คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2550

วันที่ 2 สิงหาคม 2550 เวลา 09.00 - 12.00 น.

วิชา 215-433 Refrigeration and Air-conditioning ห้อง R200

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ไม่อนุญาตให้นำโน้ต ตำรา หรือเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20	
2	20	
3	20	
4	30	
คะแนนรวม	90	

รศ.กำพล ประทีปชัยกูร (ตอน 01)

อ.พุทธิพงศ์ แสนสบาย (ตอน 02)

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

ตอน.....

ข้อ 1) วัฏจักรอัดไอเชิงกล จะใช้วาล์วลดความดัน เพื่อลดความดันของสารทำความเย็นเหลวแบบ isenthalpic และหากว่า จะเปลี่ยนมาใช้ expansion engine ซึ่งมีการทำงานแบบ isentropic expansion ทำให้สารทำความเย็นเหลว R-12 ขยายตัวจาก 95 °F ไปสู่อุณหภูมิระเหยที่ 30 °F จะช่วยให้ลดพลังงานสุทธิของวัฏจักรลงไปเท่าใด โดยสมมุติว่า ขบวนการอัดตัวเป็น isentropic จากสภาวะไออิ่มตัวที่ 30 °F ไปที่ความดันควบแน่นที่อุณหภูมิอิ่มตัว 95 °F และให้หาค่าผลการทำความเย็น (Btu/h) ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ expansion engine

Thermodynamic properties of Freon-12
(properties of saturated liquid and saturated vapor)

TEMP.	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb)(° R)		TEMP.
°F	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID $1/v_f$	VAPOR $1/v_g$	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	°F
30	43.148	28.452	0.011438	0.91880	87.426	1.0884	15.058	65.361	80.419	0.033013	0.16648	30
31	43.948	29.252	0.011453	0.90286	87.314	1.1076	15.279	65.243	80.522	0.033460	0.16642	31
32	44.760	30.064	0.011468	0.88725	87.202	1.1271	15.500	65.124	80.624	0.033905	0.16635	32
33	45.583	30.887	0.011482	0.87197	87.090	1.1468	15.720	65.006	80.726	0.034351	0.16629	33
34	46.417	31.721	0.011497	0.85702	86.977	1.1668	15.942	64.886	80.828	0.034796	0.16622	34
35	47.263	32.567	0.011512	0.84237	86.865	1.1871	16.163	64.767	80.930	0.035240	0.16616	35
36	48.120	33.424	0.011527	0.82803	86.751	1.2077	16.384	64.647	81.031	0.035683	0.16610	36
37	48.989	34.293	0.011542	0.81399	86.638	1.2285	16.606	64.527	81.133	0.036126	0.16604	37
38	49.870	35.174	0.011557	0.80023	86.524	1.2496	16.828	64.406	81.234	0.036569	0.16598	38
39	50.763	36.067	0.011573	0.78676	86.410	1.2710	17.050	64.285	81.335	0.037011	0.16592	39
90	114.49	99.79	0.012478	0.35529	80.142	2.8146	28.713	57.461	86.174	0.058997	0.16353	90
91	116.15	101.45	0.012499	0.35019	80.008	2.8556	28.950	57.311	86.261	0.059420	0.16349	91
92	117.82	103.12	0.012520	0.3451.	79.874	2.8970	29.187	57.161	86.348	0.059844	0.16345	92
93	119.51	104.81	0.012541	0.34025	79.740	2.9390	29.425	57.009	86.434	0.060267	0.16341	93
94	121.22	106.52	0.012562	0.33540	79.605	2.9815	29.663	56.858	86.521	0.060690	0.16338	94
95	122.95	108.25	0.012583	0.33063	79.470	3.0245	29.901	56.705	86.606	0.061113	0.16334	95
96	124.70	110.00	0.012605	0.32594	79.334	3.0680	30.140	56.551	86.691	0.061536	0.16330	96
97	126.46	111.76	0.012627	0.32133	79.198	3.1120	30.380	56.397	86.777	0.061959	0.16326	97
98	128.24	113.54	0.012649	0.31679	79.061	3.1566	30.619	56.242	86.861	0.062381	0.16323	98
99	130.04	115.34	0.012671	0.31233	78.923	3.2017	30.859	56.086	86.945	0.062804	0.16319	99

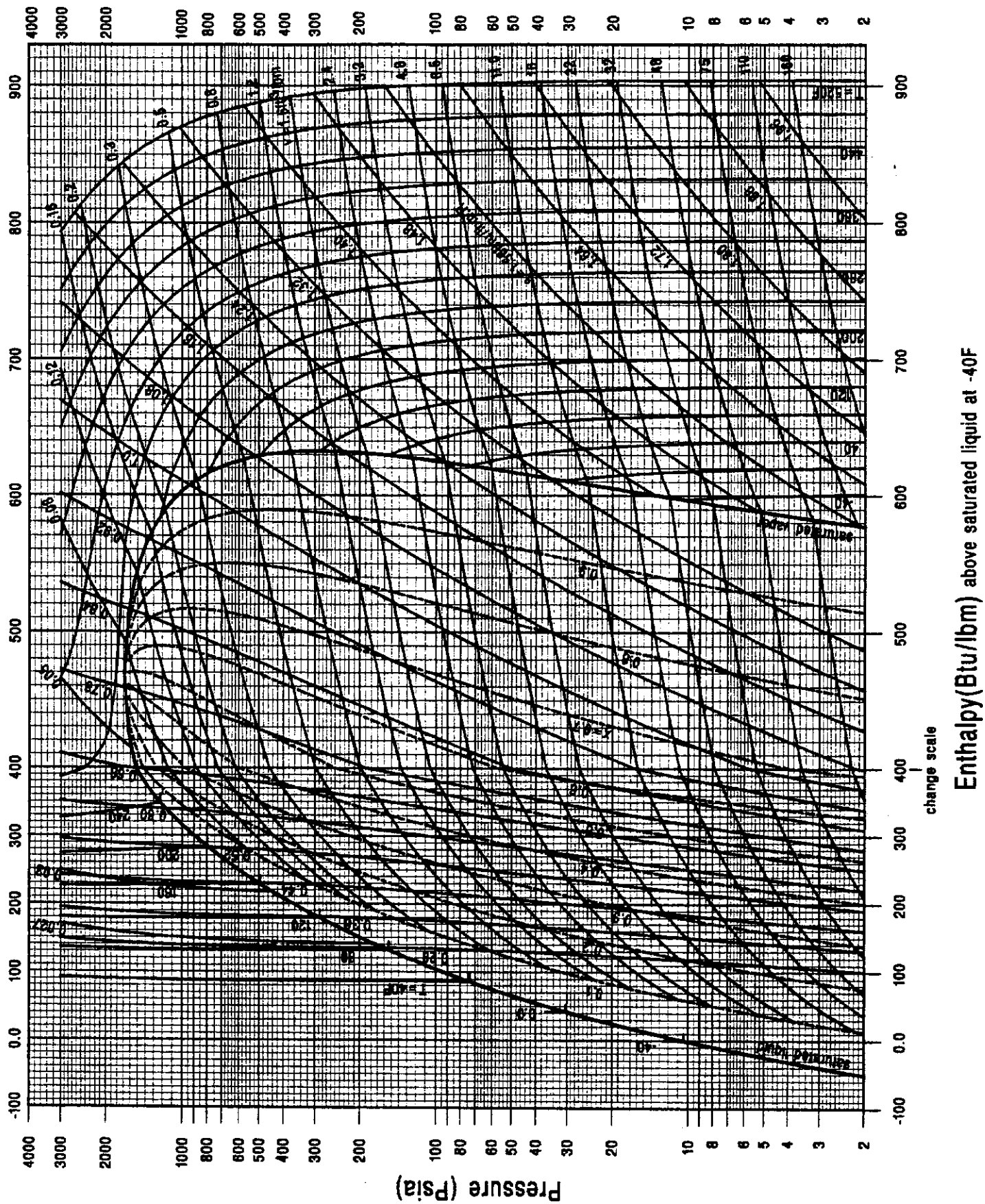
TABLE B-4 (Cont.)

Temp. F	Abs. Press. 120 lb/in.² Gage Press. 105.3 lb/in.² (Sat. Temp. 93.3 F)			Abs. Press. 140 lb/in.² Gage Press. 125.3 lb/in.² (Sat. Temp. 104.4 F)			Abs. Press. 180 lb/in.² Gage Press. 165.3 lb/in.² (Sat. Temp. 123.4 F)			Abs. Press. 220 lb/in.² Gage Press. 205.3 lb/in.² (Sat. Temp. 139.5 F)		
Sat.	*(0.33886)*	*(86.459)*	*(0.16340)*	*(0.28964)*	*(87.389)*	*(0.16299)*	*(0.22276)*	*(88.857)*	*(0.16228)*	*(0.17917)*	*(89.957)*	*(0.16161)*
100	0.34655	87.675	0.16559	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
110	.35766	89.466	.16876	0.29548	88.448	0.16486	.....	.....	.....	.....	.....	.....
120	.36841	91.237	.17184	.30549	90.297	.16808	.....	.....	.....	.....	.....	.....
130	.37884	92.992	.17484	.31513	92.120	.17120	0.22863	90.179	0.16454	.....	.....	.....
140	.38901	94.736	.17778	.32445	93.923	.17423	.23710	92.136	.16783	0.17957	90.043	0.16179
150	0.39896	96.471	0.18065	0.33350	95.709	0.17718	0.24519	94.053	0.17100	0.18746	92.156	0.16528
160	.40870	98.199	.18346	.34232	97.483	.18007	.25297	95.940	.17407	.19487	94.203	.16861
170	.41826	99.922	.18622	.35095	99.247	.18289	.26047	97.803	.17705	.20190	96.199	.17181
180	.42766	101.642	.18892	.35939	101.003	.18566	.26775	99.647	.17995	.20861	98.157	.17489
190	.43692	103.359	.19159	.36769	102.754	.18838	.27484	101.475	.18279	.21506	100.084	.17788
200	0.44606	105.076	0.19421	0.37584	104.501	0.19104	0.28176	103.291	0.18556	0.22130	101.986	0.18079
210	.45508	106.792	.19679	.38387	106.245	.19367	.28852	105.098	.18828	.22735	103.869	.18362
220	.46401	108.509	.19934	.39179	107.987	.19625	.29516	106.896	.19095	.23324	105.735	.18638
230	.47284	110.227	.20185	.39961	109.728	.19879	.30168	108.689	.19357	.23900	107.589	.18909
240	.48158	111.948	.20432	.40734	111.470	.20130	.30810	110.478	.19614	.24463	109.432	.19175
250	0.49025	113.670	0.20677	0.41499	113.212	0.20377	0.31442	112.263	0.19868	0.25015	111.267	0.19435
260	.49885	115.396	.20918	.42257	114.956	.20621	.32066	114.046	.20117	.25557	113.095	.19691
270	.50739	117.125	.21157	.43008	116.701	.20862	.32682	115.828	.20363	.26091	114.919	.19942
280	.51587	118.857	.21393	.43753	118.449	.21100	.33292	117.610	.20605	.26617	116.738	.20190
290	.52429	120.593	.21626	.44492	120.199	.21335	.33895	119.392	.20845	.27136	118.555	.20434
300	0.53267	122.333	0.21856	0.45226	121.953	0.21567	0.34492	121.174	0.21081	0.27648	120.369	0.20674
310	.54100	124.077	.22084	.45955	123.709	.21797	.35084	122.958	.21314	.28155	122.183	.20912
320	.54929	125.825	.22310	.46680	125.470	.22024	.35672	124.744	.21545	.28657	123.996	.21146
330	.55754	127.578	.22533	.47400	127.233	.22249	.36255	126.531	.21772	.29153	125.809	.21377
340	.56575	129.335	.22754	.48117	129.001	.22471	.36834	128.321	.21998	.29645	127.623	.21605
350	0.57393	131.097	0.22973	0.48831	130.773	0.22692	0.37409	130.113	0.22220	0.30134	129.438	0.21830
360	.58208	132.863	.23190	.49541	132.548	.22910	.37980	131.909	.22441	.30618	131.255	.22053
370	.59019	134.634	.23405	.50248	134.328	.23125	.38549	133.707	.22659	.31099	133.073	.22274
380	.59829	136.410	.23618	.50953	136.112	.23339	.39114	135.509	.22875	.31576	134.893	.22492
390	.60635	138.191	.23829	.51654	137.901	.23551	.39677	137.314	.23088	.32051	136.715	.22708
400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.40237	139.122	0.23300	0.32523	138.540	0.22921
410	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.40794	140.934	.23509	.32992	140.368	.23133

Source: Courtesy of E. I. DuPont de Nemours and Company, Inc., Organic Chemicals Department "Freon" Products Division.

ข้อ 2) ให้เปรียบเทียบค่า COP ของวัฏจักรทำความเย็น ซึ่งใช้การอัดแบบเปียก (wet compression) กับวัฏจักรซึ่งใช้การอัดแบบแห้ง (dry compression) ซึ่งทั้ง 2 กรณี ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น โดยอุณหภูมิควบแน่น 80°F อุณหภูมิระเหย 0°F และสมมุติว่า การอัดตัวเป็น isentropic โดยที่ของเหลวออกจากเครื่องควบแน่นเป็นของเหลวอิ่มตัว ในวัฏจักรที่มีการอัดตัวแบบเปียก สารทำความเย็นจะออกจากคอมเพรสเซอร์ในสภาวะไออิ่มตัว ให้เขียนวัฏจักรทั้ง 2 ลงบน P-h diagram

P-h diagram ของแอมโมเนีย



ข้อ 3.1) ให้หาค่าเอนทาลปีของอากาศอิ่มตัวที่ $60^{\circ}F$ โดยที่ความดันบรรยากาศมีค่า14.696 psia (10 คะแนน)

Thermodynamic properties of water vapor at saturation

Temp. °F	Absolute Pressure $P_{w,s}$ lbf/in²	Absolute Pressure $P_{w,s}$ In. Hg	Specific Volume, ft³/lbm Sat. Liquid v_f	Specific Volume, ft³/lbm Sat. Vapor v_g	Enthalpy, Btu/lbm Sat. Liquid h_f	Enthalpy, Btu/lbm Sat. Vapor h_g	Entropy, Btu/lbm · °R Sat. Liquid s_f	Entropy, Btu/lbm · °R Sat. Vapor s_g
32	0.088602	0.18091	0.01601	3304.2	0.0	1075.19	0.0	2.1864
33	0.092244	0.18834	0.01601	3180.2	0.96	1075.63	0.00194	2.1828
34	0.096017	0.19604	0.01601	3061.4	1.93	1076.07	0.00392	2.1793
35	0.099926	0.20403	0.01602	2947.6	2.91	1076.51	0.00589	2.1758
36	0.10398	0.21230	0.01602	2838.4	3.89	1076.95	0.00786	2.1723
37	0.10817	0.22086	0.01602	2733.8	4.86	1077.39	0.00984	2.1689
38	0.11251	0.22973	0.01602	2633.5	5.84	1077.83	0.01181	2.1654
39	0.11701	0.23891	0.01602	2537.4	6.82	1078.27	0.01377	2.1620
40	0.12167	0.24842	0.01602	2445.1	7.81	1078.71	0.01574	2.1585
41	0.12649	0.25826	0.01602	2356.6	8.79	1079.15	0.0177	2.1551
42	0.13147	0.26844	0.01602	2271.7	9.77	1079.59	0.01967	2.1518
43	0.13663	0.27898	0.01602	2190.3	10.76	1080.03	0.02163	2.1484
44	0.14197	0.28988	0.01602	2112.1	11.74	1080.47	0.02359	2.1451
45	0.14750	0.30115	0.01602	2037.0	12.73	1080.91	0.02554	2.1417
46	0.15321	0.31281	0.01602	1964.9	13.72	1081.35	0.02750	2.1384
47	0.15911	0.32487	0.01602	1895.7	14.71	1081.79	0.02945	2.1351
48	0.16521	0.33733	0.01602	1829.2	15.70	1082.22	0.03140	2.1318
49	0.17152	0.35021	0.01602	1765.4	16.69	1082.66	0.03335	2.1286
50	0.17805	0.36353	0.01603	1704.0	17.68	1083.10	0.03530	2.1253
51	0.18479	0.37729	0.01603	1645.1	18.67	1083.54	0.03724	2.1221
52	0.19175	0.39151	0.01603	1588.4	19.66	1083.98	0.03919	2.1189
53	0.19894	0.40619	0.01603	1533.9	20.66	1084.42	0.04113	2.1157
54	0.20637	0.42136	0.01603	1481.6	21.65	1084.86	0.04306	2.1125
55	0.21404	0.43703	0.01603	1431.2	22.65	1085.29	0.04500	2.1093
56	0.22197	0.45320	0.01603	1382.8	23.64	1085.73	0.04693	2.1062
57	0.23014	0.46990	0.01603	1336.2	24.64	1086.17	0.04886	2.1030
58	0.23859	0.48714	0.01603	1291.4	25.64	1086.61	0.05079	2.0999
59	0.24730	0.50493	0.01604	1248.3	26.64	1087.05	0.05272	2.0968
60	0.25629	0.52329	0.01604	1206.8	27.63	1087.48	0.05464	2.0937
61	0.26557	0.54223	0.01604	1166.8	28.63	1087.92	0.05656	2.0906
62	0.27514	0.56177	0.01604	1128.4	29.63	1088.36	0.05848	2.0876
63	0.28501	0.58192	0.01604	1091.3	30.63	1088.80	0.06039	2.0845
64	0.29519	0.60271	0.01604	1055.7	31.63	1089.23	0.06230	2.0815
65	0.30569	0.62415	0.01605	1021.4	32.63	1089.67	0.06421	2.0785
66	0.31651	0.64625	0.01605	988.28	33.64	1090.11	0.06612	2.0755
67	0.32767	0.66903	0.01605	956.42	34.64	1090.54	0.06802	2.0725
68	0.33917	0.69251	0.01605	925.71	35.64	1090.98	0.06993	2.0695
69	0.35102	0.71671	0.01605	896.13	36.64	1091.41	0.07182	2.0666
70	0.36324	0.74165	0.01605	867.61	37.65	1091.85	0.07372	2.0636
71	0.37582	0.76734	0.01606	840.12	38.65	1092.29	0.07561	2.0607
72	0.38878	0.79381	0.01606	813.61	39.66	1092.72	0.07750	2.0578
73	0.40214	0.82107	0.01606	788.05	40.66	1093.16	0.07939	2.0549
74	0.41589	0.84915	0.01606	763.40	41.67	1093.59	0.08128	2.0520
75	0.43005	0.87806	0.01607	739.62	42.67	1094.03	0.08316	2.0491
76	0.44462	0.90782	0.01607	716.69	43.68	1094.46	0.08504	2.0463
77	0.45963	0.93846	0.01607	694.56	44.68	1094.90	0.08691	2.0434
78	0.47508	0.97000	0.01607	673.20	45.69	1095.33	0.08879	2.0406
79	0.49098	1.0025	0.01607	652.59	46.70	1095.76	0.09065	2.0378
80	0.50734	1.0359	0.01608	632.70	47.70	1096.20	0.09252	2.0350
81	0.52417	1.0702	0.01608	613.49	48.71	1096.63	0.09439	2.0322
82	0.54149	1.1056	0.01608	595.00	49.63	1097.07	0.09609	2.0294
83	0.55930	1.1420	0.01608	577.08	50.65	1097.50	0.09798	2.0267
84	0.57762	1.1794	0.01609	559.78	51.68	1097.93	0.09987	2.0239
85	0.59646	1.2178	0.01609	543.06	52.71	1098.36	0.10176	2.0212
86	0.61583	1.2574	0.01609	526.91	53.74	1098.80	0.10364	2.0185
87	0.63575	1.2981	0.01609	511.31	54.76	1099.23	0.10551	2.0157
88	0.65623	1.3399	0.01610	496.23	55.79	1099.66	0.10739	2.0130
89	0.67727	1.3828	0.01610	481.67	56.82	1100.09	0.10926	2.0104
90	0.69890	1.4270	0.01610	467.58	57.84	1100.53	0.11112	2.0077

ข้อ 3.2) ให้หาอัตราถ่ายโอนความร้อนที่ต้องการในการอุ่นอากาศปริมาณ 1500 cfm จาก 60°F 90%RH ไปที่ 120°F โดยที่ความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง (10 คะแนน)

Chart 1*a*

RAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1

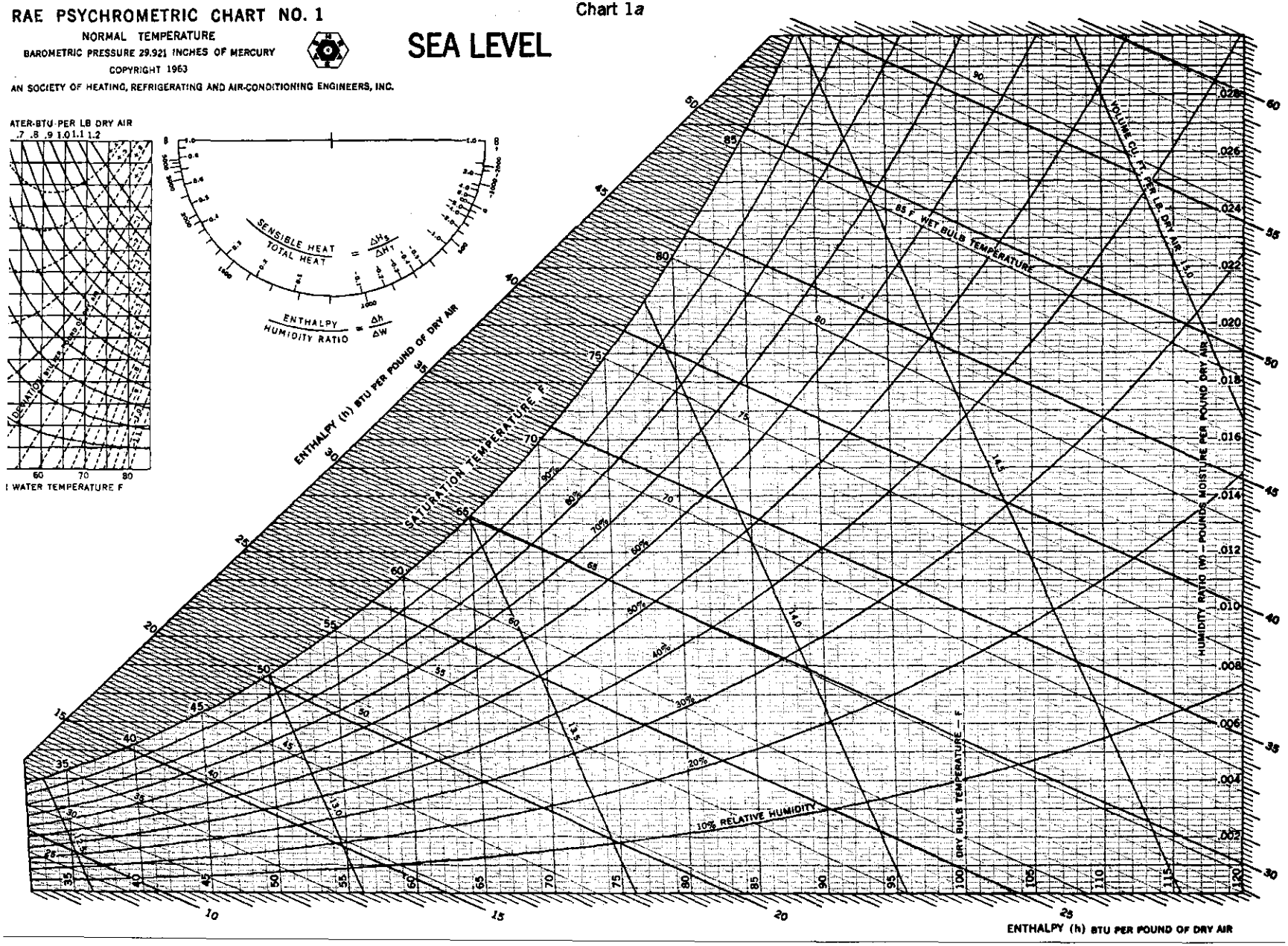
NORMAL TEMPERATURE

BAROMETRIC PRESSURE 29.921 INCHES OF MERCURY

COPYRIGHT 1963

AN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.

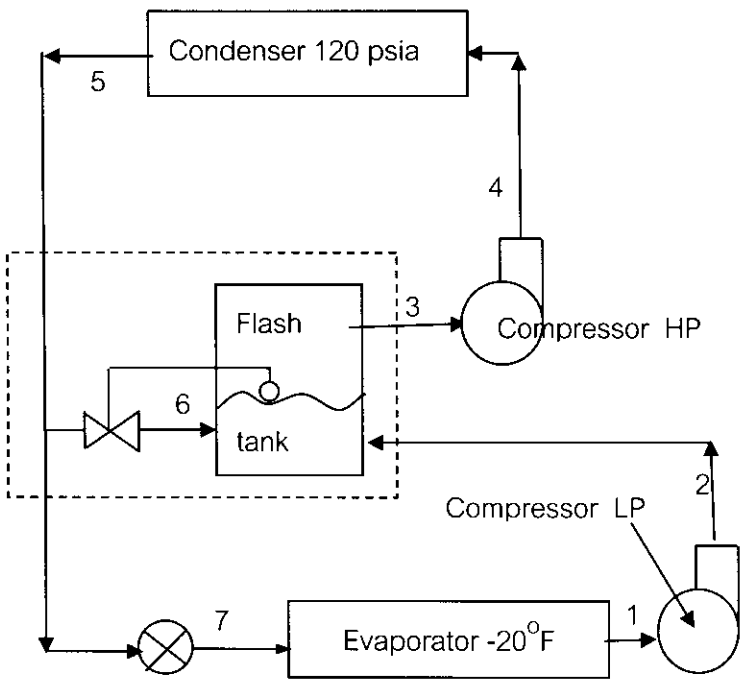
SEA LEVEL

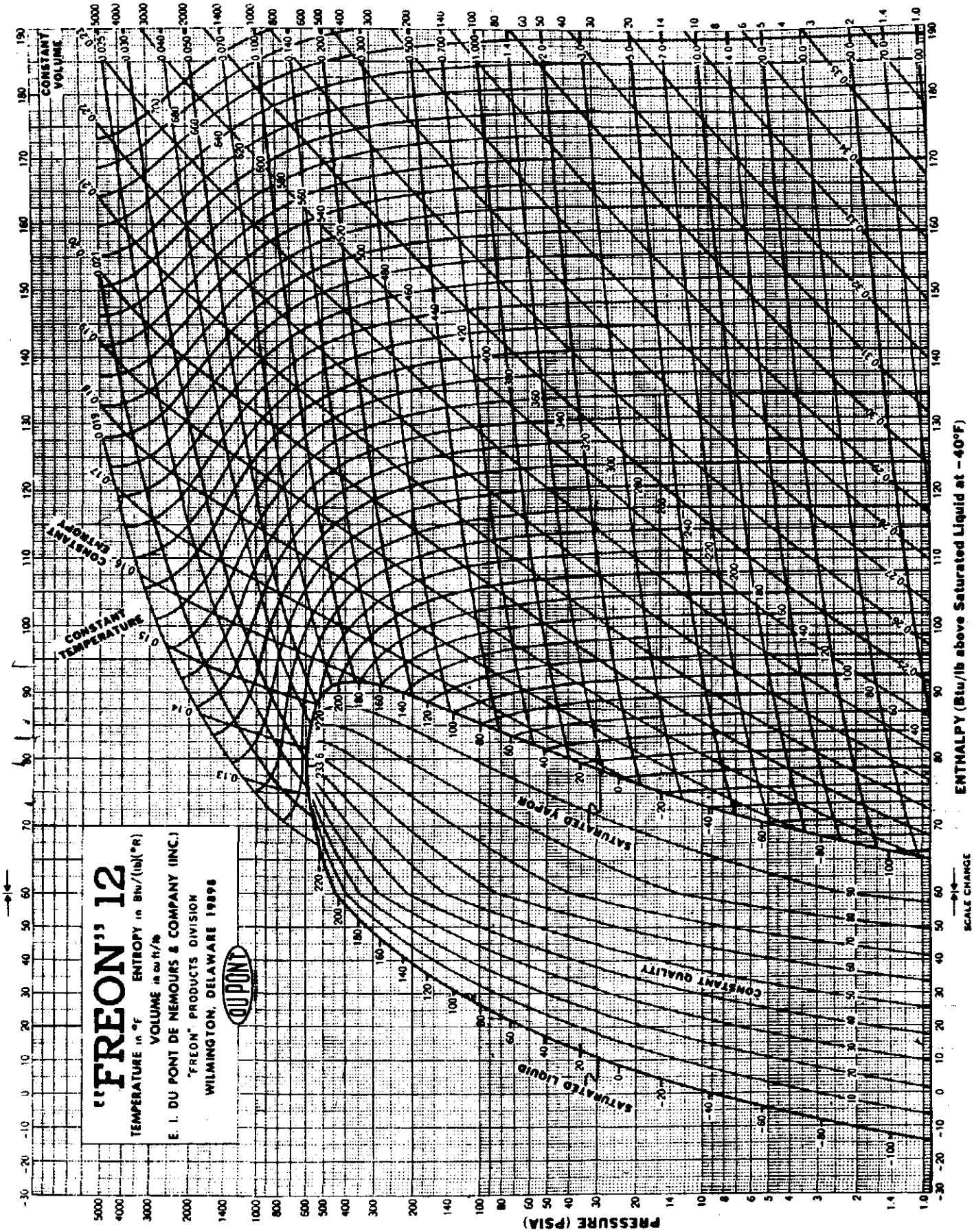


ข้อ 4) ระบบทำความเย็นซึ่งใช้สารทำความเย็น R-12 ดังแสดงในรูป มีความสามารถในการทำความเย็น 35 ton ที่ -20°F ไอของสารทำความเย็นจากเครื่องระเหย ถูกอัดตัวด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวเดียวไปยังความดันควบแน่น 120 psia เมื่อระบบนี้ถูกปรับปรุง เพื่อให้มีการอัดตัว 2 ขั้น โดยมีตัว Inter-cooling ที่ความดัน 43 psia

ก) ให้หากำลังที่ต้องใช้ และ ค่า COP หากใช้ระบบที่มีการอัดตัวครั้งเดียว

ข) ให้หากำลังรวมที่ต้องใช้ และ ค่า COP หากใช้ระบบที่มีการอัด 2 ขั้น




"FREON" 12
TEMPERATURE in °F ENTROPY in Btu/(lb)(°R)
VOLUME in cu ft/lb
E. I. DU PONT DE NEMOURS & COMPANY (INC.)
"FREON" PRODUCTS DIVISION
WILMINGTON, DELAWARE 19898
DUPONT
CONSTANT VOLUME
CONSTANT ENTROPY
CONSTANT TEMPERATURE
SATURATED VAPOR
SATURATED LIQUID
CONSTANT QUALITY
PRESSURE (PSIA)
ENTHALPY (Btu/lb above Saturated Liquid at −40°F)
SCALE CHANGE