



ภาคผนวก ก
อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ก.1 คอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์



(ก) เดิมสารทำงานน้ำ

(ข) เดิมสารทำงานอะซิโตน

รูป ก-1 คอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์หลังเดิมสารทำงาน

ก.2 สารทำงาน น้ำกลั่น (H_2O , Deionized water) จุดเดือด $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ อะซิโตน (Acetone) จุดเดือด $57\text{ }^{\circ}\text{C}$



รูป ก-2 สารทำงาน น้ำกลั่น



รูป ก-3 สารทำงาน อะซิโตน

ก.3 ขดลวดความร้อนขนาด 20 กิโลวัตต์ (Heater)



รูป ก-4 ขดลวดความร้อน (Heater)

ก.4 ชุดเติมสารทำงาน เป็นอุปกรณ์เติมสารทำงานทั้ง 2 ชนิดเข้าสู่ท่อความร้อน ซึ่งประกอบด้วย ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) , วาล์ว , เกจวัดความดัน(Pressure gage)



(ก) เกจวัดความดัน

(ข) ปั๊มสุญญากาศ

รูป ก-5 ชุดเติมสารทำงาน

ก.5 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) 16 ช่องสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$



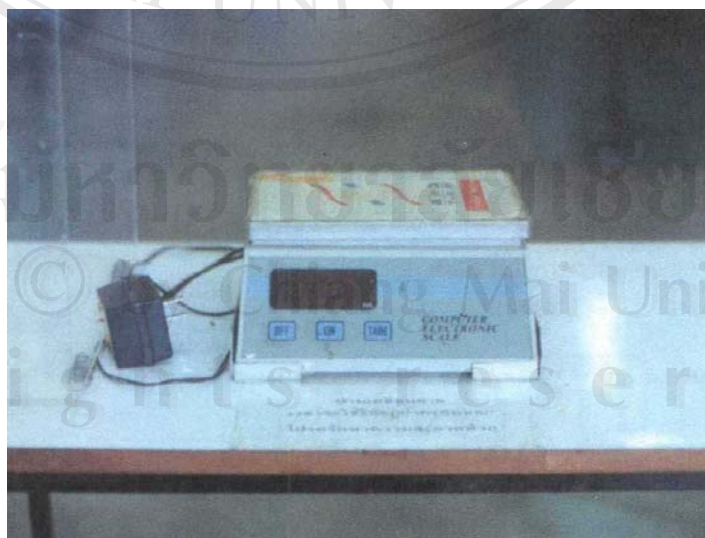
รูป ก-6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

ก.6 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) Type K ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูล ใช้วัดอุณหภูมิ
สารอากาศเข้าและออกส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น



รูป ก-7 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ก.7 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด ยี่ห้อ Digicon รุ่น GL ช่วงของน้ำหนักที่ชั่ง 0.005 ถึง
9.990 กิโลกรัม ใช้ในการชั่งน้ำหนักผงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ ก่อนและหลังเติมน้ำเพื่อหาปริมาณภายในท่อ



รูป ก-8 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด

ก.8 เครื่องวัดความเร็วลม ใช้วัดความเร็วอากาศที่ใช้ในการทดสอบในอุโมงค์ลม ค่าความคลาดเคลื่อน ± 1 เปอร์เซ็นต์



รูป ก-9 เครื่องวัดความเร็วลม

ก.9 เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Frequency Inverter) ขนาด 3.7 kW



รูป ก-10 เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์



ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลของอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการทดลอง

ตารางแสดงผล ตัวแปรไร้มิติ จากการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-1 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	23.07	23.93	47.91	60.90	131.56	108.28
	23.77	24.37	45.52	61.40	91.08	
	24.60	25.33	49.18	61.00	111.32	
	24.67	25.33	45.64	60.37	101.20	
	24.83	25.53	49.18	60.70	106.26	
70	26.77	27.93	56.44	68.53	177.09	162.93
	26.90	28.00	56.60	69.53	166.97	
	26.97	28.00	56.20	69.67	156.86	
	27.17	28.17	56.92	69.87	151.80	
	27.10	28.17	56.42	69.97	161.91	
80	24.77	25.53	76.20	80.27	116.38	137.63
	24.77	25.60	77.20	80.93	126.50	
	26.40	27.33	77.10	81.77	141.68	
	26.27	27.33	76.45	80.97	161.91	
	26.40	27.33	76.10	80.57	141.68	
90	27.90	29.23	87.20	90.47	202.39	205.43
	28.27	29.53	88.00	89.90	192.27	
	28.07	29.47	88.20	90.37	212.51	
	28.43	29.80	88.30	90.23	207.45	
	28.60	30.00	88.55	90.43	212.51	
100	29.07	32.33	89.60	98.73	495.86	499.91
	28.83	32.23	89.70	99.10	516.10	
	28.93	32.17	89.70	98.90	490.80	
	28.97	32.13	90.25	98.73	480.68	
	29.00	32.40	90.20	98.40	516.10	

ตาราง ข-2 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	26.07	26.47	61.95	59.87	75.90	65.78
	26.07	26.43	57.85	60.33	69.57	
	26.33	26.67	61.95	59.93	63.25	
	26.17	26.47	57.05	59.20	56.92	
	26.27	26.60	57.85	60.33	63.25	
70	27.53	27.97	66.95	69.40	82.22	94.87
	27.87	28.40	71.65	69.83	101.20	
	27.87	28.27	67.35	69.53	75.90	
	28.30	28.90	72.25	70.80	113.85	
	28.20	28.73	71.45	69.50	101.20	
80	27.90	28.47	77.80	79.93	107.52	106.26
	28.00	28.60	79.05	81.37	113.85	
	28.13	28.70	83.35	81.23	107.52	
	28.30	28.83	82.45	79.83	101.20	
	28.70	29.23	82.10	79.27	101.20	
90	29.80	30.60	91.00	88.80	151.80	149.27
	29.80	30.43	91.50	89.90	120.17	
	29.47	30.37	91.90	90.80	170.77	
	29.80	30.60	91.70	89.90	151.80	
	30.17	30.97	94.90	88.50	151.80	
100	29.87	32.40	97.50	100.77	480.68	430.09
	30.23	32.23	94.75	99.93	379.49	
	29.80	32.47	97.40	100.40	505.98	
	29.87	31.97	95.00	100.27	398.46	
	29.80	31.83	95.20	99.73	385.81	

ตาราง ข-3 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	27.10	27.40	58.60	60.93	79.69	54.90
	27.23	27.40	60.60	58.97	44.27	
	27.40	27.57	57.50	59.90	44.27	
	27.30	27.50	57.70	59.93	53.13	
	27.37	27.57	60.20	58.50	53.13	
70	24.60	24.80	67.50	68.93	53.13	60.21
	25.20	25.47	67.85	69.30	70.84	
	25.80	26.03	69.05	69.77	61.98	
	25.87	26.07	67.40	69.07	53.13	
	26.27	26.50	69.30	70.20	61.98	
80	24.90	25.40	79.80	79.97	132.82	118.65
	25.37	25.77	80.10	79.57	106.26	
	26.20	26.67	79.65	79.90	123.97	
	26.40	26.87	80.15	80.23	123.97	
	26.63	27.03	80.35	80.33	106.26	
90	27.73	28.47	93.80	92.77	194.80	185.95
	28.77	29.53	94.70	93.37	203.66	
	29.27	29.93	94.30	93.27	177.09	
	29.27	29.87	94.55	93.47	159.38	
	29.33	30.07	94.40	93.27	194.80	
100	30.63	32.73	101.70	103.80	557.85	545.45
	30.87	33.13	102.50	104.27	602.12	
	30.90	32.73	101.20	103.33	487.01	
	31.13	33.13	101.55	103.03	531.28	
	31.00	33.07	101.60	103.23	548.99	

ตาราง ข-4 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	28.33	28.60	59.65	60.30	86.02	66.66
	28.63	28.80	59.35	60.47	53.76	
	28.77	29.00	58.65	60.20	75.27	
	28.33	28.53	58.90	60.33	64.51	
	28.00	28.17	58.55	60.17	53.76	
70	31.67	32.07	71.25	70.50	129.03	109.67
	31.30	31.70	69.55	70.17	129.03	
	31.30	31.63	68.50	69.17	107.52	
	30.57	30.90	68.45	69.47	107.52	
	30.50	30.73	69.45	70.10	75.27	
80	29.80	30.20	77.70	77.07	129.03	116.12
	30.03	30.37	77.25	77.07	107.52	
	29.93	30.27	76.75	77.03	107.52	
	29.93	30.27	76.20	76.70	107.52	
	29.87	30.27	76.55	76.80	129.03	
90	30.70	31.23	91.05	89.97	172.03	169.88
	30.87	31.40	91.45	90.47	172.03	
	31.00	31.50	91.75	90.03	161.28	
	31.53	32.07	91.95	90.30	172.03	
	31.53	32.07	92.50	90.73	172.03	
100	32.27	33.60	101.40	100.90	430.09	404.28
	33.50	34.67	101.00	100.07	376.33	
	32.93	34.17	100.55	100.13	397.83	
	32.83	34.13	100.40	99.87	419.33	
	32.90	34.13	100.05	100.40	397.83	

ตาราง ข-5 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
-90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเกี่ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	25.03	25.47	55.70	60.97	65.78	72.86
	25.20	25.63	61.60	61.40	65.78	
	25.50	26.03	55.85	58.60	80.96	
	26.90	27.50	57.85	59.33	91.08	
	27.17	27.57	57.75	58.67	60.72	
70	24.87	25.80	70.95	71.37	141.68	147.75
	24.83	25.80	65.10	69.33	146.74	
	24.73	25.67	66.25	70.93	141.68	
	24.83	25.80	69.90	70.13	146.74	
	24.97	26.03	66.00	70.73	161.91	
80	26.13	27.03	79.35	80.17	136.62	130.54
	25.30	26.17	79.80	80.80	131.56	
	24.93	25.77	75.05	79.90	126.50	
	25.37	26.17	79.00	79.53	121.44	
	25.87	26.77	76.30	81.30	136.62	
90	24.77	25.57	84.35	89.90	121.44	139.99
	24.53	25.60	84.30	90.03	161.91	
	24.67	25.57	85.00	90.40	136.62	
	25.13	26.07	88.35	90.40	141.68	
	24.87	25.87	88.25	89.60	151.80	
100	26.00	26.90	92.40	99.53	136.62	140.66
	26.43	27.40	94.65	100.83	146.74	
	27.33	28.23	98.70	100.23	136.62	
	27.47	28.40	97.85	98.87	141.68	
	27.80	28.73	94.00	99.27	141.68	

ตาราง ข-6 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
-90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	29.50	29.83	59.35	61.47	63.25	74.63
	29.57	29.90	62.05	60.13	63.25	
	29.40	29.77	58.55	59.60	69.57	
	29.33	29.87	61.95	60.17	101.20	
	29.80	30.20	61.80	59.90	75.90	
70	25.47	26.33	67.50	70.30	164.44	
	25.57	26.33	67.50	70.40	145.47	
	25.40	26.17	67.05	69.57	145.47	
	25.53	26.23	67.20	69.60	132.82	
	25.43	26.13	70.55	70.07	132.82	
80	27.13	27.77	79.20	79.90	120.17	123.97
	27.23	27.90	76.50	79.57	126.50	
	27.40	28.03	75.85	78.73	120.17	
	27.13	27.83	77.85	81.10	132.82	
	27.23	27.87	78.25	81.13	120.17	
90	26.80	27.50	87.10	90.07	132.82	142.94
	26.90	27.70	87.50	90.43	151.80	
	27.10	27.87	86.55	89.33	145.47	
	27.13	27.90	88.20	91.10	145.47	
	27.37	28.10	87.05	89.87	139.15	
100	22.33	23.50	95.60	101.47	221.37	228.96
	23.30	24.50	95.85	100.83	227.69	
	24.77	25.97	95.60	98.80	227.69	
	25.03	26.30	98.30	99.60	240.34	
	26.17	27.37	97.05	98.60	227.69	

ตาราง ข-7 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
-90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	25.13	25.63	56.75	59.57	132.82	152.30
	25.07	25.67	59.80	60.37	159.38	
	25.07	25.63	56.75	59.77	150.53	
	25.00	25.57	56.60	59.50	150.53	
	25.33	25.97	57.00	59.80	168.24	
70	25.87	26.47	69.00	70.63	159.38	134.59
	26.20	26.70	67.00	68.50	132.82	
	26.57	27.03	69.30	70.93	123.97	
	26.87	27.33	67.80	69.23	123.97	
	27.20	27.70	69.15	70.97	132.82	
80	29.10	30.07	76.15	79.30	256.79	256.79
	29.53	30.50	76.80	79.93	256.79	
	29.60	30.50	77.00	80.43	239.08	
	30.07	31.00	76.85	80.40	247.93	
	29.93	30.83	76.35	79.73	239.08	
90	30.17	31.10	86.65	91.30	247.93	253.24
	30.03	31.03	88.35	90.60	265.64	
	30.50	31.40	85.40	89.90	239.08	
	30.67	31.60	86.65	88.77	247.93	
	30.63	31.63	87.70	89.80	265.64	
100	31.67	32.27	94.85	99.47	159.38	166.47
	32.23	32.90	93.95	98.63	177.09	
	33.30	33.97	95.30	100.00	177.09	
	33.63	34.23	95.70	100.60	159.38	
	33.57	34.17	99.05	100.83	159.38	

ตาราง ข-8 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน
-90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	26.97	27.57	55.40	59.10	193.54	184.94
	27.10	27.63	56.50	60.43	172.03	
	27.17	27.73	56.90	58.97	182.79	
	27.07	27.67	56.30	60.07	193.54	
	27.30	27.87	56.60	60.43	182.79	
70	29.87	30.23	66.35	69.73	118.27	124.73
	29.93	30.33	66.45	69.93	129.03	
	29.97	30.37	67.05	70.30	129.03	
	30.07	30.47	66.50	70.20	129.03	
	30.17	30.53	66.45	69.97	118.27	
80	32.83	33.57	74.95	79.80	236.55	240.85
	32.97	33.67	73.30	79.97	225.80	
	33.20	33.93	74.85	79.77	236.55	
	33.07	33.83	73.80	80.40	247.30	
	33.00	33.80	74.95	79.83	258.05	
90	34.90	35.77	82.65	89.63	279.56	258.05
	35.07	35.87	84.40	89.60	258.05	
	35.30	36.07	83.00	89.97	247.30	
	35.07	35.87	84.40	89.60	258.05	
	35.30	36.07	83.00	89.97	247.30	
100	38.33	38.73	94.10	99.57	129.03	139.78
	38.33	38.87	93.75	101.07	172.03	
	38.37	38.87	93.85	98.83	161.28	
	38.77	39.13	94.65	100.47	118.27	
	38.97	39.33	92.60	100.27	118.27	

ตาราง ข-9 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน

มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	26.97	30.63	52.70	60.13	556.58	542.41
	27.07	31.40	53.10	61.07	657.78	
	26.40	28.70	50.33	60.70	349.13	
	26.77	30.27	52.23	58.83	531.28	
	26.20	30.27	53.07	60.90	617.30	
70	30.23	34.27	55.77	68.63	612.24	823.74
	30.43	36.87	59.57	70.80	976.55	
	30.57	36.70	58.80	68.97	931.01	
	30.43	34.37	56.57	69.67	597.06	
	30.47	37.07	59.10	69.67	1001.85	
80	29.27	39.20	64.17	79.87	1507.83	1537.18
	29.27	38.90	63.83	79.03	1462.29	
	29.27	39.50	63.97	79.80	1553.37	
	28.60	38.93	64.23	80.70	1568.55	
	28.20	38.70	63.33	79.57	1593.85	
90	26.50	38.27	64.17	90.43	1786.12	2010.78
	26.63	40.97	66.47	89.70	2175.73	
	26.63	40.97	66.47	89.70	2175.73	
	26.90	38.47	64.10	89.90	1755.76	
	27.07	41.30	66.73	90.23	2160.55	
100	31.83	49.03	76.33	100.23	2610.88	2246.57
	31.53	45.90	73.53	99.70	2180.79	
	31.57	45.90	73.67	100.27	2175.73	
	31.83	45.83	73.67	100.23	2125.13	
	31.63	45.73	73.80	100.47	2140.31	

ตาราง ข-10 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
 มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	27.87	31.37	55.53	62.40	664.10	585.68
	28.20	31.03	53.47	58.23	537.61	
	28.63	31.30	53.70	58.20	505.98	
	28.70	32.10	55.27	61.17	645.13	
	28.07	31.10	53.90	58.57	575.56	
70	30.03	35.27	60.37	69.10	992.99	956.31
	29.97	34.17	59.53	71.20	796.92	
	29.83	35.53	61.40	70.37	1081.54	
	29.13	33.30	59.07	69.70	790.60	
	29.07	34.97	61.37	70.20	1119.49	
80	28.07	37.37	66.77	80.10	1764.62	1509.10
	28.07	35.07	64.27	80.77	1328.21	
	28.00	34.97	64.07	79.37	1321.88	
	27.93	37.30	66.90	80.37	1777.27	
	28.00	35.13	64.27	80.30	1353.51	
90	29.13	38.73	70.20	90.67	1821.54	1997.37
	29.13	38.73	70.20	90.67	1821.54	
	29.60	42.03	73.33	91.43	2359.15	
	29.53	41.30	72.93	89.77	2232.65	
	29.83	39.07	70.17	89.50	1751.97	
100	29.20	41.63	75.87	99.47	2359.15	2469.20
	29.13	41.97	76.40	101.07	2435.05	
	29.13	43.87	78.27	99.17	2795.56	
	29.13	41.77	76.23	100.30	2397.10	
	29.20	41.63	75.97	100.13	2359.15	

ตาราง ข-11 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
 มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	28.93	31.53	54.67	59.40	690.67	605.66
	29.80	32.13	55.43	60.60	619.83	
	29.53	31.57	54.67	59.00	540.14	
	29.53	31.57	54.67	59.00	540.14	
	28.93	31.33	54.77	59.27	637.54	
70	28.57	31.87	59.03	70.13	876.62	970.48
	28.43	33.30	61.00	69.23	1292.79	
	28.43	31.77	59.10	70.23	885.47	
	28.43	31.93	59.20	70.33	929.75	
	28.57	31.83	58.83	69.77	867.76	
80	28.50	36.00	67.03	78.87	1992.31	1806.36
	28.57	36.13	67.53	79.90	2010.02	
	28.77	35.03	65.83	80.47	1664.69	
	28.93	34.80	65.30	79.57	1558.43	
	29.13	35.17	65.83	80.20	1602.70	
90	30.03	38.23	72.50	90.17	2178.26	2355.36
	30.17	39.57	74.03	90.20	2497.03	
	30.10	38.63	72.90	90.77	2266.81	
	30.17	39.50	73.83	89.10	2479.32	
	30.37	38.70	72.57	90.17	2213.68	
100	29.97	41.07	78.30	98.93	2948.62	3001.75
	29.90	41.00	78.10	98.57	2948.62	
	29.90	41.63	79.20	100.53	3116.86	
	30.23	41.40	78.53	99.27	2966.33	
	30.30	41.70	79.00	100.00	3028.31	

ตาราง ข-12 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
 มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	29.83	32.10	56.30	61.07	731.15	584.92
	30.63	32.47	55.53	59.27	591.37	
	29.80	31.77	55.47	59.27	634.38	
	29.67	30.70	53.40	59.80	333.32	
	30.80	32.77	56.03	60.30	634.38	
70	29.60	32.80	60.30	70.17	1032.21	1223.60
	29.73	33.97	62.07	70.27	1365.52	
	29.83	32.93	60.17	69.80	999.95	
	29.90	34.13	62.07	69.87	1365.52	
	29.97	34.17	62.67	71.10	1354.77	
80	30.03	35.57	66.97	79.73	1784.86	1776.26
	30.10	35.63	66.83	79.33	1784.86	
	30.10	35.70	67.17	80.10	1806.36	
	30.73	36.07	67.20	79.87	1720.35	
	30.73	36.27	67.47	80.17	1784.86	
90	32.03	39.20	73.73	88.50	2311.71	2453.64
	32.30	39.57	74.23	89.07	2343.97	
	32.17	39.50	74.23	88.97	2365.48	
	32.30	39.67	74.23	88.93	2376.23	
	32.60	41.50	76.60	89.77	2870.83	
100	28.70	39.80	78.87	100.00	3580.47	3427.79
	29.27	39.27	77.60	99.53	3225.65	
	29.73	40.70	79.63	99.97	3537.46	
	30.23	40.40	78.50	99.50	3279.41	
	30.70	41.60	80.37	100.03	3515.96	

ตาราง ข-13 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	23.77	23.97	53.87	60.17	30.36	32.38
	24.53	24.73	59.27	60.40	30.36	
	26.00	26.07	59.10	59.40	10.12	
	26.07	26.23	60.97	61.30	25.30	
	26.17	26.60	55.13	59.57	65.78	
70	27.93	28.33	65.83	69.57	60.72	56.67
	28.23	28.63	65.97	69.53	60.72	
	28.13	28.47	66.57	71.03	50.60	
	28.10	28.47	70.20	69.80	55.66	
	28.43	28.80	69.30	68.90	55.66	
80	29.53	30.13	79.57	80.73	91.08	83.99
	29.13	29.73	78.60	79.20	91.08	
	29.53	29.93	78.13	78.30	60.72	
	29.13	29.73	74.03	80.43	91.08	
	29.70	30.27	80.27	81.23	86.02	
90	31.63	32.47	85.97	92.13	126.50	115.36
	31.90	32.63	90.47	91.33	111.32	
	31.63	32.33	85.87	91.33	106.26	
	30.93	31.73	89.07	89.27	121.44	
	30.93	31.67	85.53	89.90	111.32	
100	33.70	49.23	84.60	101.70	2357.89	2042.15
	33.50	46.27	80.67	100.50	1937.92	
	33.30	46.03	80.43	98.83	1932.86	
	33.10	46.07	80.43	97.67	1968.28	
	32.53	45.80	80.53	97.57	2013.82	

ตาราง ข-14 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	28.13	28.17	62.43	61.00	6.32	8.85
	28.43	28.50	57.23	58.70	12.65	
	28.07	28.10	60.63	58.93	6.32	
	28.63	28.67	58.37	60.63	6.32	
	28.43	28.50	60.70	58.67	12.65	
70	29.77	29.97	67.67	70.10	37.95	40.48
	29.00	29.30	70.90	69.13	56.92	
	29.73	29.90	68.47	71.20	31.62	
	29.90	30.07	68.37	70.30	31.62	
	30.03	30.27	71.40	69.47	44.27	
80	30.23	30.40	76.10	78.70	31.62	48.07
	30.10	30.37	77.07	80.47	50.60	
	29.83	30.20	77.47	80.87	69.57	
	29.90	30.20	81.47	80.17	56.92	
	30.80	30.97	77.13	80.17	31.62	
90	31.57	32.07	85.30	89.47	94.87	77.16
	31.70	32.07	85.77	89.83	69.57	
	31.63	32.07	84.70	88.63	82.22	
	31.63	32.00	86.43	90.80	69.57	
	31.63	32.00	85.57	89.90	69.57	
100	31.53	41.53	84.70	100.17	1897.44	2074.53
	31.57	42.30	84.17	99.50	2036.59	
	31.70	43.07	85.37	96.77	2156.76	
	31.57	42.43	86.67	99.43	2061.88	
	31.63	43.33	82.53	99.77	2220.00	

ตาราง ข-15 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	29.27	29.23	59.67	60.30	0.00	0.00
	29.33	29.23	55.97	60.23	0.00	
	29.77	29.57	60.30	61.27	0.00	
	29.53	29.43	56.03	60.43	0.00	
	29.73	29.63	56.23	60.60	0.00	
70	30.57	30.67	67.23	70.97	18.97	7.59
	30.47	30.53	68.77	72.77	12.65	
	30.63	30.67	69.00	68.87	6.32	
	30.60	30.60	66.90	70.70	0.00	
	30.53	30.53	63.97	66.93	0.00	
80	31.77	31.93	78.07	80.50	44.27	26.56
	32.10	32.13	77.47	80.27	8.85	
	32.10	32.20	78.13	80.93	26.56	
	32.37	32.47	78.47	81.40	26.56	
	32.43	32.53	76.97	79.87	26.56	
90	27.47	28.07	86.77	90.13	159.38	180.64
	28.17	28.97	87.03	89.93	212.51	
	28.83	29.60	87.17	90.37	203.66	
	32.03	32.57	86.93	89.50	141.68	
	32.97	33.67	87.70	90.20	185.95	
100	34.03	44.53	85.53	99.33	2789.24	2946.85
	34.00	44.77	83.87	97.83	2860.07	
	33.93	46.10	87.17	103.33	3231.97	
	34.40	45.47	85.70	100.20	2939.77	
	34.83	45.80	86.03	100.43	2913.20	

ตาราง ข-16 ผลการทดลองอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน สารทำงานเป็นอะซิโตน
มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

T_{heater} °C	$T_{\text{ci(ave)}}$ °C	$T_{\text{co(ave)}}$ °C	$T_{\text{eo(ave)}}$ °C	$T_{\text{ei(ave)}}$ °C	Q_c (W)	Q_{cave} (W)
60	30.47	30.33	57.77	62.83	0.00	0.00
	30.50	30.47	55.43	60.03	0.00	
	30.93	30.73	54.80	59.27	0.00	
	31.00	30.87	57.60	59.63	0.00	
	30.47	30.33	55.37	59.87	0.00	
70	25.17	25.33	67.53	72.53	31.62	45.54
	25.57	25.73	64.20	68.60	31.62	
	26.10	26.50	64.93	69.70	75.90	
	26.63	26.93	65.50	70.23	56.92	
	27.17	27.33	66.07	69.90	31.62	
80	34.77	35.03	77.50	81.23	40.48	48.57
	34.60	35.03	75.23	78.67	65.78	
	34.93	35.17	74.40	79.87	35.42	
	35.03	35.33	74.30	79.73	45.54	
	34.97	35.33	75.87	79.57	55.66	
90	36.00	36.47	86.73	90.37	150.53	141.93
	36.60	37.07	86.50	89.80	150.53	
	36.90	37.27	86.50	89.80	118.27	
	36.87	37.33	86.43	89.97	150.53	
	37.23	37.67	84.93	91.20	139.78	
100	37.27	46.37	85.60	98.60	2935.34	3008.45
	37.43	47.00	87.70	100.77	3085.87	
	37.47	46.50	86.07	98.70	2913.84	
	37.57	47.20	87.03	100.23	3107.37	
	37.60	46.90	86.80	99.73	2999.85	

ตาราง ข-17 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเกี่ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q(\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q(\text{W}/\text{m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	131.56	23.8	1358.46	0.002012	1.19	2.01
	0.00323	0.097	91.08	24.5	940.47	0.000606	1.43	0.92
	0.00323	0.097	111.32	25.0	1149.46	0.000743	1.53	1.33
	0.00323	0.097	101.20	25.2	1044.97	0.000564	1.58	1.09
	0.00323	0.097	106.26	25.6	1097.22	0.000558	1.62	1.17
70	0.00323	0.097	177.09	27.6	1828.69	0.001163	1.67	2.91
	0.00323	0.097	166.97	27.7	1724.20	0.000926	1.75	2.57
	0.00323	0.097	156.86	27.9	1619.70	0.000764	1.80	2.25
	0.00323	0.097	151.80	28.3	1567.45	0.000559	1.99	2.06
	0.00323	0.097	161.91	28.3	1671.95	0.000614	2.02	2.35
80	0.00323	0.097	116.38	25.6	1201.71	0.000417	2.05	1.40
	0.00323	0.097	126.50	25.9	1306.21	0.000459	2.09	1.63
	0.00323	0.097	141.68	27.6	1462.96	0.000395	2.29	1.86
	0.00323	0.097	161.91	27.6	1671.95	0.000502	2.32	2.43
	0.00323	0.097	141.68	27.6	1462.96	0.000374	2.35	1.86
90	0.00323	0.097	202.39	29.2	2089.94	0.000613	2.42	3.51
	0.00323	0.097	192.27	29.3	1985.44	0.000466	2.62	3.15
	0.00323	0.097	212.51	29.3	2194.43	0.000558	2.65	3.85
	0.00323	0.097	207.45	29.5	2142.18	0.000481	2.76	3.64
	0.00323	0.097	212.51	29.7	2194.43	0.000477	2.81	3.78
100	0.00323	0.097	495.86	30.2	5120.34	0.002302	2.91	20.12
	0.00323	0.097	516.10	30.1	5329.34	0.002475	2.94	21.90
	0.00323	0.097	490.80	30.2	5068.10	0.002180	2.96	19.71
	0.00323	0.097	480.68	30.1	4963.60	0.002077	2.99	18.99

	0.00323	0.097	516.10	30.2	5329.34	0.002333	3.01	21.80
--	---------	-------	--------	------	---------	----------	------	-------

ตาราง ข-18 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

$T_{\text{heater}}^{\circ\text{C}}$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv ^{°C}	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	75.90	26.80	783.73	0.00046	1.19	0.5573
	0.00323	0.097	69.57	26.70	718.42	0.00039	1.19	0.4709
	0.00323	0.097	63.25	26.80	653.11	0.00032	1.19	0.3870
	0.00323	0.097	56.92	26.80	587.79	0.00026	1.19	0.3135
	0.00323	0.097	63.25	27.00	653.11	0.00031	1.19	0.3829
70	0.00323	0.097	82.22	28.30	849.04	0.00045	1.19	0.6050
	0.00323	0.097	101.20	28.60	1044.97	0.00067	1.19	0.9031
	0.00323	0.097	75.90	28.60	783.73	0.00038	1.19	0.5080
	0.00323	0.097	113.85	29.00	1175.59	0.00081	1.20	1.1211
	0.00323	0.097	101.20	29.20	1044.97	0.00063	1.20	0.8774
80	0.00323	0.097	107.52	29.00	1110.28	0.00072	1.20	1.0000
	0.00323	0.097	113.85	29.00	1175.59	0.00081	1.20	1.1211
	0.00323	0.097	107.52	29.20	1110.28	0.00071	1.20	0.9906
	0.00323	0.097	101.20	29.20	1044.97	0.00063	1.20	0.8774
	0.00323	0.097	101.20	29.70	1044.97	0.00060	1.20	0.8573
90	0.00323	0.097	151.80	29.90	1567.45	0.00132	1.20	1.9114
	0.00323	0.097	120.17	30.10	1240.90	0.00081	1.20	1.1872
	0.00323	0.097	170.77	30.40	1763.38	0.00159	1.20	2.3656
	0.00323	0.097	151.80	30.70	1567.45	0.00122	1.20	1.8447
	0.00323	0.097	151.80	30.90	1567.45	0.00120	1.20	1.8288
100	0.00323	0.097	480.68	31.10	4963.60	0.01179	1.20	18.1828
	0.00323	0.097	379.49	31.10	3918.63	0.00735	1.20	11.3328
	0.00323	0.097	505.98	31.50	5224.84	0.01260	1.20	19.8107
	0.00323	0.097	398.46	31.50	4114.56	0.00781	1.20	12.2857

	0.00323	0.097	385.81	31.30	3983.94	0.00746	1.20	11.6150
--	---------	-------	--------	-------	---------	---------	------	---------

ตาราง ข-19 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	79.69	27.90	822.91	0.00045	1.19	0.5799
	0.00323	0.097	44.27	27.90	457.17	0.00014	1.19	0.1790
	0.00323	0.097	44.27	27.90	457.17	0.00014	1.19	0.1790
	0.00323	0.097	53.13	28.10	548.61	0.00019	1.19	0.2551
	0.00323	0.097	53.13	28.10	548.61	0.00019	1.19	0.2551
70	0.00323	0.097	53.13	25.40	548.61	0.00027	1.19	0.2958
	0.00323	0.097	70.84	25.90	731.48	0.00044	1.19	0.5106
	0.00323	0.097	61.98	26.50	640.04	0.00032	1.19	0.3779
	0.00323	0.097	53.13	26.70	548.61	0.00023	1.19	0.2746
	0.00323	0.097	61.98	27.00	640.04	0.00030	1.19	0.3677
80	0.00323	0.097	132.82	26.10	1371.52	0.00152	1.19	1.7746
	0.00323	0.097	106.26	26.10	1097.22	0.00097	1.19	1.1357
	0.00323	0.097	123.97	27.40	1280.09	0.00114	1.19	1.4399
	0.00323	0.097	123.97	27.20	1280.09	0.00117	1.19	1.4552
	0.00323	0.097	106.26	27.40	1097.22	0.00084	1.19	1.0579
90	0.00323	0.097	194.80	29.00	2011.56	0.00237	1.20	3.2825
	0.00323	0.097	203.66	30.10	2103.00	0.00232	1.20	3.4097
	0.00323	0.097	177.09	30.40	1828.69	0.00171	1.20	2.5440
	0.00323	0.097	159.38	30.20	1645.82	0.00141	1.20	2.0790
	0.00323	0.097	194.80	30.40	2011.56	0.00207	1.20	3.0783
100	0.00323	0.097	557.85	32.00	5760.39	0.01464	1.20	23.5896
	0.00323	0.097	602.12	32.00	6217.56	0.01706	1.20	27.4825
	0.00323	0.097	487.01	32.20	5028.91	0.01097	1.20	17.8341
	0.00323	0.097	531.28	32.40	5486.08	0.01283	1.20	21.0548

	0.00323	0.097	548.99	32.40	5668.95	0.01370	1.20	22.4819
--	---------	-------	--------	-------	---------	---------	------	---------

ตาราง ข-20 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}}^{\circ\text{C}}$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv ^{°C}	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	86.02	29.30	888.22	0.00045	1.20	0.6310
	0.00323	0.097	53.76	29.20	555.14	0.00018	1.20	0.2476
	0.00323	0.097	75.27	29.30	777.20	0.00034	1.20	0.4831
	0.00323	0.097	64.51	29.00	666.17	0.00026	1.20	0.3600
	0.00323	0.097	53.76	28.80	555.14	0.00018	1.20	0.2524
70	0.00323	0.097	129.03	32.60	1332.33	0.00074	1.20	1.2320
	0.00323	0.097	129.03	32.20	1332.33	0.00077	1.20	1.2518
	0.00323	0.097	107.52	32.00	1110.28	0.00054	1.20	0.8764
	0.00323	0.097	107.52	31.50	1110.28	0.00057	1.20	0.8946
	0.00323	0.097	75.27	31.10	777.20	0.00029	1.20	0.4458
80	0.00323	0.097	129.03	30.80	1332.33	0.00087	1.20	1.3270
	0.00323	0.097	107.52	30.80	1110.28	0.00061	1.20	0.9216
	0.00323	0.097	107.52	30.80	1110.28	0.00061	1.20	0.9216
	0.00323	0.097	107.52	30.80	1110.28	0.00061	1.20	0.9216
	0.00323	0.097	129.03	30.80	1332.33	0.00087	1.20	1.3270
90	0.00323	0.097	172.03	31.70	1776.45	0.00143	1.20	2.2712
	0.00323	0.097	172.03	31.90	1776.45	0.00140	1.20	2.2526
	0.00323	0.097	161.28	32.00	1665.42	0.00122	1.20	1.9718
	0.00323	0.097	172.03	32.60	1776.45	0.00132	1.20	2.1902
	0.00323	0.097	172.03	32.60	1776.45	0.00132	1.20	2.1902
100	0.00323	0.097	430.09	33.30	4441.11	0.00779	1.20	13.3222
	0.00323	0.097	376.33	34.40	3885.98	0.00545	1.20	9.7911
	0.00323	0.097	397.83	34.00	4108.03	0.00629	1.20	11.1033
	0.00323	0.097	419.33	34.00	4330.09	0.00699	1.20	12.3361

	0.00323	0.097	397.83	34.00	4108.03	0.00629	1.20	11.1033
--	---------	-------	--------	-------	---------	---------	------	---------

ตาราง ข-21 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	65.78	60.30	679.23	0.00002	1.23	0.1055
	0.00323	0.097	65.78	65.40	679.23	0.00001	1.24	0.0823
	0.00323	0.097	80.96	62.80	835.97	0.00002	1.24	0.1402
	0.00323	0.097	91.08	65.00	940.47	0.00002	1.24	0.1604
	0.00323	0.097	60.72	64.80	626.98	0.00001	1.24	0.0719
70	0.00323	0.097	141.68	73.40	1462.96	0.00003	1.25	0.2885
	0.00323	0.097	146.74	70.40	1515.20	0.00003	1.25	0.3398
	0.00323	0.097	141.68	70.10	1462.96	0.00003	1.25	0.3199
	0.00323	0.097	146.74	73.40	1515.20	0.00003	1.25	0.3094
	0.00323	0.097	161.91	70.20	1671.95	0.00004	1.25	0.4165
80	0.00323	0.097	136.62	80.50	1410.71	0.00001	1.26	0.1810
	0.00323	0.097	131.56	80.80	1358.46	0.00001	1.26	0.1665
	0.00323	0.097	126.50	77.80	1306.21	0.00001	1.26	0.1673
	0.00323	0.097	121.44	81.00	1253.96	0.00001	1.26	0.1412
	0.00323	0.097	136.62	78.10	1410.71	0.00001	1.26	0.1935
90	0.00323	0.097	121.44	87.20	1253.96	0.00001	1.27	0.1354
	0.00323	0.097	161.91	87.40	1671.95	0.00001	1.27	0.2391
	0.00323	0.097	136.62	87.60	1410.71	0.00001	1.27	0.1692
	0.00323	0.097	141.68	90.80	1462.96	0.00001	1.28	0.1655
	0.00323	0.097	151.80	90.90	1567.45	0.00001	1.28	0.1895
100	0.00323	0.097	136.62	93.30	1410.71	0.00001	1.28	0.1441
	0.00323	0.097	146.74	103.00	1515.20	0.00000	1.30	0.1129
	0.00323	0.097	136.62	103.50	1410.71	0.00000	1.30	0.0968
	0.00323	0.097	141.68	103.30	1462.96	0.00000	1.30	0.1046

	0.00323	0.097	141.68	100.80	1462.96	0.00000	1.29	0.1105
--	---------	-------	--------	--------	---------	---------	------	--------

ตาราง ข-22 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q (\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q (\text{W}/\text{m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	63.25	65.50	653.11	0.00001	1.24	0.0758
	0.00323	0.097	63.25	67.70	653.11	0.00001	1.24	0.0694
	0.00323	0.097	69.57	65.50	718.42	0.00001	1.24	0.0917
	0.00323	0.097	101.20	68.00	1044.97	0.00002	1.24	0.1758
	0.00323	0.097	75.90	68.00	783.73	0.00001	1.24	0.0989
70	0.00323	0.097	164.44	70.50	1698.07	0.00004	1.25	0.4253
	0.00323	0.097	145.47	70.50	1502.14	0.00003	1.25	0.3328
	0.00323	0.097	145.47	70.20	1502.14	0.00003	1.25	0.3362
	0.00323	0.097	132.82	70.40	1371.52	0.00003	1.25	0.2784
	0.00323	0.097	132.82	73.80	1371.52	0.00002	1.25	0.2506
80	0.00323	0.097	120.17	81.40	1240.90	0.00001	1.26	0.1368
	0.00323	0.097	126.50	79.30	1306.21	0.00001	1.26	0.1603
	0.00323	0.097	120.17	78.50	1240.90	0.00001	1.26	0.1480
	0.00323	0.097	132.82	79.70	1371.52	0.00001	1.26	0.1748
	0.00323	0.097	120.17	79.80	1240.90	0.00001	1.26	0.1427
90	0.00323	0.097	132.82	90.30	1371.52	0.00001	1.27	0.1475
	0.00323	0.097	151.80	90.70	1567.45	0.00001	1.28	0.1905
	0.00323	0.097	145.47	89.90	1502.14	0.00001	1.27	0.1790
	0.00323	0.097	145.47	91.30	1502.14	0.00001	1.28	0.1721
	0.00323	0.097	139.15	90.30	1436.83	0.00001	1.27	0.1619
100	0.00323	0.097	221.37	97.20	2285.87	0.00001	1.29	0.3456
	0.00323	0.097	227.69	98.90	2351.18	0.00001	1.29	0.2985
	0.00323	0.097	227.69	100.10	2351.18	0.00001	1.29	0.2900
	0.00323	0.097	240.34	102.30	2481.80	0.00001	1.29	0.3075

	0.00323	0.097	227.69	101.90	2351.18	0.00001	1.29	0.2784
--	---------	-------	--------	--------	---------	---------	------	--------

ตาราง ข-23 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	132.82	50.7	1371.52	0.00014	1.22	0.5845
	0.00323	0.097	159.38	53.1	1645.82	0.00017	1.23	0.7725
	0.00323	0.097	150.53	51	1554.39	0.00017	1.22	0.7424
	0.00323	0.097	150.53	50.8	1554.39	0.00018	1.22	0.7480
	0.00323	0.097	168.24	51.1	1737.26	0.00022	1.22	0.9239
70	0.00323	0.097	159.38	64.7	1645.82	0.00006	1.24	0.4978
	0.00323	0.097	132.82	65.5	1371.52	0.00004	1.24	0.3341
	0.00323	0.097	123.97	64.5	1280.09	0.00004	1.24	0.3038
	0.00323	0.097	123.97	64.7	1280.09	0.00004	1.24	0.3011
	0.00323	0.097	132.82	65.3	1371.52	0.00004	1.24	0.3369
80	0.00323	0.097	256.79	75.80	2651.61	0.00007	1.25	0.8862
	0.00323	0.097	256.79	75.90	2651.61	0.00007	1.25	0.8839
	0.00323	0.097	239.08	76.30	2468.74	0.00006	1.25	0.7581
	0.00323	0.097	247.93	76.60	2560.17	0.00006	1.25	0.8090
	0.00323	0.097	239.08	76.00	2468.74	0.00006	1.25	0.7641
90	0.00323	0.097	247.93	83.10	2560.17	0.00004	1.26	0.6526
	0.00323	0.097	265.64	85.40	2743.04	0.00004	1.27	0.6881
	0.00323	0.097	239.08	82.90	2468.74	0.00004	1.26	0.6116
	0.00323	0.097	247.93	85.30	2560.17	0.00003	1.27	0.6015
	0.00323	0.097	265.64	85.50	2743.04	0.00004	1.27	0.6857
100	0.00323	0.097	159.38	92.80	1645.82	0.00001	1.28	0.1987
	0.00323	0.097	177.09	93.10	1828.69	0.00001	1.28	0.2434
	0.00323	0.097	177.09	94.00	1828.69	0.00001	1.28	0.2380
	0.00323	0.097	159.38	93.80	1645.82	0.00001	1.28	0.1938

	0.00323	0.097	159.38	96.20	1645.82	0.00001	1.28	0.1831
--	---------	-------	--------	-------	---------	---------	------	--------

ตาราง ข-24 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นน้ำ มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเฉลี่ย

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$Di(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q (\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q (\text{W}/\text{m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	193.54	48.20	1998.50	0.00037	1.22	1.3724
	0.00323	0.097	172.03	48.60	1776.45	0.00028	1.22	1.0661
	0.00323	0.097	182.79	49.60	1887.47	0.00029	1.22	1.1554
	0.00323	0.097	193.54	48.70	1998.50	0.00035	1.22	1.3437
	0.00323	0.097	182.79	48.90	1887.47	0.00031	1.22	1.1886
70	0.00323	0.097	118.27	58.30	1221.31	0.00006	1.23	0.3631
	0.00323	0.097	129.03	58.50	1332.33	0.00008	1.23	0.4297
	0.00323	0.097	129.03	58.80	1332.33	0.00007	1.23	0.4263
	0.00323	0.097	129.03	58.50	1332.33	0.00008	1.23	0.4297
	0.00323	0.097	118.27	58.50	1221.31	0.00006	1.23	0.3611
80	0.00323	0.097	236.55	71.50	2442.61	0.00008	1.25	0.8520
	0.00323	0.097	225.80	69.30	2331.59	0.00009	1.25	0.8351
	0.00323	0.097	236.55	71.80	2442.61	0.00008	1.25	0.8440
	0.00323	0.097	247.30	69.70	2553.64	0.00010	1.25	0.9881
	0.00323	0.097	258.05	71.90	2664.67	0.00009	1.25	1.0014
90	0.00323	0.097	279.56	77.60	2886.72	0.00008	1.26	1.0027
	0.00323	0.097	258.05	79.40	2664.67	0.00006	1.26	0.8180
	0.00323	0.097	247.30	77.70	2553.64	0.00006	1.26	0.7827
	0.00323	0.097	258.05	79.40	2664.67	0.00006	1.26	0.8180
	0.00323	0.097	247.30	77.70	2553.64	0.00006	1.26	0.7827
100	0.00323	0.097	129.03	87.20	1332.33	0.00001	1.27	0.1528
	0.00323	0.097	172.03	86.90	1776.45	0.00001	1.27	0.2743
	0.00323	0.097	161.28	87.70	1665.42	0.00001	1.27	0.2350
	0.00323	0.097	118.27	87.90	1221.31	0.00001	1.27	0.1256

	0.00323	0.097	118.27	86.70	1221.31	0.00001	1.27	0.1305
--	---------	-------	--------	-------	---------	---------	------	--------

ตาราง ข-25 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	556.58	31.1	5747.32	0.00055	1.89	64.40
	0.00323	0.097	657.78	31.0	6792.29	0.00067	2.01	90.08
	0.00323	0.097	349.13	29.2	3605.14	0.00014	2.41	26.10
	0.00323	0.097	531.28	30.1	5486.08	0.00028	2.56	59.59
	0.00323	0.097	617.30	30.1	6374.31	0.00030	2.90	80.44
70	0.00323	0.097	612.24	31.5	6322.06	0.00025	3.03	77.46
	0.00323	0.097	976.55	32.2	10083.94	0.00060	3.09	195.05
	0.00323	0.097	931.01	31.9	9613.71	0.00051	3.20	178.06
	0.00323	0.097	597.06	31.7	6165.31	0.00020	3.32	73.45
	0.00323	0.097	1001.85	31.9	10345.18	0.00054	3.37	206.19
80	0.00323	0.097	1507.83	30.8	15570.02	0.00116	3.52	474.79
	0.00323	0.097	1462.29	31.3	15099.79	0.00104	3.58	443.18
	0.00323	0.097	1553.37	32.0	16040.26	0.00111	3.63	494.97
	0.00323	0.097	1568.55	30.1	16197.01	0.00103	3.95	519.39
	0.00323	0.097	1593.85	30.2	16458.25	0.00095	4.18	535.44
90	0.00323	0.097	1786.12	28.4	18443.69	0.00104	4.65	692.32
	0.00323	0.097	2175.73	29.2	22466.81	0.00146	4.70	1013.80
	0.00323	0.097	2175.73	29.2	22466.81	0.00143	4.73	1013.80
	0.00323	0.097	1755.76	29.0	18130.20	0.00093	4.77	662.36
	0.00323	0.097	2160.55	29.5	22310.07	0.00135	4.81	994.87
100	0.00323	0.097	2610.88	36.9	26960.18	0.00134	5.08	1310.41
	0.00323	0.097	2180.79	35.6	22519.06	0.00098	5.06	929.02
	0.00323	0.097	2175.73	36.0	22466.81	0.00096	5.07	920.09
	0.00323	0.097	2125.13	36.0	21944.33	0.00092	5.07	877.79

	0.00323	0.097	2140.31	34.7	22101.08	0.00098	5.05	905.28
--	---------	-------	---------	------	----------	---------	------	--------

ตาราง ข-26 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	664.10	29.9	6857.60	0.00082	1.88	93.40
	0.00323	0.097	537.61	29.9	5551.39	0.00037	2.26	61.21
	0.00323	0.097	505.98	29.9	5224.84	0.00027	2.49	54.22
	0.00323	0.097	645.13	30.1	6661.67	0.00041	2.56	87.86
	0.00323	0.097	575.56	29.5	5943.26	0.00028	2.83	70.60
70	0.00323	0.097	992.99	31.5	10253.75	0.00072	2.90	203.76
	0.00323	0.097	796.92	31.3	8229.12	0.00045	2.97	131.63
	0.00323	0.097	1081.54	31.3	11168.10	0.00080	3.03	242.44
	0.00323	0.097	790.60	30.6	8163.81	0.00034	3.42	130.93
	0.00323	0.097	1119.49	30.6	11559.96	0.00067	3.47	262.52
80	0.00323	0.097	1764.62	29.9	18221.63	0.00145	3.76	659.43
	0.00323	0.097	1328.21	29.7	13715.21	0.00079	3.86	374.78
	0.00323	0.097	1321.88	29.7	13649.90	0.00076	3.90	371.22
	0.00323	0.097	1777.27	29.9	18352.25	0.00125	4.09	668.92
	0.00323	0.097	1353.51	29.9	13976.45	0.00068	4.22	387.96
90	0.00323	0.097	1821.54	31.1	18809.43	0.00110	4.35	689.76
	0.00323	0.097	1821.54	31.1	18809.43	0.00108	4.40	689.76
	0.00323	0.097	2359.15	31.7	24360.82	0.00173	4.44	1146.69
	0.00323	0.097	2232.65	31.7	23054.61	0.00147	4.56	1027.02
	0.00323	0.097	1751.97	31.7	18091.01	0.00089	4.60	632.39
100	0.00323	0.097	2359.15	31.30	24360.82	0.00151	4.79	1153.52
	0.00323	0.097	2435.05	31.30	25144.54	0.00158	4.83	1228.93
	0.00323	0.097	2795.56	31.70	28867.24	0.00199	4.91	1610.17
	0.00323	0.097	2397.10	31.30	24752.68	0.00144	4.98	1190.93

	0.00323	0.097	2359.15	31.30	24360.82	0.00138	5.02	1153.52
--	---------	-------	---------	-------	----------	---------	------	---------

ตาราง ข-27 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเกลียว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q (\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q (\text{W}/\text{m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	690.67	30.1	7131.91	0.00088	1.88	100.70
	0.00323	0.097	619.83	30.4	6400.43	0.00061	2.01	80.73
	0.00323	0.097	540.14	30.1	5577.52	0.00040	2.18	61.59
	0.00323	0.097	540.14	30.1	5577.52	0.00037	2.26	61.59
	0.00323	0.097	637.54	29.9	6583.30	0.00046	2.42	86.08
70	0.00323	0.097	876.62	29.9	9052.04	0.00069	2.70	162.74
	0.00323	0.097	1292.79	29.3	13349.47	0.00124	3.01	357.35
	0.00323	0.097	885.47	29.5	9143.47	0.00056	3.07	167.10
	0.00323	0.097	929.75	29.5	9600.64	0.00057	3.19	184.23
	0.00323	0.097	867.76	29.3	8960.60	0.00045	3.35	161.00
80	0.00323	0.097	1992.31	29.9	20572.81	0.00200	3.62	840.59
	0.00323	0.097	2010.02	30.2	20755.68	0.00185	3.77	851.57
	0.00323	0.097	1664.69	30.2	17189.73	0.00115	3.95	584.10
	0.00323	0.097	1558.43	30.2	16092.51	0.00097	4.04	511.91
	0.00323	0.097	1602.70	30.4	16549.68	0.00089	4.31	539.73
90	0.00323	0.097	2178.26	31.5	22492.94	0.00141	4.56	980.48
	0.00323	0.097	2497.03	31.7	25784.59	0.00180	4.60	1284.64
	0.00323	0.097	2266.81	31.9	23407.29	0.00145	4.64	1055.58
	0.00323	0.097	2479.32	31.9	25601.72	0.00170	4.68	1262.77
	0.00323	0.097	2213.68	31.9	22858.68	0.00120	4.99	1006.68
100	0.00323	0.097	2948.62	31.7	30447.76	0.00211	5.02	1791.32
	0.00323	0.097	2948.62	31.7	30447.76	0.00211	5.02	1791.32
	0.00323	0.097	3116.86	31.7	32185.02	0.00236	5.02	2001.56
	0.00323	0.097	2966.33	32.0	30630.63	0.00211	5.02	1804.95

	0.00323	0.097	3028.31	32.0	31270.67	0.00220	5.02	1881.17
--	---------	-------	---------	------	----------	---------	------	---------

ตาราง ข-28 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน 90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv(°C)	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	731.15	30.6	7549.89	0.00084	2.01	111.98
	0.00323	0.097	591.37	31.1	6106.53	0.00050	2.10	72.70
	0.00323	0.097	634.38	30.6	6550.64	0.00050	2.27	84.30
	0.00323	0.097	333.32	30.4	3441.86	0.00013	2.34	23.34
	0.00323	0.097	634.38	31.3	6550.64	0.00036	2.64	83.41
70	0.00323	0.097	1032.21	30.6	10658.67	0.00089	2.77	223.18
	0.00323	0.097	1365.52	30.6	14100.54	0.00126	3.08	390.59
	0.00323	0.097	999.95	30.8	10325.59	0.00058	3.31	208.81
	0.00323	0.097	1365.52	31.0	14100.54	0.00104	3.36	388.22
	0.00323	0.097	1354.77	31.0	13989.51	0.00093	3.52	382.13
80	0.00323	0.097	1784.86	31.1	18430.62	0.00148	3.68	662.26
	0.00323	0.097	1784.86	31.3	18430.62	0.00143	3.73	660.27
	0.00323	0.097	1806.36	31.3	18652.68	0.00143	3.77	676.27
	0.00323	0.097	1720.35	31.9	17764.46	0.00098	4.28	607.98
	0.00323	0.097	1784.86	32.0	18430.62	0.00103	4.32	653.48
90	0.00323	0.097	2311.71	33.5	23870.99	0.00120	5.04	1073.21
	0.00323	0.097	2343.97	33.6	24204.07	0.00123	5.04	1101.86
	0.00323	0.097	2365.48	33.6	24426.13	0.00125	5.04	1122.17
	0.00323	0.097	2376.23	33.6	24537.16	0.00127	5.04	1132.39
	0.00323	0.097	2870.83	34.2	29644.44	0.00180	5.05	1639.51
100	0.00323	0.097	3580.47	31.3	36972.28	0.00317	5.02	2657.01
	0.00323	0.097	3225.65	31.5	33308.36	0.00255	5.02	2150.07
	0.00323	0.097	3537.46	32.4	36528.17	0.00295	5.03	2552.12
	0.00323	0.097	3279.41	32.7	33863.50	0.00250	5.03	2184.00

	0.00323	0.097	3515.96	33.3	36306.11	0.00281	5.04	2489.43
--	---------	-------	---------	------	----------	---------	------	---------

ตาราง ข-29 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 0.8 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q(\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q(\text{W}/\text{m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	30.36	61.1	313.49	0.00000022	2.03	0.0899261
	0.00323	0.097	30.36	65.2	313.49	0.00000013	2.28	0.0810706
	0.00323	0.097	10.12	65.7	104.50	0.00000001	2.79	0.0089078
	0.00323	0.097	25.30	66.6	261.24	0.00000005	2.87	0.0546053
	0.00323	0.097	65.78	58.9	679.23	0.00000055	2.96	0.4444286
70	0.00323	0.097	60.72	76.1	626.98	0.00000015	3.30	0.2684164
	0.00323	0.097	60.72	76.3	626.98	0.00000014	3.37	0.2677236
	0.00323	0.097	50.60	76.3	522.48	0.00000010	3.44	0.1859191
	0.00323	0.097	55.66	79.5	574.73	0.00000009	3.78	0.2165949
	0.00323	0.097	55.66	79.1	574.73	0.00000008	3.84	0.2175494
80	0.00323	0.097	91.08	85.2	940.47	0.00000014	4.21	0.5336840
	0.00323	0.097	91.08	85.4	940.47	0.00000014	4.27	0.5323365
	0.00323	0.097	60.72	85.4	626.98	0.00000006	4.32	0.2365940
	0.00323	0.097	91.08	82.0	940.47	0.00000016	4.33	0.5582351
	0.00323	0.097	86.02	86.0	888.22	0.00000010	4.60	0.4713317
90	0.00323	0.097	126.50	96.2	1306.21	0.00000014	4.83	0.9330948
	0.00323	0.097	111.32	99.6	1149.46	0.00000010	4.95	0.7110213
	0.00323	0.097	106.26	96.7	1097.22	0.00000009	5.15	0.6565861
	0.00323	0.097	121.44	99.2	1253.96	0.00000010	5.35	0.8475261
	0.00323	0.097	111.32	96.9	1149.46	0.00000009	5.45	0.7198424
100	0.00323	0.097	2357.89	70.0	24347.76	0.00012648	5.08	444.1725397
	0.00323	0.097	1937.92	67.9	20011.14	0.00009438	5.10	312.0340810
	0.00323	0.097	1932.86	68.0	19958.89	0.00009183	5.14	309.7980182
	0.00323	0.097	1968.28	67.0	20324.63	0.00009929	5.17	327.7753406

	0.00323	0.097	2013.82	66.4	20794.87	0.00010277	5.29	347.4540716
--	---------	-------	---------	------	----------	------------	------	-------------

ตาราง ข-30 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.0 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q(\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q(\text{W/m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	6.32	68.9	65.31	0.00000001	2.06	0.0032606
	0.00323	0.097	12.65	65.7	130.62	0.00000003	2.05	0.0139185
	0.00323	0.097	6.32	68.2	65.31	0.00000001	2.20	0.0033043
	0.00323	0.097	6.32	66.3	65.31	0.00000000	2.47	0.0034346
	0.00323	0.097	12.65	68.9	130.62	0.00000001	2.81	0.0130422
70	0.00323	0.097	37.95	76.6	391.86	0.00000007	3.09	0.1041800
	0.00323	0.097	56.92	79.0	587.79	0.00000013	3.19	0.2278040
	0.00323	0.097	31.62	77.0	326.55	0.00000004	3.51	0.0719856
	0.00323	0.097	31.62	77.7	326.55	0.00000003	3.70	0.0713745
	0.00323	0.097	44.27	79.5	457.17	0.00000005	3.78	0.1370499
80	0.00323	0.097	31.62	85.8	326.55	0.00000002	4.16	0.0638625
	0.00323	0.097	50.60	85.6	522.48	0.00000004	4.33	0.1638917
	0.00323	0.097	69.57	85.4	718.42	0.00000008	4.43	0.3106323
	0.00323	0.097	56.92	88.5	587.79	0.00000004	4.53	0.2007264
	0.00323	0.097	31.62	86.0	326.55	0.00000001	4.60	0.0637072
90	0.00323	0.097	94.87	90.6	979.66	0.00000009	4.88	0.5464776
	0.00323	0.097	69.57	91.0	718.42	0.00000005	4.99	0.2928559
	0.00323	0.097	82.22	90.6	849.04	0.00000006	5.13	0.4104654
	0.00323	0.097	69.57	91.0	718.42	0.00000004	5.18	0.2928559
	0.00323	0.097	69.57	91.0	718.42	0.00000004	5.33	0.2928559
100	0.00323	0.097	1897.44	65.9	19593.15	0.00010020	5.12	311.7954899
	0.00323	0.097	2036.59	66.1	21029.98	0.00011220	5.16	357.6466078
	0.00323	0.097	2156.76	67.1	22270.88	0.00011306	5.30	392.7471901
	0.00323	0.097	2061.88	66.6	21291.22	0.00010029	5.45	362.7017551

	0.00323	0.097	2220.00	67.9	22923.99	0.00010774	5.47	409.4857021
--	---------	-------	---------	------	----------	------------	------	-------------

ตาราง ข-31 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.4 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	$D_i(\text{m})$	$A(\text{m}^2)$	$Q(\text{W})$	$T_v(^{\circ}\text{C})$	$q(\text{W/m}^2)$	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	0.00	57.5	0.00	0.00000000	2.01	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	54.1	0.00	0.00000000	2.48	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	57.5	0.00	0.00000000	2.58	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	54.1	0.00	0.00000000	2.63	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	54.2	0.00	0.00000000	2.85	0.0000000
70	0.00323	0.097	18.97	66.1	195.93	0.00000002	3.28	0.0310445
	0.00323	0.097	12.65	66.4	130.62	0.00000001	3.35	0.0137092
	0.00323	0.097	6.32	69.5	65.31	0.00000000	3.44	0.0032247
	0.00323	0.097	0.00	66.1	0.00	0.00000000	3.47	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	66.3	0.00	0.00000000	3.54	0.0000000
80	0.00323	0.097	44.27	80.6	457.17	0.00000005	3.80	0.1349246
	0.00323	0.097	8.85	78.4	91.43	0.00000000	3.89	0.0055500
	0.00323	0.097	26.56	79.0	274.30	0.00000002	3.96	0.0496107
	0.00323	0.097	26.56	78.3	274.30	0.00000002	4.23	0.0500074
	0.00323	0.097	26.56	78.6	274.30	0.00000001	4.54	0.0498352
90	0.00323	0.097	159.38	88.3	1645.82	0.00000031	4.74	1.5769551
	0.00323	0.097	212.51	89.2	2194.43	0.00000051	4.81	2.7780898
	0.00323	0.097	203.66	87.9	2103.00	0.00000049	4.84	2.5856152
	0.00323	0.097	141.68	89.0	1462.96	0.00000020	5.19	1.2371459
	0.00323	0.097	185.95	89.7	1920.13	0.00000029	5.53	2.1167541
100	0.00323	0.097	2789.24	72.50	28801.93	0.00014575	5.29	596.254471
	0.00323	0.097	2860.07	68.40	29533.41	0.00018736	5.27	673.078771
	0.00323	0.097	3231.97	69.70	33373.67	0.00021928	5.33	839.004366
	0.00323	0.097	2939.77	68.80	30356.32	0.00017957	5.48	705.728590

	0.00323	0.097	2913.20	68.80	30082.02	0.00017634	5.48	693.032083
--	---------	-------	---------	-------	----------	------------	------	------------

ตาราง ข-32 ผลการทดลองค่าตัวแปรไร้มิติ สารทำงานเป็นอะซิโตน มุมทำงาน -90 องศา ความเร็วลม 1.7 m/s จำนวน 16 โค้งเลี้ยว

$T_{\text{heater}} (^{\circ}\text{C})$	Di(m)	A(m ²)	Q (W)	Tv ^o C	q (w/m ²)	Fr	Bo	We
60	0.00323	0.097	0.00	51.7	0.00	0.00000000	1.98	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	51.0	0.00	0.00000000	2.20	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	51.0	0.00	0.00000000	2.29	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	52.8	0.00	0.00000000	2.62	0.0000000
	0.00323	0.097	0.00	51.0	0.00	0.00000000	3.04	0.0000000
70	0.00323	0.097	31.62	65.7	326.55	0.00000007	3.28	0.0869905
	0.00323	0.097	31.62	64.1	326.55	0.00000007	3.33	0.0902501
	0.00323	0.097	75.90	64.5	783.73	0.00000037	3.52	0.5149313
	0.00323	0.097	56.92	64.5	587.79	0.00000019	3.64	0.2896489
	0.00323	0.097	31.62	65.4	326.55	0.00000005	3.71	0.0875722
80	0.00323	0.097	40.48	74.3	417.99	0.00000005	4.07	0.1222536
	0.00323	0.097	65.78	73.4	679.23	0.00000013	4.12	0.3270862
	0.00323	0.097	35.42	71.3	365.74	0.00000004	4.15	0.0980186
	0.00323	0.097	45.54	71.6	470.24	0.00000006	4.36	0.1612335
	0.00323	0.097	55.66	73.6	574.73	0.00000007	4.58	0.2334926
90	0.00323	0.097	150.53	82.6	1554.39	0.00000031	4.99	1.5110860
	0.00323	0.097	150.53	82.9	1554.39	0.00000027	5.31	1.5044010
	0.00323	0.097	118.27	83.1	1221.31	0.00000016	5.40	0.9260371
	0.00323	0.097	150.53	83.1	1554.39	0.00000025	5.53	1.5000271
	0.00323	0.097	139.78	81.3	1443.36	0.00000022	5.67	1.3294629
100	0.00323	0.097	2935.34	69.1	30310.61	0.00017608	5.48	699.67725
	0.00323	0.097	3085.87	69.5	31865.00	0.00019039	5.49	767.63029
	0.00323	0.097	2913.84	71.1	30088.55	0.00015595	5.51	665.60307
	0.00323	0.097	3107.37	73.4	32087.05	0.00015809	5.54	729.94323

	0.00323	0.097	2999.85	68.9	30976.77	0.00018595	5.48	733.49528
--	---------	-------	---------	------	----------	------------	------	-----------



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตาราง ข-1

อากาศ ความเร็วลม 0.8 m/s $\dot{m} = 0.151 \text{ kg/s}$ $C_p = 1.005 \text{ J/kg K}$ น้ำ $T_v = 43.5^\circ\text{C}$ Fill = 50% $D_i = 0.00297 \text{ m}$ $\rho_l = 763.74 \text{ kg/m}^3$ $\rho_v = 1.284 \text{ kg/m}^3$ $\sigma = 0.0207 \text{ N/m}$ $h_{fg} = 532.63 \text{ kJ/kg}$

ที่มุมการทำงาน 90 องศา จากแนวระดับ

 $T_{c,i} = 27.0^\circ\text{C}$ $T_{c,o} = 30.6^\circ\text{C}$

อัตราการถ่ายเทความร้อน

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \left(\dot{m} c_p \right)_c (T_{c,o} - T_{c,i}) \\
 &= 0.151 \times 1.005 \times (30.6 - 27.0) \\
 &= 556.58 \text{ W}
 \end{aligned}$$

หาค่าตัวเลขของบอนด์

$$Bo = \frac{g(\rho_l - \rho_v)d^2}{\sigma}$$

$$= \frac{9.81 \times (763.74 - 1.284) \times 0.00297^2}{0.0207}$$

$$= 1.78$$

หาค่าตัวเลขของฟรูด

$$Fr = \frac{Q^2}{\rho_v^2 D^5 h_{fg}^2 g}$$

$$= \frac{(556.58/6)^2}{1.284^2 (0.00297)^5 (532.63 \times 1000)^2 (9.81)}$$

$$= 8111.95$$

หาค่าตัวเลขของเวเบอร์

$$We = \frac{Q^2}{\rho_v h_{fg}^2 D^3 \sigma}$$

$$= \frac{(556.58/6)^2}{(1.284)(532.63 \times 1000)^2 (0.00297)^5 (0.0207)}$$

$$= 43.47$$

ตัวอย่างการคำนวณค่า h_i

กรณี อะซิโตน ความเร็วลม 0.8 m/s

$$Re_{Lp} = \frac{\rho V_{\max} Lp}{\mu} \quad (1)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศที่ 30°C

$$v = 0.8 \text{ m/s}, \quad \dot{m} = 0.151 \text{ kg/s}$$

$$S_{\min} = \text{พื้นที่ช่องว่างอากาศที่กระจายความร้อน} = 0.0629 \text{ m}^2$$

$$\rho_a = 1.18 \text{ kg/m}^3, \quad C_p = 1.005 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}, \quad L_p = 0.0003 \text{ m}$$

$$\mu = 1.8462 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}, \quad \text{Pr} = 0.708$$

$$V_{\max} = \frac{\dot{m}}{\rho_a \times S_{\min}} = \frac{0.151}{1.18 \times 0.0629} = 2.0344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Re}_{Lp} = \frac{1.18 \times 2.0344 \times 0.0003}{1.8462 \times 10^{-5}} = 389.94$$

$$j = 0.425 \text{Re}_{Lp}^{-0.496} = 0.425 \times (389.94)^{-0.496} = 0.0220$$

$$h_o = \frac{j \rho_a C_p V_{\max}}{\text{Pr}^{2/3}} = \frac{0.0220 \times 1.18 \times 1.005 \times 2.0344}{0.708^{2/3}}$$

$$= 0.6692 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} = 66.92 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Copyright © by Chiang Mai University

$$\text{จาก } \eta = \frac{\tanh(ml)}{ml} \quad (2)$$

All rights reserved

$$m = \sqrt{\frac{2h_o}{k_f d_f}} = \sqrt{\frac{2 \times 66.92}{204 \times 0.0002}} = 57.27$$

$$k_f = 204 \text{ W/m}^\circ\text{C} = \text{ค่าการนำความร้อนของอะลูมิเนียม}$$

$$d_f = 0.0002 \text{ m} = \text{ความหนาของครีป}$$

$$l = 0.016 = \text{ความกว้างครีป}$$

$$ml = 57.27 \times 0.016 = 0.920$$

แทนในสมการ (2)

$$\eta = \frac{\tanh(0.920)}{0.920} = 0.7903$$

$$\eta_o = 1 - \frac{A_f}{A_{total}}(1 - \eta)$$

$$\text{เมื่อ } A_f = 1.425 \text{ m}^2 \quad A_{tube} = 0.2203 \text{ m}^2$$

$$\eta_o = 1 - \frac{1.425}{1.645}(1 - 0.9053)$$

$$= 0.8183$$

คำนวณค่า Z

การพาความร้อน

$$Z_1 = Z_9 = \frac{1}{h_o A_{total} \eta_o} = \frac{1}{66.92 \times 1.645 \times 0.8183}$$

$$= 0.011 \quad ^\circ\text{C/W}$$

การนำความร้อน

$$Dh_i = \text{hydraulic inner dimeter} = 0.00297 \text{ m}$$

$$Dh_o = \text{hydraulic out dimeter} = 0.00419 \text{ m}$$

$$L_e = \text{evaporator Length} = 0.255 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Z_2 = Z_8 &= \frac{\ln\left(\frac{Dh_o}{Dh_i}\right)}{2\pi k_f L_e} \\ &= \frac{\ln\left(\frac{0.00419}{0.00297}\right)}{2 \times \pi \times 204 \times 0.255 \times 16} \\ &= 0.00007 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W} \end{aligned}$$

จาก $Q = mC_p(T_{co} - T_{ci}) = (UA)_{total} \Delta T_{LMTD}$ (3)

$$Q = 0.151 \times 1.005 \times (30.6 - 27.0)$$

$$= 556.58 \text{ W}$$

แทนในสมการ (3)

$$UA_{total} = \frac{556.58}{29.5} = 18.87 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

จาก $\frac{1}{UA_{total}} = Z_1 + Z_2 + Z_8 + Z_9 + Z_i$

$$Z_i = \frac{1}{18.87} - (0.011 + 0.00007 + 0.011 + 0.00007)$$

$$= 0.0307 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

จาก $Z_i = \left(\frac{1}{h_i A_i} \right) + \left(\frac{1}{h_i A_i} \right), A_i = 0.00306 \text{ m}^2$

$$h_i = \frac{2}{Z_i A_i} = \frac{2}{(0.0307) \times 0.00306}$$

$$= 21307.13 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$



ภาคผนวก ง
ตารางแสดงคุณสมบัติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-1 คุณสมบัติสารทำงาน Acetone

Acetone, (CH ₃) ₂ CO, Molecular Weight: 58.1, (T _b = 56.25°C; T _m = -93.15°C)[3]											
T Temp. °C	p _v Saturation Pressure (10 ⁵ Pa)	h _{fg} Latent Heat (kJ/kg)	ρ _ℓ Liquid Density (kg/m ³)	ρ _v Vapor Density (kg/m ³)	μ _ℓ Liquid Viscosity (10 ⁻³ N·s/m ²)	μ _v Vapor Viscosity (10 ⁻⁷ N·s/m ²)	k _ℓ Liquid Thermal Conductivity (W/m·K)	k _v Vapor Thermal Conductivity ^a (W/m·K)	σ Liquid Surface Tension (10 ⁻³ N/m)	c _{p,ℓ} Liquid Specific Heat ^b (kJ/kg·K)	c _{p,v} Vapor Specific Heat ^a (kJ/kg·K)
-40	0.01	660.0	860.0	0.03	0.800	68.0	0.200	0.0082	31.0	2.04	1.109
-20	0.03	615.6	845.0	0.10	0.500	73.0	0.189	0.0096	27.6	2.07	1.160
0	0.10	564.0	812.0	0.26	0.395	78.0	0.183	0.0110	26.2	2.11	1.215
20	0.27	552.0	790.0	0.64	0.323	82.0	0.181	0.0126	23.7	2.16	1.271
40	0.60	536.0	768.0	1.05	0.269	86.0	0.175	0.0143	21.2	2.22	1.328
60	1.15	517.0	744.0	2.37	0.226	90.0	0.168	0.0161	18.6	2.29	1.386
80	2.15	495.0	719.0	4.30	0.192	95.0	0.160	0.0178	16.2	2.39	1.444
100	4.43	472.0	689.6	6.94	0.170	98.0	0.148	0.0195	13.4	2.49	1.502
120	6.70	426.1	660.3	11.02	0.148	99.0	0.135	0.0215	10.7	2.61	1.560
140	10.49	394.4	631.8	18.61	0.132	103.0	0.126		8.1	2.77	1.616

^a Interpolation Ref. [5]; ^b Interpolation Ref. [1] and [10]

ตาราง ง-2 คุณสมบัติสารทำงาน Water

Water, H ₂ O, Molecular Weight: 18.0, ($T_b = 100^\circ\text{C}$; $T_m = 0.0^\circ\text{C}$) [1]											
T Temp. $^\circ\text{C}$	p_v Saturation Pressure (10^5 Pa)	h_{fg} Latent Heat (kJ/kg)	ρ_ℓ Liquid Density (kg/m^3)	ρ_v Vapor Density (kg/m^3)	μ_ℓ Liquid Viscosity (10^{-7} $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	μ_v Vapor Viscosity (10^{-7} $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)	k_ℓ Liquid Thermal Conductivity ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	k_v Vapor Thermal Conductivity ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	σ Liquid Surface Tension (10^{-3} N/m)	$c_{p,\ell}$ Liquid Specific Heat (kJ/kg·K)	$c_{p,v}$ Vapor Specific Heat (kJ/kg·K)
20	0.023368	2453.8	999.0	0.01729	10015	88.5	0.602	0.0188	72.88	4.182	1.874
40	0.073749	2406.5	993.05	0.05110	6513	96.6	0.630	0.0201	69.48	4.179	1.894
60	0.199190	2358.4	983.28	0.13020	4630	105.0	0.653	0.0216	66.07	4.185	1.924
80	0.473590	2308.9	971.82	0.29320	3510	113.0	0.669	0.0231	62.69	4.197	1.969
100	1.013250	2251.2	958.77	0.59740	2790	121.0	0.680	0.0248	58.91	4.216	2.034
120	1.985400	2202.9	943.39	1.12100	2300	128.0	0.685	0.0267	54.96	4.245	2.124
140	3.613600	2144.9	925.93	1.96560	1950	135.0	0.687	0.0288	50.79	4.285	2.245
160	6.180400	2082.2	907.44	3.25890	1690	142.0	0.684	0.0313	46.51	4.339	2.406
180	10.02700	2014.0	887.31	5.15970	1493	149.0	0.676	0.0341	42.19	4.408	2.615
200	15.55100	1939.0	865.05	7.86530	1338	156.0	0.664	0.0375	37.77	4.497	2.883

ตาราง ง-3 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับสารทำงานต่างๆ

Medium	Metting Point (°C)	Boiling Point at atmos. press (°C)	Useful range (°C)
Helium	-272	-269	-271 - -269
Nitrogen	-210	-196	-203 - -160
Ammonia	-78	-33	-60 - -100
Freon 11	-111	24	-40 - -120
Pentane	-130	28	-20 - -120
Freon 113	-35	48	-10 - -100
Acetone	-95	57	0 - -120
Methanal	-98	64	10 - -130
Flutec pp2*	-50	76	10 - -160
Ethanol	-112	78	0 - -130
Haptane	-90	98	0 - -150
Water	0	100	30 - -200
Toluene	-95	110	50 - -200
Water	-70	160	0 - -225
Flutec pp9*	12	257	150 - -395
Thermex**	-39	361	250 - -650
Mercury	29	670	450 - -900
Caesium	62	774	500 - -1000
Sodium	98	892	600 - -1200
Lithium	179	1340	1000 - -1800
Silver	960	2212	1800 - -2300

* Included for cases where electrical insulation is a requirement.

** Also known as Dowtherm A, an eutectic mixture of diphenyl ether and diphenyl.

ตาราง ง-4 คุณสมบัติของโลหะต่างๆ

โลหะ	คุณสมบัติที่ 20°C				ค่าสภาพการนำความร้อน k, W/m.°C										
	ρ kg/m ³	ρ _s kg/kg.°C	k W/m.°C	α × 10 ³ m ² /s	-100°C -148°F	0°C 32°F	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 1112°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F	1200°C 2192°F	
อะลูมิเนียม: บริสุทธิ์	2,707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	228	249					
Al-Cu (ดูวาลีน), 94-96% Al, 3-5% Cu, trace Mg	2,787	0.883	164	6.676	126	159	182	194							
Al-Si (ซิลูมิเนียม, แบร์ริ่ง- ทองแดง), 86.5% Al, 1% Cu	2,659	0.867	137	5.933	119	137	144	152	161						
Al-Si (Alusil) 78-80% Al, 20-22% Si	2,627	0.854	161	7.172	144	157	168	175	178						
Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2,707	0.892	177	7.311		175	189	204							
ตะกั่ว	11,373	0.130	35	2.343	36.9	35.1	33.4	31.5	29.8						
เหล็ก															
บริสุทธิ์	7,897	0.452	73	2.034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36	
เหล็กอ่อน, 0.5% C	7,849	0.46	59	1.626		59	57	52	48	45	36	33	33	33	
เหล็กกล้า (C max ~ 1.5%) : เหล็กกล้าคาร์บอน															
C ~ 0.5 %	7,833	0.465	54	1.474		55	52	48	45	42	35	31	29	31	
C ~ 1.0 %	7,801	0.473	43	1.172		43	43	42	40	36	33	29	28	29	
C ~ 1.5%	7,753	0.486	36	0.970		36	36	36	35	33	31	28	28	29	

ตาราง ง-5 คุณสมบัติต่างๆ ของอากาศที่ค่าความดันบรรยากาศ

T, K	ρ kg/m ³	c_p , kJ/kg·°C	$\mu \times 10^5$, kg/m·s	$\nu \times 10^6$, m ² /s	k, W/m·°C	$\alpha \times 10^4$, m ² /s	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.572	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นายสราวุธ พลวงษ์ศรี

วัน เดือน ปี สถานที่เกิด

8 มีนาคม 2521 จังหวัดบุรีรัมย์

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2535

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม อำเภอเมือง
จังหวัดบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2538

ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ (พลังงาน)

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved