

화공열역학

2013년 시행 5급(기술) 공채 제2차시험

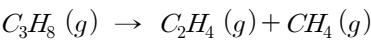
응시번호 :                      성명 :

제 1 문. 21℃에서 황산(1)/물(2) 혼합물의 혼합에 의한 엔탈피는 아래의 식으로 주어진다.

$$\Delta H_{mix} = -74.40x_1x_2(1 - 0.561x_1) \text{ [kJ/mol]}$$

21℃의 황산과 물 혼합물에서 각 성분의 부분몰 엔탈피 관계식을 유도하시오.  
 (단, 21℃에서 순수한 황산과 물의 엔탈피는 각각 1.596 kJ/mol, 1.591 kJ/mol이다)  
 (20점)

제 2 문. 다음은 프로판을 열분해시켜 에틸렌과 메탄가스를 제조하는 기상반응이다.



이 반응에 포함되어 있는 성분들의 표준 깃스 생성에너지 (Standard Gibbs energy of formation,  $\Delta G_f^\circ$ )에 대한 데이터는 다음과 같다.

성 분	$\Delta G_f^\circ$ [J/mol]	
	T = 1,000 K	T = 1,500 K
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	- 15,000	- 8,500
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	45,000	33,000
CH <sub>4</sub>	- 25,500	- 18,500

이 반응이 평형에 도달되었다고 가정한다. 다음 물음에 답하시오. (총 20점)

- 1) 프로판을 더 많이 열분해시키기 위해서는 1 bar와 10 bar 중 어느 압력에서 수행하는 것이 더 좋은지와 그 이유를 기술하시오. (4점)
- 2) 프로판을 더 많이 열분해시키기 위해서는 1,000 K와 1,500 K 중 어느 온도에서 수행하는 것이 더 좋은지와 그 이유를 기술하시오. (4점)
- 3) 위 2)에서 선택된 온도의 조건에서 반응이 진행될 때, 이 반응에 대한 평형 상수를 계산하시오. (6점)
- 4) 2몰의 프로판이 반응기로 도입될 때, 위 1)과 2)에서 선택된 압력과 온도 조건, 그리고 위 3)에서 구한 평형상수 값을 사용하여 평형생성물의 몰분율을 구하시오. (6점)

제 3 문. 10몰의 기체가 300 K의 일정온도에서 가역적으로 팽창하고 있다. 이때 초기압력 (P<sub>1</sub>)은 110 bar이고 최종압력(P<sub>2</sub>)은 10 bar이다. 이 조건에서 기체는 아래와 같은 virial 상태방정식을 따른다고 한다. 다음 물음에 답하시오. (총 20점)

$$Z = 1 + \left(\frac{B}{RT}\right)P, \quad B = 20 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

- 1) 이 공정에 대한 압력(P) – 부피(V) 선도를 그리고, 초기 및 최종 조건을 선도 상에 나타내시오. 또한 압력과 부피가 무한히 증가할 때의 점근선을 함께 표시하시오. (10점)
- 2) 이 공정에서의 엔탈피 변화( $\Delta H$ )는 몇 J이 되겠는가? (10점)

제 4 문. 증기터빈이 수증기 질량유속 25 kg/s로 단열 운전된다. 수증기의 공급조건은 900 kPa, 375 ℃이며 배출시 압력과 온도는 20 kPa, 75 ℃이다. 다음 표를 보고 물음에 답하시오. (총 20점)

- 1) 터빈의 동력생산량은? (5점)
- 2) 등엔트로피 공정과 비교했을 때, 이 터빈의 효율은? (15점)

<표 : 과열 수증기 물성. SI 단위>

				TEMPERATURE : t/°C (TEMPERATURE : T/K)						
P/kPa (t <sup>sat</sup> /°C)	sat. liq.	sat. vap.	75 (348.15)	100 (373.15)	125 (398.15)	150 (423.15)	175 (448.15)	200 (473.15)	225 (498.15)	250 (523.15)
1 (6.98)	V	1.000	129200.	160640.	172180.	183720.	195270.	206810.	218350.	229890.
	U	29.334	2385.2	2480.8	2516.4	2552.3	2588.5	2624.9	2661.7	2698.8
	H	29.335	2514.4	2641.5	2688.6	2736.0	2783.7	2831.7	2880.1	2928.7
	S	0.1060	8.9767	9.3828	9.5136	9.6365	9.7527	9.8629	9.9679	10.0681
10 (45.83)	V	1.010	14670.	16030.	17190.	18350.	19510.	20660.	21820.	22980.
	U	191.822	2438.0	2479.7	2515.6	2551.6	2588.0	2624.5	2661.4	2698.6
	H	191.832	2584.8	2640.0	2687.5	2735.2	2783.1	2831.2	2879.6	2928.4
	S	0.6493	8.1511	8.3168	8.4486	8.5722	8.6888	8.7994	8.9045	9.0049
20 (60.09)	V	1.017	7649.8	8000.0	8584.7	9167.1	9748.0	10320.	10900.	11480.
	U	251.432	2456.9	2478.4	2514.6	2550.9	2587.4	2624.1	2661.0	2698.3
	H	251.453	2609.9	2638.4	2686.3	2734.2	2782.3	2830.6	2879.2	2928.0
	S	0.8321	7.9094	7.9933	8.1261	8.2504	8.3676	8.4785	8.5839	8.6844
30 (69.12)	V	1.022	5229.3	5322.0	5714.4	6104.6	6493.2	6880.8	7267.5	7653.8
	U	289.271	2488.6	2477.1	2513.6	2550.2	2586.8	2623.6	2660.7	2698.0
	H	289.302	2625.4	2636.8	2685.1	2733.3	2781.6	2830.0	2878.7	2927.6
	S	0.9441	7.7695	7.8024	7.9363	8.0614	8.1791	8.2903	8.3960	8.4967
				TEMPERATURE : t/°C (TEMPERATURE : T/K)						
P/kPa (t <sup>sat</sup> /°C)	sat. liq.	sat. vap.	350 (623.15)	375 (648.15)	400 (673.15)	450 (723.15)	500 (773.15)	550 (833.15)	600 (873.15)	650 (923.15)
850 (172.94)	V	1.118	226.81	333.20	347.29	361.31	389.20	416.93	444.56	472.09
	U	731.080	2577.1	2878.2	2918.8	2959.6	3041.9	3125.5	3210.7	3297.4
	H	732.031	2769.9	3161.4	3214.0	3266.7	3372.7	3479.9	3588.5	3698.6
	S	2.0705	6.6388	7.3815	7.4643	7.5411	7.6960	7.8393	7.9754	8.1053
875 (174.16)	V	1.120	220.60	323.53	337.24	350.87	377.98	404.94	431.79	458.55
	U	736.415	2578.0	2877.9	2918.5	2959.3	3041.7	3125.3	3210.5	3297.2
	H	737.394	2771.0	3161.0	3213.6	3266.3	3372.4	3479.7	3588.3	3698.4
	S	2.0825	6.6289	7.3676	7.4504	7.5303	7.6823	7.8257	7.9618	8.0917
900 (175.36)	V	1.121	214.81	314.40	327.74	341.01	367.39	393.61	419.73	445.76
	U	741.635	2578.8	2877.5	2918.2	2959.0	3041.4	3125.1	3210.3	3297.1
	H	742.644	2772.1	3160.5	3213.2	3266.0	3372.1	3479.4	3588.1	3698.2
	S	2.0941	6.6192	7.3540	7.4370	7.5169	7.6689	7.8124	7.9486	8.0785
925 (176.53)	V	1.123	209.28	305.76	318.75	331.68	357.36	382.90	408.32	433.66
	U	746.746	2579.6	2877.2	2917.9	2958.8	3041.2	3124.9	3210.1	3296.9
	H	747.784	2773.2	3160.0	3212.7	3265.6	3371.8	3479.1	3587.8	3698.0
	S	2.1055	6.6097	7.3408	7.4238	7.5038	7.6560	7.7995	7.9357	8.0657

(V = specific volume, cm<sup>3</sup>/g; U = specific internal energy, kJ/kg; H = specific enthalpy, kJ/kg; S = specific entropy, kJ/kg K)

제 5 문. 예열 수조는 공정조건을 조절하기 위하여 사전에 온도를 조절하는 시설인데 이와 유사한 개념의 시설들이 실제 많이 사용되고 있다. 목욕탕 수조의 온도를 조절하기 위하여 뜨거운 물과 찬물의 양을 조절한다. 이 수조에 뜨거운 물이 T<sub>1</sub>, m<sub>1</sub>, 찬물이 T<sub>2</sub>, m<sub>2</sub>로 들어가고 유출수가 T<sub>3</sub>, m<sub>3</sub>로 나간다고 가정한다. 다음 물음에 답하시오. (단, T는 온도, m은 분당 유량을 나타낸다) (총 20점)

- 이 수조에서 정상상태에서 물질수지, 에너지수지 그리고 엔트로피 수지식을 수립하시오. 유입물량이 m<sub>1</sub>/m<sub>2</sub> = R인 경우 이 수조의 열손실을 고려하지 않을 때, R에 따른 유출수의 온도를 그림과 식으로 나타내시오. (단, 위치에너지 및 운동에너지는 무시한다) (15점)
- 혼합에 대하여 과잉 엔탈피가 존재할 때, m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>를 혼합하는 경우에 대하여 에너지 수지식을 작성하시오. (단, 기준온도 T<sup>o</sup>에서의 물분율에 따른 과잉 엔탈피는 ΔH<sub>ex</sub> = A<sub>12</sub>x<sub>1</sub>x<sub>2</sub>이다) (5점)

## 안전행정부 시험출제과장