

等 別：三等考試
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、一球型碳顆粒置於靜止的空氣中，其表面進行如下的反應： $C + O_2 \rightarrow CO_2$

(一)假設氧氣之質傳係數為 k ，證明此時之 Sherwood number

$$Sh = kD/cD = 2$$

其中 D 為顆粒之直徑， c 為氣體之莫耳濃度， D 為氧氣之擴散係數。(8分)

(二)此一反應為擴散控制，意即氧氣擴散至表面之速率為限制速率步驟。求證此時之氧氣至表面之質量通量為： $J = -2 c D x_e / D$ ，其中 x_e 為氧氣在整體 (bulk) 氣體之莫耳分率，負號表示質傳方向是朝顆粒中心進行。(9分)

(三)假設 ρ_{solid} 為碳顆粒之密度，請寫出碳顆粒直徑隨時間減少之方程式：(8分)

$$dD/dt = f(c, D, x_e, D, \rho_{solid})$$

二、一氣體含 2% 之 A 成分流經一填充床吸收塔，該塔以水將 99% 的 A 吸收。此塔在常壓常溫下操作，氣體及液體之莫耳通量 (molar flux) 分別為 1.5 mol/s-m^2 及 9 mol/s-m^2 。質傳及平衡關係之常數如下：

平衡： $y = 2.7 x$ (y 為 A 之氣相分率， x 為 A 之液相分率)

液膜質傳 $k_x a = 2.5 \text{ mol/s-m}^3 \text{ unit mol fraction}$

氣膜質傳 $k_y a = 0.9 \text{ mol/s-m}^3 \text{ unit mol fraction}$

(一)求 N_{Oy} , H_{Oy} and Z_T 。(8分)

其中 N ：Overall number of transfer unit

H ：Overall height of transfer unit

Z_T ：填充區總高度

(假設系統之液相及氣相莫耳流率 L, V 為定值)

(二)求氣膜之質傳阻力占總質傳阻力之百分比。(8分)

(三)求本案例之最小液體通量 (minimum liquid molar flux) (請以 mol/s-m^2 為單位顯示結果)。(4分)

三、一蛋白質 (濃度 1.0 mg/mL) 水溶液以一吸附管柱進行純化。其突破曲線以下表之數據表示：

x-axis 時間(hr)	0	4	5	6	7
y-axis 濃度(mg/mL)	0	0	0.5	1.0	1.0

突破濃度訂為 0.05 mg/mL ，

(一)請問到達突破點時，管柱之使用效率為何？(10分)

(二)如果我們換用同樣型式，但有兩倍長的管柱做前述之純化工作，此一管柱到達突破點時，其使用效率為何？(5分)

(請接第二頁)

等 別：三等考試
類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作

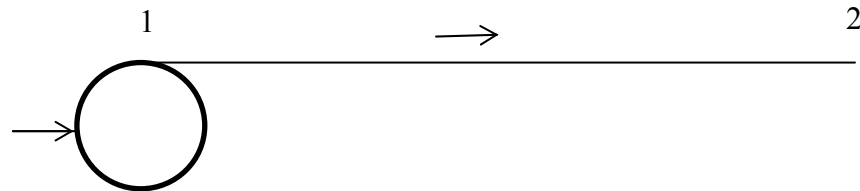
- 四、在一 1/2 in. schedule 40 之管線，其管內側熱傳係數 h_i 為 $1800 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ ，管外側熱傳係數 h_o 為 $2500 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ ，金屬管之導熱係數為 $57 \text{ W/m}\text{-}^\circ\text{C}$ 。（每小題 10 分，共 20 分）
- (一)求總包熱傳係數（Overall heat transfer coefficient） U_o 及 U_i 。
- (二)管外為 120°C 之飽和蒸汽，管內之進出口處之水溫各為 30°C 及 90°C 。求每一公尺長之管線之熱傳速率（以 W 為單位表示）。

Dimensions of Standard Steel Pipe

Nominal Pipe Size (in.)	Outside Diameter		Schedule Number	Wall Thickness		Inside Diameter		Inside Cross- Sectional Area	
	in.	mm		in.	mm	in.	mm	ft ²	m ² × 10 ⁴
1/8	0.405	10.29	40	0.068	1.73	0.269	6.83	0.00040	0.3664
			80	0.095	2.41	0.215	5.46	0.00025	0.2341
1/4	0.540	13.72	40	0.088	2.24	0.364	9.25	0.00072	0.6720
			80	0.119	3.02	0.302	7.67	0.00050	0.4620
3/8	0.675	17.15	40	0.091	2.31	0.493	12.52	0.00133	1.231
			80	0.126	3.20	0.423	10.74	0.00098	0.9059
1/2	0.840	21.34	40	0.109	2.77	0.622	15.80	0.00211	1.961
			80	0.147	3.73	0.546	13.87	0.00163	1.511
3/4	1.050	26.67	40	0.113	2.87	0.824	20.93	0.00371	3.441
			80	0.154	3.91	0.742	18.85	0.00300	2.791
1	1.315	33.40	40	0.133	3.38	1.049	26.64	0.00600	5.574
			80	0.179	4.45	0.957	24.31	0.00499	4.641
1 1/4	1.660	42.16	40	0.140	3.56	1.380	35.05	0.01040	9.648
			80	0.191	4.85	1.278	32.46	0.00891	8.275
1 1/2	1.900	48.26	40	0.145	3.68	1.610	40.89	0.01414	13.13
			80	0.200	5.08	1.500	38.10	0.01225	11.40
2	2.375	60.33	40	0.154	3.91	2.067	52.50	0.02330	21.65
			80	0.218	5.54	1.939	49.25	0.02050	19.05
2 1/2	2.875	73.03	40	0.203	5.16	2.469	62.71	0.03322	30.89
			80	0.276	7.01	2.323	59.00	0.02942	27.30
3	3.500	88.90	40	0.216	5.49	3.068	77.92	0.05130	47.69
			80	0.300	7.62	2.900	73.66	0.04587	42.61
3 1/2	4.000	101.6	40	0.226	5.74	3.548	90.12	0.06870	63.79
			80	0.318	8.08	3.364	85.45	0.06170	57.35

等 別：三等考試
類 科：化學工程
科 目：輸送現象與單元操作

五、一幫浦輸送 32°C 的水，其管線為水平之直圓管，內徑為 1.22 cm ，全長為 40 m 。幫浦出口處（下圖之 point 1）為 $2.2 \times 10^5\text{ N/m}^2$ ，管末端之壓力為 $1.1 \times 10^5\text{ N/m}^2$ 。求水之體積流量 (m^3/s) 及重量流量 (kg/s)。（相關之常數如附表）（20分）



Density of Liquid Water

Temperature		Density		Temperature		Density	
K	$^{\circ}\text{C}$	g/cm^3	kg/m^3	K	$^{\circ}\text{C}$	g/cm^3	kg/m^3
273.15	0	0.99987	999.87	323.15	50	0.98807	988.07
277.15	4	1.00000	1000.00	333.15	60	0.98324	983.24
283.15	10	0.99973	999.73	343.15	70	0.97781	977.81
293.15	20	0.99823	998.23	353.15	80	0.97183	971.83
298.15	25	0.99708	997.08	363.15	90	0.96534	965.34
303.15	30	0.99568	995.68	373.15	100	0.95838	958.38
313.15	40	0.99225	992.25				

Viscosity of Liquid Water

Temperature		Viscosity [[Pa·s]10 ³ , (kg/m·s) 10 ³ , or cp]	Temperature		Viscosity, [[Pa·s]10 ³ , (kg/m·s) 10 ³ , or cp]
K	$^{\circ}\text{C}$		K	$^{\circ}\text{C}$	
273.15	0	1.7921	323.15	50	0.5494
275.15	2	1.6728	325.15	52	0.5315
277.15	4	1.5674	327.15	54	0.5146
279.15	6	1.4728	329.15	56	0.4985
281.15	8	1.3860	331.15	58	0.4832
283.15	10	1.3077	333.15	60	0.4688
285.15	12	1.2363	335.15	62	0.4550
287.15	14	1.1709	337.15	64	0.4418
289.15	16	1.1111	339.15	66	0.4293
291.15	18	1.0559	341.15	68	0.4174
293.15	20	1.0050	343.15	70	0.4061
293.35	20.2	1.0000	345.15	72	0.3952
295.15	22	0.9579	347.15	74	0.3849
297.15	24	0.9142	349.15	76	0.3750
298.15	25	0.8937	351.15	78	0.3655
299.15	26	0.8737	353.15	80	0.3565
301.15	28	0.8360	355.15	82	0.3478
303.15	30	0.8007	357.15	84	0.3395
305.15	32	0.7679	359.15	86	0.3315
307.15	34	0.7371	361.15	88	0.3239
309.15	36	0.7085	363.15	90	0.3165
311.15	38	0.6814	365.15	92	0.3095
313.15	40	0.6560	367.15	94	0.3027
315.15	42	0.6321	369.15	96	0.2962
317.15	44	0.6097	371.15	98	0.2899
319.15	46	0.5883	373.15	100	0.2838
321.15	48	0.5683			

(請接第四頁)

等 別：三等考試
 類 科：化學工程
 科 目：輸送現象與單元操作

