PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Midterm Exam : Semester II		Academic Year	: 2013
Date	: Jan 10, 2014	Time	: 13:30-16:30
Subject	: Unit Operations I (230-323)	Room	: R200

Name.....Student ID.....

หมายเหตุ

1. ข้อสอบมีทั้งหมด **5** ข้อ ในกระดาษคำถาม **13** หน้า (รวมปก)
2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อสอบพร้อมเขียนชื่อและรหัสนักศึกษาทุกหน้าก่อนลงมือทำ
3. ห้ามหยิบยืมสิ่งใด ๆ ทั้งสิ้น จากผู้อื่น ๆ เว้นแต่ผู้คุมสอบจะหยิบยืมให้
4. ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของข้อสอบออกจากห้องสอบ
5. ผู้ที่ประสงค์จะออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ **แต่ต้องไม่น้อยกว่า 30 นาที** ให้ยกมือขออนุญาตจากผู้คุมสอบก่อนจะลุกจากที่นั่ง
6. เมื่อหมดเวลาสอบ ผู้เข้าสอบต้องหยุดการเขียนใด ๆ ทั้งสิ้น
7. ผู้ที่ปฏิบัติเข้าข่ายทุจริตในการสอบ ตามประกาศคณะวิศวกรรมศาสตร์ **มีโทษ คือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา**
7. ให้ทำข้อสอบโดยใช้ ☑ ดินสอ ☑ ปากกา
8. ให้นักศึกษาสามารถนำสิ่งต่อไปนี้เข้าห้องสอบได้เท่านั้น
   - **เครื่องคิดเลข และ พจนานุกรม (หรือ talking dictionary)**

คำถามข้อที่	1	2	3	4	5	รวมคะแนน
คะแนนเต็ม	30	40	20	22	36	148
คะแนนที่ได้						

ดร.พรศิริ แก้วประดิษฐ์ ผู้ออกข้อสอบ

วันที่ออกข้อสอบ 02/01/14

Name ..... Student ID .....

1. (30 points) กรุณาระบุข้อต่อไปนี้ ถูก (✓) หรือ ผิด (✗) หากผิดให้แก้ไขข้อความให้ถูกต้อง โดยขีดฆ่าข้อความที่ผิดและแก้ไขให้ถูกโดยระบุด้านบนข้อความนั้น

(ข้อย่อยละ 3 คะแนนโดยแบ่งเป็น ระบุถูก/ผิด 3/2 คะแนน และแก้ไข 1 คะแนน)

.....1.1. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล (Mass transfer coefficient, k_y) แปรผันตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusivity, D_{AB})

.....1.2. ในทฤษฎีฟิล์ม (Two-film theory) ค่าความต้านทานการถ่ายโอนมวลขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานในฟิล์มของแก๊ส (k_y) เท่านั้น

.....1.3. ฟลักซ์มวล (Mass flux) ขององค์ประกอบ i เป็นปริมาณเวกเตอร์แสดงมวลขององค์ประกอบ i (kg) ต่อหน่วยเวลาต่อหนึ่งหน่วยความยาว

.....1.4. โมลาร์ฟลักซ์รวม (Total molar flux) เพิ่มขึ้นในการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) เนื่องจากมีผลของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ชนิดเอ็ดดี้ (Eddy diffusivity) ร่วมด้วย

.....1.5. การแพร่แบบ Uni-molecular diffusion (UMD) สำหรับระบบที่มีสาร A และ B กำหนดให้ โมลาร์ฟลักซ์รวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับศูนย์

.....1.6. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of evaporation) คือพลังงานที่ใช้ในการทำให้ของเหลว 1 หน่วยกลายเป็นไอ

.....1.7. ที่ความดันของเครื่องระเหย (Evaporator) ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ สารละลายจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเดือดปกติ (Normal boiling point)

.....1.8. ปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลือต่อปริมาณของไอน้ำที่ใช้ในระบบ เรียกว่า Economy

.....1.9. กฎของ Duhring กล่าวว่า อุณหภูมิจุดเดือด (Boiling point temperature) ของสารละลายมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับอุณหภูมิจุดเดือดของตัวทำละลาย บริสุทธิ์ที่ความดันเดียวกัน

.....1.10. กรณีทำระเหยสารละลายเจือจาง (Dilute solution) อาจไม่พิจารณาผลของการยกขึ้นของจุดเดือด (Boiling point elevation, BPE) ของสารละลายได้ เนื่องจากมีค่าน้อย

Name ..... Student ID .....

2. **(40 points)**

Carbondioxide is diffusing through nitrogen in one direction at atmospheric pressure and 0°C. The mole fraction of CO_2 at point A is 0.2; at point B, 3 m. away, in the direction of diffusion, it is 0.02. The gas phase as a whole is stationary; that is, nitrogen is diffusing at the same rate as the carbondioxide, but in the opposite direction.

2.1. (12 points) Derive flux equation using Fick's first law (note all assumption used)

2.2. (13 points) Calculate the mass flux of CO_2 in kg/hr.m^2 if Diffusivity D_v is 0.144 cm^2/s.

2.3. (7 points) Calculate the net mass flux in kg/hr.m^2

2.4. (8 points) How much percentage of the mass flux decrease/increase compared with a case of one-way diffusion?

---

3. **(20 points)**

Equilibrium line for a component A has been shown in the figure – 1 for a distillation column. If mole fraction of the component A in liquid phase is 0.1 and the liquid fraction at gas – liquid interface is 0.075

3.1. (3 points) determine mole fraction in vapor phase at the gas – liquid interface

3.2. (10 points) calculate mass transfer coefficient in liquid phase (k_x), if mass transfer coefficient in gas phase (k_y) and overall transfer in gas phase (K_y) are 1 and 0.167 kmol/m^2.h.mole fraction respectively (use information from 3.1)

3.3. (7 points) calculate molar flux of component A (J_A) (use information from 3.1 and 3.2)

Overall resistance in Gas phase: $\frac{1}{K_y} = \frac{m}{k_x} + \frac{1}{k_y}$, and in Liquid phase $\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{\acute{m}k_y}$

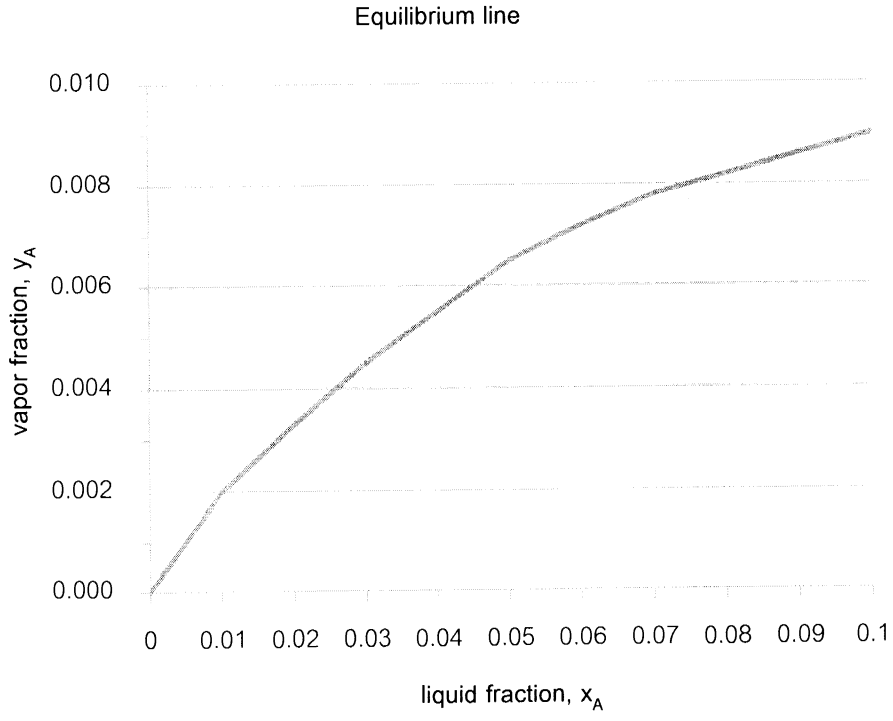


Figure – 1

4. **(22 points)**

A 20% NaOH solutions is concentrated to 40% NaOH in a single – effect evaporator with a vertical tube 0.6 m in diameter and 1.5 m long. The feed rate is 60,000 lb/h at 35°C and the evaporator capacity is required at 30,000 lb/h. Steam is available at a gauge pressure of 53.3 lb_f/in^2 (or psi). The boiling point of water at the absolute pressure in vapor space is 200°F.

4.1. (4 points) Determine boiling point elevation (BPE) in °F

4.2. (8 points) Calculate enthalpy of vapor product, H_v

4.3. (10 points) If overall heat transfer coefficient is 4,600 $W/m^2.°C$, calculate heat required by using $q = UA\Delta T$ in Btu/hr
(3.4 Btu/hr = 1 Watt)

---

5. (36 points)

A solution of organic colloids in water is to be concentrated from 10 to 50 percent solids in a single-effect evaporator. Steam is available at a gauge pressure of 15 lb_f/in^2. A pressure of 102 mmHg abs is to be maintained in the vapor space; this corresponds to a boiling point for water of 125 °F. The feed rate to the evaporator is 55,000 lb/hr at 93.3°C.

The solution has a negligible elevation in boiling point and a negligible heat of dilution. The latent heat of vaporization of the solution may be taken equal to that of water which is 1,022.65 Btu/lb. Radiation losses may be neglected.

5.1. (12 points) Calculate evaporator capacity in lb/hr

5.2. (4 points) Determine the specific heat of feed solution in Btu/lb°F

5.3. (14 points) Calculate heat rate, q in Btu/hr

5.4. (6 points) Calculate evaporator economy

Name ..... Student ID .....

Appendices

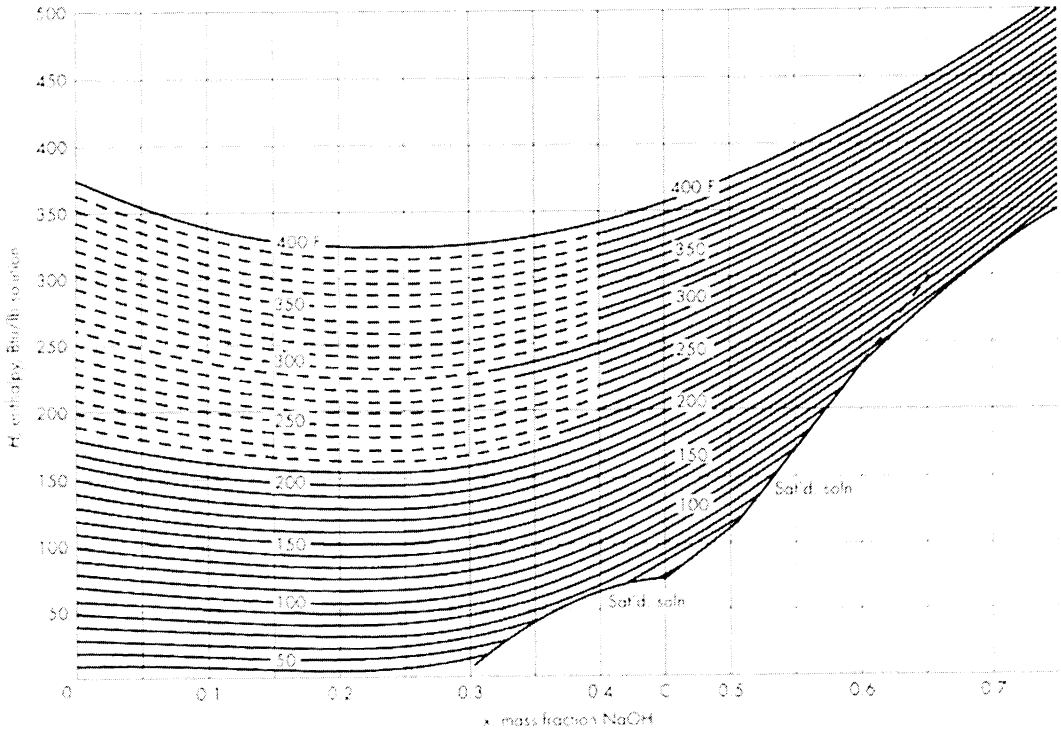
Negligible heat of solution: $$q = (\dot{m}_f - \dot{m})\lambda_v + \dot{m}_f c_{pf}(T - T_f)$$

Common form of flux (Fick's first law) $$N_A = y_A N - D_{AB}\rho_M \frac{dy_A}{db}$$

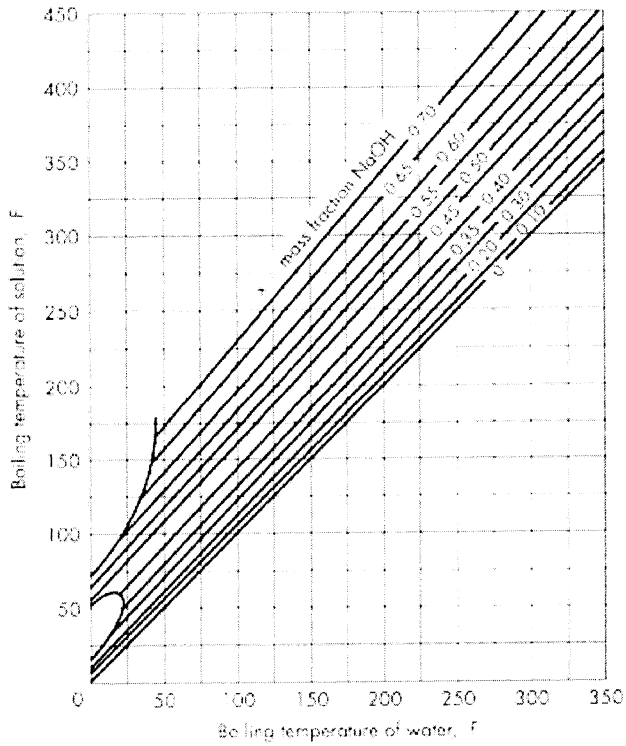
and, in case $N_B \cong 0$: $$N_A = \frac{D_v \rho_M}{B_T (1-y_A)_L}(y_{Ai} - y_A)$$

Let, log mean average, $$\overline{(1-y_A)}_L = \frac{(y_{Ai}-y_A)}{\ln\left[\frac{1-y_A}{1-y_{Ai}}\right]}$$

Enthalpy – Concentration Diagram



Duhring line of sodium hydroxide-water



Name ..... Student ID .....

Properties of Saturated Steam and water

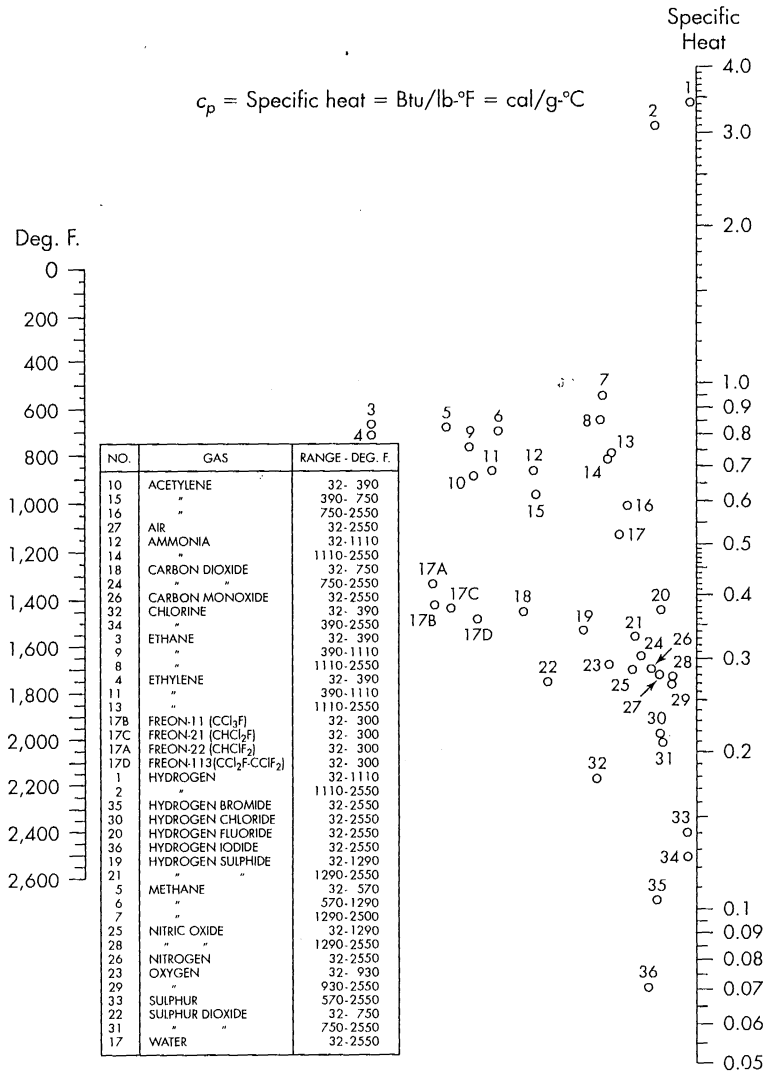
Temperature T, °F	Vapor pressure p_A, $lb_f/in.^2$	Specific volume, ft^3/lb		Enthalpy, Btu/lb		
		Liquid v_x	Saturated vapor v_y	Liquid H_x	Vaporization λ	Saturated vapor H_y
32	0.08859	0.016022	3,305	0	1,075.4	1,075.4
35	0.09992	0.016021	2,948	3.00	1,073.7	1,076.7
40	0.12166	0.016020	2,445	8.02	1,070.9	1,078.9
45	0.14748	0.016021	2,037	13.04	1,068.1	1,081.1
50	0.17803	0.016024	1,704.2	18.06	1,065.2	1,083.3
55	0.2140	0.016029	1,431.4	23.07	1,062.4	1,085.5
60	0.2563	0.016035	1,206.9	28.08	1,059.6	1,087.7
65	0.3057	0.016042	1,021.5	33.09	1,056.8	1,089.9
70	0.3632	0.016051	867.7	38.09	1,054.0	1,092.0
75	0.4300	0.016061	739.7	43.09	1,051.1	1,094.2
80	0.5073	0.016073	632.8	48.09	1,048.3	1,096.4
85	0.5964	0.016085	543.1	53.08	1,045.5	1,098.6
90	0.6988	0.016099	467.7	58.07	1,042.7	1,100.7
95	0.8162	0.016114	404.0	63.06	1,039.8	1,102.9
100	0.9503	0.016130	350.0	68.05	1,037.0	1,105.0
110	1.2763	0.016166	265.1	78.02	1,031.4	1,109.3
120	1.6945	0.016205	203.0	88.00	1,025.5	1,113.5
130	2.225	0.016247	157.17	97.98	1,019.8	1,117.8
140	2.892	0.016293	122.88	107.96	1,014.0	1,121.9
150	3.722	0.016343	96.99	117.96	1,008.1	1,126.1
160	4.745	0.016395	77.23	127.96	1,002.2	1,130.1
170	5.996	0.016450	62.02	137.97	996.2	1,134.2
180	7.515	0.016509	50.20	147.99	990.2	1,138.2
190	9.343	0.016570	40.95	158.03	984.1	1,142.1
200	11.529	0.016634	33.63	168.07	977.9	1,145.9
210	14.125	0.016702	27.82	178.14	971.6	1,149.7
212	14.698	0.016716	26.80	180.16	970.3	1,150.5

Temperature T, °F	Vapor pressure p_A, $lb_f/in.^2$	Specific volume, ft^3/lb		Enthalpy, Btu/lb		
		Liquid v_x	Saturated vapor v_y	Liquid H_x	Vaporization λ	Saturated vapor H_y
220	17.188	0.016772	23.15	188.22	965.3	1,153.5
230	20.78	0.016845	19.386	198.32	958.8	1,157.1
240	24.97	0.016922	16.327	208.44	952.3	1,160.7
250	29.82	0.017001	13.826	218.59	945.6	1,164.2
260	35.42	0.017084	11.768	228.76	938.8	1,167.6
270	41.85	0.017170	10.066	238.95	932.0	1,170.9
280	49.18	0.017259	8.650	249.18	924.9	1,174.1
290	57.53	0.017352	7.467	259.44	917.8	1,177.2
300	66.98	0.017448	6.472	269.73	910.4	1,180.2
310	77.64	0.017548	5.632	280.06	903.0	1,183.0
320	89.60	0.017652	4.919	290.43	895.3	1,185.8
340	117.93	0.017872	3.792	311.30	879.5	1,190.8
350	134.53	0.017988	3.346	321.80	871.3	1,193.1
360	152.92	0.018108	2.961	332.35	862.9	1,195.2
370	173.23	0.018233	2.628	342.96	854.2	1,197.2
380	195.60	0.018363	2.339	353.62	845.4	1,199.0
390	220.2	0.018498	2.087	364.34	836.2	1,200.6
400	247.1	0.018638	1.8661	375.12	826.8	1,202.0
410	276.5	0.018784	1.6726	385.97	817.2	1,203.1
420	308.5	0.018936	1.5024	396.89	807.2	1,204.1
430	343.3	0.019094	1.3521	407.89	796.9	1,204.8
440	381.2	0.019260	1.2192	418.98	786.3	1,205.3
450	422.1	0.019433	1.1011	430.2	775.4	1,205.6

†Abstracted from *Steam Tables,* by Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, and Joan G. Moore, John Wiley & Sons, New York, 1969, with the permission of the publisher.

Name ..... Student ID .....

Specific heats of Gases

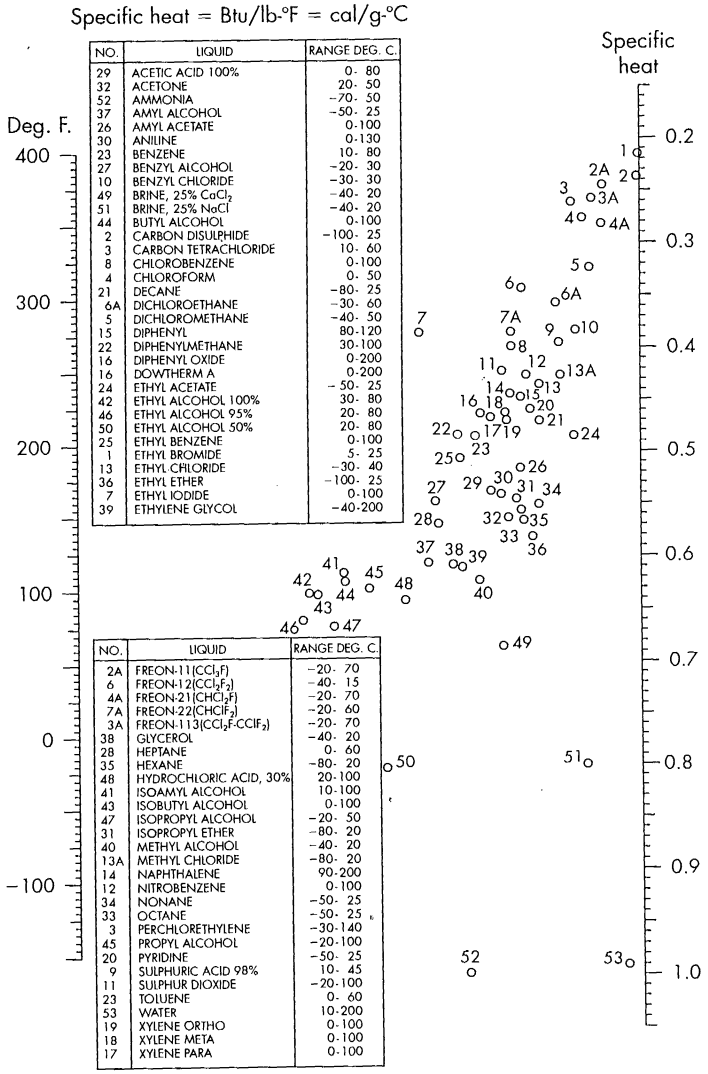


NO.	GAS	RANGE - DEG. F.
10	ACETYLENE	32- 390
15	"	390- 750
16	"	750-2550
27	AIR	32-2550
12	AMMONIA	32-1110
14	"	1110-2550
18	CARBON DIOXIDE	32- 750
24	" "	750-2550
26	CARBON MONOXIDE	32-2550
32	CHLORINE	32- 390
34	"	390-2550
3	ETHANE	32- 390
9	"	390-1110
8	"	1110-2550
4	ETHYLENE	32- 390
11	"	390-1110
13	"	1110-2550
17B	FREON-11 (CCl_3F)	32- 300
17C	FREON-21 ($CHCl_2F$)	32- 300
17A	FREON-22 ($CHClF_2$)	32- 300
17D	FREON-113(CCl_2F-$CClF_2$)	32- 300
1	HYDROGEN	32-1110
2	"	1110-2550
35	HYDROGEN BROMIDE	32-2550
30	HYDROGEN CHLORIDE	32-2550
20	HYDROGEN FLUORIDE	32-2550
36	HYDROGEN IODIDE	32-2550
19	HYDROGEN SULPHIDE	32-1290
21	" "	1290-2550
5	METHANE	32- 570
6	"	570-1290
7	"	1290-2500
25	NITRIC OXIDE	32-1290
28	" "	1290-2550
26	NITROGEN	32-2550
23	OXYGEN	32- 930
29	"	930-2550
33	SULPHUR	570-2550
22	SULPHUR DIOXIDE	32- 750
31	" "	750-2550
17	WATER	32-2550

Name ..... Student ID .....

Specific heats of Liquids

Specific heat = Btu/lb-°F = cal/g-°C



NO.	LIQUID	RANGE DEG. C.
29	ACETIC ACID 100%	0- 80
32	ACETONE	20- 50
52	AMMONIA	−70- 50
37	AMYL ALCOHOL	−50- 25
26	AMYL ACETATE	0-100
30	ANILINE	0-130
23	BENZENE	10- 80
27	BENZYL ALCOHOL	−20- 30
10	BENZYL CHLORIDE	−30- 30
49	BRINE, 25% $CaCl_2$	−40- 20
51	BRINE, 25% NaCl	−40- 20
44	BUTYL ALCOHOL	0-100
2	CARBON DISULPHIDE	−100- 25
3	CARBON TETRACHLORIDE	10- 60
8	CHLOROBENZENE	0-100
4	CHLOROFORM	0- 50
21	DECANE	−80- 25
6A	DICHLOROETHANE	−30- 60
5	DICHLOROMETHANE	−40- 50
15	DIPHENYL	80-120
22	DIPHENYLMETHANE	30-100
16	DIPHENYL OXIDE	0-200
16	DOWTHERM A	0-200
24	ETHYL ACETATE	−50- 25
42	ETHYL ALCOHOL 100%	30- 80
46	ETHYL ALCOHOL 95%	20- 80
50	ETHYL ALCOHOL 50%	20- 80
25	ETHYL BENZENE	0-100
1	ETHYL BROMIDE	5- 25
13	ETHYL CHLORIDE	−30- 40
36	ETHYL ETHER	−100- 25
7	ETHYL IODIDE	0-100
39	ETHYLENE GLYCOL	−40-200

NO.	LIQUID	RANGE DEG. C.
2A	FREON-11(CCl_3F)	−20- 70
6	FREON-12(CCl_2F_2)	−40- 15
4A	FREON-21($CHCl_2F$)	−20- 70
7A	FREON-22($CHClF_2$)	−20- 60
3A	FREON-113(CCl_2F-$CClF_2$)	−20- 70
38	GLYCEROL	−40- 20
28	HEPTANE	0- 60
35	HEXANE	−80- 20
48	HYDROCHLORIC ACID, 30%	20-100
41	ISOAMYL ALCOHOL	10-100
43	ISOBUTYL ALCOHOL	0-100
47	ISOPROPYL ALCOHOL	−20- 50
31	ISOPROPYL ETHER	−80- 20
40	METHYL ALCOHOL	−40- 20
13A	METHYL CHLORIDE	−80- 20
14	NAPHTHALENE	90-200
12	NITROBENZENE	0-100
34	NONANE	−50- 25
33	OCTANE	−50- 25
3	PERCHLORETHYLENE	−30-140
45	PROPYL ALCOHOL	−20-100
20	PYRIDINE	−50- 25
9	SULPHURIC ACID 98%	10- 45
11	SULPHUR DIOXIDE	−20-100
23	TOLUENE	0- 60
53	WATER	10-200
19	XYLENE ORTHO	0-100
18	XYLENE META	0-100
17	XYLENE PARA	0-100