

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：_____

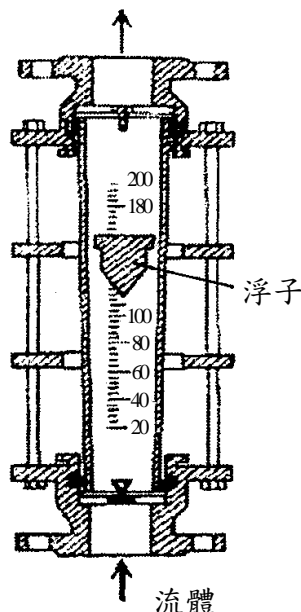
※注意：(一)可以使用電子計算器。

(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、回答下列問題：（每小題 6 分，共 30 分）

- (一)試說明流體流過粒子床之溝流（channeling）現象，且由粒子之受力分析說明最小流體化速度（minimum fluidization velocity）現象。
- (二)對於以重力沉降（gravitational settling）配合 Stokes 定律來量測粒子粒徑的方法，其運用上有何限制？
- (三)於蒸發操作中，蒸氣再壓縮蒸發（vapor recompression evaporation）之操作方式其能源效率常優於 10 個單元以上串聯之多效蒸發罐（multiple-effect evaporator），試說明其原因。
- (四)說明板式蒸餾塔（plate distillation tower）之倒瀉（weeping）及泛溢（flooding）等現象。
- (五)何謂濕球溫度（wet-bulb temperature）？如何藉由乾球及濕球溫度推求空氣之濕度？

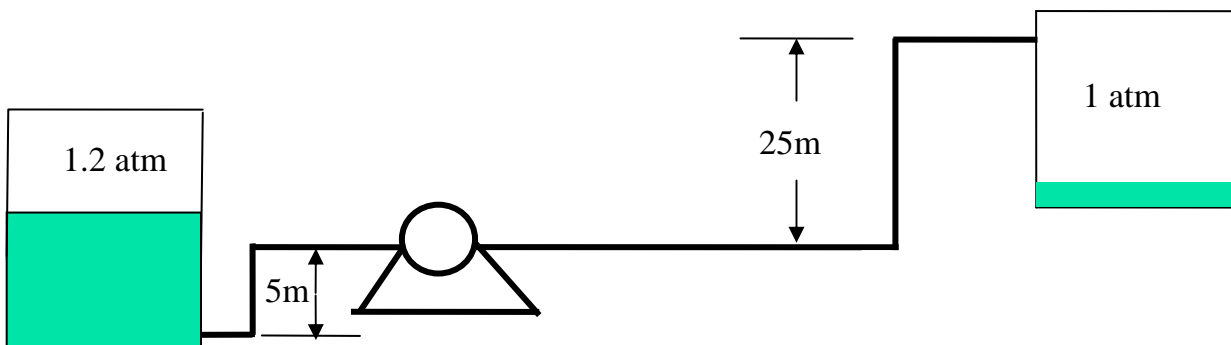
二、有一浮子流量計（rotameter），浮子材料之密度為 1500 kg/m^3 ，以水（密度= 1000 kg/m^3 、黏度= 1 cp ）通過時，其流量量測範圍為 $20 \sim 200 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，若改用材料密度為 2500 kg/m^3 之浮子，以水通過時，則其流量量測範圍為何？假設浮子之拖曳係數（drag coefficient）不隨其材質密度而改變。（10 分）



三、在下圖所示之液體輸送系統，槽壓 1.2 大氣壓之液體經直徑 0.05 m 之圓管泵送至 1.0 大氣壓、高 25 m 之槽體中。該液體密度為 900 kg/m^3 、黏度為 1.5 cp 而蒸氣壓為 20 kPa，進料槽至泵吸入口（suction）之管長為 15 m，而泵排出口至另一槽間的管長為 70 m，若液體輸送量設計為 $24 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，且除直管外其他管件（fittings）之摩擦損失可忽略。流體於管內若為層流流動（laminar flow），其摩擦係數與雷諾數的關係為 $f = 16/\text{Re}$ ；而紊流流動（turbulent flow）時，其摩擦係數與雷諾數的關係則為 $f = 0.05 \text{ Re}^{-1/5}$ 。

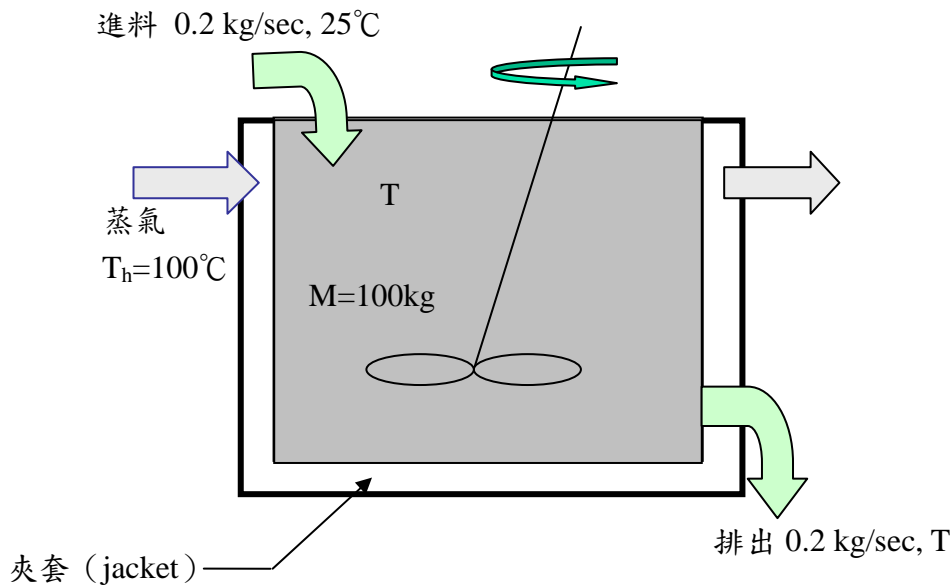
(一)若泵效率為 65%，試估算所需泵的馬力（hp）。（12 分）

(二)試估算該泵系統之有效 NPSH（available NPSH）。（8 分）

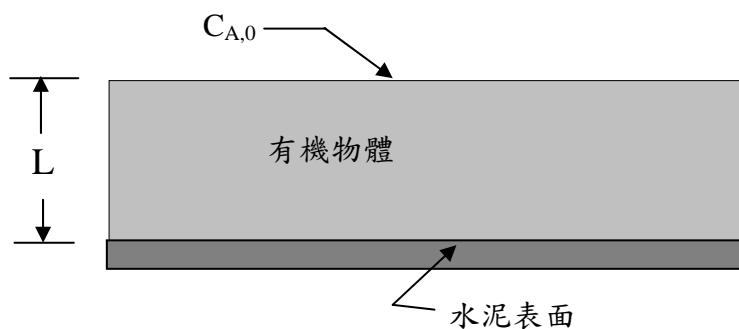


四、有一程序於攪拌槽中進行加熱操作，進料與排出液之速率皆為 0.2 kg/sec ，槽內之液體量維持 100 kg ，進料溫度維持於 25°C ，於初始時 ($t=0$) 槽內液體溫度亦為 25°C ，而夾套 (jacket) 中通入 100°C 蒸氣以進行液體加熱，該夾套與槽內流體間之熱交換面積為 0.8 m^2 ，而總括熱傳係數 (Overall heat transfer coefficient) 為 $500 \text{ J/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{sec}$ ，且攪拌槽進料與排出液之比熱 (heat capacity) 皆為 $4000 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 。假設夾套內溫度維持 100°C ，攪拌槽為完全混合，其與外界 (surroundings) 之熱傳可忽略，試估算：

- (一) 達穩定操作時，攪拌槽排出液之溫度。(10分)
- (二) 槽內液體達 95% 穩定溫度所需之加熱時間。(10分)



五、有一厚度為 L 之有機物體置放於水泥平板面，該物體表面與大氣接觸，其表面處之氧氣濃度為 $C_{A,0}$ (mole/m^3)，氧氣於該物體內擴散（有效擴散係數為 D_{AB} ）並與有機物進行一級（first order）反應，氧氣消耗速率可表示為： $r_A(\text{mole}/\text{m}^3 \cdot \text{sec}) = -kC_A$ 。假設一維（one-dimensional）的擴散且水泥平板為氧氣不透過層，試推演穩定條件（steady-state conditions）下，氧氣傳送入此有機物體表面的通量[molar flux ($\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$)]。（20分）



附件

單位及轉換表 (Unit and Conversion factors)

長度：1 mm = 10^{-1} cm = 10^{-3} m

黏度：1 cp = 1×10^{-3} kg/m·sec

壓力：1 atm = 1.01325×10^5 N/m² = 101.3 kPa

重力加速度：g = 9.8 m/sec²

馬力：1 hp = 745.7 J/sec