巨觀反應截面（Microscopic and macroscopic cross sections）以及平均自由徑（Mean free path）？三者關係？
- (二)何謂核子束縛能（Nuclear binding energy）？
- (三)何謂放射性衰變（Radioactive decay）？簡述常見的衰變種類？
- (四)何謂核反應 Q 值（Q value）？

二、有一道中子射束（截面積 0.1 cm^2 ，強度為 $8 \times 10^7 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ ）打在一片 C-12 薄靶（面積 1.0 cm^2 ，厚度 0.05 cm ，密度 1.6 g/cm^3 ）上，假設該能量中子與 C-12 作用的微觀總截面為 2.6 barn ：（每小題 5 分，共 20 分）

- (一)試估計該能量中子與 C-12 作用的巨觀總截面（ cm^{-1} ）？
- (二)該射束與靶作用的碰撞密度（ $\text{collisions/cm}^3 \cdot \text{s}$ ）？
- (三)試估計每秒在靶中發生作用的數目？
- (四)平均每一個入射中子與靶發生作用的機率？

三、反應器的中子增殖因數（Multiplication factor）是臨界計算與安全分析的重點之一，增殖因數可分為無限大介質的增殖因數（ k_{∞} ）與有限大小反應器的有效增殖因數（ k_{eff} ）：

- (一)針對 k_{∞} 的估計有所謂的 four-factor formula： $k_{\infty} = \eta f p \epsilon$ ，請解釋其中每一項的物理意義。（10 分）
- (二)針對 k_{eff} 的估計則增加了中子洩漏的考量，而有所謂的 six-factor formula： $k_{eff} = \eta f p \epsilon P_{FNL} P_{TNL}$ ，請解釋新增二項的物理意義？以典型商用輕水式反應器為例，請嘗試猜測每一項參數的合理數值範圍？（10 分）

四、假設每次核分裂可用的能量為 200 MeV ，P 為反應器熱功率（MW），發電廠淨熱效率（ η_{th} ）為 33%：

- (一)核子反應器的燃耗率（Burnup Rate, BR）係指單位時間有多少鈾在反應器因核分裂過程消耗掉，試推導下列常見公式： $BR = 1.05 \times P \text{ g/day}$ 。（10 分）
- (二)試估計一個輸出電功率 1000 MW 以 U-235 為燃料的核子反應器的燃耗率。（10 分）

- 五、(一)請寫出穩態狀況下的中子連續性方程式 (Equation of continuity) 並解釋方程式中各項的物理意義。(10 分)
- (二)請寫出穩態狀況下的中子擴散方程式 (Diffusion equation) 並解釋方程式中各項的物理意義與其成立的假設條件。(10 分)