

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**  
**มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

การสอบกลางภาค ประจำปีการศึกษาที่ 2

ประจำปีการศึกษา 2553

วันที่ 20 ธันวาคม 2553

เวลา 9.00 – 12.00 น.

วิชา 215-433, 216-433 Refrigeration and Air-conditioning

ห้อง S203

**คำสั่ง**

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. อนุญาตให้นำนาฬิกา หรือเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
4. อนุญาตให้ทำข้อสอบด้วยดินสอได้

ข้อ	คะแนน เต็ม	คะแนนที่ ได้
1	70	
2	25	
3	25	
4	25	
คะแนน รวม	145	

อ.นันทพันธ์ นภัทรานันท์ (ตอน 01)  
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

ตอน.....

ข้อ 1) จงอธิบาย (คะแนนข้อย่อยละ 3 คะแนน ทำทุกข้อ)

1.1 วัฏจักรทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีกี่ประเภทอะไรบ้าง

1.2 วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืนเบืองตันทำงานอย่างไร

1.3 วัฏจักรทำความเย็นของอากาศ (Air cycle refrigeration system) ทำงานอย่างไร?

1.4 จงให้ความหมายของค่าความเย็น 1 ตัน

1.5 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Refrigerating efficiency) คืออะไร

1.6 ความแตกต่างทางสมรรถนะของวัฏจักรอัดไอชั้นเดียว กับวัฏจักรคาร์โนที่มีอะไรบ้าง

1.7 วัฏจักรอัดไอหลายชั้นที่ใช้สารทำความเย็นตัวเดียว มีการทำงานกี่แบบ และแต่ละแบบทำงานอย่างไร

1.8 ในการลดความสามารถของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ เพื่อให้เหมาะสมกับภาระที่เกิดขึ้น ทำได้กี่วิธี  
อะไรบ้าง

1.9 ในการลดความสามารถของคอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง เพื่อให้เหมาะสมกับภาระที่เกิดขึ้น ทำได้กี่วิธี  
อะไรบ้าง

1.10 ถ้าจะแบ่งคอนเดนเซอร์ออกตามลักษณะของการระบายความร้อน จะแบ่งออกได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

1.11 จงให้นิยามของคำว่า เรนจ์ (range) และ แอพโพรจซ์ (approach) ของ cooling tower

1.12 จงให้ความหมายของ ตันบอกขนาด (Nominal tonnage) ของ cooling tower

1.13 จงให้นิยามของคำต่อไปนี้ (4 คะแนน)

- COP

- chp

- EER

- Hp/Ton

1.14. Evaporator สามารถแบ่งประเภทตามวิธีการแยกน้ำมันหล่อลื่นได้ที่ชนิดคืออะไรบ้าง

1.15 หากแบ่งประเภทของ Evaporator ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนได้ที่ชนิดคืออะไรบ้าง

1.16 Expansion valve มีหน้าที่อะไรบ้าง

1.17 ให้ออกชนิดของ Expansion valve มา 4 ชนิด

1...

2...

3...

4...

1.18 Filter driers มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

1.19 Thermostat มีกี่ชนิด อะไรบ้าง และมีหน้าที่อะไร

1.20 Sight Glass มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

1.21 Suction Accumulator มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

1.22 Receiver มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

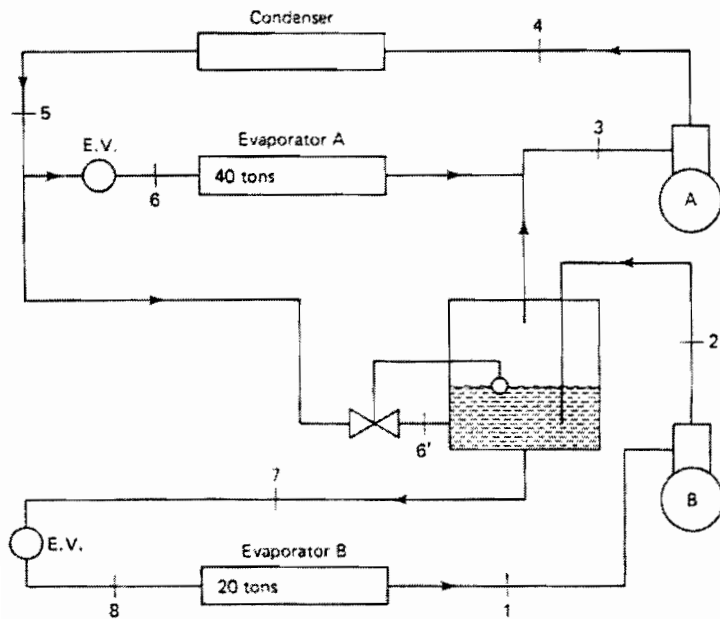
1.23 จงเรียงลำดับตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่อไปนี้ expansion valve, service valve, receiver , Sight Glass, Filter driers จาก Condenser ไปหา Evaporator

Condenser.....

.....evaporator

ข้อ 2) ระบบทำความเย็นแบบอัดไอชนิดสองชั้นโดยมีอีแวปโปเรเตอร์สองตัว ซึ่งใช้สารทำความเย็น R-12 ดังรูป อีแวปโปเรเตอร์ขนาด 40 ตันทำความเย็น และ Flash tank ทำงานที่ความดัน 80 psia อีแวปโปเรเตอร์ขนาด 20 ตันทำความเย็น ทำงานที่ความดัน 32 psia หากการอัดไอของคอมเพรสเซอร์เป็นแบบ Isentropic โดย Flash tank ได้รับการหุ้มฉนวนอย่างดี และคอนเดนเซอร์ทำงานที่ความดัน 140 psia จงเขียน P-h diagram ของระบบนี้ และจงหาค่าต่อไปนี้

- 1) อัตราการไหลของสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์ A และ B
- 2) Theoretical piston displacement
- 3) Compressor power
- 4) ความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์
- 5) COP ของระบบ



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

TEMP. •F	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 $l/v_f$	VAPOR $l/v_g$	LIQUID $h_f$	LATENT $h_{fg}$	VAPOR $h_g$	LIQUID $s_f$	VAPOR $s_g$	
10	29.335	14.639	0.011160	1.3241	89.606	0.75523	10.684	67.651	78.335	0.023954	0.16798	10
11	29.932	15.236	0.011173	1.2992	89.499	0.76972	10.901	67.539	78.440	0.024413	0.16790	11
12	30.539	15.843	0.011187	1.2748	89.392	0.78443	11.118	67.428	78.546	0.024871	0.16782	12
13	31.155	16.459	0.011200	1.2510	89.285	0.79935	11.336	67.315	78.651	0.025329	0.16774	13
14	31.780	17.084	0.011214	1.2278	89.178	0.81449	11.554	67.203	78.757	0.025786	0.16765	14
15	32.415	17.719	0.011227	1.2050	89.070	0.82986	11.771	67.090	78.861	0.026243	0.16758	15
65	78.477	63.781	0.012000	0.51642	83.335	1.9364	22.905	60.982	83.887	0.048336	0.16456	65
66	79.729	65.033	0.012017	0.50848	83.212	1.9666	23.133	60.849	83.982	0.048765	0.16451	66
67	80.996	66.300	0.012035	0.50070	83.089	1.9972	23.362	60.715	84.077	0.049195	0.16447	67
68	82.279	67.583	0.012053	0.49305	82.965	2.0282	23.591	60.580	84.171	0.049624	0.16442	68
69	83.576	68.880	0.012071	0.48555	82.841	2.0595	23.821	60.445	84.266	0.050053	0.16438	69
70	84.888	70.192	0.012089	0.47818	82.717	2.0913	24.050	60.309	84.359	0.050482	0.16434	70
100	131.86	117.16	0.012693	0.30794	78.785	3.2474	31.100	55.929	87.029	0.063227	0.16315	100
101	133.70	119.00	0.012715	0.30362	78.647	3.2936	31.341	55.772	87.113	0.063649	0.16312	101
102	135.56	120.86	0.012738	0.29937	78.508	3.3404	31.583	55.613	87.196	0.064072	0.16308	102
103	137.44	122.74	0.012760	0.29518	78.368	3.3877	31.824	55.454	87.278	0.064494	0.16304	103
104	139.33	124.63	0.012783	0.29106	78.228	3.4357	32.067	55.293	87.360	0.064916	0.16301	104
105	141.25	126.55	0.012806	0.28701	78.088	3.4842	32.310	55.132	87.442	0.065339	0.16297	105
106	143.18	128.48	0.012829	0.28303	77.946	3.5333	32.553	54.970	87.523	0.065761	0.16293	106
107	145.13	130.43	0.012853	0.27910	77.804	3.5829	32.797	54.807	87.604	0.066184	0.16290	107
108	147.11	132.41	0.012876	0.27524	77.662	3.6332	33.041	54.643	87.684	0.066606	0.16286	108
109	149.10	134.40	0.012900	0.27143	77.519	3.6841	33.286	54.478	87.764	0.067028	0.16282	109

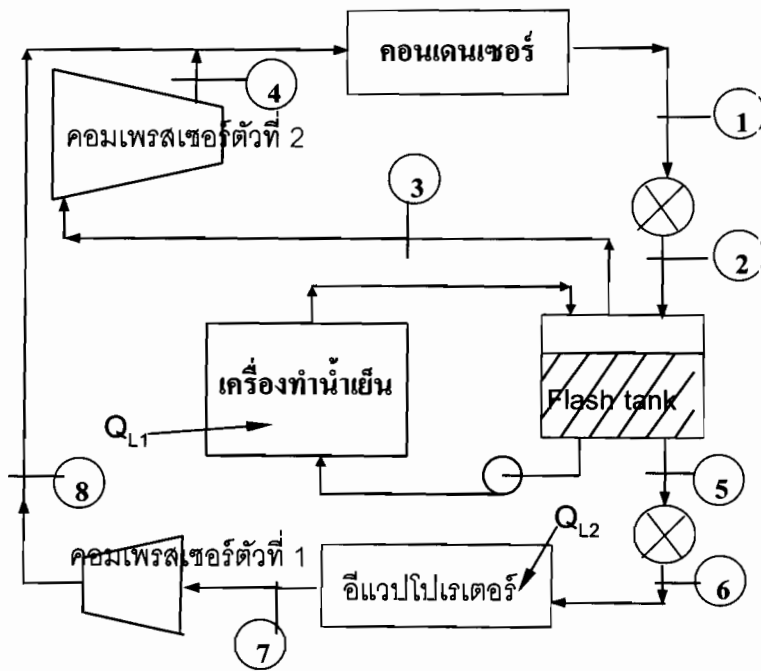


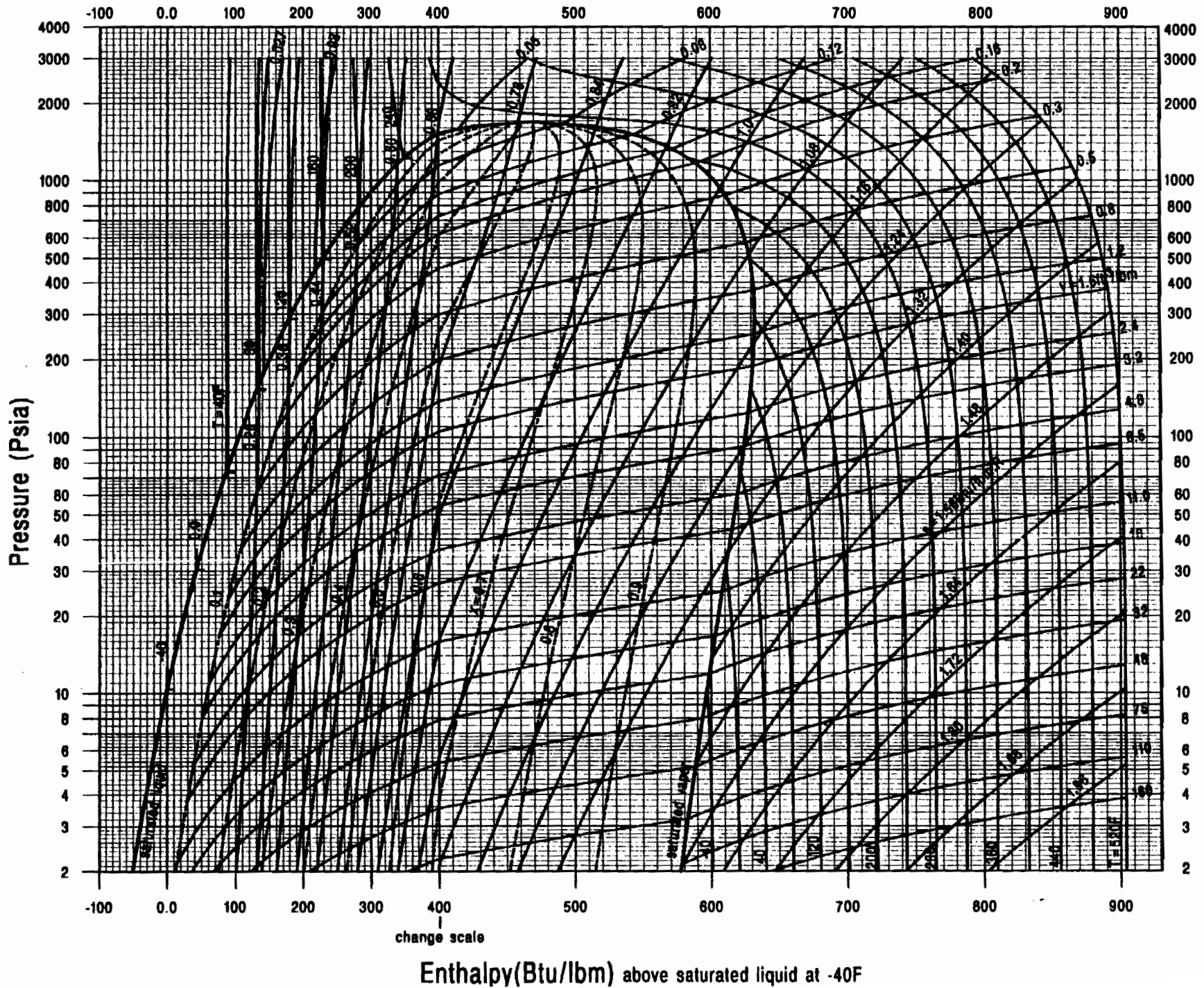
# Thermodynamic properties of Freon-12

Abs. Pressure 32 lb/in. <sup>2</sup> Gage Pressure 17.3 lb/in. <sup>2</sup> (Sat. Temp. 14.4 F)			Abs. Pressure 80 lb/in. <sup>2</sup> Gage Pressure 65.3 lb/in. <sup>2</sup> (Sat. Temp. 66.2 F)			Abs. Press. 140 lb/in. <sup>2</sup> Gage Press. 125.3 lb/in. <sup>2</sup> (Sat. Temp. 104.4 F)		
(1.2198)	(78.793)	(0.16763)	v	h	s	(0.28964)	(87.389)	(0.16299)
.....	.....	.....	(0.50680)	(84.003)	(0.16450)	0.29548	88.448	0.16486
1.2387	79.634	0.16939	.....	.....	.....	.30549	90.297	.16808
1.2717	81.123	.17246	.....	.....	.....	.31513	92.120	.17120
1.3042	82.616	.17548	.....	.....	.....	.32445	93.923	.17423
1.3363	84.113	0.17845	0.51269	84.640	0.16571	0.33350	95.709	0.17718
1.3681	85.616	.18137	.52795	86.316	.16885	.34232	97.483	.18007
1.3995	87.124	.18424	.54281	87.981	.17190	.35095	99.247	.18289
1.4306	88.639	.18707	0.55734	89.640	0.17489	.35939	101.003	.18566
1.4615	90.161	.18987	.57158	91.294	.17782	.36769	102.754	.18838
1.4921	91.690	0.19263	.58556	92.945	.18070	0.37584	104.501	0.19104
1.5225	93.227	.19535	.59931	94.594	.18352	.38387	106.245	.19367
1.5528	94.771	.19803	.61286	96.242	.18629	.39179	107.987	.19625
1.5828	96.323	.20069	0.62623	97.891	0.18902	.39961	109.728	.19879
1.6127	97.883	.20331	.63943	99.542	.19170	.40734	111.470	.20130
1.6425	99.451	0.20590	.65250	101.195	.19435	0.41499	113.212	0.20377
1.6721	101.027	.20847	.66543	102.851	.19696	.42257	114.956	.20621
1.7017	102.611	.21100	.67824	104.511	.19953	.43008	116.701	.20862
1.7311	104.204	.21351	0.69095	106.174	0.20207	.43753	118.449	.21100
1.7604	105.805	.21600	.70356	107.841	.20458	.44492	120.199	.21335
1.7896	107.414	0.21845	.71609	109.513	.20706	0.45226	121.953	0.21567
1.8187	109.031	.22089	.72853	111.190	.20951	.45955	123.709	.21797
1.8478	110.656	.22330	.74090	112.872	.21193	.46680	125.470	.22024
1.8768	112.289	.22568	0.75220	114.559	0.21432	.47400	127.233	.22249
1.9057	113.930	.22804	.76544	116.251	.21669	.48117	129.001	.22471
1.9346	115.579	0.23038	.77762	117.949	.21903	0.48831	130.773	0.22692
1.9634	117.235	.23270	.78975	119.652	.22135	.49541	132.548	.22910
1.9922	118.900	.23500	.80183	121.361	.22364	.50248	134.328	.23125
2.0209	120.572	.23727	0.81386	123.075	0.22592	.50953	136.112	.23339
2.0495	122.251	.23953	.82586	124.795	.22817	.51654	137.901	.23551
.....	.....	.....	.83781	126.521	.23039	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.84973	128.253	.23260	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.86161	129.990	.23479	.....	.....	.....

ข้อ 3. ระบบทำความเย็นสำหรับโรงงานอาหารกระป๋องใช้แอมโมเนียเป็นสารทำงาน ดังแสดงในรูป แอมโมเนียเหลวอิ่มตัวออกจากคอนเดนเซอร์ที่ความดัน 200 psia ผ่าน expansion valve เข้าสู่ถังแฟลชที่มีความดันอิ่มตัว 40 psia ของเหลวบางส่วนจากถังนี้ ถูกปั๊มเข้าเครื่องทำน้ำเย็น โดยเครื่องทำน้ำเย็นมีความสามารถทำความเย็น  $Q_{L1} = 50$  ตันทำความเย็น ไอแอมโมเนียอิ่มตัวที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นไหลกลับสู่ถังแฟลช แอมโมเนียเหลวอิ่มตัวอีกส่วนในถังแฟลชผ่าน expansion valve จนมีความดัน 17 psia เข้าสู่อีแวปโปเรเตอร์ของห้องเย็นซึ่งมีความสามารถทำความเย็น  $Q_{L2} = 70$  ตันทำความเย็น ไอแอมโมเนียอิ่มตัวจากอีแวปโปเรเตอร์ถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 1 เข้าสู่คอนเดนเซอร์ ร่วมกับไอแอมโมเนียอิ่มตัวจากถังแฟลชที่ถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 2 สมมติถังแฟลชแอมโมเนียหุ้มฉนวนตลอดเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทจากสิ่งแวดล้อม จงหา

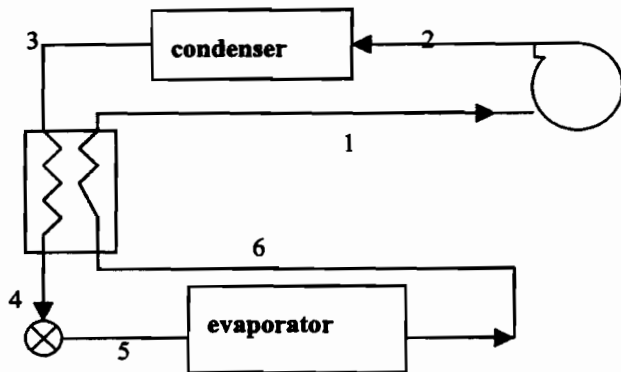
- 2.1) อัตราการไหลของแอมโมเนียที่ผ่านคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และเครื่องทำน้ำเย็น
- 2.2) กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ทั้งสองเครื่อง
- 2.3) COP ของระบบ(ไม่ต้องคำนึงถึงกำลังของปั๊ม)





P-h diagram ของแอมโมเนีย

ข้อ 4) ระบบทำความเย็นแบบอัดไอเชิงกลที่ใช้สารทำความเย็น R-22 ซึ่งมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังรูป เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ จะทำหน้าที่ในการเพิ่มอุณหภูมิของไออิ่มตัวที่ออกจากอีแวปอเรเตอร์ที่ ความดัน 50 psia จนมีอุณหภูมิ  $40^{\circ}\text{F}$  โดยการใช้สารทำความเย็นเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์ที่ความดัน 200 psia หากกระบวนการอัดตัวเป็นแบบไอเซนโทรปิก จงหาค่าต่อไปนี้ Compressor work (Btu/min-tor), ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบ, และ จงหาค่าต่างๆ ข้างต้น หากระบบทำความเย็นไม่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



SCALE CHANGE

-30 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

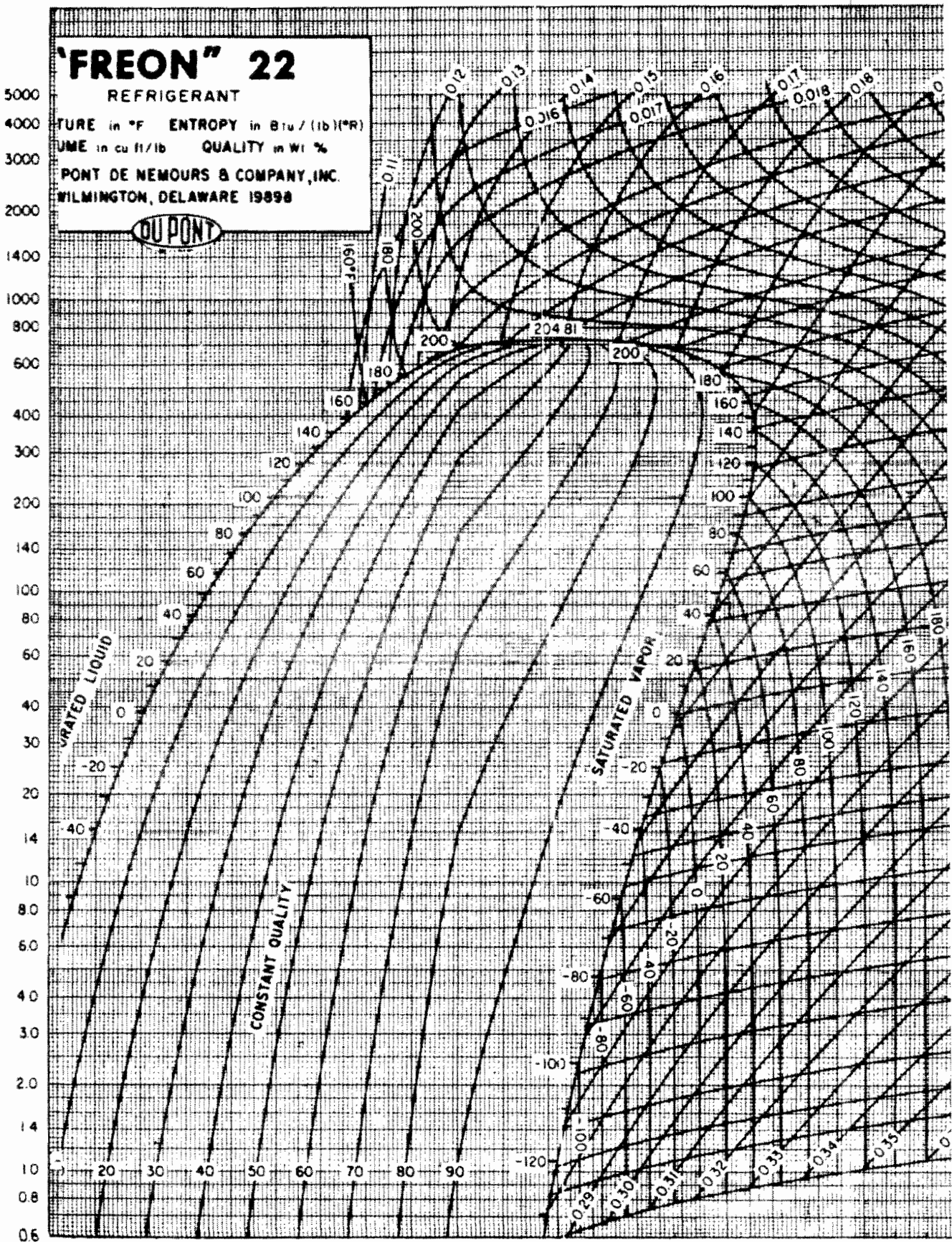
**'FREON' 22**  
 REFRIGERANT

TEMPERATURE in °F    ENTROPY in Btu / (lb)(°R)  
 VOLUME in cu ft / lb    QUALITY in Wt %

PONT DE NEMOURS & COMPANY, INC.  
 WILMINGTON, DELAWARE 19898



ABSOLUTE PRESSURE (LBS PER SQUARE INCH)



ENTHALPY ( BTU PER LB ABOVE SATURATED LIQUID AT -4