

เลขที่นั่งสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
การสอบปลายภาคการศึกษาที่ 1/2552

CHE 141 Thermodynamics I

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีปี 2 (ภาคปกติ)

สอบวันพฤหัสบดีที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2552

เวลา 9.00-12.00 น.

คำเตือน

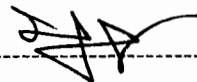
- 1) ข้อสอบมี 4 ข้อ 12 หน้า (50 คะแนน) ให้ทำลงในข้อสอบ  
หากไม่พอทำในด้านหลัง
- 2) ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ
- 3) อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบเพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา




(ดร.บุณยพัต สุภานิช)

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อ	คะแนน (50)
1	
2	
3	
4	
รวม	

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากภาควิชาวิศวกรรมเคมีแล้ว



(รศ.ดร.อนวัช สังข์เพชร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

- 1) นักประดิษฐ์คนหนึ่งอ้างว่า Heat engine ที่เขาสร้างขึ้นทำงานในช่วงอุณหภูมิ  $540^{\circ}\text{C}$  และ  $50^{\circ}\text{C}$  โดยรับความร้อนจาก Heat source ในอัตรา 300 MW และได้กำลังงานสุทธิเท่ากับ 120 MW  
จงหา

- ก) Heat Engine เครื่องนี้มีโอกาสที่จะทำงานได้จริงตามที่อ้างหรือไม่ หากมีความเป็นไปได้ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency) ของ Heat engine นี้มีค่าเป็นเท่าไร  
ข) กำลังงานที่ได้จาก Heat Engine เครื่องนี้มีค่ามากหรือน้อยกว่ากำลังงานที่ได้จากวัฏจักร Carnot ที่ทำงานในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน และรับความร้อนจาก heat source ในอัตราที่เท่ากัน เป็นเท่าใด

(5 คะแนน)

สำหรับทำข้อ 1)

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว .....

- 2) ในวัฏจักร Rankine วงรอบหนึ่ง น้ำถูกปั๊มแบบ Isentropic จากสถานะ Sat. liquid ที่ความดัน 0.15 MPa ไปยังความดัน 3.5 MPa แล้วจึงป้อนเข้าสู่ Boiler เพื่อต้มน้ำที่ความดันคงที่ จนได้น้ำ superheated ที่ความดัน 3.5 MPa อุณหภูมิ 320 °C ไอน้ำที่ได้นี้ไปหมุน turbine ซึ่งมีค่า turbine efficiency เท่ากับ 85% โดยมีสถานะที่ทางออกของ turbine เป็น 0.15 MPa ของไหลที่ออกจาก turbine นี้จะถูกควบแน่นใน condenser ที่ความดันคงที่ เพื่อให้กลายเป็น Sat. liquid และนำกลับไปใช้ในวงรอบต่อไป หากน้ำที่ไหลในวัฏจักรนี้ มีค่าเป็น 2,500 kg/hr จงหาว่า

ก) อุณหภูมิที่ทางออกของ turbine มีค่าเป็นเท่าไร

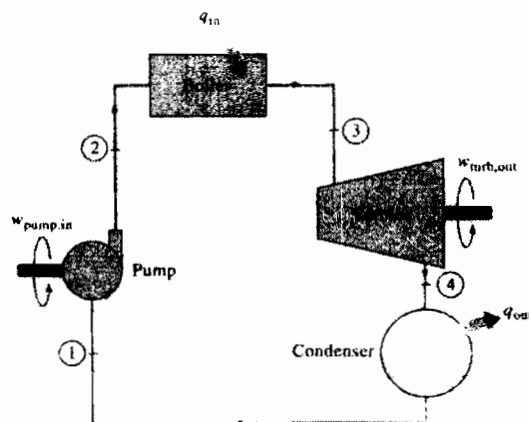
ข) พลังงานกลสุทธิที่ได้จากระบบนี้ (Net Work) มีค่าเป็นเท่าไรในหน่วย kW

ค) อัตราการให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำใน boiler นี้ มีค่าเป็นเท่าไรในหน่วย MW

ง) ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรนี้ (Cycle efficiency) มีค่าเป็นเท่าไร

$$(1 \text{ kJ/m}^3 = 1 \text{ kPa})$$

(15 คะแนน)



Property	State 1	State 2	State 3	State 4
P (MPa)	0.15	3.5	3.5	0.15
T (°C)			320	
Phase Condition	Sat. liquid			
h (kJ/kg)				
s (kJ/kg.K)				

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว .....

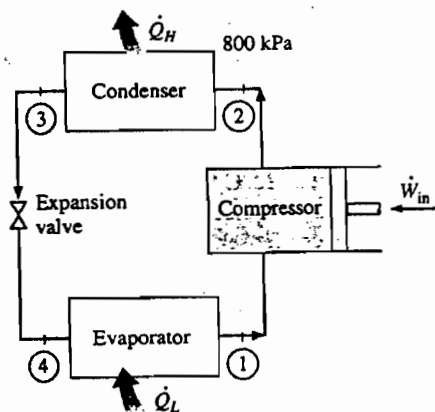
ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

สำหรับทำข้อ 2)

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

- 3) ในระบบ Heat pump เครื่องหนึ่งที่ใช้ทำให้บ้านอุ่น ใช้สารทำความเย็นแบบ R-134a สารทำความเย็นนี้ไหลเข้าสู่ compressor ด้วยอัตราการไหล 64.8 kg/hr ที่ความดัน 0.1 MPa และมีสภาพเป็น Superheated ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิไออิ่มตัว  $4^{\circ}\text{C}$  และออกจาก compressor ที่ความดัน 0.8 MPa อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  โดยการอัดนี้เป็นแบบ Adiabatic หลังจากนั้นจึงถ่ายเทความร้อนทิ้งสู่บรรยากาศผ่าน condenser และได้ของเหลวอิ่มตัวออกมา กำหนดให้การถ่ายเทความร้อนใน condenser และใน evaporator เป็นแบบ Isobaric จงหา
- การอัดใน compressor เป็นแบบใด มีอัตราการใช้กำลังงานเท่าไร (kW) และมีค่า compressor efficiency เป็นเท่าใด
  - สถานะของสารทำความเย็นที่ตำแหน่งต่างๆ ในตารางที่กำหนดให้ (Subcooled liquid, Sat. liquid, Mixed phase, Sat. vapor or Superheated vapor)
  - % vapor quality ที่ทางออกของ Joule-Thomson วาล์วมีค่าเป็นเท่าไร
  - ค่า COP ของ Heat pump นี้มีค่าเท่าไร

(15 คะแนน)



Property	State 1	State 2	State 3	State 4
P (MPa)	0.1	0.8	0.8	0.1
T ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Phase Condition				
h (kJ/kg)				
s (kJ/kg.K)				

ชื่อ-นามสกุล .....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ  
รหัสประจำตัว.....

ตารางคุณสมบัติ R-134a

Saturated refrigerant-134a—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., $T_{sat}$ °C	Specific volume, $m^3/kg$		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, $v_f$	Sat. vapor, $v_g$	Sat. liquid, $u_f$	Evap., $u_{fg}$	Sat. vapor, $u_g$	Sat. liquid, $h_f$	Evap., $h_{fg}$	Sat. vapor, $h_g$	Sat. liquid, $s_f$	Evap., $s_{fg}$	Sat. vapor, $s_g$
60	-36.95	0.0007098	0.31121	3.798	205.32	209.12	3.841	223.95	227.79	0.01634	0.94807	0.96441
70	-33.87	0.0007144	0.26929	7.680	203.20	210.88	7.730	222.00	229.73	0.03267	0.92775	0.96042
80	-31.13	0.0007185	0.23753	11.15	201.30	212.46	11.21	220.25	231.46	0.04711	0.90999	0.95710
90	-28.65	0.0007223	0.21263	14.31	199.57	213.88	14.37	218.65	233.02	0.06008	0.89419	0.95427
100	-26.37	0.0007259	0.19254	17.21	197.98	215.19	17.28	217.16	234.44	0.07188	0.87995	0.95183
700	26.69	0.0008331	0.029361	88.24	156.24	244.48	88.82	176.21	265.03	0.33230	0.58763	0.91994
750	29.06	0.0008395	0.027371	91.59	154.08	245.67	92.22	173.98	266.20	0.34345	0.57567	0.91912
800	31.31	0.0008458	0.025621	94.79	152.00	246.79	95.47	171.82	267.29	0.35404	0.56431	0.91835
850	33.45	0.0008520	0.024069	97.87	149.98	247.85	98.60	169.71	268.31	0.36413	0.55349	0.91762

Superheated refrigerant-134a

$T$ °C	$v$ $m^3/kg$	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ $m^3/kg$	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ $m^3/kg$	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K
$P = 0.06 \text{ MPa } (T_{sat} = -36.95^\circ\text{C})$				$P = 0.10 \text{ MPa } (T_{sat} = -26.37^\circ\text{C})$				$P = 0.14 \text{ MPa } (T_{sat} = -18.77^\circ\text{C})$				
Sat.	0.31121	209.12	227.79	0.9644	0.19254	215.19	234.44	0.9518	0.14014	219.54	239.16	0.9446
-20	0.33608	220.60	240.76	1.0174	0.19841	219.66	239.50	0.9721				
-10	0.35048	227.55	248.58	1.0477	0.20743	226.75	247.49	1.0030	0.14605	225.91	246.36	0.9724
0	0.36476	234.66	256.64	1.0774	0.21630	233.95	255.58	1.0332	0.15263	233.23	254.60	1.0031
10	0.37893	241.92	264.66	1.1066	0.22506	241.30	263.81	1.0628	0.15908	240.66	262.93	1.0331
20	0.39302	249.35	272.94	1.1353	0.23373	248.79	272.17	1.0918	0.16544	248.22	271.38	1.0624
30	0.40705	256.95	281.37	1.1636	0.24233	256.44	280.68	1.1203	0.17172	255.93	279.97	1.0912
40	0.42102	264.71	289.97	1.1915	0.25088	264.25	289.34	1.1484	0.17794	263.79	288.70	1.1195
50	0.43495	272.64	298.74	1.2191	0.25937	272.22	298.16	1.1762	0.18412	271.79	297.57	1.1474
60	0.44883	280.73	307.66	1.2463	0.26783	280.35	307.13	1.2035	0.19025	279.96	306.59	1.1749
70	0.46269	288.99	316.75	1.2732	0.27626	288.64	316.26	1.2305	0.19635	288.28	315.77	1.2020
80	0.47651	297.41	326.00	1.2997	0.28465	297.08	325.55	1.2572	0.20242	296.75	325.09	1.2288
90	0.49032	306.00	335.42	1.3260	0.29303	305.69	334.99	1.2836	0.20847	305.38	334.57	1.2553
100	0.50410	314.74	344.99	1.3520	0.30138	314.46	344.60	1.3096	0.21449	314.17	344.20	1.2814
$P = 0.80 \text{ MPa } (T_{sat} = 31.31^\circ\text{C})$				$P = 0.90 \text{ MPa } (T_{sat} = 35.51^\circ\text{C})$				$P = 1.00 \text{ MPa } (T_{sat} = 39.37^\circ\text{C})$				
Sat.	0.025621	246.79	267.29	0.9183	0.022683	248.85	269.26	0.9169	0.020313	250.68	270.99	0.9156
40	0.027035	254.82	276.45	0.9480	0.023375	253.13	274.17	0.9327	0.020406	251.30	271.71	0.9179
50	0.028547	263.86	286.69	0.9802	0.024809	262.44	284.77	0.9660	0.021796	260.94	282.74	0.9525
60	0.029973	272.83	296.81	1.0110	0.026146	271.60	295.13	0.9976	0.023068	270.32	293.38	0.9850
70	0.031340	281.81	306.88	1.0408	0.027413	280.72	305.39	1.0280	0.024261	279.59	303.85	1.0160
80	0.032659	290.84	316.97	1.0698	0.028630	289.86	315.63	1.0574	0.025398	288.86	314.25	1.0458
90	0.033941	299.95	327.10	1.0981	0.029806	299.06	325.89	1.0860	0.026492	298.15	324.64	1.0748
100	0.035193	309.15	337.30	1.1258	0.030951	308.34	336.19	1.1140	0.027552	307.51	335.06	1.1031
110	0.036420	318.45	347.59	1.1530	0.032068	317.70	346.56	1.1414	0.028584	316.94	345.53	1.1308
120	0.037625	327.87	357.97	1.1798	0.033164	327.18	357.02	1.1684	0.029592	326.47	356.06	1.1580
130	0.038813	337.40	368.45	1.2061	0.034241	336.76	367.58	1.1949	0.030581	336.11	366.69	1.1846
140	0.039985	347.06	379.05	1.2321	0.035302	346.46	378.23	1.2210	0.031554	345.85	377.40	1.2109
150	0.041143	356.85	389.76	1.2577	0.036349	356.28	389.00	1.2467	0.032512	355.71	388.22	1.2368
160	0.042290	366.76	400.59	1.2830	0.037384	366.23	399.88	1.2721	0.033457	365.70	399.15	1.2623
170	0.043427	376.81	411.55	1.3080	0.038408	376.31	410.88	1.2972	0.034392	375.81	410.20	1.2875
180	0.044554	386.99	422.64	1.3327	0.039423	386.52	422.00	1.3221	0.035317	386.04	421.36	1.3124

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

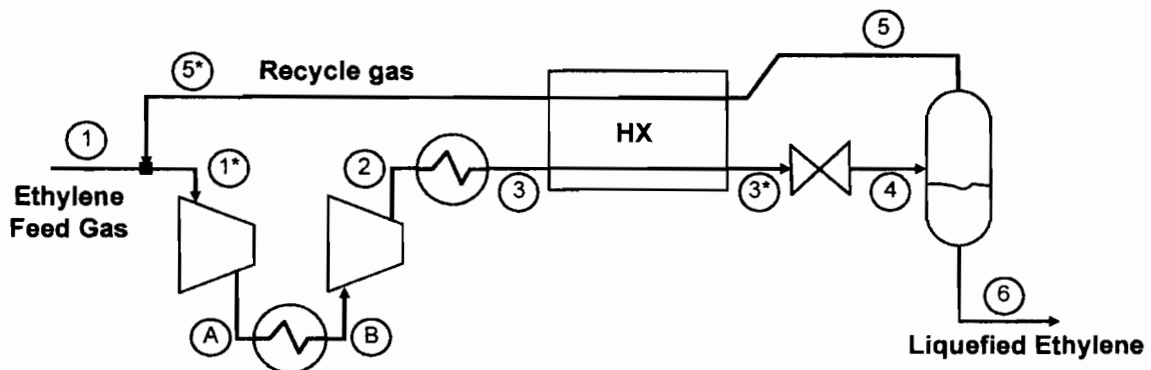
สำหรับทำข้อ 3)



ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

- 4) ในการอัดก๊าซ Ethylene ( $C_2H_4$ ) บริษัทให้เป็นของเหลวโดยใช้กระบวนการแบบ Linde ดังรูปข้างล่างที่กำหนดให้ ก๊าซ Ethylene ที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการอยู่ที่ความดัน 1 bar อุณหภูมิ  $20^\circ C$  หลังจากนั้นก๊าซที่ป้อนเข้ามาผสมกับก๊าซที่ได้จากการ recycle แล้วจะได้ก๊าซผสมที่ความดัน 1 bar อุณหภูมิประมาณ  $-15^\circ C$  จากนั้นก๊าซผสมนี้จึงไหลเข้าสู่ compressor แบบ 2 ขั้นตอน โดยที่ขั้นตอนแรกอัดก๊าซแบบ Isentropic ไปที่ความดัน 15 bar แล้วจึงลดอุณหภูมิแบบ Isobaric ลงมาที่อุณหภูมิ  $30^\circ C$  จากนั้นจึงอัดในขั้นตอนที่สองแบบ Isentropic จนมีความดันเป็น 80 bar แล้วจึงลดอุณหภูมิใน Final cooler แบบ Isobaric จนมีค่าเท่ากับ  $30^\circ C$  จากนั้นจึงแลกเปลี่ยนความร้อนกับสาย Recycle Gas ที่ออกจากถัง flash drum โดยถังใบนี้ทำงานแบบ adiabatic จากค่าที่กำหนดให้เพียงบางส่วนดังแสดงในตาราง จงหา
- สัดส่วนของก๊าซที่ออกจากถัง flash drum
  - เติมค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ลงในตารางให้ครบ และวาดเส้นทางการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการขั้นตอนต่างๆ ของทั้งระบบบนกราฟ P-h Diagram ที่กำหนดให้
  - พลังงานที่ใช้ใน compressor ทั้งหมดต่อ kg ของ Liquefied Ethylene ที่ผลิตได้
  - อัตราการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน HX ในหน่วย (kW) เมื่ออัตราการป้อนก๊าซเข้าสู่กระบวนการ (สาย Ethylene Feed Gas) มีค่าเป็น 1.5 kg/sec

(15 คะแนน)



ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

State	P (MPa)	T (°C)	h (kJ/kg)
1	0.1	20	1045
5*	0.1		
1*	0.1	-15	993
A	1.5		
B	1.5	30	
2	8		
3	8	30	
3*	8		
4	0.1	Mixed Phase	
5	0.1	Sat.Vap.	881
6	0.1	Sat. Liq.	395

ชื่อ-นามสกุล ..... รหัสประจำตัว.....

# Ethylene

