

國立臺灣科技大學
八十七學年度碩士班招生考試試題

所別：化學工程技術研究所
學程別：

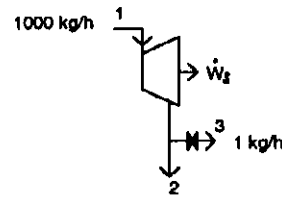
組別：

科目：化工熱力學與動力學

Part I. 化工熱力學

1. 將一股流率為1000 kg/h的蒸汽(溫度：400°C，壓力：50 bar)，導入一保溫良好的渦輪機，此高壓蒸汽在渦輪機中膨脹作功，渦輪機出口的蒸汽壓力為4 bar，又渦輪機出口的蒸汽主管上接有一側管，小量的蒸汽(流量為1 kg/h)由此側管流經一間行Joule-Thomson膨脹後壓力降至1 bar，且溫度降為109.7°C。請參考蒸汽表的資料，估算該蒸汽動力系統在穩定操作下：

- (a) 渦輪機的輸出功率(kJ/h) (7%)
- (b) 渦輪機出口的蒸汽品質(quality) (8%)
- (c) 整個系統之熵的產生速率(rate of entropy generation, \dot{S}_{gen}) (10%)



蒸汽表：

SATURATED STEAM: PRESSURE TABLE

Press. MPa P	Temp. °C T	Specific Volume		Internal Energy			Enthalpy			Entropy		
		Sat. Liquid v_f	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Evap. Δu	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. Δh	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Evap. Δs	Sat. Vapor s_g
0.325	136.30	0.001 076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001 079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001 081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001 084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001 088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001 093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001 097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	655.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001 101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600

v [m³/kg] u, h [kJ/kg = kJ/kg] s [kJ/kg K]

SUPERHEATED VAPOR

T°C	P = 0.10 MPa (99.63)				P = 0.40 MPa (143.63)				P = 5.0 MPa (263.99)					
	v	u	h	s	T°C	v	u	h	s	T°C	v	u	h	s
Sat.	1.6940	2506.1	2675.5	7.3594	Sat.	0.4625	2553.6	2738.6	6.8959	Sat.	0.039 44	2597.1	2794.3	5.9734
100	—	—	—	—	150	0.4708	2564.5	2752.8	6.9299	275	0.041 41	2631.3	2838.3	6.0544
150	1.6958	2506.7	2676.2	7.3614	200	0.5342	2646.8	2860.5	7.1706	300	0.045 32	2698.0	2924.5	6.2084
200	1.9364	2582.8	2776.4	7.6134	250	0.5951	2726.1	2964.2	7.3789	350	0.051 94	2808.7	3068.4	6.4493
250	2.172	2658.1	2875.3	7.8343	300	0.6548	2804.8	3066.8	7.5662	400	0.057 81	2906.6	3195.7	6.6459
300	2.406	2733.7	2974.3	8.0333	400	0.7726	2964.4	3273.4	7.8985	450	0.063 30	2999.7	3316.2	6.8186
300	2.639	2810.4	3074.3	8.2158	500	0.8893	3129.2	3484.9	8.1913	500	0.068 57	3091.0	3433.8	6.9759

2. 有一等莫耳比的雙成份氣體混合物，在其熱力性質可用雙項的維里方程式(two-term virial equation)估算，該方程式定義如下：

$$Z_m = 1 + \frac{B_m}{V}$$

式中的 Z_m 為混合物的壓縮因子(compressibility factor)， B_m 為混合物的第二維里係數， V 為莫耳體積。已知在25°C下，成份1的維里係數(cm³/mol)為 $B_{11} = -100$ ，成份2的維里係數為 $B_{22} = -600$ ，而交錯維里係數(cross-coefficient)則為 $B_{12} = -300$ 。今將該混合物灌入一容積為10 l的鋼瓶中，灌裝後鋼瓶內的壓力為10 bar，溫度仍為25°C，試估算灌裝於鋼瓶中的氣體莫耳數。

參考數據：氣體常數 $R = 83.1439 \text{ bar}\cdot\text{cm}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 。(10%)

國立臺灣科技大學
八十七學年度碩士班招生考試試題

所 別： 化學工程技術研究所

組 別：

科目：化工熱力學與動力學

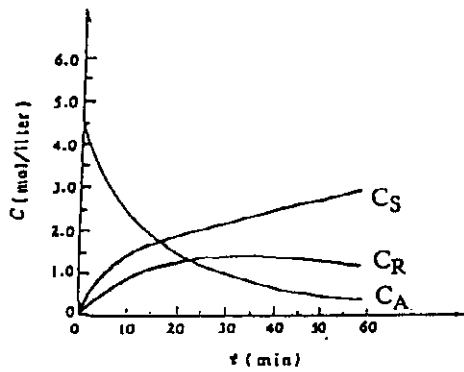
3. 有一密閉容器內含氮氣(成份1)與正辛烷(成份2)，溫度為 50°C ，壓力為2 bar。已知正辛烷在此溫度下的飽和蒸汽壓為0.01 bar，氮氣溶解於液相之正辛烷中的行為遵從亨利定律(Henry's law)，其亨利常數為1000 bar。請估算在汽-液相平衡下，

- (a) 氮氣在飽和液相中的溶解度。(7%)
(b) 正辛烷在飽和汽相中的莫耳分率。(8%)

注意事項：請列出式子的導衍過程，所做的必要假設也請予以說明。

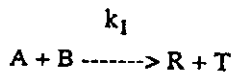
Part II. 化工動力學

4. 有一化學反應在批式反應器(batch reactor)中進行。我們測到了三個成份(components) A、R和S的濃度 C_A 、 C_R 和 C_S 與反應時間 t 的關係，如下圖所示。

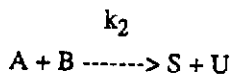


- (i) 請寫出可能的化學反應方程式。
(ii) 請問A、R和S的初始濃度各為多少？
(iii) 這個反應系統的半衰期是多少分鐘(min)？
(iv) 如果R是我們希望的產品，你最好在什麼時候停止反應？(12%)

5. 有均相平行反應(homogeneous reactions in parallel)如下：



$$\frac{dC_R}{dt} = \frac{dC_T}{dt} = k_{10} \exp(-15,000/RT) C_A C_B^{0.5}$$



$$\frac{dC_S}{dt} = \frac{dC_U}{dt} = k_{20} \exp(-40,000/RT) C_A^{0.5} C_B^{1.5}$$

國立臺灣科技大學
八十七學年度碩士班招生考試試題

所 別： 化學工程技術研究所
學程別：

組別：

科目：化工熱力學與動力學

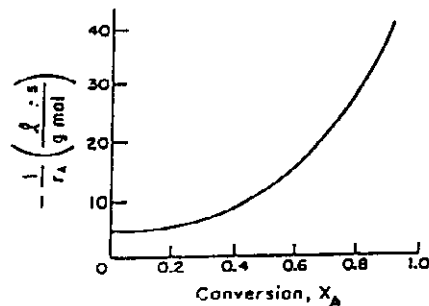
如果R是希望的產品，S是不希望的產品。請問你應該用那些手段使R生產速率最快，S生產速率最慢(把所有手段都列出)。(9%)

6. 非恆溫操作(non-isothermal operation)的連續攪拌槽(CSTR)之能量均衡方程式如下：

$$UA_h(T_s - T) = F_{A0}C_p(T - T_0) - \Delta H_r F_{A0}X_A$$

請寫出(i)等式左邊項(ii)等式右邊第一項及(iii)等式右邊第二項所代表的物理意義，即由什麼因素所造成的能量變化。(9%)

7. 有一化學反應，反應速率倒數 $1/(-r_A)$ 與轉化率 X_A 的關係如下圖所示。



假設這個反應是在連續攪拌槽(CSTR)中進行，CSTR單位時間進料莫耳數 $F_{A0} = 20 \text{ gmol/s}$ ，入口處轉化率 $X_{A0} = 0$ ，如果出口轉化率 $X_A = 0.8$ 時，反應器的體積要多大？你可參考下面的公式：

$$t = C_{A0} \int_{X_{A0}}^{X_A} \frac{dX_A}{(-r_A)}$$

$$\frac{V}{F_{A0}} = \frac{X_A - X_{A0}}{(-r_A)}$$

$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_{X_{A0}}^{X_A} \frac{dX_A}{(-r_A)} \quad (20\%)$$