คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2549

วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2550 เวลา 13.30 - 16.30 น.

วิชา 215-433 Refrigeration and Air-conditioning ห้อง A401

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ไม่อนุญาตให้นำโน้ต ตำรา หรือเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	30	
2	20	
3	20	
4	20	
5	30	
6	20	
คะแนนรวม	140	

อ.พุทธิพงศ์ แสนสบาย
ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

ข้อ 1) จงอธิบาย (คะแนนข้อย่อยละ 2 คะแนน ทำทุกข้อ)

1.1 ให้แสดงการหาความสัมพันธ์ระหว่าง COP ของระบบทำความเย็น และ COP ของ ฮีตปั้ม

1.2. Evaporator สามารถแบ่งประเภทตามวิธีการแยกน้ำมันหล่อลื่นได้ 2 ชนิดคืออะไรบ้าง

1...

2...

1.3 หากแบ่งประเภทของ Evaporator ตาม function แบ่งได้ 3 ชนิดคืออะไรบ้าง

1...

2...

3...

1.4 ให้บอกชนิดของอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นมา 4 ชนิด

1...

2...

3...

4...

1.5 อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นมีหน้าที่อะไรบ้าง

1.6 Filter driers มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

1.7 Thermostat มีกี่ชนิด อะไรบ้าง และมีหน้าที่อะไร

1.8. จงบอกถึงคุณสมบัติที่ต้องการของสารทำความเย็นควรเป็นเช่นใด เพราะเหตุใด

- ความร้อนแฝงของการระเหย
- อุณหภูมิเยือกแข็งเป็นเช่นใด
- ความดันระเหยเป็นเช่นใด

1.9 การตรวจสอบการรั่วของสารทำความเย็นมีกี่วิธี ทำได้อย่างไรบ้าง

1.10 การตรวจสอบการรั่วของแอมโมเนีย ด้วยวิธีปฏิกิริยาเคมีต้องทำอย่างไร

1.11 ทำไมสารทำความเย็นชนิด CFCs จึงถูกห้ามใช้ในปัจจุบัน

1.12 คุณสมบัติด้านความปลอดภัยที่สำคัญของสารทำความเย็นมีอะไรบ้าง

1.....

2.....

3.....

1.13 ถังพักด้านดูด (Suction Accumulator) มีหน้าที่อะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร

1.14 Sight Glass มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

1.15 Oil Separator มีหน้าที่อะไรและมักจะติดตั้งที่ตำแหน่งใดในระบบปรับอากาศ

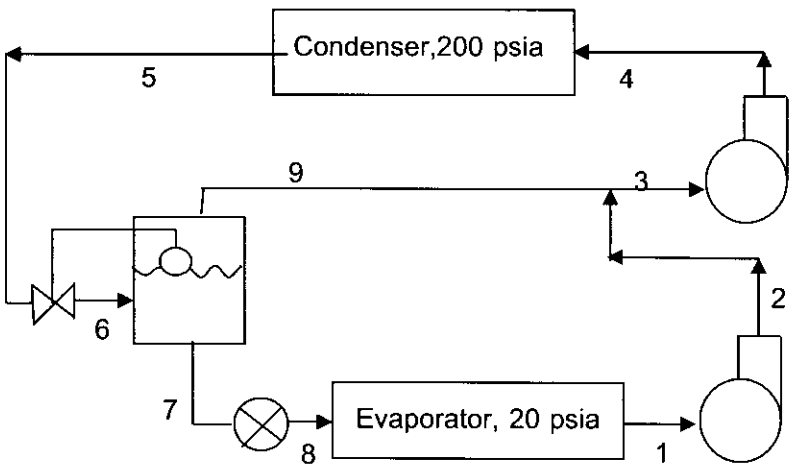
ข้อ 2). ระบบทำความเย็นแบบ 2 ชั้น ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น โดยมีอุปกรณ์ flash tank ดังแสดงในไดอะแกรม ความดันเครื่องระเหย 20 psia ความดันเครื่องควบแน่น 200 psia และ ความดันใน flash tank คือ 50 psia หากระบบสามารถทำความเย็นได้ 50 ตันความเย็น ให้เขียน P-h ไดอะแกรมของระบบ และ จงหา

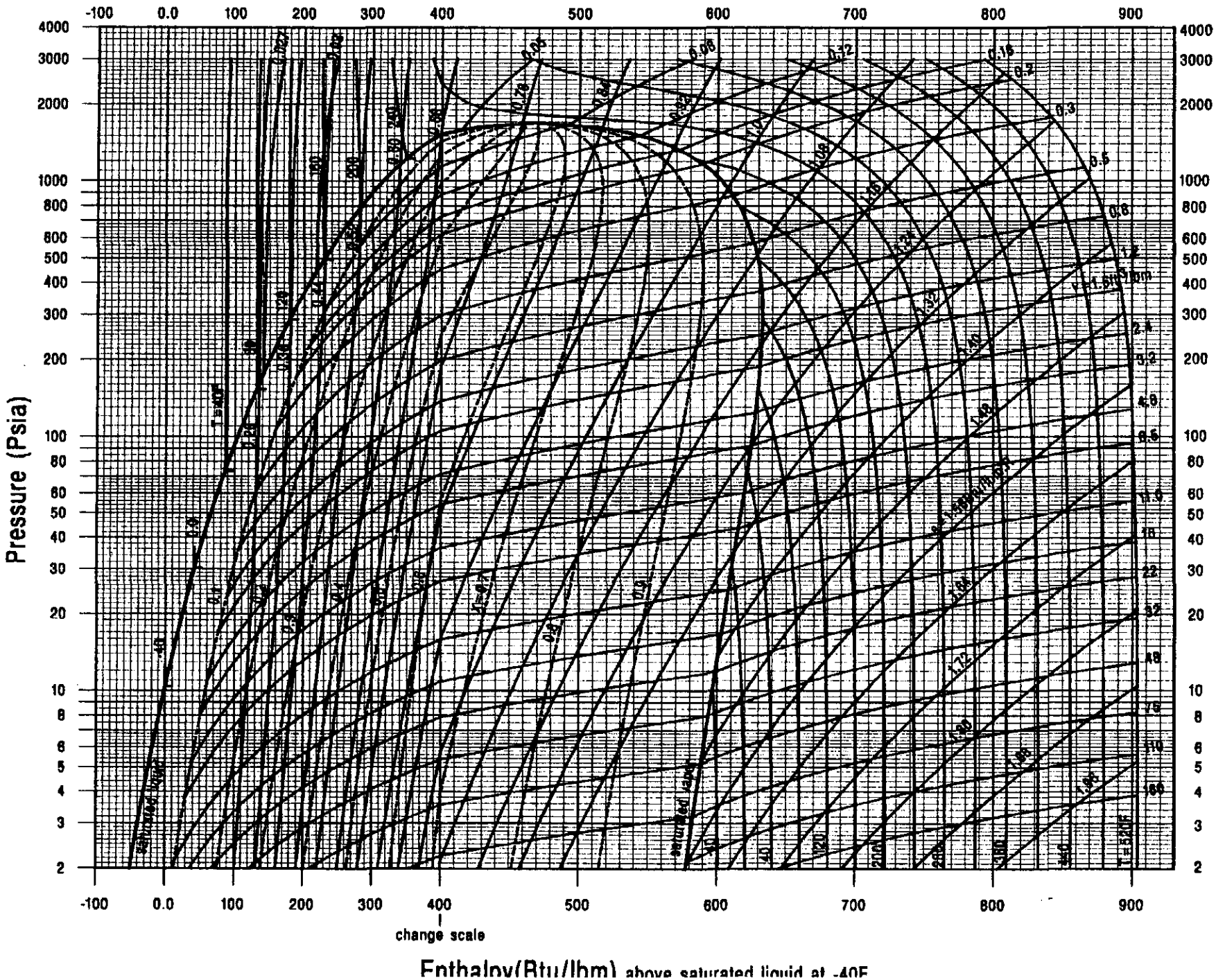
ก) อัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ condenser และ evaporator

ข) กำลังรวมของคอมเพรสเซอร์

ค) ความร้อนที่ระบายออกจาก condenser

ง) ค่า COP ของระบบ




Pressure (Psia)
Enthalpy(Btu/lbm) above saturated liquid at -40F
change scale
-100
0.0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
4000
3000
2000
1000
800
600
500
400
300
200
100
80
60
50
40
30
20
10
8
6
5
4
3
2

ข้อ 3) อากาศชื้นที่ความดัน 14.696 psia มีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง 80 °F และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 °F ให้คำนวณ

ก) อัตราส่วนความชื้น (W)

ข) ความชื้นสัมพัทธ์ (ϕ_1)

ค) อุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ (t_{dp})

ค) เอนทาลปี

กำหนดให้ $W = 0.6219\frac{P_v}{P_a}$ และ $W_1 = \frac{W^* h^*_{fg} - Cpa\left(T_{db} - T^*_{wb}\right)}{h_g - h^*_f}$ และ Cp_a = 0.24 Btu/bl °F

Thermodynamic properties of water vapor at saturation

Temp. °F	Absolute Pressure P_{sat} lbf/in²	Absolute Pressure P_{sat} 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 4) อาคารหลังหนึ่งมีภาระความเย็น 10 ตันความเย็น โดยที่เป็นภาระความร้อนแฝง 2.5 ตันความเย็น อาคารนี้ถูกควบคุมไว้ที่ 76^{o}FDB 50%RH ปริมาตรของลมจ่ายให้ห้อง 10% เป็นอากาศภายนอกที่ 100^{o}FDB 50%RH ลมจ่ายให้ห้องต้องมีอุณหภูมิ 56^{o}FDB ให้หา

1 เขียน cycle ลงใน Psychrometic chart ที่ให้มา

2 ปริมาณลมจ่ายต่ำสุดที่จ่ายให้ห้อง

3 ปริมาณลมไหลกลับและอากาศภายนอก

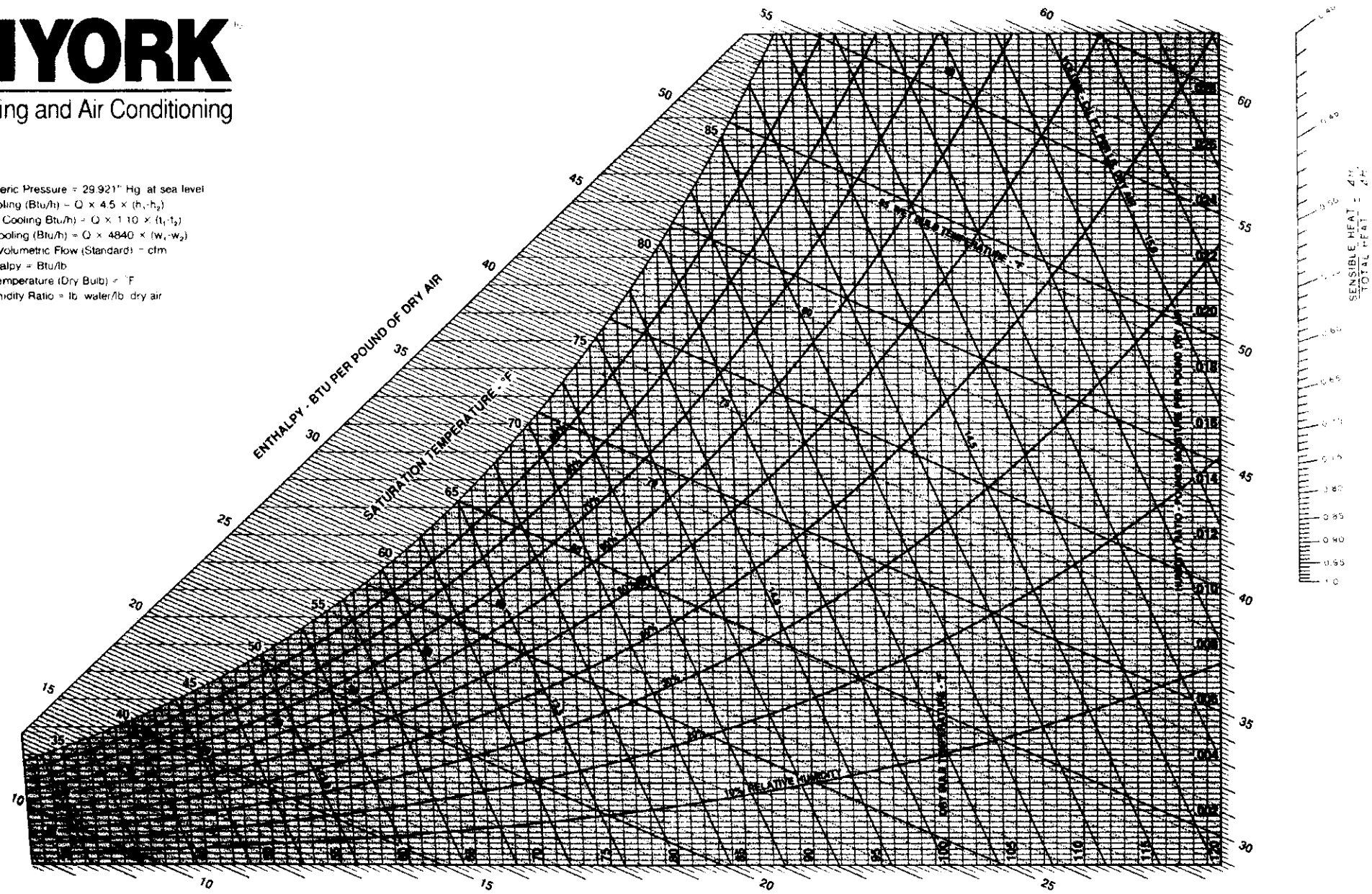
4 สภาวะและอัตราไหลของอากาศที่เข้า cooling coil

5 ขนาด (capacity) ของ cooling coil

YORK

Heating and Air Conditioning

Atmospheric Pressure = 29.921" Hg at sea level
Total Cooling (Btu/h) = Q × 4.5 × (h_1-h_2)
Sensible Cooling Btu/h) = Q × 1.10 × (t_1-t_2)
Latent Cooling (Btu/h) = Q × 4840 × (w_1-w_2)
Q = Air Volumetric Flow (Standard) = cfm
h = Enthalpy = Btu/lb
t = Air Temperature (Dry Bulb) = °F
w = Humidity Ratio = lb water/lb dry air



Prepared by CENTER FOR APPLIED THERMODYNAMIC STUDIES, University of Idaho

COPYRIGHT 1992
AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC.

Y93-1285

ข้อ 5) จงคำนวณภาระความเย็น ผ่านผนังกำแพง และหน้าต่างของอาคารทิศตะวันตก ระบบปรับอากาศของอาคารทำงาน 12 ชั่วโมง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

- ที่ตั้ง latitude 10 °N เวลาที่ต้องการคำนวณ 14.00 น. เดือนเมษายน
- อุณหภูมิออกแบบภายใน 78 °Fdb 50%RH
- อุณหภูมิออกแบบภายนอก 95 °Fdb 82°Fwb และ 18°F daily range
- ผนังเป็น poured concrete หนา 6 นิ้ว มีความหนาแน่น 140lb/ft^3 ภายในไม่ได้ฉาบอะไรทั้งสิ้น

มีพื้นที่ 200 ft^2

- หน้าต่าง เป็นกระจก regular plate หนา 0.25 นิ้ว ไม่มีอุปกรณ์บังแดดทั้งภายในและภายนอก พื้นที่หน้าต่างรวม 50 ft^2
- น้ำหนักโครงสร้างอาคาร 100 lb/ft^2 พื้นห้อง
- ค่า Δte ของกำแพง ในวันเวลาข้างต้น หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\Delta t_e = 0.55 + \frac{R_s}{R_m}\Delta t_{em} + (1 - 0.55\frac{R_s}{R_m})\Delta t_{es} \quad \text{เมื่อ}$$

Δte = equivalent temperature difference สำหรับ เวลาและวันที่ต้องการ

Δtes = equivalent temperature difference สำหรับกำแพงในร่ม(ทิศเหนือ) ที่เวลา และวันที่ต้องการ โดยใช้ค่าแก้ไขด้วย

Δtem = equivalent temperature difference สำหรับกำแพงที่รับแดดในทิศที่ต้องการ ที่เวลา และวันที่ต้องการ โดยใช้ค่าแก้ไขด้วย

Rs = maximum solar heat gain in Btu/(hr) (sq ft) ผ่านกระจกสำหรับกำแพงที่หันหน้าไปทิศที่ต้องการ ในเดือน และ latitude ที่ต้องการ

Rm = maximum solar heat gain in Btu/(hr)(sq ft) ผ่านกระจกสำหรับกำแพงที่หันหน้าไปทิศที่ต้องการ ในเดือน กรกฎาคม และ 40 North latitude

ข้อ 6) สำนักงานเลขานุการแห่งหนึ่ง โดยอาคารประกอบด้วยพื้นที่สำนักงาน(สำหรับพนักงาน 20 คน) และพื้นที่ต้อนรับซึ่งมีพนักงานต้อนรับทำงานอยู่ 2 คน รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 900 ft^2 ให้หาภาระความเย็นสำหรับพื้นที่สำนักงานที่เวลา 14.00 น. โดยสำนักงานทำงานวันละ 12 ชั่วโมง เริ่มงาน 7.00 น. พนักงานทุกคนเริ่มงานพร้อมกัน มีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ในพิกัด 100 W/ft^2 (รวมบัลลาสต์แล้ว และติดตั้งแบบ lights exposed) และเงื่อนไขต่างๆของสำนักงาน เช่นเดียวกับข้อ 5

กำหนดให้ แสงสว่าง $q_s^o = 3.413 \times wattage \times A \times SLF$

คน $q_s^o =$ **จำนวนคน** $\times sensible \times SLF$

$q_l^o =$ **จำนวนคน** $\times latent$

TABLE 6-PEAK SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS*

Btu/(hr)(sq ft)

NORTH LAT.	MONTH	EXPOSURE NORTH LATITUDE									MONTH	SOUTH LAT.
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz		
	June	59	156	147	42	14	42	147	156	226	Dec	
	July & May	48	153	152	52	14	52	152	153	233	Nov & Jan	
	Aug & April	25	141	163	79	14	79	163	141	245	Oct & Feb	
0°	Sept & March	10	118	167	118	14	118	167	118	250	Sept & March	0°
	Oct & Feb	10	79	163	141	34	141	163	79	245	Aug & April	
	Nov & Jan	10	52	152	153	67	153	152	52	233	July & May	
	Dec	10	42	147	156	82	156	147	42	226	June	
	June	40	153	155	55	14	55	155	153	243	Dec	
	July & May	30	148	158	66	14	66	158	148	247	Nov & Jan	
	Aug & April	13	130	163	94	14	94	163	130	250	Oct & Feb	
10°	Sept & March	10	103	164	127	28	127	164	103	247	Sept & March	10°
	Oct & Feb	10	66	155	149	73	149	155	66	230	Aug & April	
	Nov & Jan	9	37	143	161	106	101	143	37	210	July & May	
	Dec	9	28	137	163	120	163	137	28	202	June	
	June	26	154	160	73	14	73	160	154	250	Dec	
	July & May	19	138	163	85	14	85	163	138	251	Nov & Jan	
20°	Aug & April	11	118	165	113	26	113	165	118	247	Oct & Feb	20°
	Sept & March	10	87	163	140	65	140	163	87	233	Sept & March	
	Oct & Feb	9	52	147	160	111	160	147	52	208	Aug & April	
	Nov & Jan	8	26	128	164	141	164	128	26	180	July & May	
	Dec	8	18	121	167	149	167	121	18	170	June	
	June	20	139	161	90	21	90	161	139	250	Dec	
	July & May	16	131	164	100	30	100	164	131	246	Nov & Jan	
	Aug & April	11	108	165	129	63	129	165	108	235	Oct & Feb	
30°	Sept & March	9	90	158	152	105	152	158	90	212	Sept & March	30°
	Oct & Feb	8	39	135	163	145	163	135	39	179	Aug & April	
	Nov & Jan	7	16	116	162	159	162	116	16	145	July & May	
	Dec	6	12	105	162	163	162	105	12	131	June	
	June	17	133	162	111	54	111	162	133	237	Dec	
	July & May	15	127	164	125	69	125	164	127	233	Nov & Jan	
	Aug & April	11	102	162	146	102	146	162	102	214	Oct & Feb	
40°	Sept & March	9	58	149	162	140	162	149	58	183	Sept & March	40°
	Oct & Feb	7	35	122	163	162	163	122	35	129	Aug & April	
	Nov & Jan	5	12	100	156	166	156	100	12	103	July & May	
	Dec	5	10	86	148	165	148	86	10	85	June	
	June	16	126	164	135	93	135	164	126	220	Dec	
	July & May	14	117	163	143	106	143	163	117	211	Nov & Jan	
	Aug & April	11	94	158	157	138	157	158	94	185	Oct & Feb	
50°	Sept & March	8	58	138	163	158	163	138	58	148	Sept & March	50°
	Oct & Feb	5	29	105	157	167	157	105	29	94	Aug & April	
	Nov & Jan	4	9	64	127	153	127	64	9	53	July & May	
	Dec	3	7	47	116	141	116	47	7	40	June	
		S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	Horiz		
		EXPOSURE SOUTH LATITUDE										

Solar Gain Correction	Steel Sash or No Sash X 1/.85 or 1.17	Haze -15% (Max)	Altitude +0.7% per 1000 ft	Dewpoint Above 67 F -7% per 10 F	Dewpoint Below 67 F +7% per 10 F	South Lat Dec or Jan +7%

TABLE 11-STORAGE LOAD FACTORS, SOLAR HEAT GAIN THRU GLASS

12 Hour Operation, Constant Space Temperature†

EXPOSURE (North Lat)	WEIGHT§ (lb per sq ft of floor area)	SUN TIME AM 6	7	8	9	10	11	12	PM 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	AM 1	2	3	4	5	EXPOSURE (South Lat)
Northeast	150 & over	.59	.67	.62	.49	.33	.27	.26	.24	.22	.21	.20	.17	.34	.42	.47	.45	.42	.39	.36	.33	.30	.29	.26	.25	Southeast
	100	.59	.68	.64	.52	.35	.29	.24	.23	.20	.19	.17	.15	.35	.46	.50	.49	.45	.42	.34	.30	.27	.26	.23	.20	
	30	.62	.80	.75	.60	.37	.25	.19	.17	.15	.13	.12	.11	.40	.62	.69	.64	.48	.34	.27	.22	.18	.16	.14	.12	
East	150 & over	.61	.66	.71	.67	.57	.40	.29	.26	.25	.23	.21	.19	.36	.44	.50	.53	.53	.50	.44	.39	.36	.34	.30	.28	East
	100	.52	.67	.73	.70	.58	.40	.29	.26	.24	.21	.19	.16	.34	.44	.54	.58	.57	.51	.44	.39	.34	.31	.28	.24	
	30	.53	.74	.82	.81	.65	.43	.25	.19	.16	.14	.11	.09	.36	.56	.71	.76	.70	.54	.39	.28	.23	.18	.15	.12	
Southeast	150 & over	.20	.42	.59	.70	.74	.71	.61	.48	.33	.30	.26	.24	.34	.37	.43	.50	.54	.58	.57	.55	.50	.45	.41	.37	Northeast
	100	.16	.40	.57	.70	.75	.72	.63	.49	.34	.28	.25	.21	.29	.33	.41	.51	.56	.61	.61	.56	.49	.44	.37	.33	
	30	.09	.35	.61	.78	.86	.82	.69	.50	.30	.20	.17	.13	.14	.27	.47	.64	.75	.79	.73	.61	.45	.32	.23	.18	
South	150 & over	.26	.25	.40	.53	.64	.72	.77	.77	.73	.67	.49	.31	.47	.43	.42	.46	.51	.56	.61	.65	.66	.65	.61	.54	North
	100	.26	.22	.38	.51	.64	.73	.79	.79	.77	.66	.51	.31	.44	.37	.39	.43	.50	.57	.64	.68	.70	.68	.63	.53	
	30	.21	.29	.48	.67	.79	.88	.89	.83	.56	.50	.24	.16	.28	.19	.25	.38	.54	.68	.78	.84	.82	.76	.61	.42	
Southwest	150 & over	.31	.27	.27	.26	.25	.27	.50	.63	.72	.74	.69	.54	.51	.44	.40	.37	.34	.36	.41	.47	.54	.57	.60	.58	Northwest
	100	.33	.28	.25	.23	.23	.35	.50	.64	.74	.77	.70	.55	.53	.44	.37	.35	.31	.33	.39	.46	.56	.62	.64	.60	
	30	.29	.21	.18	.15	.14	.27	.50	.69	.82	.87	.79	.60	.48	.32	.25	.20	.17	.19	.39	.56	.70	.80	.79	.69	
West	150 & over	.63	.31	.28	.27	.26	.24	.22	.29	.46	.61	.71	.72	.56	.49	.44	.39	.36	.33	.31	.31	.35	.42	.49	.54	West
	100	.67	.33	.28	.26	.24	.22	.20	.28	.44	.61	.72	.73	.60	.52	.44	.39	.34	.31	.29	.28	.33	.43	.51	.57	
	30	.77	.34	.25	.20	.17	.14	.13	.22	.44	.67	.82	.85	.77	.56	.38	.28	.22	.18	.16	.19	.33	.52	.69	.77	
Northwest	150 & over	.66	.28	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.24	.41	.56	.67	.49	.44	.39	.36	.33	.30	.25	.26	.26	.30	.37	.44	Southwest
	100	.71	.31	.27	.24	.22	.21	.19	.18	.23	.40	.58	.70	.54	.49	.41	.35	.31	.28	.25	.23	.24	.30	.39	.46	
	30	.82	.33	.25	.20	.18	.15	.14	.13	.19	.41	.64	.80	.75	.53	.36	.28	.24	.19	.17	.15	.17	.30	.50	.66	
North and Shade	150 & over	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.75	.75	.79	.83	.84	.86	.88	.88	.91	.92	.93	.93	South and Shade
	100	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.81	.84	.86	.89	.91	.93	.93	.94	.94	.95	.95	.95	
	30	1.00												1.00												

Equation: Cooling Load, Btu/hr = [Peak solar heat gain, Btu/(hr) (sq ft), (*Table 6*)]
× [Window area, sq ft]
× [Shade factor, Haze factor, etc., (*Chapter 4*)]
× [Storage factor, (above Table at desired time)]

TABLE 12-STORAGE LOAD FACTORS, HEAT GAIN-LIGHTS*

Lights On 10 Hours† with Equipment Operating 12, 16 and 24 Hours, Constant Space Temperature

	EQUIP. OPER-ATION Hours	WEIGHT (lb per sq ft of floor area)	NUMBER OF HOURS AFTER LIGHTS ARE TURNED ON 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fluorescent Lights Exposed	24	150 & over	.37	.67	.71	.74	.76	.79	.81	.83	.84	.86	.87	.29	.26	.23	.20	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.10	.09	.08
		100	.31	.67	.72	.76	.79	.81	.83	.85	.87	.88	.90	.30	.26	.22	.19	.16	.15	.13	.12	.10	.09	.08	.07	.06
		30	.25	.74	.83	.88	.91	.94	.96	.96	.96	.98	.98	.99	.26	.17	.12	.08	.05	.04	.03	.02	.01	.01	.01	0
	16	150 & over	.69	.62	.83	.84	.84	.94	.95	.95	.96	.96	.96	.90	.33	.28	.25	.23	.19							
		100	.46	.78	.84	.86	.87	.88	.88	.89	.89	.90	.90	.90	.30	.26	.22	.19	.16							
		30	.29	.77	.85	.89	.92	.95	.96	.96	.96	.98	.98	.99	.26	.17	.12	.08	.05							
	12	150 & over	.83	.90	.91	.93	.93	.94	.95	.95	.95	.96	.96	.97												
		100	.57	.88	.91	.92	.94	.94	.95	.95	.96	.96	.97	.96												
		30	.42	.86	.91	.93	.96	.97	.98	.98	.99	.99	.99	.26												
Fluorescent Lights Recessed in Susp. Ceiling or Exposed Incandescent Lights.	24	150 & over	.34	.66	.81	.66	.68	.71	.74	.77	.79	.81	.83	.39	.36	.31	.28	.25	.23	.20	.18	.16	.15	.14	.12	.11
		100	.24	.66	.83	.68	.72	.76	.78	.80	.82	.84	.86	.40	.34	.29	.25	.20	.18	.17	.15	.14	.12	.10	.09	.08
		30	.17	.66	.77	.84	.88	.92	.94	.95	.97	.98	.98	.36	.23	.16	.11	.07	.05	.04	.03	.03	.01	.01	0	0
	16	150 & over	.56	.76	.79	.80	.80	.81	.82	.83	.84	.86	.87	.39	.35	.31	.28	.25								
		100	.46	.73	.78	.82	.82	.82	.83	.84	.85	.87	.88	.40	.34	.29	.25	.20								
		30	.22	.69	.80	.86	.89	.92	.94	.95	.97	.98	.98	.36	.23	.16	.11	.07								
	12	150 & over	.69	.66	.89	.90	.91	.91	.92	.93	.94	.95	.95	.50												
		100	.58	.86	.88	.88	.90	.92	.93	.94	.94	.94	.95	.46												
		30	.40	.61	.98	.91	.93	.96	.97	.97	.98	.99	.99	.36												
Fluorescent or Incandescent Lights Recessed in Susp. Ceiling and Ceiling Plenum Return System	24	150 & over	.23	.33	.41	.47	.52	.57	.61	.66	.69	.72	.74	.59	.52	.46	.42	.37	.34	.31	.27	.25	.23	.21	.18	.16
		100	.17	.33	.44	.52	.56	.61	.66	.69	.74	.77	.79	.60	.51	.37	.37	.32	.30	.27	.23	.20	.18	.16	.14	.12
		30	0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.52	.34	.16	.16	.11	.07	.05	.04	.03	.02	.01	0	0
	16	150 & over	.67	.64	.68	.72	.73	.73	.74	.74	.76	.76	.78	.59	.52	.42	.42	.37								
		100	.47	.60	.67	.72	.74	.77	.78	.79	.80	.81	.82	.60	.51	.37	.37	.32								
		30	.07	.53	.70	.78	.84	.88	.91	.93	.95	.97	.98	.52	.34	.16	.16	.11								
	12	150 & over	.75	.79	.83	.84	.86	.86	.88	.91	.91	.93	.93	.76												
		100	.66	.77	.81	.84	.86	.88	.89	.89	.92	.93	.93	.72												
		30	.34	.72	.82	.87	.89	.92	.95	.95	.97	.98	.98	.52												

TABLE 16-OVER-ALL FACTORS FOR SOLAR HEAT GAIN THRU GLASS
WITH AND WITHOUT SHADING DEVICES*
Apply Factors to Table 15
Outdoor wind velocity, 5 mph-Angle of incidence, 30 – Shading devices fully covering window

	GLASS FACTOR NO SHADE	INSIDE VENETIAL BLIND* 45° horiz. or vertical or ROLLER SHADE			OUTSIDE VENETIAN BLIND 45° horiz. slats		OUTSIDE SHADING SCREEN† 17° horiz. slats		OUTSIDE AWNING‡ vent. sides & top	
		Light Color	Medium Color	Dark Color	Light Color	Light on Outside Dark on Inside	Medium** Color	Dark§ Color	Light Color	Med. or Dark Color
ORDINARY GLASS	1.00	.56	.65	.75	.15	.13	.22	.15	.20	.25
REGULAR PLATE (1/4 inch)	.94	.56	.65	.74	.14	.12	.21	.14	.19	.24
HEAT ABSORBING GLASS††										
40 to 48% Absorbing	.80	.56	.62	.72	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing	.73	.53	.59	.62	.11	.10	.16	.11	.15	.18
56 to 70% Absorbing	.62	.51	.54	.56	.10	.10	.14	.10	.12	.16
DOUBLE PANE										
Ordinary Glass	.90	.54	.61	.67	.14	.12	.20	.14	.18	.22
Regular Plate	.80	.52	.59	.65	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing outside; Ordinary Glass inside.	.52	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.13
48 to 56% Absorbing outside; Regular Plate inside.	.50	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.12
TRIPLE PANE										
Ordinary Glass	.83	.48	.56	.64	.12	.11	.18	.12	.16	.20
Regular Plate	.69	.47	.52	.57	.10	.10	.15	.10	.14	.17
PAINTED GLASS										
Light Color	.28									
Medium Color	.39									
Dark Color	.50									
STAINED GLASS‡‡										
Amber Color	.70									
Dark Red	.56									
Dark Blue	.60									
Dark Green	.32									
Greyed Green	.46									
Light Opalescent	.43									
Dark Opalescent	.37									

TABLE 19-EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENCE (DEG F)

FOR DARK COLORED† , SUNLIT AND SHADED WALLS*

Based on Dark Colored Walls; 95 F db Outdoor Design Temp; Constant 80F db Room Temp;

20 deg F Daily Range; 24-hour Operation; July and 40 N. Lat.†

EXPOSURE	WEIGHTS OF WALL ‡ (lb/sq ft)	SUN TIME																						
		AM							PM											AM				
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Northeast	20	5	15	22	23	24	19	14	13	12	13	14	14	14	12	10	8	6	4	2	0	-2	-3	-4	-2
	60	-1	-2	-2	5	24	22	20	15	10	11	12	13	14	13	12	11	10	8	6	4	2	1	0	-1
	100	4	3	4	4	4	10	16	15	14	12	10	11	12	12	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5
	140	5	5	6	6	6	6	6	10	14	16	14	12	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	7
East	20	1	17	30	33	36	35	32	20	12	13	14	14	14	12	10	8	6	4	2	0	-1	-2	-3	-3
	60	-1	-1	0	21	30	31	31	19	14	13	12	13	14	13	12	11	10	8	5	4	3	1	1	0
	100	5	5	6	8	14	20	24	25	24	20	18	16	14	14	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6
	140	11	10	10	9	8	9	10	15	18	19	18	17	16	14	12	13	14	14	14	13	13	12	12	12
Southeast	20	10	6	13	19	26	27	28	26	24	19	16	15	14	12	10	8	6	4	2	0	-1	-1	-2	-2
	60	1	1	0	13	20	24	28	26	25	21	18	15	14	13	12	11	10	8	6	5	4	3	3	2
	100	7	7	6	6	6	11	16	17	18	19	18	16	14	13	12	11	10	10	10	9	9	8	8	7
	140	9	8	8	8	8	7	6	11	14	15	16	18	16	15	14	13	12	12	12	11	11	10	10	9
South	20	-1	-2	-4	1	4	14	22	27	30	28	26	20	16	12	10	7	6	3	2	1	1	0	0	-1
	60	-1	-3	-4	-3	-2	7	12	20	24	25	26	23	20	15	12	10	8	6	4	2	1	1	0	-1
	100	4	4	2	2	2	3	4	8	12	15	16	18	18	15	14	11	10	9	8	8	7	6	6	5
	140	7	6	6	5	4	4	4	4	4	7	10	13	14	15	16	16	14	12	10	10	9	9	8	7
Southwest	20	-2	-4	-4	-2	0	4	6	19	26	34	40	41	42	30	24	12	6	4	2	1	1	0	-1	-1
	60	2	1	0	0	0	1	2	8	12	24	32	35	36	35	34	20	10	7	6	5	4	4	3	3
	100	7	5	6	5	4	5	6	7	8	12	14	19	22	23	24	23	22	15	10	10	9	9	8	7
	140	8	8	8	8	8	7	6	6	6	7	8	9	10	15	18	19	20	13	8	8	8	8	8	8
West	20	-2	-3	-4	-2	0	3	6	14	20	32	40	45	48	34	22	14	8	5	2	1	0	0	-1	-1
	60	2	1	0	0	0	2	4	7	10	19	26	34	40	41	36	28	16	10	6	5	4	3	3	2
	100	7	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	17	20	25	28	27	26	19	14	12	11	10	9	8
	140	12	11	10	9	8	8	8	9	10	10	10	11	12	14	16	21	22	23	22	20	18	16	15	13
Northwest	20	-3	-4	-4	-2	0	3	6	10	12	19	24	33	40	37	34	18	6	4	2	0	1	1	2	-2
	60	-2	-3	-4	-3	-2	0	2	6	8	10	12	21	30	31	32	21	12	8	6	4	3	1	0	-1
	100	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	9	12	17	20	21	22	14	8	7	7	6	6	5
	140	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10	14	18	19	20	16	7	11	10	9
North (Shade)	20	-3	-3	-4	-3	-2	1	4	8	10	12	14	13	12	10	8	6	4	2	0	0	13	-1	-2	-2
	60	-3	-3	-1	-3	-2	-1	0	3	6	8	10	11	12	12	12	10	8	6	4	2	-1	0	-1	-2
	100	1	1	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	5	5	8	7	6	5	4	3	1	2	2	1
	140	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	4	3	2	2	1
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
		AM							PM												AM				
		SUN TIME																							

Equation: Heat Gain Thru Walls, Btu/hr = (Area, sq ft) X (equivalent temp diff) X (transmission coefficient U, *Tables 21 thru 25*)

*All values are for the both insulated and uninsulated walls.

†For other conditions, refer to corrections on *page 64*.

‡"Weight per sq ft" values for common types of construction are listed in *Tables 21 thru 25*.

For wall constructions less than 20 lb/sq ft, use listed values of 20 lb/sq ft.

TABLE 20A-CORRECTIONS TO EQUIVALENT TEMPERATURES (DEG F)

OUTDOOR DESIGN FOR MONTH AT 3 P.M MINUS ROOM TEMP (deg F)	DAILY RANGE (deg F)																	
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
30	39	40	41	-42	-43	-44	-45	-46	-47	-48	-49	-50	-51	-52	-53	-54	-55
-20	29	30	31	-32	-33	-34	-35	-36	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45
-10	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35
0	- 9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25
5	- 4	- 5	- 6	- 7	8	- 9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20
10	1	0	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	- 7	- 8	- 9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
15	6	5	4	3	2	1	0	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	- 7	- 8	- 9	-10
20	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5
25	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
30	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
35	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
40	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

TABLE 21—TRANSMISSION COEFFICIENT U—MASONRY WALLS*

FOR SUMMER AND WINTER

Btu/(hr) (sq ft) (deg F temp diff)

All numbers in parentheses indicate weight per sq ft. Total weight per sq ft is sum of wall and finishes.

EXTERIOR FINISH		THICKNESS (Inches) and WEIGHT (lb per sq ft)	INTERIOR FINISH									
			None	½" Gypsum Board (Plaster Board) (2)	½" Plaster on Wall		Metal Lath Plastered on Furring		½" Gypsum or Wood Lath Plastered on Furring		Insulating Board Plain or Plastered on Furring	
					Sand Agg (6)	Lt Wt Agg (3)	¾" Sand Plaster(7)	¾" Lt Wt Plaster(3)	½" Sand Plaster(7)	½" Lt Wt Plaster(2)	½" Board (2)	1" Board (4)
SOLID BRICK	Face & Common	8 (87)	.48	.41	.45	.41	.31	.28	.29	.27	.22	.16
		12 (123)	.35	.31	.33	.30	.25	.23	.23	.22	.19	.14
		16 (173)	.27	.25	.26	.25	.21	.19	.20	.19	.16	.13
	Common Only	8 (80)	.41	.36	.39	.35	.28	.26	.26	.25	.21	.15
		12 (120)	.31	.28	.30	.27	.23	.22	.22	.21	.18	.14
		16 (160)	.25	.23	.24	.23	.19	.18	.18	.18	.16	.12
STONE		8 (100)	.67	.55	.63	.53	.39	.34	.35	.32	.26	.18
		12 (150)	.55	.47	.52	.46	.34	.31	.31	.29	.24	.17
		16 (200)	.47	.41	.45	.40	.31	.28	.28	.27	.22	.16
		24 (300)	.36	.32	.35	.32	.26	.24	.24	.23	.19	.15
ADOBE-BLOCKS OR BRICK		8 (26)	.34	.30	.32	.30	.25	.23	.23	.22	18	.12
		12 (40)	.25	.23	.24	.23	.20	.18	.18	.18	.15	.14
POURED CONCRETE	140 lb/cu ft	6 (70)	.75	.55	.69	.58	.41	.36	.37	.34	.27	.18
		8 (93)	.67	.49	.63	.53	.39	.34	.35	.32	.26	.17
		10 (117)	.61	.44	.57	.49	.36	.32	.33	.31	.25	.17
		12 (140)	.55	.40	.52	.45	.34	.31	.31	.29	.24	.16
	80 lb/cu ft	6 (40)	.31	.28	.30	.27	.23	.21	.22	.21	.18	.14
		8 (53)	.25	.23	.24	.23	.19	.18	.18	.18	.16	.12
		10 (66)	.21	.19	.20	.19	.17	.16	.15	.14	.14	.11
		12 (80)	.18	.17	.17	.15	.15	.14	.14	.14	.12	.10
	30 lb/cu ft	6 (15)	.13	.13	.13	.13	.12	.11	.11	.11	.13	.09
		8 (20)	.10	.10	.10	.10	.09	.09	.09	.09	.10	.07
		10 (25)	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.08	.07	.08	.06
		12 (30)	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.06	.06	.07	.06
HOLLOW CONCRETE BLOCKS	Sand & Gravel Agg	8 (43)	.52	.44	.48	.43	.33	.29	.30	.28	.23	.17
		12 (63)	.47	.41	.45	.40	.31	.28	.28	.27	.22	.16
	Cinder Agg	8 (37)	.39	.35	.37	.34	.27	.25	.25	.24	.20	.15
		12 (53)	.36	.33	.35	.32	.26	.24	.23	.23	.19	.15
	Lt Wt Agg	8 (32)	.35	.32	.34	.31	.26	.23	.24	.22	.19	.15
		12 (43)	.32	.29	.31	.28	.24	.22	.22	.21	.18	.14
STUCCO ON HOLLOW CLAY TILE		8 (39)	.36	.32	.34	.32	.26	.24	.24	.23	.19	.15
		10 (44)	.32	.29	.31	.28	.23	.22	.22	.21	.18	.14
		12 (49)	.29	.27	.28	.26	.22	.20	.21	.20	.17	.13

1958 ASHAE Guide

Equations: Heat Gain, Btu/hr = (Area, sq ft) × (U value) × (equivalent temp diff, *Table 19*)
Heat Loss, Btu/hr = (Area, sq ft) × (U value) × (outdoor temp − inside temp)

*For addition of insulation and air spaces to above walls, refer to *Table 31*, page 75.

TABLE 33—TRANSMISSION COEFFICIENT U—WINDOWS, SKYLIGHTS, DOORS & GLASS BLOCK WALLS

Btu/(hr) (sq ft) (deg F temp diff)

GLASS

	Vertical Glass							Horizontal Glass			
	Single	Double			Triple			Single		Double (¼")	
Air Space Thickness (in.)		¼	½	¾-4	¼	½	¾-4	Summer	Winter	Summer	Winter
Without Storm Windows	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34	0.86	1.40	0.50	0.70
With Storm Windows	0.54							0.43	0.64		

DOORS

Nominal Thickness of Wood (inches)	U Exposed Door	U With Storm Door
1	0.69	0.35
1¼	0.59	0.32
1½	0.52	0.30
1¾	0.51	0.30
2	0.46	0.28
2½	0.38	0.25
3	0.33	0.23
Glass (¾" Herculite)	1.05	0.43

HOLLOW GLASS BLOCK WALLS

Description*	U
5¾x5¾x3⅞" Thick—Nominal Size 6x6x4 (14)	0.60
7¾x7¾x3⅞" Thick—Nominal Size 8x8x4 (14)	0.56
11¾x11¾x3⅞" Thick—Nominal Size 12x12x4 (16)	0.52
7¾x7¾x3⅞" Thick with glass fiber screen dividing the cavity (14)	0.48
11¾x11¾x3⅞" Thick with glass fiber screen dividing the cavity (16)	0.44

1958 ASHAE Guide

Equation: Heat Gain or Loss, Btu/hr = (Area, sq ft) × (U value) × (outdoor temp − inside temp)

*Italicized numbers in parentheses indicate weight in lb per sq ft.

TABLE 48-HEAT GAIN FROM PEOPLE

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Metabolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Average Adjusted Metabolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE 82 F Btu/hr Sensible	82 F Latent	80 F Sensible	80 F Latent	78 F Sensible	78 F Latent	75 F Sensible	75 F Latent	70 F Sensible	70 F Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡ Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845