

# 經濟部所屬事業機構 100 年新進職員甄試試題

類別：核工

節次：第三節

科目：1. 核工原理 2. 熱水流學

注意 事項	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 本試題共 3 頁 (A3 紙 1 張)。</li><li>2. 可使用本甄試簡章規定之電子計算器。</li><li>3. 本試題分 10 大題，每題 10 分，共 100 分。須用藍、黑色鋼筆或原子筆在答案卷指定範圍內作答，計算題作答時須詳列解答過程，於本試題或其他紙張作答者不予計分。</li><li>4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。</li><li>5. 考試結束前離場者，試題須隨答案卷繳回，俟該節考試結束後，始得至原試場索取。</li><li>6. 考試時間：120 分鐘</li></ol>
----------	---

一、解釋下列名詞：（每小題各 2 分）

- (一) 中子截面 (Cross Section)                      (二) 薛倫可夫輻射 (Cerenkov Radiation)  
(三) 核燃料衰變熱 (Decay Heat)                      (四) 增殖因數 (Multiplication Factor)  
(五) 臨界功率 (Critical Power)

二、(一) 核反應器核反應度 (Reactivity) 的定義為何 (2 分)？其單位為何？(1 分)

(二) BWR 反應爐內：「壓力」、「冷卻劑空泡比率」、「冷卻劑溫度」、「燃料溫度」、「反應爐水流量」、「氙毒濃度」、「反應爐功率」等參數的增加或減少如何影響核反應度，並簡單說明理由？(7 分)

三、請寫出輕水式 BWR 核電廠之核燃料組件包括 (一) 燃料丸、(二) 燃料棒內填充氣體、(三) 燃料棒護套、(四) 上、下繫板 (Tie Plate) 之選用材料為何 (各 1 分)？簡述選用此種材料的原因為何？(各 1 分)；並簡述燃料棒護套材料應用於核電廠的缺點 (2 分)？

四、(一)(1) 何謂次臨界增殖 (Subcritical Multiplication)？(2 分)

(2) 若中子源為 100 cps，而  $K_{eff}=0.9$  試求計數率 (CR) 為多少？(3 分)

(二)(1) 請問活度 (Activity) 單位居里 (Ci) 與貝克 (Bq) 的數學關係？(1 分)

(2) 一  $\gamma$  射源於時間  $t=0$  時，其尚未衰變之核種總數目為  $N_0$ ，此射源之半衰期為  $T_{1/2}$ ，請用數學關係式表示：時間  $t=T_d$  後此射源之活度  $A_{Td}$ 。(2 分)

(三) 硼-10 ( $^{10}\text{B}$ ) 是應用在熱中子屏蔽上很常見的材料。請用數學關係式表示：一束入射熱中子束的強度減弱至 10% 所需的硼-10 厚度  $T_B$ 。(  $^{10}\text{B} \Sigma_t = X \text{ cm}^{-1}$ ) (2 分)

五、(一)(1)何謂中子平均自由行程 (Mean Free Path) ? (2分)

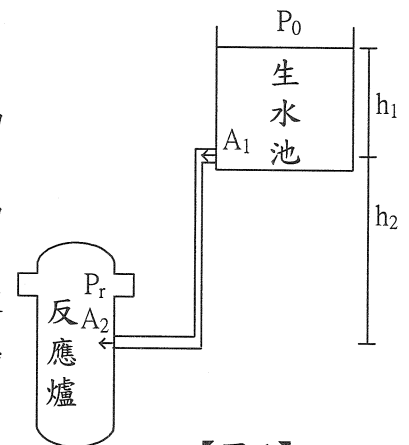
(2)請計算一個熱中子在水中被吸收前遭遇碰撞的次數。(H<sub>2</sub>O  $\Sigma_s = 3.45 \text{ cm}^{-1}$  ,  $\Sigma_a = 0.022 \text{ cm}^{-1}$ ) (2分)

(二)(1)一反應器中，其瞬發中子之壽命為  $2 \times 10^{-5} \text{ sec}$ ，遲延中子之壽命為  $12.7 \text{ sec}$ ，而延遲中子比率 (Delay Neutron Fraction) 為  $0.0064$ ，試計算中子平均壽命。(2分)

(2)請論述遲延中子 (Delay neutron) 在反應器控制上的重要性。(3分)

(3)U-235 與 Pu-239 延遲中子比率分別為  $0.0064$  與  $0.0043$ ，若分別以此兩種元素製成輕水式核電廠之核燃料，請就「延遲中子比率」之不同，簡述其反應器物理特性有何不同? (1分)

六、請參考右【圖 1】，於事故中，欲讓質量流為  $M_f$  之水流 (密度為  $\rho$ ) 注入反應爐，已知生水池之出口端管徑截面積為  $A_1$ ，反應爐之入口端管徑截面積為  $A_2$ ；生水池液面至出口管端之高度為  $h_1$ ，生水池出口端至反應爐入口端高度差為  $h_2$ ，大氣壓力為  $P_0$ ，重力加速度為  $g$ ，假設生水池經設計，其液面高度可以維持不變，且管內為理想不可壓縮之穩定流，請以上述參數，用數學關係式表示反應爐的壓力  $P_r$  應降至多少以下，才能讓  $M_f$  之水流順利注入爐心? (10分)



【圖 1】

七、(一)請繪出「理想再熱-再生再肯循環 (Rankine cycle)」溫-熵 (T-S) 圖，並簡述「溫-熵」改變的 6 個過程。(6分)

(二) BWR 核電廠「汽-力循環」為典型的「非理想再熱-再生再肯循環」，請列舉兩種提高熱效率的方法。(4分)

八、請參考右下【圖 2】，圖上的各段工作流體之壓力為  $P_x$ 、焓 (Enthalpy) 為  $h_x$ 、熵 (Entropy) 為  $s_x$ 、溫度為  $T_x$ ，(註： $x=1、2、3、4、5、6$ )；全系統工作流體質量流量均為  $W_{FW}$ 、汽機效率為  $\eta_T$ 、冷凝器效率為  $1$ 、泵效率為  $\eta_p$ ，請以上述參數，用數學關係式表示：(每小題各 2 分)

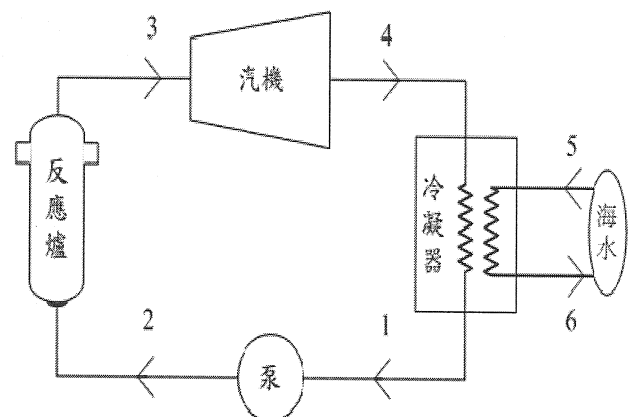
(一)反應爐產生的熱功率

(二)此汽機於理想狀況下作功的熱功率

(三)此泵於理想狀況下作功的熱功率

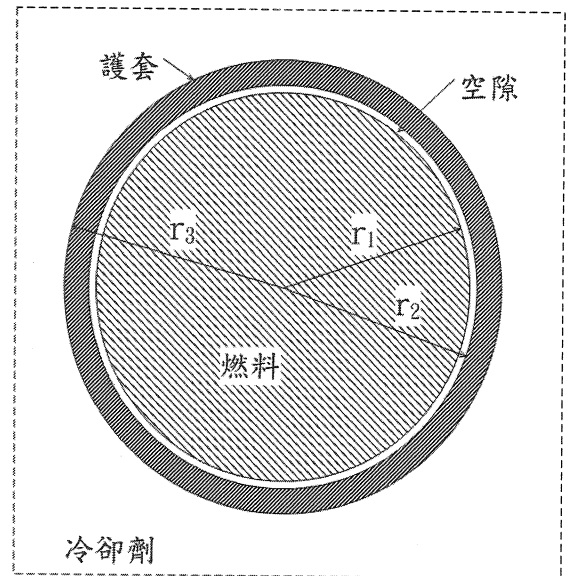
(四)所需的海水質量流量  $W_{SW}$

(五)此系統的整體熱效率



【圖 2】

九、核燃料棒橫截面如右【圖 3】，假設燃料棒單位長度之線性熱功率 (Linear Heat Generation Rate, LHGR) 為  $q'$ ；燃料丸直徑  $r_1$ ，燃料護套內徑  $r_2$ ，燃料護套外徑  $r_3$ ；冷卻劑大體溫度  $T_b$ ；燃料丸熱傳導係數為  $K_f$ 、護套熱傳導係數為  $K_c$ 、燃料內空隙熱傳係數為  $H_g$ 、護套/冷卻劑界面熱傳係數為  $H_c$ ；試以上述參數，用數學關係式表示：(每小題各 2 分)



【圖 3】

(一) 護套/冷卻劑界面熱阻  $R_h$

(二) 燃料護套熱阻  $R_c$

(三) 燃料內空隙熱阻  $R_G$

(四) 燃料丸熱阻  $R_f$

(五) 燃料丸中央溫度  $T_m$

十、假設右下【圖 4】為 BWR 核燃料束內，冷卻劑通道內之異常溫度分佈，請判斷第①、②、③、④區之熱傳，分別屬於沸騰曲線之那一種熱傳區？並簡述判斷的理由。(10 分)

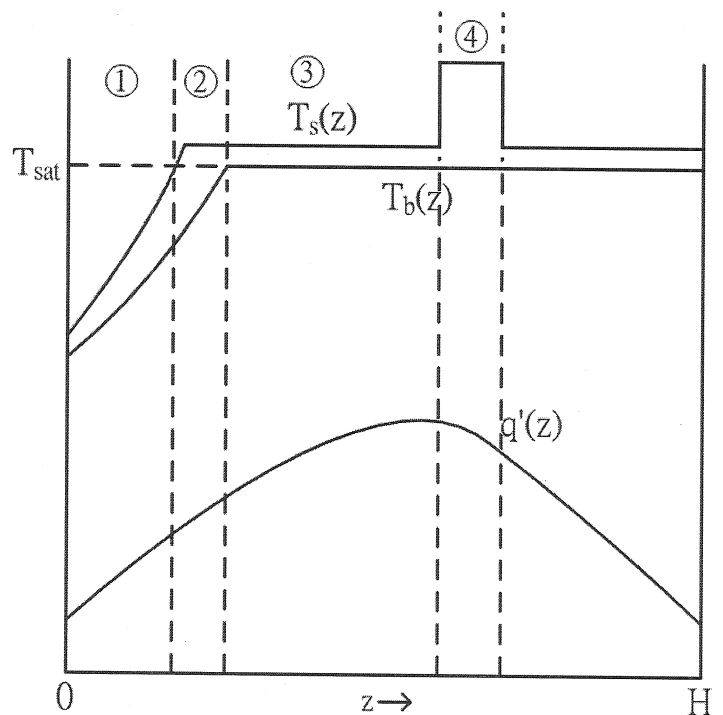
$T_s(z)$ ：核燃料棒護套表面溫度

$T_b(z)$ ：冷卻劑大體溫度

$q'(z)$ ：燃料棒單位長度線性功率

$T_{sat}$ ：冷卻劑飽和溫度

$Z$ ：距核燃料底端之軸向高度



【圖 4】