

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบกลางภาค ประจำปีการศึกษาที่ 1

วันที่ 4 สิงหาคม 2555

วิชา 216-433 Refrigeration and Air-conditioning

ประจำปีการศึกษา 2555

เวลา 9.00 – 12.00 น.

ห้อง Robot, R200

-

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ไม่อนุญาตให้นำโน้ต ตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
4. อนุญาตให้ทำข้อสอบด้วยดินสอได้

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	55	
2	25	
3	25	
4	25	
คะแนนรวม	130	

อ.นันทพันธ์ นภทรานันท์ (ตอน 01)

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

ตอน.....

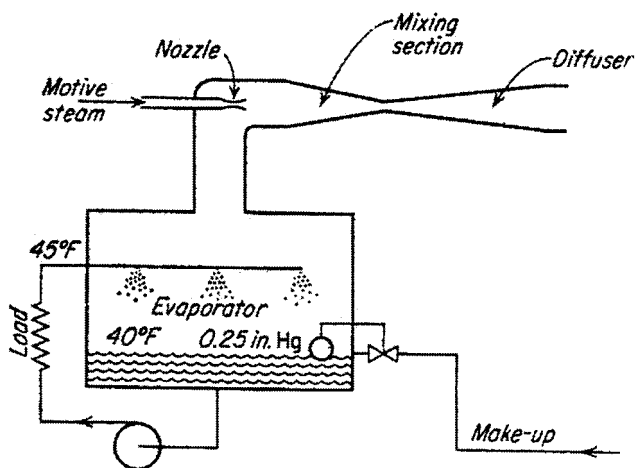
ข้อ 1) จงอธิบาย (คะแนนข้อย่อยละ 3 คะแนน ทำทุกข้อ)

1.1 วัฏจักรทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีกี่ประเภทอะไรบ้าง

1.2 วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืนเบื้องต้นทำงานอย่างไร

1.3 วัฏจักรทำความเย็นของอากาศ (Air cycle refrigeration system) ทำงานอย่างไร?

1.4 ระบบทำความเย็นแบบเจ็ทไอน้ำ (Steam-Jet Refrigeration System) ทำงานอย่างไร?



1.5 จงให้ความหมายของค่าความเย็น 1 ตัน

1.6 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Refrigerating efficiency) คืออะไร

1.7 ความแตกต่างทางสมรรถนะของวัฏจักรอัดไอชั้นเดียว กับวัฏจักรคาร์โนที่มีอะไรบ้าง

1.8 วัฏจักรอัดไอหลายชั้นที่ใช้สารทำความเย็นตัวเดียว มีการทำงานกี่แบบ และแต่ละแบบทำงานอย่างไร

1.9 ในการลดความสามารถของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ เพื่อให้เหมาะสมกับภาระที่เกิดขึ้น ทำได้กี่วิธี
อะไรบ้าง

1.10 ในการลดความสามารถของคอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง เพื่อให้เหมาะสมกับภาระที่เกิดขึ้น ทำได้กี่วิธี อะไรบ้าง

1.11 ถ้าจะแบ่งคอนเดนเซอร์ออกตามลักษณะของการระบายความร้อน จะแบ่งออกได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

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

1.13 จงให้ความหมายของ ตันบอกขนาด (Nominal tonnage) ของ cooling tower

1.14 จงให้นิยามของคำต่อไปนี้ (4 คะแนน)

- COP

- chp

- EER

- Hp/Ton

1.15. Evaporator สามารถแบ่งประเภทตามวิธีการแยกน้ำมันหล่อลื่นได้กี่ชนิดคืออะไรบ้าง

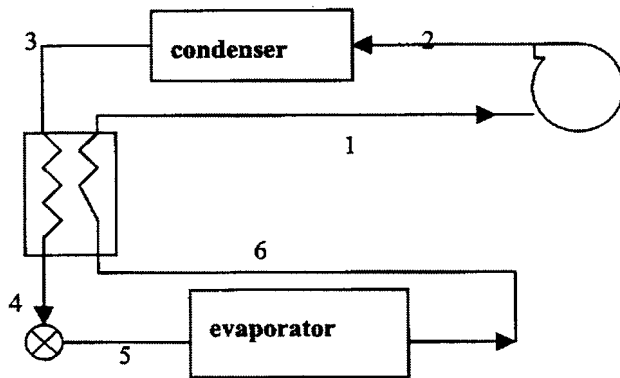
1.16 หากแบ่งประเภทของ Evaporator ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนได้กี่ชนิดคืออะไรบ้าง

1.17 เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 คืออะไร

1.18 เหตุใด วัฏจักรอัดไอชั้นเดียวจึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิเครื่องระเหยต่ำๆ

ข้อ 2) ระบบทำความเย็นแบบอัดไอเชิงกลที่ใช้สารทำความเย็น R-22 ซึ่งมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังรูป เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ จะทำหน้าที่ในการเพิ่มอุณหภูมิของไออิมตัวที่ออกจากอีแวปโปเรเตอร์ที่ความดัน 80 psia จนมีอุณหภูมิ 50°F โดยการใช้สารทำความเย็นเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์ที่ความดัน 260 psia หากกระบวนการอัดตัวเป็นแบบไอเซนโทรปิก และระบบทำความเย็นได้ 1 ตันทำความเย็น จงหาค่าต่อไปนี้

- 1) อัตราการไหลของสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์ (lb/h)
- 2) Compressor power (Btu/h)
- 3) ความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์ (Btu/h)
- 4) COP ของระบบ
- 5) ประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบ
- 6) Piston displacement ของคอมเพรสเซอร์ (ft^3/h)



ตารางคุณสมบัติของ R-22

TABLE B-5 (Cont.)

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb·°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v _l	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _l	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
35	76.170	61.474	0.012523	0.71655	79.852	1.3956	20.010	87.708	107.719	0.04351	0.22081	35
36	77.540	62.844	0.012542	0.70425	79.733	1.4199	20.292	87.512	107.804	0.04407	0.22062	36
37	78.929	64.233	0.012561	0.69221	79.614	1.4447	20.574	87.316	107.889	0.04464	0.22043	37
38	80.336	65.640	0.012579	0.68041	79.495	1.4697	20.856	87.118	107.974	0.04520	0.22024	38
39	81.761	67.065	0.012598	0.66885	79.375	1.4951	21.138	86.920	108.058	0.04576	0.22005	39
40	83.206	68.510	0.012618	0.65753	79.255	1.5208	21.422	86.720	108.142	0.04632	0.21986	40
41	84.670	69.974	0.012637	0.64643	79.134	1.5469	21.705	86.520	108.225	0.04688	0.21968	41
42	86.153	71.457	0.012656	0.63557	79.013	1.5734	21.989	86.319	108.308	0.04744	0.21949	42
43	87.655	72.959	0.012676	0.62492	78.892	1.6002	22.273	86.117	108.390	0.04800	0.21931	43
44	89.177	74.481	0.012695	0.61448	78.770	1.6274	22.558	85.914	108.472	0.04855	0.21912	44
110	241.04	226.35	0.014350	0.22222	69.689	4.5000	42.446	70.052	112.498	0.08491	0.20787	110
111	244.25	229.56	0.014382	0.21903	69.529	4.5656	42.768	69.763	112.531	0.08546	0.20770	111
112	247.50	232.80	0.014416	0.21589	69.369	4.6321	43.091	69.473	112.564	0.08601	0.20753	112
113	250.77	236.08	0.014449	0.21279	69.208	4.6994	43.415	69.180	112.595	0.08656	0.20736	113
114	254.08	239.38	0.014483	0.20974	69.046	4.7677	43.739	68.886	112.626	0.08711	0.20718	114
115	257.42	242.72	0.014517	0.20674	68.883	4.8370	44.065	68.590	112.655	0.08766	0.20701	115
116	260.79	246.10	0.014552	0.20378	68.719	4.9072	44.391	68.291	112.682	0.08821	0.20684	116
117	264.20	249.50	0.014587	0.20087	68.554	4.9784	44.718	67.991	112.709	0.08876	0.20666	117
118	267.63	252.94	0.014622	0.19800	68.388	5.0506	45.046	67.688	112.735	0.08932	0.20649	118
119	271.10	256.41	0.014658	0.19517	68.221	5.1238	45.375	67.384	112.759	0.08987	0.20631	119

ตารางคุณสมบัติของ R-22

TABLE I

Temp. F.	Abs. Pressure 80 lb/in. ² Gage Pressure 65.3 lb/in. ² (Sat. Temp. 37.4 F)		
	t	v	h
Sat.	(0.6356)	(108.86)	(0.8224)
-20	.....	.....	.....
-10	.....	.....	.....
0	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....
20	.....	.....	.....
30	.....	.....	.....
40	0.6904	109.26	0.2232
50	0.7087	110.80	0.2263
60	.7269	112.32	.2293
70	.7446	113.90	.2323
80	.7625	115.48	.2352
90	.7801	117.09	.2381
100	.7978	118.69	0.2410
110	.8151	120.29	.2439
120	.8327	121.91	.2467
130	.8500	123.55	.2495
140	.8673	125.19	.2522
150	.8844	126.84	0.2550
160	.9014	128.51	.2577
170	.9184	130.19	.2604
180	.9356	131.89	.2630
190	.9524	133.59	.2657
200	.9689	135.31	0.2683
210	.9857	137.04	.2709
220	1.0025	138.79	.2735
230	1.0192	140.54	.2761
240	1.0358	142.32	.2787
250	1.0524	144.10	0.2812
260	1.0690	145.90	.2837
270	1.0854	147.72	.2862
280	1.1019	149.55	.2887
290	1.1183	151.40	.2912
300	1.1343	153.25	0.2936
310	1.1507	155.12	.2961
320	1.1671	157.00	.2985
330	1.1834	158.90	.3009
340	1.1996	160.80	.3033

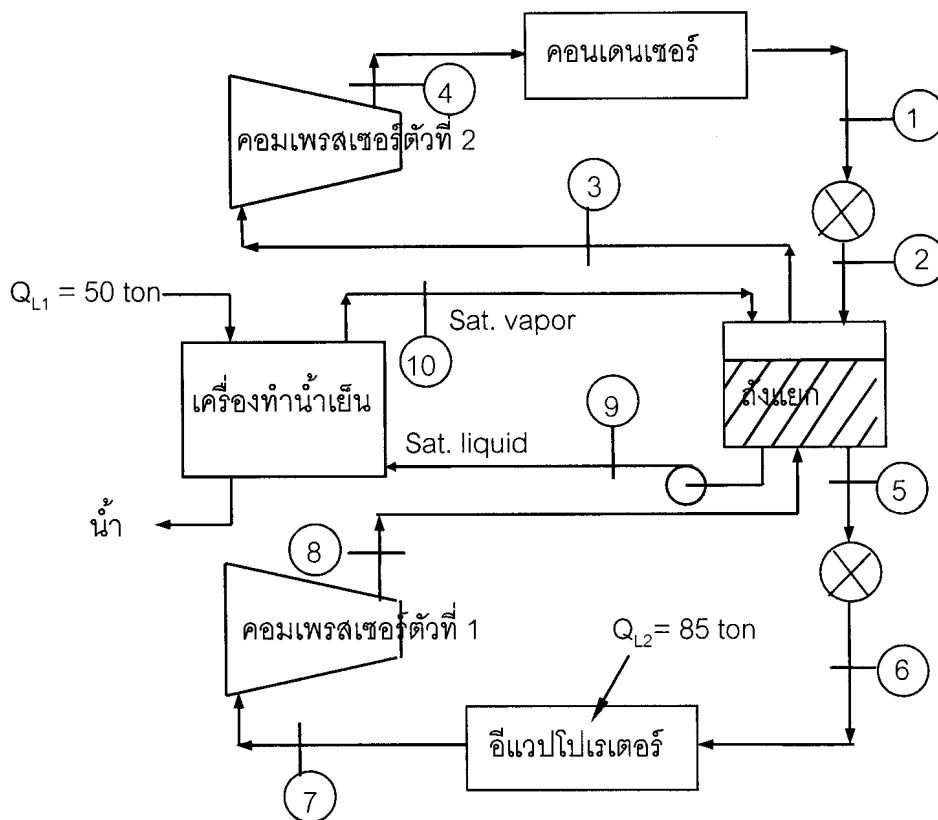
TABLE I

Temp. F.	Abs. Pressure 260 lb/in. ² Gage Pressure 245.3 lb/in. ² (Sat. Temp. 115.0 F)		
	t	v	h
Sat.	(0.8013)	(113.42)	(0.8084)
90	.....	.....	.....
100	.....	.....	.....
110	.....	.....	.....
120	0.2066	114.45	0.2106
130	.2147	116.47	.2141
140	.2227	118.45	.2174
150	0.2303	120.44	0.2207
160	.2379	122.36	.2238
170	.2454	124.29	.2270
180	.2526	126.22	.2300
190	.2596	128.16	.2330
200	0.2663	130.10	0.2359
210	.2728	132.01	.2388
220	.2793	133.92	.2416
230	.2857	135.84	.2444
240	.2921	137.76	.2472
250	0.2984	139.70	0.2499
260	.3045	141.62	.2526
270	.3107	143.56	.2553
280	.3168	145.51	.2580
290	.3229	147.46	.2606
300	0.3287	149.43	0.2632
310	.3346	151.39	.2658
320	.3404	153.37	.2683
330	.3462	155.36	.2709
340	.3520	157.36	.2734
350	0.3577	159.36	0.2759
360	.3633	161.38	.2783
370	.3690	163.41	.2808
380	.3746	165.46	.2832
390	.3802	167.51	.2857
400	0.3858	169.57	0.2881
410	.3913	171.66	.2905
420	.3968	173.77	.2929

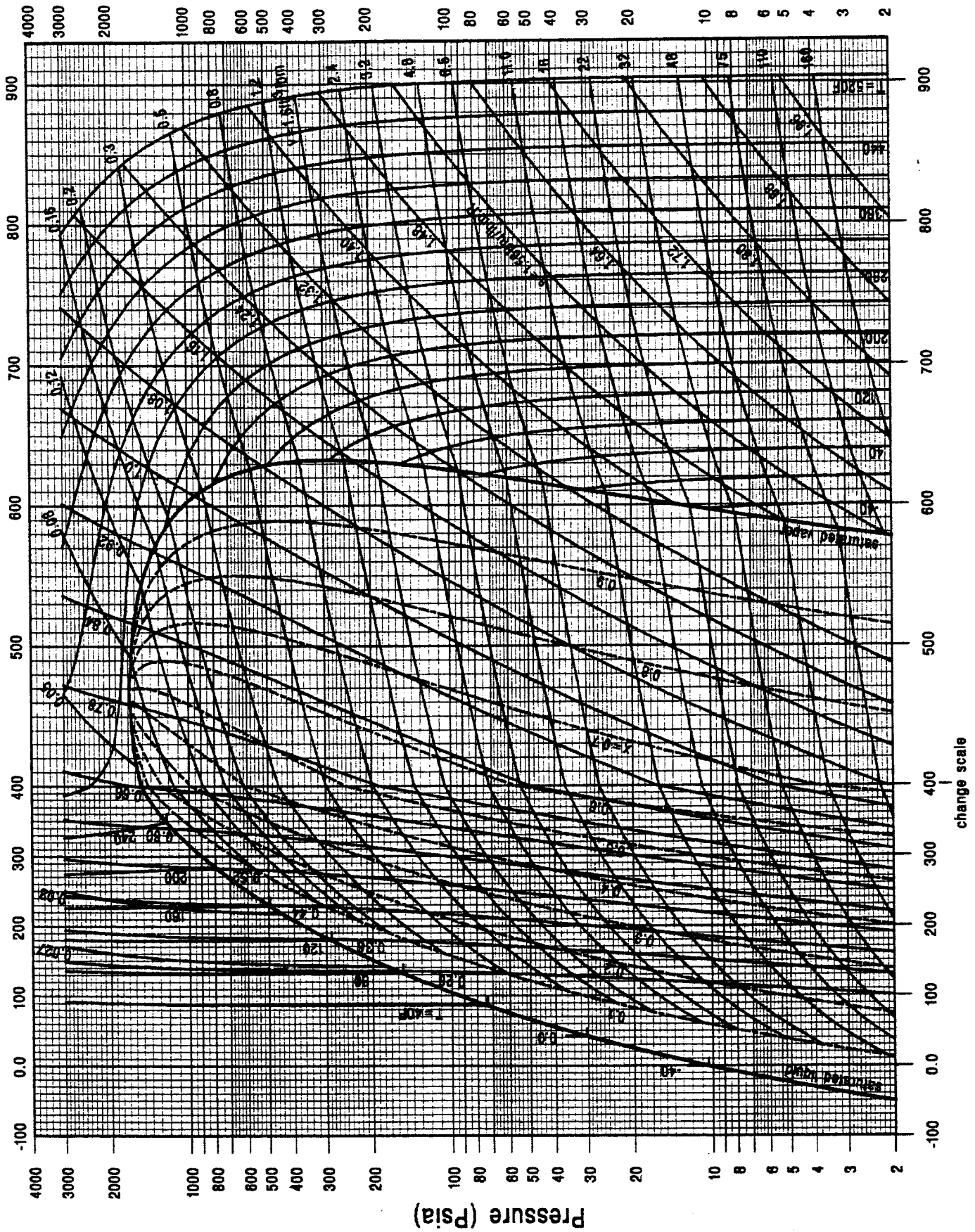
Source: t

ข้อ 3) ระบบทำความเย็นสำหรับโรงงานอาหารกระป๋องใช้แอมโมเนียเป็นสารทำงานดังแสดงในรูป แอมโมเนียเหลวอิ่มตัวออกจากคอนเดนเซอร์ที่ความดัน 300 psia ผ่าน expansion valve เข้าสู่ถังที่มีความดันอิ่มตัว 40 psia ของเหลวบางส่วนจากถังนี้ ถูกปั๊มเข้าเครื่องทำน้ำเย็น โดยเครื่องทำน้ำเย็นมีความสามารถทำความเย็น $Q_{L1} = 50$ ตันทำความเย็น ไอแอมโมเนียอิ่มตัวที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นไหลกลับสู่ถัง แอมโมเนียเหลวอิ่มตัวอีกส่วนในถังไหลผ่าน expansion valve จนมีความดัน 17 psia เข้าสู่อีแวปโปเรเตอร์ของห้องเย็นซึ่งมีความสามารถทำความเย็น $Q_{L2} = 85$ ตันทำความเย็น ไอแอมโมเนียอิ่มตัวจากอีแวปโปเรเตอร์ถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 1 เข้าสู่ถัง แอมโมเนียอิ่มตัวจากถังถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 2 เข้าสู่คอนเดนเซอร์ สมมติถังแอมโมเนียหุ้มฉนวนตลอดเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทจากสิ่งแวดล้อม จงหา

- 3.1) อัตราการไหลของแอมโมเนียที่ผ่านคอมเพรสเซอร์ตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และเครื่องทำน้ำเย็น (lb/h)
- 3.2) กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ทั้งสองเครื่อง (Btu/h)
- 3.3) COP ของระบบ (ไม่ต้องคำนึงถึงกำลังของปั๊ม)
- 3.4) ความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์ (Btu/h)



P-h diagram ของแอมโมเนีย



Enthalpy(Btu/lbm) above saturated liquid at -40F

change scale

4.) คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ แบบ shell and tube (one tube pass) ถูกใช้ควบแน่นสารทำความเย็น R-22 ของระบบปรับอากาศ โดยความดันของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์คือ 260 psia อุณหภูมิของสารทำความเย็นเข้าคอนเดนเซอร์ที่ 160°F และออกจากคอนเดนเซอร์ในสถานะของเหลวอิ่มตัว น้ำระบายความร้อนมีอัตราการไหล $25,000\text{ lb/h}$ ที่อุณหภูมิเข้า 90°F หากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของ R-22 เท่ากับ $250\text{ Btu/h ft}^2\text{ }^{\circ}\text{F}$ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของน้ำเท่ากับ $1,100\text{ Btu/h ft}^2\text{ }^{\circ}\text{F}$ พื้นที่ผิวด้านในท่อเป็น 30 ft^2 พื้นที่ผิวด้านนอกท่อและครีปเป็น 60 ft^2 (fin efficiency = 1.0) ท่อทองแดงผนังบาง จงหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิน้ำออก และอัตราการควบแน่นของสารทำความเย็น (กำหนดให้น้ำมีค่า $C_p = 0.998\text{ Btu/lb }^{\circ}\text{F}$)