

# 經濟部所屬事業機構 102 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

1. 本試題共 2 頁(A4 紙 1 張)。
2. 可使用本甄試簡章規定之電子計算器。
3. 本試題分 6 大題，每題配分於題目後標明，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，不提供額外之答案卷，作答時須論述或詳列解答過程，於本試題或其他紙張作答者不予計分。
4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。
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。
6. 考試時間：120 分鐘。

一、解釋名詞：（每小題 2 分，共 10 分）

- (一)瞬發中子及延遲中子(Prompt neutron and Delayed neutron)
- (二)康卜吞效應(Compton effect)
- (三)快中子共振逃逸機率(Fast neutron resonance escape probability)
- (四)雙相流之 Slip Ratio(The slip ratio of two phase flow)
- (五)BWR 機組之停機餘裕(The shutdown margin of BWR Reactor)

二、有一核種其半衰期為  $T$ ，將其放進一熱中子反應器，會吸收熱中子而燃耗，其對熱中子之平均微觀吸收截面為  $\sigma_a$ ，核種放置處之熱中子通率(thermal flux)為  $\phi_T$ ，請推導其有效半衰期(effective half-life)，請以  $T$ 、 $\sigma_a$ 、 $\phi_T$  表示。（10 分）

(hint：有效半衰期為該核種放在反應器裡，數目變成一半的時間)

三、請回答下列問題：

(一)有一外裸之無限平板臨界反應器(infinite bare slab critical reactor)其厚度為  $a$ ，請推導其幾何曲度 (geometrical buckling)  $B_g^2$ ，請以  $a$  表示。（10 分）

(hint：反應器邊界之中子通率為 0)

(二)該反應器之中子擴散方程式為： $-D \frac{d^2\phi}{dx^2} + \sum_a \phi = K_\infty \sum_a \phi$ ，假設  $K_\infty > 1$ ，請推導其材料曲度(material buckling)  $B_m^2$ ，請以  $\sum_a$ 、 $D$  及  $K_\infty$  表示。（5 分）

( $\sum_a$ 、 $D$  及  $K_\infty$  分別代表該反應器內介質之吸收截面、擴散係數及無限增殖因數)

(三)當該反應器臨界時， $B_g^2$  與  $B_m^2$  之關係為何？（5 分）

(四)該反應器中子通率尖峯因數為何？(尖峯因數 =  $\frac{\text{最大值}}{\text{平均值}}$ ) (10分)

四、有一 BWR 反應爐之爐心高度為 12 呎，爐心水流由爐心底部往上流，吸收燃料分裂能，持續增加其熱焓，假設反應爐爐壓保持一定，當水流熱焓達到飽和水之熱焓( $h_f$ )時，其位置高度定義為沸騰邊界(Boiling Boundary)；爐心進口次冷度(inlet subcooling)定義為  $h_f - h_i$ ，其中  $h_i$  為爐心底部進口熱焓。現將爐心軸向高度分成長度相同的 12 個節點，從爐心底部到爐心頂部，其軸向功率分佈為：0.40、0.96、1.24、1.38、1.40、1.36、1.27、1.14、0.94、0.84、0.70、0.37，爐心熱功率為 3,000 MW，爐心水流為 74.8 Mℓb/hr，爐心進口次冷度為 24.43 Btu/ℓb，請計算其沸騰邊界(1 Btu=1.055 仟焦耳)。計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入。(10分)

五、有一 PWR 機組，其爐心高度為 12 呎(ft)，其最熱通道軸向功率分佈為：

$$q''' = q'''_{\max} \cos\left(\frac{\pi z}{144}\right), z \text{ 以吋(in)為單位，最小 DNBR(Departure from Nucleate Boiling Ratio)}$$

為 2.1，且發生在最熱通道距爐心底部 90 吋(in)處，該處其臨界熱通率(Critical heat flux)為  $1.08 \times 10^6$  Btu/hr-ft<sup>2</sup>，最熱通道因數為 2.78，全部熱通道熱傳面積為 48,000 ft<sup>2</sup>，請計算：

(一) maximum heat flux： $q''_{\max}$  (計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5分)

(二) average heat flux： $q''_{\text{ave}}$  (計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5分)

(三)反應爐運轉功率 (計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5分)

(hint： $q''' \geq 0$  for all  $z$ ； $q'''$  為 heat produced per unit volume in the fuel Btu/hr-ft<sup>3</sup>； $q''$  為 heat flux Btu/hr-ft<sup>2</sup>)

六、承第五題，請回答下列問題：

(一)最熱通道軸向功率分佈為  $q''' = q'''_{\max} \cos\left(\frac{\pi z}{144}\right)$ ，若爐心水流質量流率為  $W$  ℓb/hr，比熱

$C_p$  Btu/ℓb-°F 為定值，燃料截面積為  $A_f$  ft<sup>2</sup>，冷卻水流進口溫度為  $T_0$  °F，假設整個

爐心皆未達到飽和溫度，請推導爐心水流軸向溫度分佈，請以  $W$ 、 $C_p$ 、 $A_f$ 、 $T_0$ 、

$q'''_{\max}$  表示。(10分)

(二)熱是由燃料棒裡面傳至燃料護套，再傳至冷卻水，燃料護套傳熱至冷卻水流，其熱傳

係數為  $h$  Btu/hr-ft<sup>2</sup>-°F、熱阻為  $R_h \frac{\text{hr}-^\circ\text{F}}{\text{Btu}}$ 、燃料棒體積為  $V_f$  ft<sup>3</sup>，請推導最熱通道

燃料護套表面軸向溫度分佈，請以  $T_0$ 、 $W$ 、 $C_p$ 、 $V_f$ 、 $R_h$ 、 $q'''_{\max}$  表示。(5分)

(三)在最熱通道燃料護套表面，其軸向溫度最高的地方位於何處？請以  $W$ 、 $C_p$ 、 $R_h$  表示

。(10分)