

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**  
**มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2

ปีการศึกษา 2553

วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2554

เวลา 9.00-12.00 น.

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

ห้อง S817

**คำสั่ง**

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ไม่อนุญาตให้นำโน้ต ตำรา หรือเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้
4. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ และให้เขียนได้ทั้ง 2 หน้า
5. ให้เขียนชื่อ และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น
6. ให้ทำข้อสอบด้วยดินสอได้

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	15	
3	15	
4	20	
5	20	
6	20	
คะแนนรวม	105	

อ.นันทพันธ์ นภัทรานันท์ (ตอน 01)

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

ตอน.....

ข้อ 1) จงอธิบาย (คะแนนข้อย่อยละ 3 คะแนน ทำทุกข้อ)

1.1 จงบอกถึงคุณสมบัติที่ต้องการของสารทำความเย็นควรเป็นเช่นใด เพราะเหตุใด  
ความร้อนแฝงของการระเหย

อุณหภูมิเยือกแข็งเป็นเช่นใด

ความดันระเหยเป็นเช่นใด

1.2 การตรวจสอบการรั่วของสารทำความเย็นมีวิธี ทำได้อย่างไรบ้าง

1.3 การตรวจสอบการรั่วของแอมโมเนีย ด้วยวิธีปฏิกิริยาเคมีต้องทำอย่างไร

1.4 ทำไมสารทำความเย็นชนิด CFCs จึงถูกห้ามใช้ในปัจจุบัน

1.5 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสารทำความเย็นที่ดีมีอะไรบ้าง

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

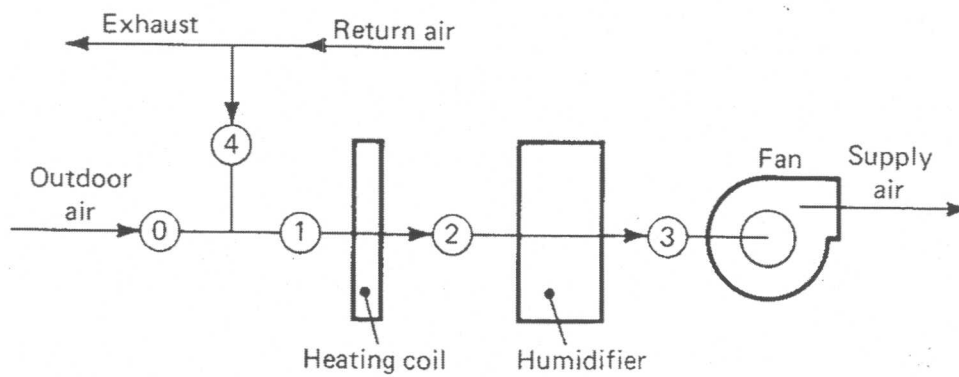
6.....

ข้อ 2 ) อาคารหลังหนึ่งควบคุมอุณหภูมิภายในไว้ที่  $75^{\circ}FDB$   $50\%RH$  โดยอากาศภายนอกแบบอยู่ที่  $45^{\circ}FDB$   $40^{\circ}FWB$  ความร้อนสูญเสียจากอาคารเป็นความร้อนสัมผัส  $250,000$  Btu/hr และเป็นความร้อนแฝง  $62,500$  Btu/hr การถ่ายโอนความร้อนเกิดจากการรั่วของอากาศเย็นแห้งภายนอกที่เข้ามาในอาคาร การระบายอากาศจะต้องใช้อากาศภายนอก  $6,400$  cfm ลมจ่ายในอาคารจะต้องมีอุณหภูมิ  $90^{\circ}FDB$  อุปกรณ์ปรับอากาศแสดงไว้ในรูปข้างล่าง

(ก) ให้หาปริมาณของลมจ่ายที่ต้องการ ในหน่วย lb/hr และ cfm

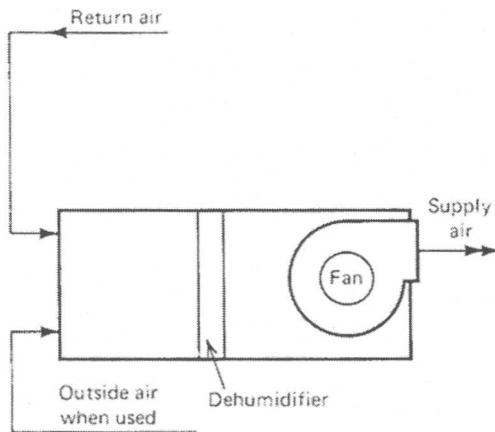
(ข) ให้หาวิสัยสามารถของเครื่องทำความร้อนในหน่วย Btu/h ถ้าตัวเพิ่มความชื้นเป็นแบบเครื่องเพิ่มความชื้นชนิดใช้น้ำ โดยน้ำมีอุณหภูมิ  $45^{\circ}F$  ( $h_f = 12.73$  Btu/lb)

(ค) ให้กำหนดจุดตามรูปและลากเส้นกระบวนการลงในแผนภูมิ Psychometric



ข้อ 3) อาคารหลังหนึ่งควบคุมอุณหภูมิภายในไว้ที่  $75^{\circ}\text{FDB}$  50%RH โดยอากาศภายนอกออกแบบอยู่ที่  $100^{\circ}\text{FDB}$  50%RH ความร้อนที่กำเนิดในอาคารคือความร้อนสัมผัส  $125,000 \text{ Btu/h}$  และเป็นความร้อนแฝง  $22,000 \text{ Btu/hr}$  หากจำเป็นต้องมีอัตราจ่ายลมเย็นภายในอาคาร  $7,000 \text{ cfm}$  และมีการระบายในอัตรา  $1,500 \text{ cfm}$  อุปกรณ์ปรับอากาศแสดงได้ในรูปข้างล่าง

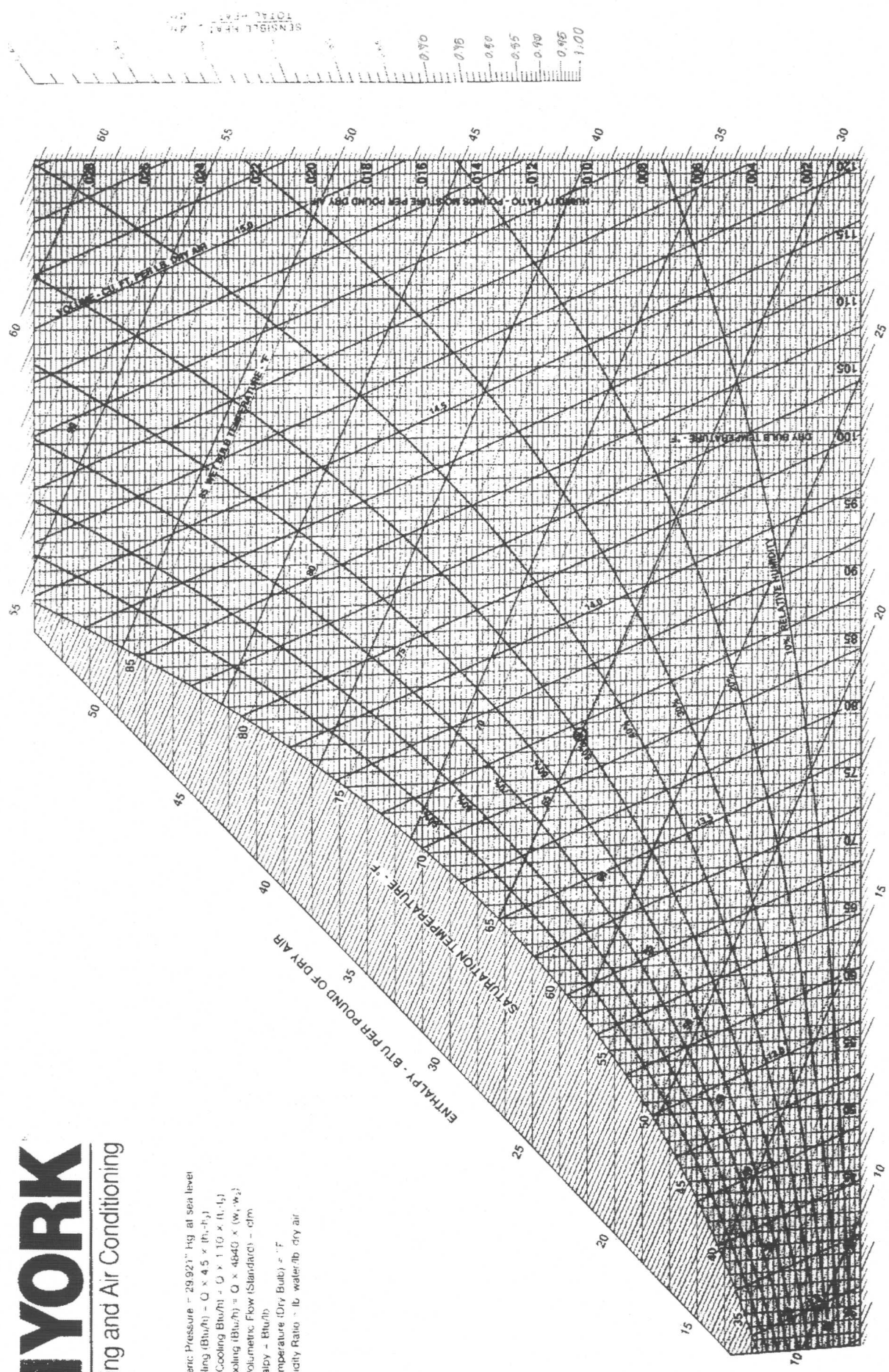
- (ก) ให้หาสถานะของลมจ่าย  $t_{sa}$ , %RH<sub>sa</sub> และ  $h_{sa}$
- (ข) ให้หาวิสัยสามารถของเครื่องทำความทำความเย็นในหน่วย Btu/h
- (ค) ให้กำหนดจุดและลากเส้นกระบวนการลงในแผนภูมิ Psychometric



# YORK

Heating and Air Conditioning

Atmospheric Pressure = 29.921" Hg at sea level  
 Total Cooling (Btu/h) =  $Q \times 4.5 \times (t_1 - t_2)$   
 Sensible Cooling (Btu/h) =  $Q \times 1.10 \times (t_1 - t_2)$   
 Latent Cooling (Btu/h) =  $Q \times 4640 \times (w_1 - w_2)$   
 $Q$  = Air Volumetric Flow (Standard) = cfm  
 $t$  = Air Temperature (Dry Bulb) = °F  
 $w$  = Humidity Ratio = lb. water/lb. dry air



DRY BULB TEMPERATURE °F

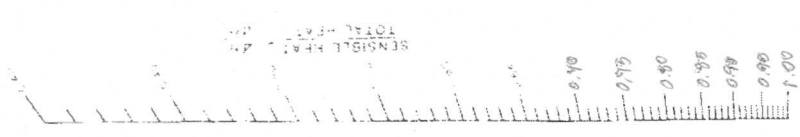
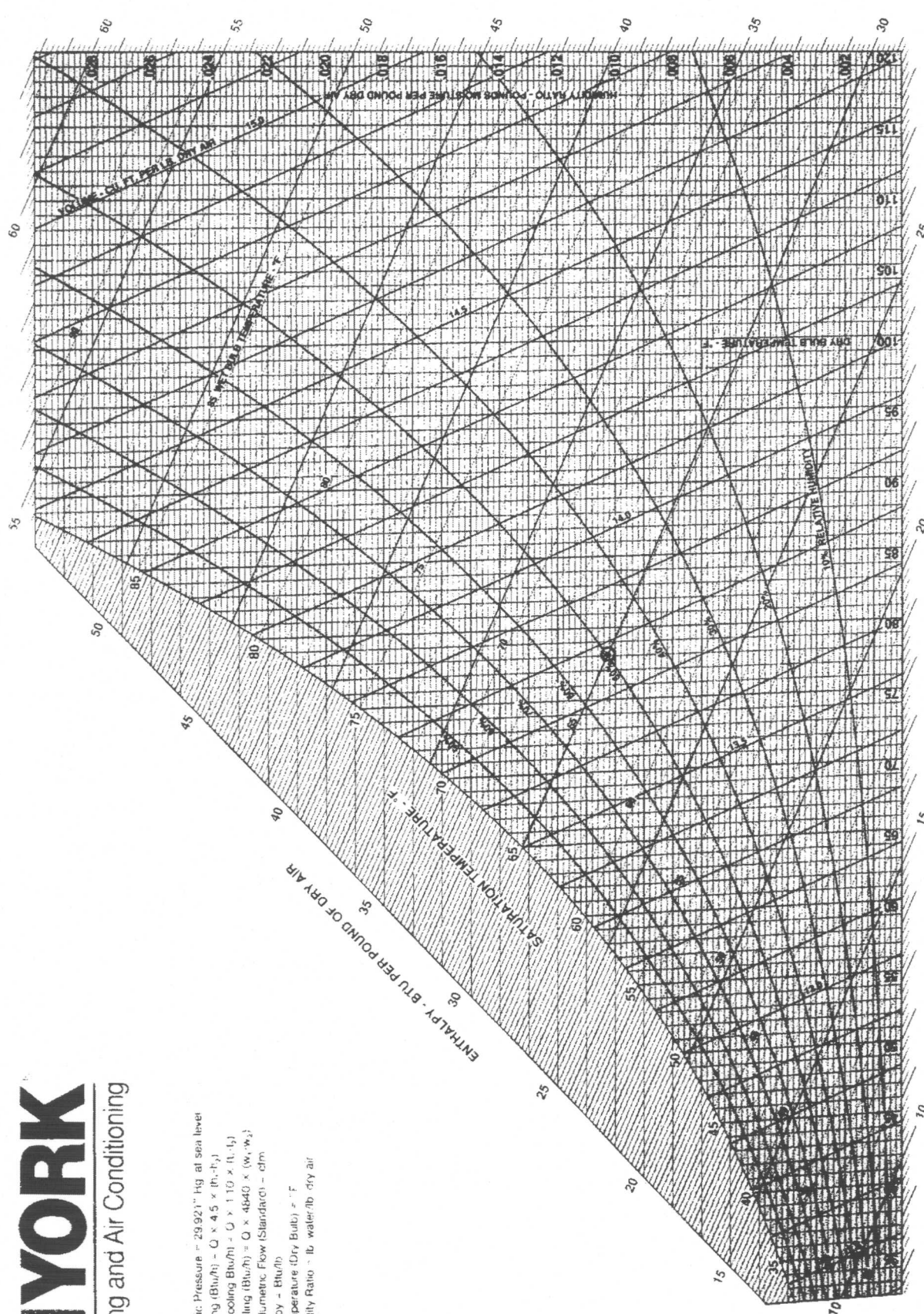
Prepared by CENTER FOR APPLIED THERMODYNAMIC STUDIES, University of Idaho

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

# YORK

## Heating and Air Conditioning

Atmospheric Pressure = 29.921" Hg at sea level  
 Total Cooling (Btu/h) =  $Q \times 4.5 \times (t_1 - t_2)$   
 Sensible Cooling (Btu/h) =  $Q \times 1.10 \times (t_1 - t_2)$   
 Latent Cooling (Btu/h) =  $Q \times 4640 \times (w_1 - w_2)$   
 $Q$  = Air Volumetric Flow (Standards) = cfm  
 $t$  = Enthalpy = Btu/lb  
 $t$  = Air Temperature (Dry Bulb) = °F  
 $w$  = Humidity Ratio = lb. water/lb. dry air



ข้อ 4 จงคำนวณภาระความเย็น ผ่านผนังทึบและหน้าต่างของอาคารทิศตะวันตกเฉียงใต้ ระบบปรับอากาศของอาคารทำงาน 10 ชั่วโมง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

- ที่ตั้ง latitude  $32^{\circ}\text{N}$  เวลาที่ต้องการคำนวณ 16.00 น. เดือนเมษายน
- อุณหภูมิออกแบบภายใน  $74^{\circ}\text{Fdb}$  50%RH
- อุณหภูมิออกแบบภายนอก  $95^{\circ}\text{Fdb}$   $82^{\circ}\text{Fwb}$  และ  $18^{\circ}\text{F}$  daily range
- ผนังทึบเป็นแบบก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว (จัดอยู่ใน group F มีค่า  $U = 0.419 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}$ ) มีพื้นที่  $150 \text{ ft}^2$

ภายนอกทาสีเข้ม

- หน้าต่างเป็นกระจกธรรมดา (ordinary) หนา 0.25 นิ้ว ไม่มีอุปกรณ์บังแดดทั้งภายในและภายนอก พื้นที่หน้าต่างรวม  $100 \text{ ft}^2$
- น้ำหนักโครงสร้างอาคาร  $70 \text{ lb/ft}^2$  พื้นห้อง

ข้อ 5.1) จงหาภาวะความเย็นจากคนที่ใช้บริการห้างสรรพสินค้าโรบินสัน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

พนักงานให้บริการกะแรกทำงาน จำนวน 30 คน โดยเริ่มงานเวลา 9.00 น และเลิกงานเวลา 18.00 น.

พนักงานให้บริการกะสองทำงาน จำนวน 40 คน โดยเริ่มงานเวลา 13.00 น และเลิกงานเวลา 22.00 น.

ลูกค้ามาใช้บริการจำนวน 50 คน โดยเข้ามาในห้างสรรพสินค้าโรบินสัน เวลา 11.00 น. และออกเวลา 14.00 น.

ให้หา ภาวะความเย็น เวลา 15.00 น.

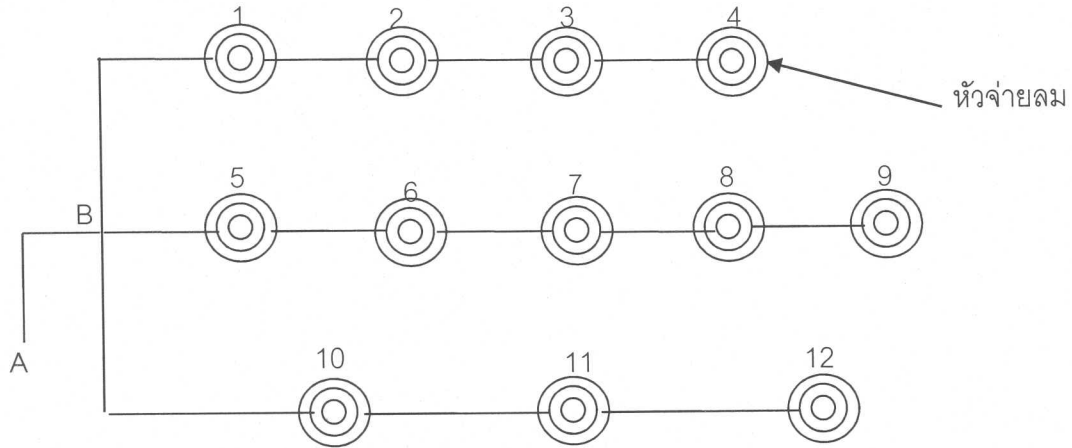


ข้อ 5.2) จงหาภาระความเย็นจากแสงสว่างในห้องโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ลักษณะของห้อง : Ordinary furniture ไม่มีพรม
- การถ่ายลมโดยเดินท่อเหนือฝ้า มีการถ่ายลมแบบปานกลาง
- ชนิดของโคมเป็นแบบ Recessed
- จำนวน watt รวมของหลอดฟลูออเรสเซนต์คือ 2,500 watt
- โครงสร้างของห้องมีน้ำหนักเฉลี่ย 75 lb/ft<sup>2</sup>
- การใช้งานหลอดไฟ : เริ่มเปิดทั้งหมด เวลา 8.00 น. ปิดเวลา 18.00 น.

ให้หา ภาระความเย็นเวลา 16.00 น.

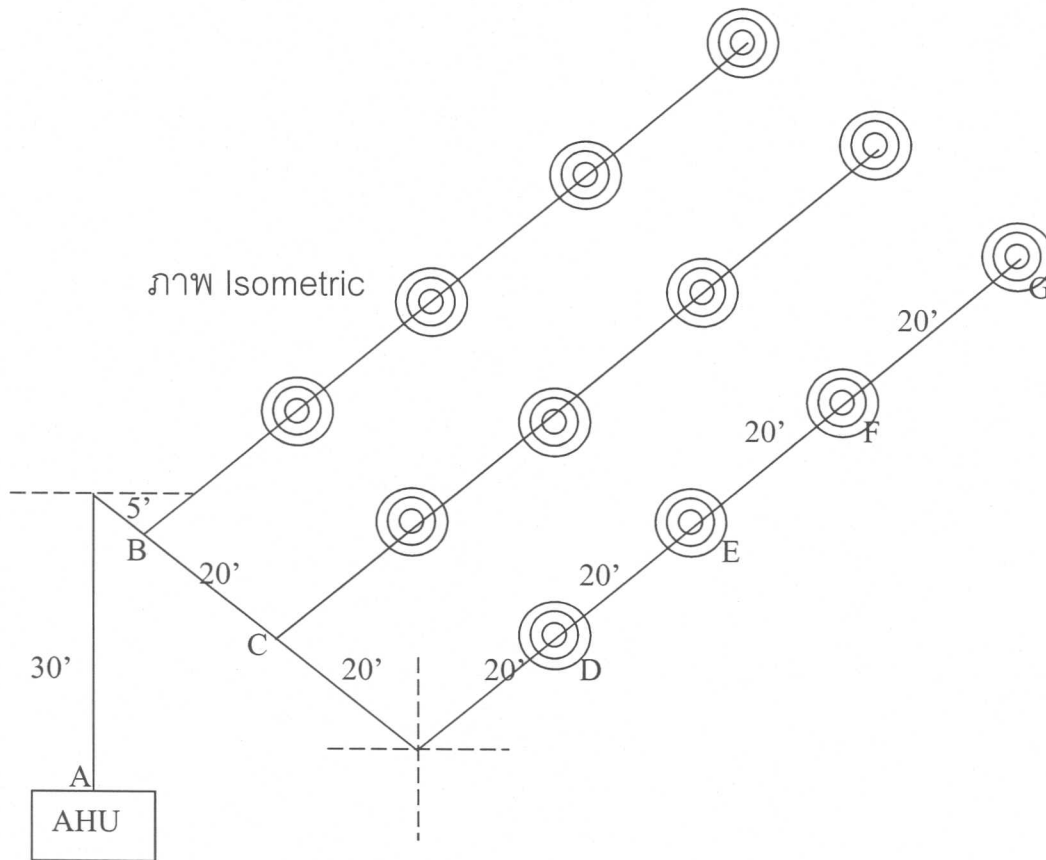
ข้อ 6.1) แผนผังการเดินท่อแสดงดังในรูป ให้กำหนดขนาดท่อลมเย็น โดยวิธีการ Equal friction โดยมีเงื่อนไขดังนี้  
หัวจ่ายลมมีอัตราเท่ากันทุกหัวจ่ายที่ 1,500 cfm ความสูงของท่อเท่ากันตลอดที่ 20 นิ้ว และกำหนดให้ใช้ค่า  
friction loss ที่ 0.1 in.WG /100 ft



ข้อ 6.2) ให้คำนวณ การสูญเสียความดันในท่อ A-G ตามรูป โดยมีเงื่อนไขต่อไปนี้

ท่อ AB,BC มีขนาด  $\text{Ø}40''$  , ท่อ CD และ DE มีขนาด  $\text{Ø}30''$ , ท่อ EF มีขนาด  $\text{Ø}26''$  และ FG มีขนาด  $\text{Ø}20''$

Elbow  $90^\circ$  ทั้งหมดมีค่า  $r/D = 1.5$  และหัวจ่ายลมมีอัตราเท่ากันทุกหัวจ่ายที่ 3,000 cfm



Cooling-load temperature differentials (CLTD) for calculating cooling load from sunlit walls (°F)<sup>a,b</sup>

		Solar Time, hr																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
North Latitude Wall Facing	Group A Walls																								
	N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
	NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20
	E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25
	SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24
	S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20
	SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25
	W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	18	18	19	20	22	23	24	25
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	
		Group B Walls																							
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21		
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28		
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29		
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23		
		Group C Walls																							
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26		
		Group D Walls																							
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	
		Group E Walls																							
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	
		Group F Walls																							
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	
		Group G Walls																							
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

<sup>a</sup> See text material for corrections applied to table values.

<sup>b</sup> CLTD may be converted to centigrade by multiplying by 5/9.

CLTD correction for latitude and month applied to walls and roofs, north latitudes (°F)

Latitude	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
24	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
32	Dec	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/July	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
40	Dec	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/July	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
48	Dec	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/July	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

Notes:

1. Corrections are in °F. The correction is applied directly to the CLTD for a roof or wall as well as given in Table 9-3 or 9-4.
2. The CLTD correction is not applicable to Table 9-10.
3. For south latitudes, replace January through December by July through June.
4. CLTD corrections may be converted to Celsius by multiplying by 5/9.

Overall coefficients of heat transmission (*U* factors) of windows, sliding patio doors, and skylights for use in peak load determination and mechanical equipment sizing only and not in any analysis of annual energy usage,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  (Btu/hr-ft<sup>2</sup>-°F)

	Part A. Exterior <sup>a</sup> Vertical Panels							
	No Storm Sash				Glass Outdoor Storm Sash 25-mm (1-in.) Air Space <sup>b</sup>			
	No Shade		Indoor Shade		No Shade		Indoor Shade	
	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer
<i>Flat Glass<sup>c</sup></i>								
Single Glass,	6.2(1.10)	5.9(1.04)	4.7(0.83)	4.6(0.81)	2.3(0.50)	2.8(0.50)	2.5(0.44)	2.8(0.49)
Insulating Glass, Double <sup>c</sup>								
5-mm (3/16-in.) air space <sup>f</sup>	3.5(0.62)	3.7(0.65)	3.0(0.52)	3.3(0.58)	2.1(0.37)	2.3(0.40)	1.7(0.29)	2.1(0.37)
6-mm (1/4-in.) air space <sup>f</sup>	3.3(0.59)	3.5(0.61)	2.7(0.48)	3.1(0.55)	2.0(0.35)	2.2(0.39)	1.6(0.28)	2.0(0.36)
13-mm (1/2-in.) air space <sup>g</sup>	2.8(0.49)	3.2(0.56)	2.4(0.42)	3.0(0.52)	1.8(0.32)	2.2(0.39)	1.4(0.25)	2.1(0.30)
13-mm (1/2-in.) air space low emittance coating <sup>h</sup>								
<i>e</i> = 0.60	2.4(0.43)	2.9(0.51)	2.2(0.38)	2.7(0.48)	1.7(0.30)	2.0(0.36)	1.4(0.24)	2.0(0.35)
<i>e</i> = 0.40	2.2(0.38)	2.6(0.48)	2.0(0.36)	2.5(0.43)	1.5(0.27)	1.9(0.39)	1.3(0.22)	1.8(0.35)
<i>e</i> = 0.20	1.8(0.32)	2.2(0.38)	1.7(0.30)	2.1(0.37)	1.4(0.24)	1.7(0.30)	1.1(0.20)	1.6(0.28)
Insulating Glass; Triple								
6-mm (1/4-in.) air space <sup>f</sup>	2.2(0.39)	2.5(0.44)	1.8(0.31)	2.3(0.40)	1.5(0.27)	1.8(0.32)	1.3(0.22)	1.7(0.30)
13-mm (1/2-in.) air space <sup>i</sup>	1.8(0.31)	2.2(0.39)	1.5(0.26)	2.0(0.36)	1.3(0.23)	1.8(0.31)	1.1(0.19)	1.7(0.29)

Shading coefficients for single glass and insulating glass<sup>a</sup>

A. Single Glass					
Type of Glass	Nominal Thickness <sup>b</sup>		Solar Transmittance	Shading Coefficient	
	in.	mm		$f_o = 4.0 \text{ Btu}/(\text{hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F})$	$f_o = 3.0 \text{ Btu}/(\text{hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F})$
				or $23 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$	or $17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$
Clear	1/8	32	0.84	1.00	1.00
	1/4	64	0.78	0.94	0.95
	3/8	95	0.72	0.90	0.92
	1/2	127	0.67	0.87	0.88
Heat Absorbing	1/8	32	0.64	0.83	0.85
	1/4	64	0.46	0.69	0.73
	3/8	95	0.33	0.60	0.64
	1/2	127	0.24	0.53	0.58

B. Insulating Glass					
Clear Out-Clear In	1/8 <sup>c</sup>	32	0.71 <sup>c</sup>	0.88	0.88
Clear Out-Clear In	1/4	64	0.61	0.81	0.82
Heat Absorbing <sup>d</sup> Out; Clear In	1/4	64	0.36	0.55	0.58

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

- <sup>a</sup> Refers to factory-fabricated units with 3/16, 1/4, or 1/2 in. of air space or to prime windows plus storm sash.
- <sup>b</sup> Refer to manufacturer's literature for values.
- <sup>c</sup> Thickness of each pane of glass, not thickness of assembled unit.
- <sup>d</sup> Refers to gray, bronze, and green tinted heat-absorbing float glass.
- <sup>e</sup> Combined transmittance for assembled unit.

Cooling-load temperature differences (CLTD) for conduction through glass<sup>a</sup>

Solar Time, h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD °C	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	2	4	5	7	7	8	8	7	7	6	4	3	2	2	1
°F	1	0	-1	-2	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

- <sup>a</sup> Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 78°F (25.5°C) and an outdoor maximum temperature of 95°F (35°C) with an outdoor daily range of 21°F (11.5°C). The table remains approximately correct for other outdoor maximums, 93–102°F (33.8–38.8°C), and other outdoor daily ranges, 16–34°F (8.9–18.9°C), provided the outdoor daily average temperature remains approximately 85°F (29.4°C). If the room air temperature is different from 78°F (25.5°C) and the outdoor daily average temperature is different from 85°F (29.4°C), the following rules apply: (a) For room air temperature less than 78°F (25.5°C), add the difference between 78°F (25.5°C) and room temperature; if greater than 78°F (25.5°C), subtract the difference. (b) For outdoor daily average temperature less than 85°F (29.4°C), subtract the difference between 85°F (29.4°C) and the daily average temperature; if greater than 85°F (29.4°C), add the difference.

Maximum solar heat gain factor (SHGF), Btu/hr-ft<sup>2</sup> for sunlit glass, north latitudes

32 Deg										
	N (Shade)	NNE/ NW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
July	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

Cooling-load factors (CLF) for glass without interior shading, north latitudes

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

L = Light construction: frame exterior wall, 50.8-mm (2-in.) concrete floor slab, approximately 146 kg (30 lb) of material/m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>) of floor area.  
 M = Medium construction: 101.6-mm (4-in.) concrete exterior wall, 101.6-mm (4-in.) concrete floor slab, approximately 341 kg (70 lb) of building material/m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>) of floor area.  
 H = Heavy construction: 152.4-mm (6-in.) concrete exterior wall, 152.4-mm (6-in.) concrete floor slab, approximately 635 kg (130 lb) of building materials/m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>) of floor area.

Rate of heat gain from occupants of conditioned spaces<sup>a</sup>

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adult, Male		Total Heat Adjusted <sup>b</sup>		Sensible Heat		Latent Heat	
		Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr	Watts	Btu/hr
Seated at rest	theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light work, writing	offices, hotels, apts. restaurant <sup>c</sup>	140	480	120	420	65	230	55	190
Seated, eating		150	520	170	580 <sup>c</sup>	75	255	95	325
Seated, light work typing	offices, hotels, apts.	185	640	150	510	75	255	75	255
Standing, light work, or walking slowly	retail store, bank	235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light machine work	factory	305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling <sup>d</sup>	bowling alley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate dancing	dance hall	400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	factory	470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	gymnasium	585	2000	525	1800	185	635	340	1165

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook and Product Directory—1977 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

<sup>a</sup>Note: Tabulated values are based on 78°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat value should be decreased by approximately 8 percent and the latent heat values increased accordingly.

<sup>b</sup>Adjusted total heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85 percent of that of an adult male, and that the gain from a child is 75 percent of that of an adult male.

<sup>c</sup>Adjusted total heat value for eating in a restaurant, includes 60 Btu/hr for food per individual (30 Btu sensible, 30 Btu latent).

<sup>d</sup>For bowling figure one person per alley actually bowling, and all others are sitting (400 Btu/hr) or standing and walking slowly (790 Btu/hr).

Sensible cooling-load factors (CLFs) for people

Total Hours in Space	Hours after Each Entry Into Space																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21	0.21

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.



Cooling-load factors (CLFs) when lights are on for 10 hours

"a" Coef-	"b" Class-	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
0.45	A	0.03	0.47	0.58	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.88	0.91	0.93	0.49	0.39	0.32	0.26	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	B	0.10	0.54	0.59	0.63	0.66	0.70	0.73	0.76	0.78	0.80	0.82	0.39	0.35	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11
	C	0.15	0.59	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
	D	0.18	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70	0.71	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.19
0.55	A	0.02	0.57	0.65	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.91	0.92	0.94	0.40	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
	B	0.08	0.62	0.66	0.69	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	C	0.12	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.81	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
	D	0.15	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
0.65	A	0.02	0.66	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.31	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02
	B	0.06	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
	C	0.09	0.74	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	D	0.11	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
0.75	A	0.01	0.76	0.81	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	B	0.04	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	C	0.07	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
	D	0.08	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

Design values of a coefficient: features of room furnishings, light fixtures, and ventilation arrangements

a	Furnishings	Air Supply and Return	Type of Light Fixture
0.45	Heavyweight, simple furnishings, no carpet	Low rate; supply and return below ceiling [V ≤ 2.5 (0.5)]*	Recessed, not vented
0.55	Ordinary furniture, no carpet	Medium to high ventilation rate; supply and return below ceiling or through ceiling grill and space [V ≥ 2.5 (0.5)]*	Recessed, not vented
0.65	Ordinary furniture, with or without carpet	Medium to high ventilation rate or fan coil or induction type air-conditioning terminal unit; supply through ceiling or wall diffuser; return around light fixtures and through ceiling space. [V ≥ 2.5 (0.5)]*	Vented
0.75 or greater	Any type of furniture	Ducted returns through light fixtures	Vented or free-hanging in air stream with ducted returns

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

\* V is room air supply rate in L/s m<sup>2</sup> (CFM/ft<sup>2</sup>) of floor area

The *b* classification values calculated for different envelope construction and room air circulation rates

Room Envelope Construction* [mass of floor area, (kg/m <sup>2</sup> , lb/ft <sup>2</sup> )]	Room Air Circulation and Type of Supply and Return**			
	Low	Medium	High	Very High
50.8-mm (2-in.) Wood Floor (48.8, 10)	B	A	A	A
76.2-mm (3-in.) Concrete Floor (195.3, 40)	B	B	B	A
152.4-mm (6-in.) Concrete Floor (366.2, 75)	C	C	C	B
203.2-mm (8-in.) Concrete Floor (585.8, 120)	D	D	C	C
304.8-mm (12-in.) Concrete Floor (781.1, 160)	D	D	D	D

Source: Reprinted from ASHRAE Handbook—1985 Fundamentals, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.

\* Floor covered with carpet and rubber pad; for a floor covered only with floor tile take next classification to the right in the same row.

\*\* Low: Low ventilation rate—minimum required to cope with cooling load due to lights and occupants in interior zone. Supply through floor, wall, or ceiling diffuser. Ceiling space not vented and  $f = 2.27 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (0.4 Btu/hr ft<sup>2</sup> °F) (where  $f$  = inside surface convection coefficient used in calculation of *b* classification).

Medium: Medium ventilation rate, supply through floor, wall, or ceiling diffuser. Ceiling space not vented and  $f = 3.41 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (0.60 Btu/hr ft<sup>2</sup> °F).

High: Room air circulation induced by primary air of induction unit or by fan coil unit. Return through ceiling space and  $f = 4.54 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (0.80 Btu/hr ft<sup>2</sup> °F).

Very High: High room air circulation used to minimize temperature gradients in a room. Return through ceiling space and  $f = 6.81 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (1.2 Btu/hr ft<sup>2</sup> °F).

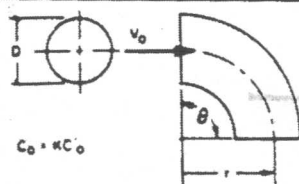
Recommended and maximum duct velocities

Designation	Recommended Velocity (feet per minute)			Maximum Velocity (feet per minute)		
	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings
Outside air intakes <sup>a</sup>	500	500	500	800	900	1200
Filters <sup>a</sup>	250	300	350	300	350	350
Heating coils <sup>a</sup>	450	500	600	500	600	700
Air washers	500	500	500	500	500	500
Suction connections	700	800	1000	1000	1400	1400
Fan outlets	1000–1600	1300–2000	1600–2400	1500–2000	1700–2800	1700–2800
Main ducts	700–900	1000–1300	1200–1800	800–1200	1100–1600	1300–2200
Branch ducts	600	600–900	800–1000	700–1000	800–1300	1000–1800
Branch risers	500	600–700	800	650–800	800–1200	1000–1600

<sup>a</sup>The velocities are for total face area; not the net free area. Other velocities are for net free area.

Source: Used by permission, Reynolds Metal Company.

Loss coefficients for duct elbows (round)



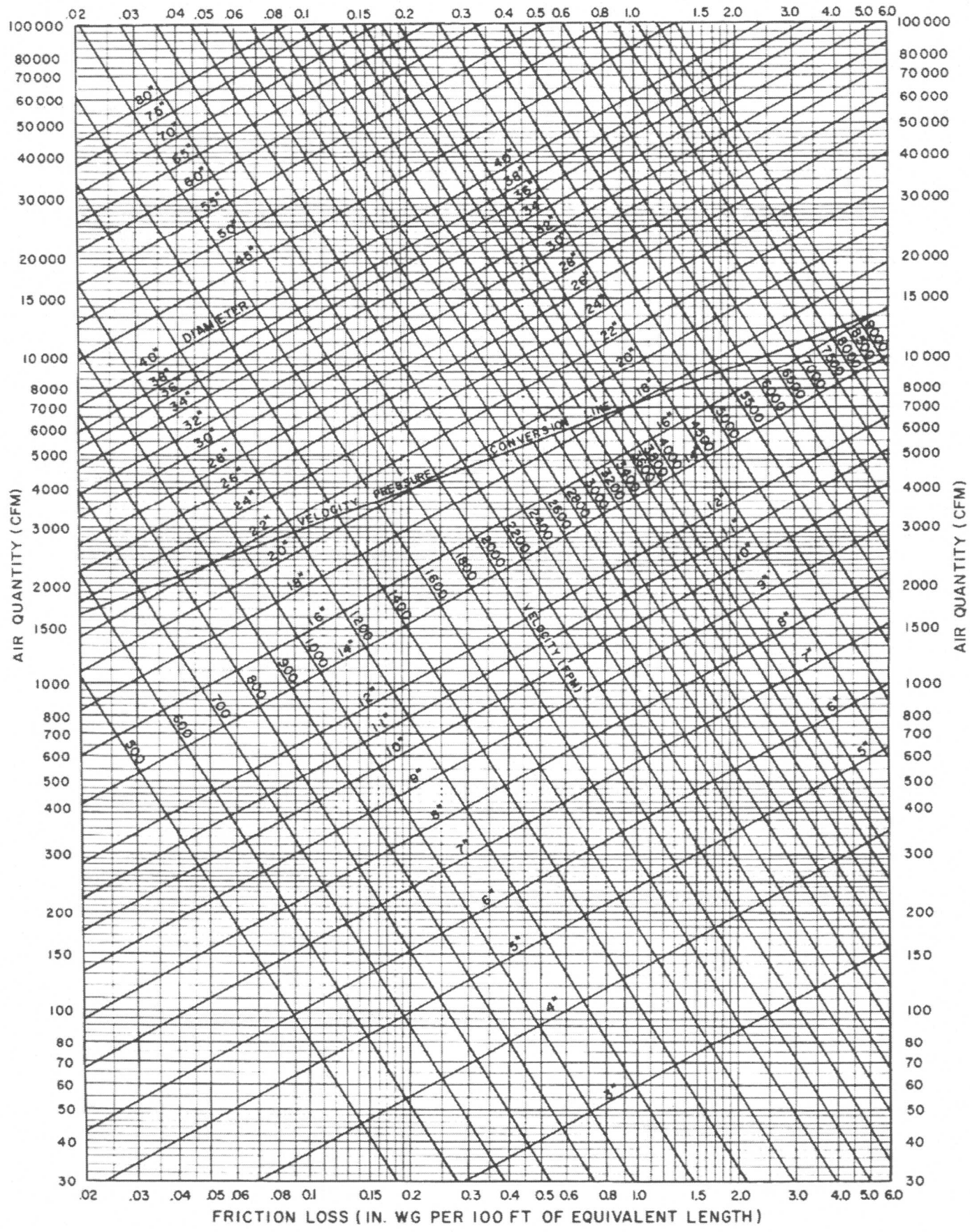
Coefficients for 90° Elbows:

r/D	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
$C_0$	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12

For angles other than 90° multiply by the following factor:

θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
$K$	0	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	0.90	1.13	1.20	1.28	1.40

(a) Elbow, smooth radius, round.



ตารางท่อเหลี่ยมสมมูล

Side Rectangular Duct	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	
6	6.6																				
7	7.1	7.7																			
8	7.5	8.2	8.8																		
9	8.0	8.6	9.3	9.9																	
10	8.4	9.1	9.8	10.4	10.9																
11	8.8	9.5	10.2	10.8	11.4	12.0															
12	9.1	9.9	10.7	11.3	11.9	12.5	13.1														
13	9.5	10.3	11.1	11.8	12.4	13.0	13.6	14.2													
14	9.8	10.7	11.5	12.2	12.9	13.5	14.2	14.7	15.3												
15	10.1	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	14.6	15.3	15.8	16.4											
16	10.4	11.4	12.2	13.0	13.7	14.4	15.1	15.7	16.3	16.9	17.5										
17	10.7	11.7	12.5	13.4	14.1	14.9	15.5	16.1	16.8	17.4	18.0	18.6									
18	11.0	11.9	12.9	13.7	14.5	15.3	16.0	16.6	17.3	17.9	18.5	19.1	19.7								
19	11.2	12.2	13.2	14.1	14.9	15.6	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8							
20	11.5	12.5	13.5	14.4	15.2	15.9	16.8	17.5	18.2	18.8	19.5	20.1	20.7	21.3	21.9						
22	12.0	13.1	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.3	19.1	19.7	20.4	21.0	21.7	22.3	22.9	24.1					
24	12.4	13.6	14.6	15.6	16.6	17.5	18.3	19.1	19.8	20.6	21.3	21.9	22.6	23.2	23.9	25.1	26.2				
26	12.8	14.1	15.2	16.2	17.2	18.1	19.0	19.8	20.6	21.4	22.1	22.8	23.5	24.1	24.8	26.1	27.2	28.4			
28	13.2	14.5	15.6	16.7	17.7	18.7	19.6	20.5	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.0	25.7	27.1	28.2	29.5	30.6		
30	13.6	14.9	16.1	17.2	18.3	19.3	20.2	21.1	22.0	22.9	23.7	24.4	25.2	25.9	26.7	28.0	29.3	30.5	31.6	32.8	
32	14.0	15.3	16.5	17.7	18.8	19.8	20.8	21.8	22.7	23.6	24.4	25.2	26.0	26.7	27.5	28.9	30.1	31.4	32.6	33.8	
34	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.4	21.4	22.4	23.3	24.2	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	29.7	31.0	32.3	33.6	34.8	
36	14.7	16.1	17.4	18.6	19.8	20.9	21.9	23.0	23.9	24.8	25.8	26.6	27.4	28.3	29.0	30.5	32.0	33.0	34.6	35.8	
38	15.0	16.4	17.8	19.0	20.3	21.4	22.5	23.5	24.5	25.4	26.4	27.3	28.1	29.0	29.8	31.4	32.8	34.2	35.5	36.7	
40	15.3	16.8	18.2	19.4	20.7	21.9	23.0	24.0	25.1	26.0	27.0	27.9	28.8	29.7	30.5	32.1	33.6	35.1	36.4	37.6	
42	15.6	17.1	18.5	19.8	21.1	22.3	23.4	24.5	25.6	26.6	27.6	28.5	29.4	30.4	31.2	32.8	34.4	35.9	37.3	38.6	
44	15.9	17.5	18.9	20.2	21.5	22.7	23.9	25.0	26.1	27.2	28.2	29.1	30.0	31.0	31.9	33.5	35.2	36.7	38.1	39.5	
46	16.2	17.8	19.2	20.6	21.9	23.2	24.3	25.5	26.7	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.5	34.2	35.9	37.4	38.9	40.3	
48	16.5	18.1	19.6	20.9	22.3	23.6	24.8	26.0	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.1	34.9	36.6	38.2	39.7	41.2	
50	16.8	18.4	19.9	21.3	22.7	24.0	25.2	26.4	27.6	28.7	29.8	30.8	31.8	32.8	33.7	35.5	37.3	38.9	40.4	42.0	
52	17.0	18.7	20.2	21.6	23.1	24.4	25.6	26.8	28.1	29.2	30.3	31.4	32.4	33.4	34.3	36.2	38.0	39.6	41.2	42.8	
54	17.3	19.0	20.5	22.0	23.4	24.8	26.1	27.3	28.5	29.7	30.8	31.9	32.9	33.9	34.9	36.8	38.7	40.3	42.0	43.6	
56	17.6	19.3	20.9	22.4	23.8	25.2	26.5	27.7	28.9	30.1	31.2	32.4	33.4	34.5	35.5	37.4	39.3	41.0	42.7	44.3	
58	17.8	19.5	21.1	22.7	24.2	25.5	26.9	28.2	29.3	30.5	31.7	32.9	33.9	35.0	36.0	38.0	39.8	41.7	43.4	45.0	
60	18.1	19.8	21.4	23.0	24.5	25.8	27.3	28.7	29.8	31.0	32.2	33.4	34.5	35.5	36.5	38.6	40.4	42.3	44.0	45.8	
62	18.3	20.1	21.7	23.3	24.8	26.2	27.6	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.0	37.1	39.2	41.0	42.9	44.7	46.5	
64	18.6	20.3	22.0	23.6	25.2	26.5	27.9	29.3	30.6	31.8	33.1	34.2	35.5	36.5	37.6	39.7	41.6	43.5	45.4	47.2	
66	18.8	20.6	22.3	23.9	25.5	26.9	28.3	29.7	31.0	32.2	33.5	34.7	35.9	37.0	38.1	40.2	42.2	44.1	46.0	47.8	
68	19.0	20.8	22.5	24.2	25.8	27.3	28.7	30.1	31.4	32.6	33.9	35.1	36.3	37.5	38.6	40.7	42.8	44.7	46.6	48.4	
70	19.2	21.1	22.8	24.5	26.1	27.6	29.1	30.4	31.8	33.1	34.3	35.6	36.8	37.9	39.1	41.3	43.3	45.3	47.2	49.0	
72																39.6	41.8	43.8	45.9	47.8	49.7
74																40.0	42.3	44.4	46.4	48.4	50.3
76																40.5	42.8	44.9	47.0	49.0	50.8
78																40.9	43.3	45.5	47.5	49.5	51.5
80																41.3	43.8	46.0	48.0	50.1	52.0
82																41.8	44.2	46.4	48.6	50.6	52.6
84																42.2	44.6	46.9	49.2	51.1	53.2
86																42.6	45.0	47.4	49.6	51.6	53.7
88																43.0	45.4	47.9	50.1	52.2	54.3
90																43.4	45.9	48.3	50.6	52.8	54.8
92																43.8	46.3	48.7	51.1	53.4	55.4
94																44.2	46.7	49.1	51.6	53.9	55.9
96																44.6	47.2	49.5	52.0	54.4	56.3

Source: R. G. Huebscher, *Trans. ASHVE*, Vol. 54 (1948), pp. 112-113. Reprinted from *ASHRAE Handbook and Product Directory—1977 Fundamentals*, with permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga.