

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。

一、(一)請繪出 ^{235}U 的分裂作用截面 (fission cross section) 與中子能量的變化圖 (中子能量由 0.001 eV 至 10 MeV)。(5 分)

(二)如 η 定義為核燃料每吸收 1 個中子後所釋放的中子數目，請繪出 ^{235}U 的 η 值與中子能量的變化圖。(5 分)

(三)請由前 2 圖敘述 Thermal reactor 與 Fast reactor 在設計上的特性。(10 分)

二、求解六延遲中子群點中子動態方程式：

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - \beta}{\Lambda} n + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i$$

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{\beta_i}{\Lambda} n - \lambda_i C_i \quad i=1,6$$

可得到反應度與週期之關係為：

$$\rho = \frac{\Lambda}{T_p} + \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T_p}$$

其中

n = 中子數密度 (n/cm^3) ;

Λ = 瞬發中子產生時間 (sec) ;

β_i = 第 i 群延遲中子分率 ;

$$\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i ;$$

C_i = 第 i 群延遲中子母核數目密度 ($\text{nuclei}/\text{cm}^3$) ;

λ_i = 第 i 群延遲中子母核衰變常數 (sec^{-1}) ;

ρ = 反應度 ;

T_p = 反應器週期 (sec) 。

延遲中子母核衰變常數及延遲中子分率如下表：

i	1	2	3	4	5	6
$\lambda_i (\text{sec}^{-1})$	0.0124	0.0305	0.111	0.301	1.1	3.0
β_i	0.00021	0.00141	0.00127	0.00255	0.00074	0.00027

已知反應器穩態運轉於熱中子通量 $10^{14} n/(\text{cm}^2 - \text{sec})$ ，於 $t = 0$ 秒時發生汽機跳脫造成反應器急停，請利用上述反應度與週期之關係，估算中子通量由 $10^{14} n/(\text{cm}^2 - \text{sec})$ 降至 $10^3 n/(\text{cm}^2 - \text{sec})$ 所需時間。(15 分)

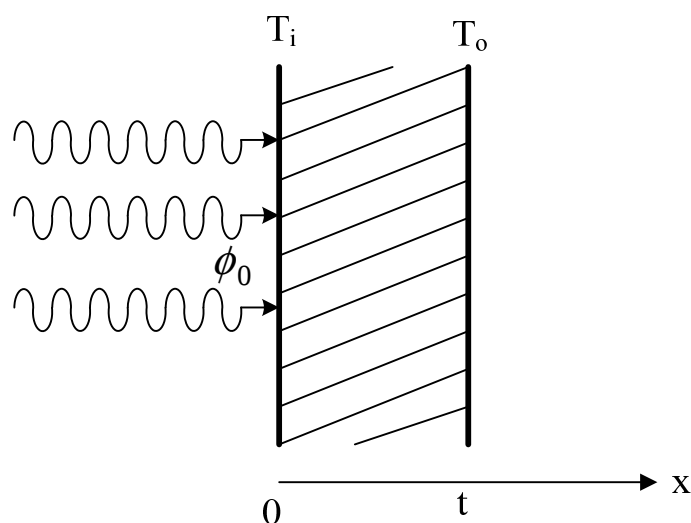
(請接背面)

等 別： 高考二級
類 科： 核子工程
科 目： 核工原理研究

- 三、(一)考慮含鈾燃料及緩和劑之異質及均質兩個反應器系統，請分別寫出熱利用因子 (thermal utilization factor) 之計算式，並定義各項參數。(10 分)
(二)請利用此二計算式解釋在同樣組成下 (即兩系統有相同鈾燃料原子數與相同緩和劑原子數)，異質反應器系統之熱利用因子較均質反應器小。(10 分)

- 四、壓水式反應器運轉於額定功率時，緩和劑溫度係數為負，請說明下列運轉條件改變對緩和劑溫度係數之影響。(每小題 5 分，共 15 分)
(一)反應器冷卻水運轉壓力提高。
(二)反應器冷卻水運轉溫度提高。
(三)反應器冷卻水硼酸濃度提高。

- 五、如下圖所示，以平板近似厚度為 $t(\text{cm})$ 之反應爐壓力槽壁，入射至壓力槽內壁加馬射線通量為 ϕ_0 ($\text{photons}/(\text{cm}^2 - \text{sec})$)，能量為 E (MeV)，對應此能量之槽壁線性衰減係數為 μ (cm^{-1})，能量吸收係數為 μ_e (cm^{-1})，能量吸收增建因子為 $B(\mu x) = 1 + \mu x$ ，已知槽壁材料之導熱率為 κ ($\text{w}/(\text{m} \cdot \text{k})$)，內壁溫度為 T_i ($^{\circ}\text{C}$)，外壁溫度為 T_o ($^{\circ}\text{C}$)，請寫出用於求解壓力槽壁 x 方向溫度分布之一維穩態熱導方程式，列出邊界條件並確認單位一致 (不必解出)。(15 分)



- 六、(一)請繪出沸騰曲線圖 (boiling curve)，並標示各區域的熱傳特性。(10 分)
(二)以沸騰曲線圖說明臨界熱通率 (critical heat flux) 對於核燃料安全的重要性。(5 分)