

類 科：化學工程

科 目：輸送現象與單元操作

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。

一、一單效蒸發罐 (single-effect evaporator) 進行濃縮操作，擬將一進料流量為 6000 kg/h 之溶液從溶質組成 10 wt% (重量百分比) 濃縮至 25 wt% 之濃縮產物。進料溶液之溫度為 20°C，在蒸發罐內操作壓力為 15.3 kPa，而用於提供加熱之熱源為 101.32 kPa 下之飽和蒸汽。此蒸發罐內之總括熱傳係數為 2000 W/m<sup>2</sup>-K，假設溶液沸點上升可以忽略，進料溶液之比熱為 4.06 kJ/kg-K。請問此濃縮操作中：

(一)需要之飽和蒸汽流量為何？(15分)

(二)蒸發罐內之熱傳面積需要多少m<sup>2</sup>？(5分)

從蒸汽表得知：在 15.3 kPa 下，水之沸點為 54.3°C，飽和蒸汽潛熱 (latent heat) 為 2372.4 kJ/kg；在 101.32 kPa 下，水之沸點為 100°C，飽和蒸汽潛熱為 2257.1 kJ/kg。

二、有一離心幫浦 (centrifugal pump) 用於輸送某流體，輸送流量為 0.125 m<sup>3</sup>/s。在幫浦之吸入端，管內徑為 0.154 m，壓力讀數為低於大氣壓 22.5 kPa；在排出端之管徑為 0.128 m，且排出口高於吸入口有 3.50 m，出口壓力讀數為高於大氣壓 222.5 kPa。假設流體密度為 1000 kg/m<sup>3</sup>，黏度為 0.001 kg/m-s，管線摩擦損耗可忽略。請問幫浦輸出之功為多少kW？(20分)

三、有一半徑為  $r_i$  之金屬線，其外緣包覆一均勻厚度之絕緣塑膠層，此時半徑變為  $r_o$ ，即絕緣層之厚度為  $r_o - r_i$ 。金屬線會產生熱，而外界之冷空氣有散熱作用，在穩態 (steady state) 下，絕緣層內側表面 (與金屬接觸處) 之溫度為  $T_i$ ，絕緣層外側表面 (與冷空氣接觸處) 之溫度為  $T_o$ 。若此金屬線很長，熱量傳送僅發生於徑向 (radial direction)，且絕緣層之熱傳導係數 ( $k$ ) 為定值。

(一)請推導出絕緣層內之徑向溫度分布，以  $r_i$ ， $r_o$ ， $T_i$  及  $T_o$  表示。(10分)(二)若  $r_i = 1.0$  mm， $r_o = 2.0$  mm， $T_i = 350$  K， $T_o = 300$  K，絕緣層之熱傳導係數 ( $k$ ) 為 0.4 W/m-K。請計算每單位長度金屬線對外界之熱傳量為多少 W/m？(10分)

四、一雙成分混合溶液 100 kg mole，其組成為 60 mol% 之成分 A 和 40 mol% 之成分 B。將此混合溶液置於蒸餾器進行微分蒸餾 (differential distillation) 操作，當收集得到之蒸餾產物總量有 40 kg mole 時，請問此時：

(一)留在蒸餾器內物料之組成為何？(15分)

(二)蒸餾產物中成分 A 之 mol% 為何？(5分)

假設成分 A 與成分 B 之相對揮發度 (relative volatility) 為 2.0，且在本操作中保持不變。

(請接背面)

類 科：化學工程  
科 目：輸送現象與單元操作

五、有一逆流式多級接觸 (counter-current multiple-stage contact) 吸收塔進行以純水吸收空氣中丙酮 (A) 之操作。氣體進料流量為 30 kg mol/h，其中丙酮之含量為 1.0 mol%；純水進料流量為 90 kg mol/h。假設本操作在穩態 (steady state) 下，且丙酮在空氣-水系統之平衡溶解關係式為： $y_A = 2.5x_A$ ，其中 $y_A$ 及 $x_A$ 分別為丙酮在氣相及水相之莫耳分率。

- (一)若氣體進料中 90% 的丙酮被吸收至水相中，請計算在氣相出料及水相出料中丙酮之莫耳分率各為何？需要多少個理想級 (theoretical stage) 可達到此吸收操作？ (15 分)
- (二)此操作中若要達到吸收氣體進料中 90% 的丙酮之目標，請問純水最少需求流量為何？ (5 分)

附件：

單位轉換及數值：

$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$\text{重力加速度 (g)} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\ln 2 = 0.693; \ln 3 = 1.099$$