บรรณานุกรม

1. เกศนที น้อยปิ่น. 2546. “การเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและมวลในการดูดซับของคู่สารซิลิกาเจล-น้ำ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

2. ทรงพล อธิเวสส์. 2521. “การศึกษาค่า Thermal conductivity ของ Solid Material ด้วย HotWire Mehtod” วิทยาศาสตรบัณฑิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

3. ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และ ดารณี หอมดี. 2551. “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมือ” การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, วันที่ 27 ตุลาคม 2549.

4. ธรรมนูญ เตชะนา. 2551. “การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนทำงานภายใต้คลื่นอุลตร้าโซนิค” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

5. พิทักษ์พงศ์ อุณพรรณ. 2532. “ศึกษาการดูดซับก๊าซของถ่านกัมมันต์” วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

6. พีระพงษ์ ถำอุทก. 2548. “การพัฒนาระบบทำความร้อนและความเย็นแบบดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

7. ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic) (ออนไลน์), แหล่งที่มา : student.nu.ac.th/electronic/Part01/Ultrasonic.doc, วันที่ 8 พฤศจิกายน 2552.

8. วารสารไทยไภษัชยนิพนธ์ (ฉบับออนไลน์) ปีที่ 3 ฉบับเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549.

9. ยิ่งลักษณ์ ภูมิสง่า. 2550. "การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบดูดซับที่ใช้ร่วมกับท่อความร้อน" วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

10. ศิศิโรตม์ เกตุแก้ว. 2550. "การประยุกต์ใช้พลังงานคลื่นอุลตร้าโซนิค สำหรับทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดเล็ก" คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

11. Danh Nguyen-Thanh and Teresa J.Bandosz. 2005. Activated carbons with metal containing bentonite binders as adsorbents of hydrogen sulfide, Carbon 43 : 359–367.

12. International Standard ISO 8894-2 "Determination of thermal conductivity" part 2: Hot-wire method (parallel).

13. O. Hamdaoui, E. Naffrechoux , L. Tifouti , C. P_etrier. 2003. Effects of ultrasound on adsorption–desorption of p-chlorophenol on granular activated carbon, ,Ultrasonics Sonochemistry 10: 109–114.

14. Ruey-Shin Juang , Su-Hsia Lin and Ching-Hsien Cheng. 2006. Liquid-phase adsorption and desorption of phenol onto activated carbons with ultrasound, Ultrasonics Sonochemistry 13: 251–260.

15. S.G. Wang, R.Z. Wang and X.R. Li. 2005. Research and development of consolidated adsorbent for adsorption systems, Renewable Energy 30 : 1425–1441

16. Stefan Kocis and Zdenko Figura. 1996. Ultrasonic Measurements and Technologies. Faculty of Electrical Engineering and Information Technology Slovak Technical University

17. W. Wang , R. Z. Wang Y. X. Xu, J. Y. Wu and Y. B. Gui. 1998. Investigation on adsorption refrigeration with a single adsorbent bed, Int. J. Energy Res 22: 1157- 1163

18. Wang K, Wu J.Y., Wang R.Z., Wang L.W. 2006. Effective thermal conductivity of expanded graphite-$CaCl_2$ composite adsorbent for chemical adsorption chillers, Energy Conversion and Management 47: 1902-1912

19. Wang L.W., Wang R.Z. and Oliveira R.G. 2009. A review on adsorption working pairs for refrigeration, Renewable and Sustainable Energy Review 13: 518–534

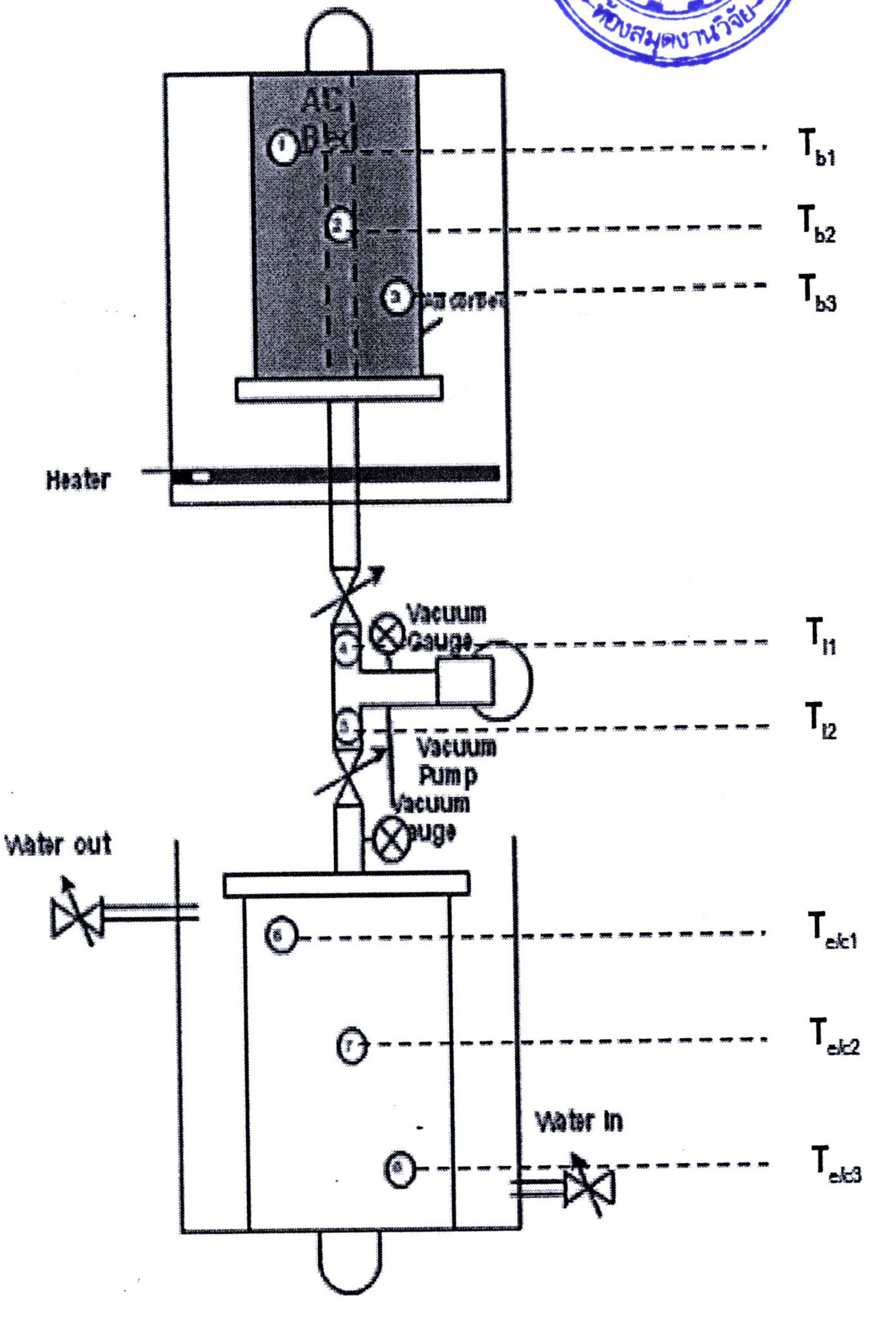
20. Ye Yao, Weijiang Zhang, Shiqing Liu. 2009. Feasibility study on power ultrasound for regeneration of silica gel-A potential desiccant used in air-conditioning system, Applied Energy 86: 2394-2400

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อุณหภูมิการทดสอบวัฏจักรของระบบดูดซับ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและสัญลักษณ์ของเครื่องทดสอบการดูดซับ

ในความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ตาราง ก.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 1)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c6	Te/c7	Te/c8
1	21	21	20.90	27.4	29.8	32.4	31.2	32.5
2	22.8	21.6	21.00	28.3	29.3	31.1	30.4	31.7
3	22.6	21.7	21.30	28.6	30.2	31.5	30.7	31.9
4	22.7	21.9	21.40	28.4	30.3	31.6	30.8	31.9
5	22.5	21.9	21.50	28.3	30.3	31.6	30.8	31.8
6	22.5	21.8	21.50	28.2	30.3	31.6	30.9	31.7
7	22.6	22	21.80	28.3	30.4	31.7	31.2	31.7
8	22.6	22.1	21.80	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
9	22.6	22.2	22.00	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
10	22.5	22.2	22.00	28.2	30.4	31.7	31.2	31.6
11	22.6	22.3	22.10	28.1	30.5	31.6	31.1	31.6
12	22.6	22.3	22.20	28.1	30.4	31.5	31	31.5
13	22.5	22.3	22.20	28	30.2	31.5	30.9	31.4
14	22.5	22.3	22.20	27.9	30.2	31.4	30.9	31.3
15	22.4	22.2	22.20	27.8	30.1	31.3	30.7	31.1
16	80.3	81.1	79.6	45.5	24.5	20.5	20.3	19.4
17	80.4	81.2	79.6	45.5	24.5	20.4	20.4	19.5
18	80.4	81.2	79.6	45.5	24.5	20.6	20.5	19.4
19	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.6	20.5	19.4
20	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.6	20.5	19.5
21	80.4	81.2	79.6	45.6	24.7	20.5	20.5	19.5
22	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.6	20.5	19.4
23	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.4	19.3
24	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.3	19.4
25	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.4	19.4
26	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.4	20.4	19.4
27	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.4	20.3	19.3
28	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.5	20.3	19.4
29	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.5	20.2	19.3
30	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.4	20.2	19.4
31	78.5	78.1	79.8	46.5	24.9	19.7	19.6	18.6
32	79	78.5	80.1	46.4	25	19.9	19.6	18.8

33	78.1	77.1	79.4	52.7	38.7	27.5	20.1	18.9
34	78.8	77.7	79.8	49	37	28	20	18.7
35	79.2	78	80	47.3	35.8	26.8	19.7	18.6
36	79.2	78.1	80.1	46.3	34.8	25.8	19.9	18.6
37	79.5	78.3	80.4	45.6	34.1	25.2	19.5	18.6
38	79.7	78.7	80.6	45.2	33.6	24.6	19.9	18.8
39	79.9	78.9	80.7	44.8	33.3	24.3	19.9	19
40	80.3	79	81	44.4	32.9	23.9	19.9	19
41	80.1	79.2	81.1	44.3	32.6	23.6	20.4	19.1
42	80.3	79.3	81.2	43.9	32.3	23	19.6	18.6
43	80.6	79.5	81.4	43.8	32.1	22.4	19.5	18.4
44	80.5	79.6	81.4	43.5	31.9	22.1	19.4	18.3
45	80.5	79.8	81.5	43.5	31.7	21.8	19.4	18.4
46	80.5	79.9	81.7	43.4	31.5	21.6	19.3	18.3
47	80.5	79.9	81.8	43.3	31.4	21.5	19.5	18.4
48	80.5	80.1	81.9	43.2	31.2	21.2	19.4	18.5
49	80.8	80.6	82.4	43.1	30.7	20.8	19.3	18.5
50	80.9	80.6	82.3	43.1	30.7	20.9	19.3	18.5
51	81	80.6	82.4	43.2	30.7	20.8	19.2	18.5
52	80.9	80.6	82.4	43.1	30.7	20.8	19.2	18.4
53	81	80.6	82.5	43.1	30.7	20.8	19.2	18.5
54	81.1	80.6	82.5	43.2	30.7	20.8	19.2	18.5
55	80.9	79	82.5	43.1	32.6	23.6	19.2	18.4
56	80.8	79.2	84.6	44.3	32.3	23	19.5	18.7
57	80.9	79.3	81.9	43.9	32.1	22.4	19.9	19.1
58	81	79.5	82.4	43.8	31.9	22.1	19.9	18.6
59	80.9	79.6	82.3	43.5	31.7	21.8	19.9	18.4
60	81	79.9	82.4	43.5	31.5	21.6	20.4	18.3

ตาราง ก.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 2)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	20	20.1	20.2	19.8	27.2	33.9	34	34.3
2	20.1	20.2	20.3	19.8	27.4	34	33.8	34.4
3	22.9	21.9	20.5	28	29.3	31.9	32.8	33.4
4	22.1	21.5	20.8	28.5	29.6	32.2	33.1	33.7
5	21.7	21.3	20.9	28.6	29.7	32.2	32.9	33.6
6	21.8	21.4	21.1	28.7	29.9	32.5	33.1	33.8
7	21.7	21.4	21.2	28.7	29.8	32.5	33	33.8
8	21.6	21.3	21.3	28.6	29.8	32.5	32.9	33.7
9	21.6	21.4	21.4	28.6	29.7	32.5	32.9	33.6
10	21.5	21.4	21.4	28.6	29.6	32.4	32.8	33.4
11	21.6	21.4	21.5	28.5	29.5	32.2	32.4	33.4
12	21.6	21.4	21.5	28.5	29.5	32.3	32.5	33.2
13	21.5	21.4	21.5	28.4	29.4	32.3	32.5	33.1
14	21.5	21.4	21.5	28.3	29.3	32.3	32.3	32.9
15	21.5	21.4	21.5	28.2	29.3	32.3	32.2	32.8
16	80.3	81.3	79.8	49.8	2	20.2	19.4	20.5
17	80.3	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
18	80.2	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.3	20.4
19	80.3	81.2	79.8	49.8	25.5	20.1	19.4	20.4
20	80.2	81.3	79.8	49.8	25.5	20.1	19.3	20.5
21	80.3	81.3	79.7	49.9	25.5	20.1	19.3	20.3
22	80.2	81.3	79.8	49.8	25.5	20	19.1	20.4
23	80.2	81.2	79.8	49.9	25.1	20.1	19.3	20.3
24	80.2	81.3	79.8	49.9	25.5	20	19.3	20.3
25	80.3	81.3	79.8	49.8	25.4	20	19.3	20.3
26	80.4	81.3	79.9	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
27	80.3	81.4	79.9	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
28	80.2	81.3	79.8	49.8	25.4	20	19.2	20.3
29	80.2	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.3	20.3

30	80.3	81.4	79.9	50	25.5	20.1	19.3	20.4
31	81	81.7	80.4	49.9	24.9	19.6	19.1	20.1
32	80.8	81.9	80.8	50.2	24.9	19.5	18.8	19.7
33	79.4	81	79.2	59.8	40.6	26.8	19.3	19.7
34	79.7	81.1	79.6	55.4	38.3	29.3	19.4	19.8
35	80.4	81.8	80	53.6	37.1	27.9	19.5	19.9
36	80.8	82	80.3	52.6	36.4	27.1	19.5	19.9
37	80.8	82.1	80.5	51.8	36	26.3	19.4	20
38	80.9	82.1	80.5	51.2	35.4	25.8	19.3	19.8
39	81.2	82.5	80.9	50.8	35.3	25.8	19.5	20
40	81.3	82.8	81.1	50.5	35	25.5	19.6	20
41	81.4	82.9	81.3	50.1	34.6	25.2	19.5	20.1
42	81.5	83	81.4	49.7	34.3	25	19.4	20
43	81.8	83.2	81.6	49.6	34.2	24.7	19.5	20
44	82.1	83.5	81.8	49.5	34	24.6	19.2	19.8
45	81.6	83.3	81.8	49.2	33.7	24.2	19.1	19.7
46	82.1	83.6	81.8	49	33.5	23.9	19	19.6
47	81.8	83.5	81.9	48.8	33.2	23.6	18.9	19.5
48	82.1	83.8	82.1	48.8	33.3	23.4	19.1	19.6
49	82	83.9	82.1	48.7	33.1	23.1	19.1	19.6
50	82.6	83.8	82.3	48.6	33	22.8	19.1	19.7
51	82.5	84.1	82.3	48.6	32.9	22.6	19	19.6
52	82.3	84	82.4	48.5	32.7	22.3	18.8	19.4
53	82.3	84	82.4	48.4	32.6	22	18.7	19.3
54	81.9	84	82.5	48.6	32.6	21.8	19	19.6
55	82.5	84.5	82.7	48.7	32.7	21.9	19.3	19.8
56	81.8	82.9	81.8	49.2	34.2	24.6	19.2	20
57	82.1	83	81.9	49	34	24.2	19.1	19.8
58	81.6	83.2	82.1	48.8	33.7	23.9	19	19.7
59	82.1	83.5	82.1	48.8	33.5	23.6	18.9	19.6
60	81.8	83.3	82.3	48.7	33.2	23.4	19.1	19.5

ตาราง ก.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 3)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	18.7	18.8	19.1	21.4	27.4	31.5	31.2	32.1
2	18.9	19	19.2	25.2	28.5	31	31.1	31.9
3	20	19.9	19.8	22.4	28.6	31.1	30.4	31.2
4	20	19.9	19.9	22.5	28.8	31.2	30.5	31.2
5	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
6	19.9	19.7	19.8	22.2	28.5	30.8	30.3	31.1
7	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
8	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
9	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
10	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
11	19.7	19.5	19.5	22.2	28.5	30.9	30.1	30.9
12	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.9
13	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.8
14	19.7	19.6	19.5	22.2	28.5	30.9	30.1	30.9
15	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
16	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
17	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
18	81.2	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
19	81.1	82.5	81.2	51.3	26.7	20.9	20.6	19.3
20	81.1	82.5	81.2	51.3	26.8	20.9	20.6	19.4
21	81.1	82.5	81.2	51.2	26.8	21	20.7	19.4
22	81.1	82.5	81.2	51.2	26.7	21.1	20.7	19.4
23	81	82.5	81.2	51.2	26.7	21.1	20.7	19.4
24	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.6	19.4
25	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.6	19.4
26	81.1	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.7	19.4
27	81	82.4	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
28	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
29	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5

30	81.2	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
31	81.6	82.9	81.5	50.3	26.7	21.1	20.7	19.4
32	81.5	82.9	81.6	50.1	27.7	21.8	21.4	19.8
33	81.8	82.3	80.1	52.3	38.6	21.3	21.6	19.2
34	81.8	82.5	80.4	50.9	37.9	22.7	20.7	18.8
35	81.7	82.5	80.5	49.9	37.2	23.3	20.4	18.6
36	81.8	82.5	80.6	49.4	36.4	22.9	20.2	18.6
37	81.6	82.5	80.7	48.9	35.7	22.1	20.2	18.6
38	81.7	82.6	80.8	48.5	35.2	21.5	19.8	18.6
39	81.6	82.6	80.8	48.1	34.6	21.3	20.1	18.6
40	81.5	82.7	80.8	47.8	34.1	21.1	19.9	18.5
41	81.8	82.9	81.1	47.8	33.8	20.9	19.9	18.4
42	82	83	81.2	47.6	33.3	21	20	18.6
43	82	83.1	81.2	47.5	32.9	20.9	20.2	18.7
44	82.2	83.1	81.2	47.5	32.4	21.1	20.4	18.8
45	81.6	83	81.3	47.3	31.8	21	20.2	18.9
46	81.8	83.1	81.2	47.2	30.9	21.1	20.4	18.9
47	81.8	83.2	81.4	47	30	20.8	20.7	19
48	82.1	83.4	81.4	46.9	29.5	21	20.7	19.1
49	81.8	83.3	81.4	46.9	29	21.1	20.4	18.9
50	82	83.4	81.5	46.8	28	20.8	20.1	18.7
51	82.5	83.6	81.5	46.7	26.8	20.5	20.7	18.9
52	82.3	83.6	81.6	46.6	25.3	20.6	20.2	18.9
53	82.2	83.8	81.6	46.4	32.4	20.6	20.1	18.8
54	82.3	83.9	81.6	46.4	31.8	20.7	20	18.8
55	81.9	83.8	81.7	46.4	30.9	20.7	19.9	18.8
56	81.6	83	81.3	47.3	30	20.7	20	18.8
57	81.8	83.1	81.2	47.2	29.5	20	19.3	19.4
58	81.8	83.2	81.4	47	29	20	19.2	19.6
59	82.1	83.4	81.4	46.9	28	20.1	18.9	19.3
60	81.8	83.3	81.4	46.9	28.6	20.1	19.3	19.3

ตาราง ก.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 4)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	21.5	21	20.3	26.7	28.2	30.9	29.3	30.6
2	22.3	21.1	20.4	27.7	28.5	29.8	29.2	30.6
3	22	21.1	20.5	27.7	28.7	29.9	29.1	30.5
4	21.9	21.1	20.6	27.7	28.8	29.7	29	30.2
5	21.9	21.2	20.8	28	29	29.9	28.9	30.2
6	21.9	21.3	20.9	27.9	29.1	29.9	28.8	30.2
7	22	21.4	21	27.9	29.1	29.6	28.8	30
8	22	21.4	21.1	27.6	28.8	29.3	28.5	29.7
9	22.1	21.6	21.3	27.4	28.6	29.2	27.8	29.3
10	22.1	21.6	21.3	27	28.3	28.9	27.4	29
11	22.3	21.7	21.5	26.9	28.3	28.9	27.6	28.9
12	22.5	22	21.9	26.3	27.8	28.3	28	28.4
13	22.5	22.1	22	26.3	27.8	28.3	28	28.5
14	22.5	22.1	22	26.3	27.8	28.3	28	28.5
15	22.5	21.9	21.8	26.2	27.7	28.1	27.8	28.4
16	80.7	82	79.9	41.5	25.6	20.7	20.7	19.4
17	80.6	82	79.9	41.5	25.6	20.7	20.7	19.5
18	80.6	82	79.9	41.5	25.6	20.7	20.7	19.5
19	80.6	82	79.9	41.5	25.6	20.7	20.7	19.6
20	80.6	82	79.9	41.6	25.7	20.7	20.7	19.5
21	80.5	81.9	79.9	41.6	25.6	20.7	20.7	19.5
22	80.5	82	79.9	41.5	25.6	20.7	20.7	19.5
23	80.6	82	79.9	41.6	25.7	20.7	20.7	19.5
24	80.6	81.9	79.9	41.6	25.7	20.7	20.7	19.6
25	80.5	81.9	79.9	41.6	25.6	20.7	20.7	19.6
26	80.5	81.9	80	41.6	25.7	20.7	20.7	19.6
27	80.5	82	80	41.6	25.7	20.6	20.7	19.5
28	80.6	82	80	41.6	25.6	20.6	20.7	19.5
29	80.6	82	80	41.6	25.7	20.6	20.7	19.5

30	80.6	82	80	41.6	25.7	20.6	20.7	19.5
31	82.9	84.2	82.4	46.4	25.8	20.2	19.9	18.9
32	82.9	84.3	82.6	46.8	25.9	20.2	20	19
33	83.1	84.2	81.2	53.1	39.7	23.6	20.3	19.1
34	82.9	84.5	81.9	51.7	40.6	26.3	20.6	19.3
35	82.7	84.9	82.2	50.9	39.7	26	20.7	19.2
36	82.7	84.8	82.3	50.3	38.7	25.4	20.5	19.2
37	82.8	85.2	82.9	50.3	38.3	25.1	20.9	19.6
38	83.3	85.5	83.1	50.1	37.7	24.7	21	19.6
39	83.5	85.7	83.2	49.8	37.1	24.1	21.1	19.8
40	83.1	85.6	83.3	49.6	36.5	23.8	21	19.8
41	83.4	85.9	83.7	49.8	36.5	23.9	21.4	20.2
42	82.9	85.2	82.8	49.9	36.1	23.8	21.5	20.5
43	83.8	84.7	82.8	49.8	36	23.6	21.7	20.9
44	84	84.9	82.9	49.8	35.6	23.4	21.1	19.7
45	84.4	85.3	83.3	50	35.7	22.9	20.8	19.5
46	84.4	85.6	83.5	50.1	35.4	22.6	20.6	19.4
47	84.3	85.7	83.7	50.2	35.4	22.4	20.6	19.4
48	84.4	85.7	83.8	50.3	35.1	22.3	20.5	19.4
49	84.4	85.9	83.9	50.4	34.9	22.1	20.3	19
50	84.3	86.2	84.1	50.7	35	21.9	20.3	18.9
51	84.7	86.2	84.3	50.9	35.1	21.9	20.3	19
52	84.9	86.4	84.4	51.1	34.9	21.8	20.4	18.9
53	84.6	86.3	84.5	51.2	34.8	21.7	20.2	19
54	84.9	86.6	84.5	51.3	34.5	21.7	20.2	19
55	84.5	86.7	84.7	51.6	34.6	21.8	20.6	19.2
56	84	85.9	83.7	49.8	34.9	22	20.7	19.3
57	84.4	86.2	82.8	50	35	22.3	21.5	19.4
58	84.4	86.2	82.8	50.1	35.1	22.1	21.7	19.4
59	84.3	86.4	82.9	50.2	34.9	21.9	21.1	19
60	84.4	86.3	83.3	50.3	34.8	21.9	20.8	18.9

ตาราง ก.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 5)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	21	19.8	19.2	28.3	29.3	31.1	30.4	31.7
2	20.8	19.9	19.5	28.6	30.2	31.5	30.7	31.9
3	20.9	20.1	19.6	28.4	30.3	31.6	30.8	31.9
4	20.7	20.1	19.7	28.3	30.3	31.6	30.8	31.8
5	20.7	20	19.7	28.2	30.3	31.6	30.9	31.7
6	20.8	20.2	20	28.3	30.4	31.7	31.2	31.7
7	20.8	20.3	20	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
8	20.8	20.4	20.2	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
9	20.7	20.4	20.2	28.2	30.4	31.7	31.2	31.6
10	20.8	20.5	20.3	28.1	30.5	31.6	31.1	31.6
11	20.8	20.5	20.4	28.1	30.4	31.5	31	31.5
12	20.7	20.5	20.4	28	30.2	31.5	30.9	31.4
13	20.7	20.5	20.4	27.9	30.2	31.4	30.9	31.3
14	20.6	20.4	20.4	27.8	30.1	31.3	30.7	31.1
15	20.8	20.7	20.6	27.8	30.3	31.4	30.9	31.2
16	81.2	82	79.7	44.3	27.6	21.7	21.1	19.9
17	81.2	82	79.8	44.2	27.5	21.7	21.3	19.9
18	81.3	81.9	79.8	44.2	27.5	21.6	21.3	19.9
19	81.4	82	79.8	44.3	27.5	21.7	21.3	19.8
20	81.4	82	79.8	44.3	27.5	21.7	21.3	19.8
21	81.5	82	79.9	44.4	27.7	21.8	21.3	19.9
22	81.4	82	79.8	44.4	27.6	21.8	21.3	19.9
23	81.6	82.1	79.9	44.4	27.7	21.7	21.4	20
24	81.5	82.1	79.9	44.3	27.6	21.6	21.4	19.9
25	81.5	82.1	79.8	44.3	27.5	21.6	21.3	19.9
26	81.5	82.1	79.9	44.4	27.7	21.7	21.4	19.9
27	81.6	82.1	79.9	44.4	27.7	21.7	21.4	20
28	81.4	82	79.8	44.3	27.5	21.7	21.3	19.9
29	81.4	82	79.8	44.3	27.6	21.6	21.2	19.9

30	81.5	82	79.8	44.4	27.6	21.6	21.2	19.8
31	81.4	82	79.8	44.4	27.6	21.6	21.3	19.9
32	81.4	82	79.8	44.4	27.6	21.6	21.3	19.9
33	82.2	82.4	80.4	46.3	27.2	21.3	20.6	19.6
34	81.5	82.4	80.6	46.5	27	21.3	20.6	19.5
35	81.2	82.1	79.1	53.4	40.7	24.9	21	19.7
36	81.4	82.2	79.5	50.6	40.3	27.2	21.1	19.8
37	80.6	82.2	79.8	49.3	39.2	27	20.9	19.9
38	81.9	82.7	80	48.7	38.3	26.4	20.8	19.9
39	81.7	82.8	80.2	48.3	37.5	25.9	21	19.9
40	81.6	82.9	80.4	48	36.8	25.3	20.9	19.8
41	81.5	82.9	80.5	47.8	36.2	24.6	20.8	19.6
42	81.7	83	80.8	47.9	35.9	24.3	20.8	19.8
43	81.6	83.3	80.9	47.9	35.7	24.1	20.9	19.9
44	81.5	83.5	81.1	47.6	35.5	24.2	21.3	20
45	82	83.7	81.3	48	35.3	23.8	21.1	20.1
46	82.3	83.7	81.4	48	35.2	23.6	21.2	20.2
47	82.5	83.9	81.5	48.1	34.9	23.5	21.3	20.2
48	82.5	84	81.6	48.1	34.7	23.4	21.3	20.4
49	81.8	84.2	81.8	48.4	34.9	23.7	21.8	20.8
50	82.2	84.4	81.9	48.5	34.8	24	22.2	21.4
51	83	84.7	82.1	48.7	35.1	24.1	22.3	21
52	83	84.8	82.2	48.8	34.9	23.6	21.6	20.3
53	83.1	85.1	82.3	49	34.9	23.3	21.1	20
54	82.5	84.9	82.3	49	34.9	23	21	19.8
55	82.4	85.1	82.3	49.2	34.7	22.8	20.7	19.7
56	82.3	85.1	82.4	49.2	34.5	22.8	20.7	19.7
57	82.7	85.3	82.7	49.6	34.5	23	21	20
58	82.3	85.3	82.7	49.6	34.3	23.2	21.3	20.1
59	82.2	84	82.4	48.8	34.8	24.1	22.3	21
60	83	84.2	82.7	49	35.1	23.6	21.6	20.3

ตาราง ก.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 6)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	17.8	17.5	17.4	22.2	28.3	31.7	31.6	32.1
2	17.7	17.4	17.4	22.1	28.4	31.7	31.6	32.1
3	19.6	18.1	17.6	27.9	29.1	31.4	31.4	32
4	19.3	18.4	17.9	28.6	29.7	31.3	31.2	31.8
5	18.9	18.3	18	28.7	29.9	31.3	31.1	31.7
6	18.8	18.3	18.1	28.7	30	31.2	31.1	31.6
7	18.7	18.2	18.2	28.7	30	31.2	31	31.3
8	18.6	18.3	18.2	28.6	30	30.9	30.7	31.2
9	18.7	18.3	18.2	28.5	29.8	30.8	30.5	31
10	18.5	18.3	18.2	28.4	29.7	30.7	30.5	31
11	18.5	18.3	18.2	28.4	29.6	30.6	30.4	30.8
12	18.6	18.3	18.3	28.6	29.8	30.5	30.2	30.7
13	18.4	18.3	18.4	28.5	29.8	30.5	30.1	30.6
14	18.3	18.1	18.2	28.3	29.5	30.5	30.1	30.6
15	18.3	18.1	18.2	28.1	29.3	30.5	30.1	30.6
16	80.3	81.1	79.6	45.5	26	21.4	21.4	20.3
17	80.4	81.2	79.6	45.5	26	21.6	21.5	20.2
18	80.4	81.2	79.6	45.6	26.1	21.6	21.5	20.2
19	80.4	81.3	79.7	45.6	26.1	21.6	21.5	20.3
20	80.4	81.3	79.7	45.6	26.2	21.5	21.5	20.3
21	80.4	81.2	79.6	45.6	26.1	21.6	21.5	20.2
22	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.5	21.4	20.1
23	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.5	21.3	20.2
24	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.5	21.4	20.2
25	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.4	21.4	20.2
26	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.4	21.3	20.1
27	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.5	21.3	20.2
28	80.4	81.3	79.7	45.6	26.1	21.5	21.2	20.1
29	80.4	81.3	79.7	45.6	26.1	21.4	21.2	20.2

30	80.4	81.2	79.7	45.6	26.1	21.4	21.1	20.1
31	78.5	79.8	78.1	46.5	26.4	20.7	20.6	19.4
32	79	80.1	78.5	46.4	26.5	20.9	20.6	19.6
33	78.1	79.4	77.1	52.7	38.7	28.5	21.1	19.7
34	78.8	79.8	77.7	49	37	29	21	19.5
35	79.2	80	78	47.3	35.8	27.8	20.7	19.4
36	79.2	80.1	78.1	46.3	34.8	26.8	20.9	19.4
37	79.5	80.4	78.3	45.6	34.1	26.2	20.5	19.4
38	79.7	80.6	78.7	45.2	33.6	25.6	20.9	19.6
39	79.9	80.7	78.9	44.8	33.3	25.3	20.9	19.8
40	80.3	81	79	44.4	32.9	24.9	20.9	19.8
41	80.1	81.1	79.2	44.3	32.6	24.6	21.4	19.9
42	80.3	81.2	79.3	43.9	32.3	24	20.6	19.4
43	80.6	81.4	79.5	43.8	32.1	23.4	20.5	19.2
44	80.5	81.4	79.6	43.5	31.9	23.1	20.4	19.1
45	80.5	81.5	79.8	43.5	31.7	22.8	20.4	19.2
46	80.5	81.7	79.9	43.4	31.5	22.6	20.3	19.1
47	80.5	81.8	79.9	43.3	31.4	22.5	20.5	19.2
48	80.5	81.9	80.1	43.2	31.2	22.2	20.4	19.3
49	80.8	82.4	80.6	43.1	30.7	21.8	20.3	19.3
50	80.9	82.3	80.6	43.1	30.7	21.9	20.3	19.3
51	81	82.4	80.6	43.2	30.7	21.8	20.2	19.3
52	80.9	82.4	80.6	43.1	30.7	21.8	20.2	19.2
53	81	82.5	80.6	43.1	30.7	21.8	20.2	19.3
54	81.1	82.5	80.6	43.2	30.7	21.8	20.2	19.3
55	80.9	82.5	80.6	43.1	30.7	21.8	20.2	19.2
56	81	82.5	80.6	43.2	30.7	21.8	20.2	19.3
57	80.9	82.5	80.6	43.2	30.7	21.8	20.3	19.4
58	80.9	82.4	80.6	43.5	32.1	22.2	21	19.3
59	81	82.5	80.6	43.4	31.9	21.8	20.7	19.2
60	81.1	82.5	80.6	43.3	31.7	21.9	20.9	19.3

ตาราง ก.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 7)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	20.3	20.1	20.1	22.6	28.3	30.9	30.6	31.6
2	20.4	20.2	20.2	22.5	28.3	30.9	30.7	31.6
3	22.5	21.1	20.5	27.4	28.5	29.5	30	30.9
4	21.9	21.1	20.7	27.7	28.7	29.7	30	31
5	21.8	21	20.8	27.6	28.8	29.7	30	30.9
6	21.6	21.1	20.9	27.5	28.8	29.7	29.9	31
7	21.5	21.1	21	27.5	28.8	29.6	29.9	30.8
8	21.4	21	20.9	27.2	28.5	29.5	29.6	30.6
9	21.4	21	21	27.2	28.6	29.7	29.8	30.6
10	21.5	21.1	21.1	27.2	28.5	29.7	29.6	30.6
11	21.3	21.1	21.1	27	28.4	29.7	29.6	30.5
12	21.4	21.1	21.1	27	28.4	29.7	29.4	30.4
13	21.5	21.1	21.2	26.9	28.2	29.8	29.3	30.3
14	21.5	21.2	21.2	26.8	28.1	29.7	29.3	30.2
15	21.5	21.1	21.2	26.7	27.9	29.6	29.1	30
16	80.2	81.3	80	43.5	27.6	21.2	20.8	19.8
17	80.2	81.3	80	43.5	27.7	21.2	20.8	19.8
18	80.2	81.3	80	43.5	27.7	21.1	20.9	19.8
19	80.2	81.3	80	43.6	27.7	21.2	20.8	19.8
20	80.3	81.4	80	43.6	27.7	21.2	20.9	19.8
21	80.4	81.4	80	43.6	27.7	21.2	20.9	19.8
22	80.3	81.3	80	43.6	27.7	21.1	20.8	19.8
23	80.3	81.3	80	43.6	27.7	21.1	20.8	19.8
24	80.3	81.4	80	43.6	27.7	21.2	20.8	19.8
25	80.3	81.4	80	43.6	27.7	21.2	20.8	19.7
26	80.3	81.4	80	43.6	27.7	21.2	20.8	19.8
27	80.3	81.4	80.1	43.7	27.7	21.2	20.8	19.7
28	80.4	81.4	80	43.7	27.7	21.2	20.8	19.8
29	80.4	81.4	80	43.7	27.7	21.2	20.8	19.8

30	80.4	81.4	80.1	43.7	27.7	21.1	20.8	19.7
31	81	83.1	80.9	45.3	28.6	21.3	21.2	19.9
32	81.1	83.3	81.2	45.9	29	21.5	21.3	20.1
33	81.1	82.2	79.6	56.3	39.2	27.6	21.6	20.1
34	81.3	82.4	80.3	52.9	37.5	29.9	22.1	20.4
35	80.8	81.7	80.7	51.4	36.5	28.8	22.2	20.6
36	80.7	82.1	81	50.7	35.7	28.2	22.1	20.6
37	80.7	82.3	81.1	50	35.1	27.7	22	20.5
38	81	82.5	81.2	49.6	34.6	27.3	22.2	20.5
39	81.3	82.6	81.5	49.4	34.4	27.3	22.2	20.7
40	81.2	82.6	81.6	49.1	34.1	27.1	22.2	20.8
41	81.7	83.1	81.8	49	34	27	22.3	20.9
42	81.8	83.2	81.8	48.7	33.6	26.6	22.2	20.8
43	81.7	83.3	82.2	48.7	33.6	26.5	22.3	21
44	82.1	83.5	82.4	48.6	33.6	26.5	22.4	21.2
45	82.2	83.7	82.5	48.5	33.4	26	22.2	20.6
46	82.2	83.9	82.5	48.5	33.2	25.5	21.9	20.3
47	82.3	83.9	82.6	48.4	33	25.1	21.6	20.2
48	82.6	84.1	82.8	48.5	33	24.9	21.7	20.3
49	82.4	84.1	82.9	48.5	32.9	24.8	21.7	20.3
50	82.5	84.4	83.1	48.5	32.9	24.6	21.9	20.6
51	82.6	84.5	83.2	48.5	32.8	24.4	21.6	20.1
52	83.8	84.8	83.2	48.5	32.6	23.9	21.3	19.8
53	82.9	84.7	83.3	48.5	32.5	23.7	21.3	19.7
54	82.6	84.8	83.5	48.6	32.6	23.4	21.2	19.9
55	82.7	84.8	83.5	48.6	32.4	23.2	21.3	19.9
56	82.7	85	83.7	48.8	32.5	23.5	21.4	20.1
57	82.9	85.1	83.1	49	33.4	26	22.4	20.6
58	83.2	85.4	83.2	48.7	33.2	25.5	22.2	20.1
59	82.1	83.9	82.5	48.7	33	25.1	21.9	19.8
60	82.2	84.1	82.6	48.6	33	25.1	21.6	19.7

ตาราง ก.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 8)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	20.4	20.1	19.3	22.8	27.9	33.1	33.9	34.3
2	20.5	20.1	19.4	22.6	28.2	33.2	33.8	34.4
3	22.5	20.2	19.6	28.5	29.6	31.4	32.9	33.3
4	21.8	20.2	19.8	28.8	29.9	31.9	32.9	33.4
5	21.7	20.3	19.9	29	30.1	32.1	32.9	33.5
6	21.5	20.3	20	29.1	30.1	32.3	32.8	33.4
7	21.5	20.1	20.1	29	30.2	32.3	32.7	33.3
8	21.5	20.3	20.1	29	30.1	32.4	32.6	33.2
9	21.5	20.3	20.2	29.1	30.2	32.2	32.4	33.1
10	21.6	20.3	20.2	29.1	30.3	32.2	32.4	33
11	21.6	20.3	20.3	29.1	30.2	32.2	32.2	32.9
12	21.7	20.4	20.3	29	30.1	32.2	32.1	32.8
13	21.7	20.4	20.3	28.9	29.9	32.1	32.1	32.6
14	21.5	20.4	20.3	28.5	29.5	32	31.5	32.1
15	21.5	20.3	20.3	28.5	29.5	32	31.5	32.2
16	79.4	81.1	79.4	45.8	25.1	20.4	20	18.9
17	79.6	81.2	79.6	45.8	25.1	20.3	19.9	19.2
18	79.6	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.2
19	79.5	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.1
20	79.5	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.2
21	79.4	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.1
22	79.4	81.1	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.1
23	79.4	81.1	79.6	46	25.3	20.5	20.1	19.1
24	79.5	81.1	79.6	46.1	25.3	20.5	20.2	19.1
25	79.4	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.2	19.1
26	79.4	81.2	79.6	46	25.3	20.5	20.2	19.1
27	79.6	81.3	79.6	46.1	25.3	20.5	20.2	19.2
28	79.4	81.3	79.7	46.1	25.3	20.5	20.3	19.2
29	79.4	81.2	79.6	46.1	25.3	20.5	20.3	19.2

30	79.4	81.2	79.7	46.1	25.3	20.6	20.3	19.2
31	79.7	80.9	79.7	47.5	26.1	18.7	22.3	21.1
32	80	81.1	79.8	47.7	26.2	18.6	22.1	21.1
33	78.8	80.3	78.3	54.7	39.4	26.8	22.7	21.2
34	79.2	80.8	78.9	51.4	37.6	27.4	23	21.5
35	79.5	81	79.2	50.1	36.6	26.1	23	21.6
36	79.5	81.1	79.5	49.3	35.9	25.4	23.1	21.6
37	79.8	81.2	79.6	48.7	35.2	24.9	22.9	21.5
38	80.2	81.6	79.8	48.5	35	24.8	23	21.6
39	80.4	81.7	80.1	48.1	34.6	24.5	23	21.6
40	80.7	82	80.2	47.9	34.3	24.2	23	21.6
41	81.1	82.3	80.3	47.6	33.9	23.9	22.8	21.5
42	81.3	82.6	80.6	47.6	33.8	23.7	22.9	21.6
43	81.3	82.7	80.8	47.6	33.6	23.5	23	21.7
44	81.3	82.7	81	47.5	33.5	23.3	23	21.8
45	81.8	83	81	47.4	33.3	23	23	21.5
46	81.6	82.9	81.1	47.2	33	22.6	22.5	21.2
47	81.4	83	81.4	47.4	33	22.5	22.6	21.2
48	81.6	83.1	81.5	47.4	32.8	22.1	22.6	21.2
49	81.6	83.2	81.6	47.4	32.7	21.8	22.5	21.2
50	81.8	83.3	81.6	47.3	32.6	21.6	22.4	21.1
51	82.1	83.6	81.8	47.5	32.5	21.5	22.6	21.3
52	82	83.7	81.9	47.6	32.5	21.4	22.7	21.3
53	82	83.7	82.1	47.6	32.5	21.3	22.7	21.4
54	82.1	83.9	82.2	47.7	32.4	21.2	22.7	21.5
55	81.8	83.8	82.2	47.6	32.2	20.9	22.7	21.3
56	81.9	82.7	81	47.6	33	19.9	22.6	21.2
57	81.3	82.9	81	47.5	32.8	23.3	22.5	21.2
58	81.3	83	81.1	47.4	32.7	23	22.4	21.2
59	81.8	83.1	81.4	47.2	32.6	22.6	22.6	21.1
60	81.6	83.2	81.5	47.8	32.6	22.5	22.3	21.3

ตาราง ก.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 9)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	21.7	21.4	21.2	28.7	29.8	32.5	33	33.8
2	21.6	21.3	21.3	28.6	29.8	32.5	32.9	33.7
3	21.6	21.4	21.4	28.6	29.7	32.5	32.9	33.6
4	21.5	21.4	21.4	28.6	29.6	32.4	32.8	33.4
5	21.6	21.4	21.5	28.5	29.5	32.2	32.4	33.4
6	21.6	21.4	21.5	28.5	29.5	32.3	32.5	33.2
7	21.5	21.4	21.5	28.4	29.4	32.3	32.5	33.1
8	21.5	21.4	21.5	28.3	29.3	32.3	32.3	32.9
9	21.5	21.4	21.5	28.2	29.3	32.3	32.2	32.8
10	21.5	21.4	21.5	28.2	29.2	32.1	32	32.6
11	21.4	21.3	21.4	28.2	29.2	31.9	32	32.5
12	21.4	21.4	21.5	28.5	29.7	31.8	32.1	32.5
13	21.5	21.4	21.5	28.6	29.6	31.8	32.1	32.4
14	21.3	21.5	21.5	28.5	29.4	31.7	31.8	32.2
15	21.2	21.3	21.4	28.3	29.3	31.7	31.6	32.1
16	80.3	81.3	79.8	49.8	25.5	20.2	19.4	20.5
17	80.3	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
18	80.2	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.3	20.4
19	80.3	81.2	79.8	49.8	25.5	20.1	19.4	20.4
20	80.2	81.3	79.8	49.8	25.5	20.1	19.3	20.5
21	80.3	81.3	79.7	49.9	25.5	20.1	19.3	20.3
22	80.2	81.3	79.8	49.8	25.5	20	19.1	20.4
23	80.2	81.2	79.8	49.9	25.1	20.1	19.3	20.3
24	80.2	81.3	79.8	49.9	25.5	20	19.3	20.3
25	80.3	81.3	79.8	49.8	25.4	20	19.3	20.3
26	80.4	81.3	79.9	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
27	80.3	81.4	79.9	49.9	25.5	20.1	19.4	20.4
28	80.2	81.3	79.8	49.8	25.4	20	19.2	20.3
29	80.2	81.2	79.8	49.9	25.5	20.1	19.3	20.3

30	80.3	81.4	79.9	50	25.5	20.1	19.3	20.4
31	81	83.1	81.4	45	25.5	20.1	19.3	20.3
32	81.1	83.3	81.5	45.1	24.9	19.6	19.1	20.1
33	80.2	81.6	79	50	24.9	19.5	18.8	19.7
34	80.4	81.6	79.8	51.2	28.4	26.8	19.3	19.7
35	81	81.7	80	51.4	28.2	29.3	19.4	19.8
36	80.9	81.9	80.2	51.5	28.2	27.9	19.5	19.9
37	81.4	82.1	80.3	51.4	28.1	27.1	19.5	19.9
38	81.5	82.2	80.4	51.4	27.9	26.3	19.4	20
39	81.7	82.3	80.5	51.4	27.9	25.8	19.3	19.8
40	81.5	82.4	80.7	51.4	27.8	25.8	19.5	20
41	81.8	82.6	80.8	51.5	27.9	25.5	19.6	20
42	81.9	82.7	81	51.5	27.9	25.2	19.5	20.1
43	81.8	82.8	81.2	51.5	27.8	25	19.4	20
44	81.6	82.9	81.3	51.4	27.6	24.7	19.5	20
45	81.6	83	81.4	51.4	27.6	24.6	19.2	19.8
46	81.7	83.5	81.8	51.4	27.2	24.2	19.1	19.7
47	81.6	83.4	81.7	51.4	27.2	23.9	19	19.6
48	81.7	83.5	81.8	51.4	27.2	23.6	18.9	19.5
49	81.8	83.4	81.8	51.4	27.2	23.4	19.1	19.6
50	81.8	83.5	81.7	51.4	27.3	23.1	19.1	19.6
51	81.9	83.5	81.8	51.4	27.3	22.8	19.1	19.7
52	81.7	83.4	81.8	51.4	27.2	22.6	19	19.6
53	81.6	83.3	81.8	51.4	27.3	22.3	18.8	19.4
54	81.7	83.3	81.8	51.4	27.3	22	18.7	19.3
55	81.8	83.3	81.8	51.4	27.2	21.8	19	19.6
56	81.9	82.7	81	51.3	27.7	21.9	19.3	19.8
57	81.8	82.8	81.2	51.2	27.5	25	19.4	20
58	81.6	82.9	81.3	51.1	27.4	24.7	19.5	19.8
59	81.6	83	81.4	51.1	27.5	24.6	19.2	20
60	81.7	83.5	81.8	50.8	27.6	24.2	19.1	20

ตาราง ก.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 10)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	19.8	21.8	20.6	21.3	27.9	32	31.7	32.6
2	20.5	21.8	20.9	21.4	27.9	31.8	32	32.6
3	22.7	21.8	21.3	27.9	29.1	30.6	31.3	31.6
4	22.4	21.8	21.6	28.3	29.3	30.6	31.4	31.8
5	22.3	21.8	21.7	28.4	29.6	30.9	31.4	31.8
6	22.1	21.9	21.8	28.4	29.5	30.6	31.2	31.7
7	22.2	21.9	22	28.4	29.6	30.6	31.2	31.8
8	22.1	21.9	21.9	28.4	29.6	30.6	31.1	31.6
9	22.1	21.8	21.9	28.3	29.5	30.7	31.1	31.5
10	22	21.9	21.9	28.2	29.4	30.6	30.9	31.4
11	22	21.9	21.9	28.2	29.4	30.5	30.8	31.2
12	22	21.9	21.9	28.2	29.3	30.3	30.5	31
13	22	21.8	22	27.7	28.7	29.8	29.9	30.4
14	22	21.9	22	27.7	28.7	29.8	30	30.3
15	22	21.8	22	27.7	28.7	29.8	30	30.3
16	80.4	81.2	79.6	45.5	24	21.5	21.3	20.2
17	80.4	81.2	79.6	45.5	24	21.4	21.4	20.3
18	80.4	81.3	79.7	45.6	24.1	21.6	21.5	20.2
19	80.4	81.3	79.7	45.6	24.1	21.6	21.5	20.2
20	80.4	81.2	79.6	45.6	24.2	21.6	21.5	20.3
21	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.5	21.5	20.3
22	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.6	21.5	20.2
23	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.5	21.4	20.1
24	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.5	21.3	20.2
25	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.5	21.4	20.2
26	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.4	21.4	20.2
27	80.4	81.3	79.7	45.6	24.1	21.4	21.3	20.1
28	80.4	81.3	79.7	45.6	24.1	21.5	21.3	20.2
29	80.4	81.2	79.7	45.6	24.1	21.5	21.2	20.1

30	80.4	81.3	79.7	45.6	24.1	21.4	21.2	20.2
31	78.5	79.8	78.1	46.5	24.4	19.9	19.8	18.6
32	79	80.1	78.5	46.4	24.5	20.1	19.8	18.8
33	78.1	79.4	77.1	52.7	38.7	27.7	20.3	18.9
34	78.8	79.8	77.7	49	37	28.2	20.2	18.7
35	79.2	80	78	47.3	35.8	27	19.9	18.6
36	79.2	80.1	78.1	46.3	34.8	26	20.1	18.6
37	79.5	80.4	78.3	45.6	34.1	25.4	19.7	18.6
38	79.7	80.6	78.7	45.2	33.6	24.8	20.1	18.8
39	79.9	80.7	78.9	44.8	33.3	24.5	20.1	19
40	80.3	81	79	44.4	32.9	24.1	20.1	19
41	80.1	81.1	79.2	44.3	32.6	23.8	20.6	19.1
42	80.3	81.2	79.3	43.9	32.3	23.2	19.8	18.6
43	80.6	81.4	79.5	43.8	32.1	22.6	19.7	18.4
44	80.5	81.4	79.6	43.5	31.9	22.3	19.6	18.3
45	80.5	81.5	79.8	43.5	31.7	22	19.6	18.4
46	80.5	81.7	79.9	43.4	31.5	21.8	19.5	18.3
47	80.5	81.8	79.9	43.3	31.4	21.7	19.7	18.4
48	80.5	81.9	80.1	43.2	31.2	21.4	19.6	18.5
49	80.8	82.4	80.6	43.1	30.7	21	19.5	18.5
50	80.9	82.3	80.6	43.1	30.7	21.1	19.5	18.5
51	81	82.4	80.6	43.2	30.7	21	19.4	18.5
52	80.9	82.4	80.6	43.1	30.7	21	19.4	18.4
53	81	82.5	80.6	43.1	30.7	21	19.4	18.5
54	81.1	82.5	80.6	43.2	30.7	21	19.4	18.5
55	80.9	82.5	80.6	43.1	30.7	21	19.4	18.4
56	81	82.5	80.6	43.2	30.7	21	19.4	18.5
57	80.9	82.5	80.6	43.2	30.7	21	19.5	18.6
58	80.9	81.2	79.9	43.4	32.1	22.3	19.7	18.4
59	81	81.4	80.1	43.3	31.9	22	19.6	18.3
60	80.9	81.4	80.6	43.2	31.7	21.8	19.5	18.4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตาราง ก.11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 11)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	18.7	18.8	19.1	21.4	27.4	30.9	31.2	30.9
2	18.9	19	19.2	25.2	28.5	30.9	31.1	30.9
3	20	19.9	19.8	22.4	28.6	30.9	30.4	30.9
4	20	19.9	19.9	22.5	28.8	30.9	30.5	30.9
5	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.9
6	19.9	19.7	19.8	22.2	28.5	30.9	30.3	30.8
7	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
8	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
9	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
10	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
11	19.7	19.5	19.5	22.2	28.5	30.9	30.1	30.8
12	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.8
13	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.8
14	19.7	19.6	19.5	22.2	28.5	30.8	30.1	30.8
15	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.8
16	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21.5	21.3	20.2
17	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21.4	21.4	20.3
18	81.2	82.5	81.2	51.3	26.8	21.6	21.5	20.2
19	81.1	82.5	81.2	51.3	26.7	21.6	21.5	20.2
20	81.1	82.5	81.2	51.3	26.8	21.6	21.5	20.3
21	81.1	82.5	81.2	51.2	26.8	21.5	21.5	20.3
22	81.1	82.5	81.2	51.2	26.7	21.6	21.5	20.2
23	81	82.5	81.2	51.2	26.7	21.5	21.4	20.1
24	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21.5	21.3	20.2
25	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21.5	21.4	20.2
26	81.1	82.4	81.2	51.2	26.7	21.4	21.4	20.2
27	81	82.4	81.2	51.1	26.7	21.4	21.3	20.1
28	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.5	21.3	20.2
29	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.5	21.2	20.1

30	81.2	82.3	81.2	51.1	26.7	21.4	21.2	20.2
31	81.6	82.9	81.5	50.3	26.7	21.1	20.7	19.5
32	81.5	82.9	81.6	50.1	27.7	21.1	20.7	19.5
33	81.8	82.3	80.1	52.3	38.6	21.1	20.7	19.5
34	81.8	82.5	80.4	50.9	37.9	21.1	20.7	19.5
35	81.7	82.5	80.5	49.9	37.2	21.1	20.7	19.4
36	81.8	82.5	80.6	49.4	36.4	21.8	21.4	19.8
37	81.6	82.5	80.7	48.9	35.7	21.3	21.6	19.2
38	81.7	82.6	80.8	48.5	35.2	22.7	20.7	18.8
39	81.6	82.6	80.8	48.1	34.6	23.3	20.4	18.6
40	81.5	82.7	80.8	47.8	34.1	22.9	20.2	18.6
41	81.8	82.9	81.1	47.8	33.8	22.1	20.2	18.6
42	82	83	81.2	47.6	33.3	21.5	19.8	18.6
43	82	83.1	81.2	47.5	32.9	21.3	20.1	18.6
44	82.2	83.1	81.2	47.5	32.4	21.1	19.9	18.5
45	81.6	83	81.3	47.3	31.8	20.9	19.9	18.4
46	81.8	83.1	81.2	47.2	30.9	21	20	18.6
47	81.8	83.2	81.4	47	30	20.9	20.2	18.7
48	82.1	83.4	81.4	46.9	29.5	21.1	20.4	18.8
49	81.8	83.3	81.4	46.9	29	21	20.2	18.9
50	82	83.4	81.5	46.8	28	21.1	20.4	18.9
51	82.5	83.6	81.5	46.7	26.8	20.8	20.7	19
52	82.3	83.6	81.6	46.6	25.3	21	20.7	19.1
53	82.2	83.8	81.6	46.4	23.9	21.1	20.4	18.9
54	82.3	83.9	81.6	46.4	23.3	20.8	20.1	18.7
55	81.9	83.8	81.7	46.4	22.7	20.5	20.7	18.9
56	82.1	83.4	81.4	47.3	30	20.6	20.2	18.9
57	81.8	83.3	81.4	47.2	29.5	20.6	20.1	18.8
58	82	83.4	81.5	47	29	20.7	20	18.8
59	82.5	83.6	81.5	46.9	28	20.7	19.9	18.8
60	82.3	83.6	81.6	46.9	26.8	20.7	20	18.8

ตาราง ก.12 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 12)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	17.9	17.7	17.7	27.1	28.8	29.8	30.8	30.8
2	17.9	17.7	17.7	27.2	28.9	29.8	30.8	30.8
3	17.8	17.7	17.8	27.2	28.9	29.7	30.7	30.7
4	17.8	17.7	17.8	28.1	29.2	29.9	30.4	30.4
5	17.9	18	18	28.5	29.4	30.2	30.5	30.5
6	18.1	17.8	17.9	28.1	29.1	29.9	30.2	30.2
7	18.2	17.9	18	27.9	29	29.9	30.2	30.2
8	18.3	18	18.1	27.9	29	30	30.1	30.1
9	18.5	18.2	18.3	27.8	29	30	30.1	30.1
10	18.4	18.2	18.2	27.9	29	29.9	30.2	30.2
11	18.3	18.1	18.2	27.7	28.8	29.8	30.1	30.1
12	18.2	18.1	18.2	27.5	28.7	29.7	30	30
13	18.4	18.3	18.4	27.7	28.9	29.8	30	30
14	18.4	18.3	18.5	27.8	28.9	29.8	30.1	30.1
15	18.4	18.3	18.5	27.7	28.8	29.7	30	30
16	82.8	83.1	81.6	43.4	30.6	20.8	20.1	19.6
17	82.8	83.2	81.6	43.4	30.6	20.8	20.1	19.5
18	82.7	83.2	81.6	43.4	30.6	20.9	20.1	19.6
19	82.7	83.2	81.5	43.4	30.6	20.8	20	19.6
20	82.7	83.2	81.6	43.5	30.6	20.9	20	19.6
21	82.7	83.1	81.6	43.4	30.5	20.8	20	19.5
22	82.7	83.1	81.6	43.4	30.5	20.8	19.9	19.5
23	82.7	83.1	81.6	43.4	30.5	20.8	19.9	19.5
24	82.7	83.2	81.6	43.5	30.5	20.7	19.9	19.5
25	82.7	83.2	81.6	43.4	30.5	20.7	19.9	19.5
26	82.7	83.2	81.7	43.5	30.6	20.7	19.8	19.6
27	83	83.4	81.8	43.7	30.8	20.9	20.1	19.8
28	83	83.4	81.8	43.7	30.7	20.9	20	19.6
29	83	83.4	81.8	43.7	30.5	20.8	19.8	19.8

30	83.1	83.4	81.8	43.7	30.7	20.9	20.1	19.8
31	83.1	83.5	81.8	43.7	30.5	20.8	19.9	19.8
32	83.2	83.5	81.8	43.7	30.7	20.9	20.1	19.8
33	83.1	83.4	81.6	43.5	30.7	20.9	20.1	19.6
34	83.6	84	82.3	44.7	31.3	22.5	23	22.5
35	83.5	84.1	82.5	44.9	31.4	22.6	22.2	21.3
36	83.5	84	81.8	50.8	31.6	21.3	20.7	19.6
37	83.7	84.3	82.2	51.6	31.4	20.2	20	18.9
38	83.7	84.3	82.3	51.7	31.4	19.7	19.4	18.8
39	83.7	84.4	82.3	51.8	31.4	19.5	19.6	18.9
40	83.5	84.3	82.3	51.7	31.1	19.8	19.3	18.7
41	83.4	84.4	82.5	51.8	30.9	19.7	18.9	18.6
42	83.2	84.3	82.5	51.7	30.7	19.5	19	18.5
43	83.3	84.4	82.5	51.7	30.6	19.5	19	18.5
44	83.3	84.3	82.5	51.5	30.6	19.4	19.1	18.4
45	83.5	84.8	82.7	51.7	30.8	19.5	19.4	18.7
46	83.5	84.7	82.8	51.7	30.9	19.7	19.4	18.8
47	83.3	84.5	82.7	51.5	30.9	19.6	19.3	18.7
48	83.5	84.8	82.9	51.5	30.9	19.7	19.3	18.8
49	83.2	84.7	82.7	51.4	30.9	19.7	19.5	18.8
50	83.3	84.9	82.7	51.3	30.9	19.8	19.5	18.7
51	83.5	85.1	82.8	51.4	31.3	19.9	20.4	19.3
52	83.5	85.3	82.8	51.2	31.4	20.1	20.1	19.3
53	83	85	82.9	51	31.1	20.2	19.8	19.3
54	82.9	84.9	82.7	51	31.1	20.2	20.4	19.4
55	82.7	84.9	82.8	50.8	31.2	20.3	20.3	19.7
56	82.2	85.2	82.8	50.6	31.2	20.6	20.5	20
57	82.9	85	82.8	50.6	31.2	20.9	21	20.4
58	82.5	84.7	82.6	50.3	31.1	21.2	21	20.8
59	83.5	85.3	82.8	51	31.5	20.3	19.5	19.7
60	83	85	82.9	50.8	31.6	20.6	20.4	20

ตาราง ก.13 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 13)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	20	20	19.9	27.4	29.8	32.4	31.2	32.5
2	21.8	20.6	20	28.3	29.3	31.1	30.4	31.7
3	21.6	20.7	20.3	28.6	30.2	31.5	30.7	31.9
4	21.7	20.9	20.4	28.4	30.3	31.6	30.8	31.9
5	21.5	20.9	20.5	28.3	30.3	31.6	30.8	31.8
6	21.5	20.8	20.5	28.2	30.3	31.6	30.9	31.7
7	21.6	21	20.8	28.3	30.4	31.7	31.2	31.7
8	21.6	21.1	20.8	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
9	21.6	21.2	21	28.3	30.5	31.8	31.2	31.8
10	21.5	21.2	21	28.2	30.4	31.7	31.2	31.6
11	21.6	21.3	21.1	28.1	30.5	31.6	31.1	31.6
12	21.6	21.3	21.2	28.1	30.4	31.5	31	31.5
13	21.5	21.3	21.2	28	30.2	31.5	30.9	31.4
14	21.5	21.3	21.2	27.9	30.2	31.4	30.9	31.3
15	21.4	21.2	21.2	27.8	30.1	31.3	30.7	31.1
16	80.3	81.2	79.6	45.5	24.5	20.5	20.3	19.4
17	80.4	81.2	79.6	45.5	24.5	20.4	20.4	19.5
18	80.4	81.3	79.7	45.5	24.5	20.6	20.5	19.4
19	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.6	20.5	19.4
20	80.4	81.2	79.6	45.6	24.6	20.6	20.5	19.5
21	80.4	81.2	79.7	45.6	24.7	20.5	20.5	19.5
22	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.6	20.5	19.4
23	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.4	19.3
24	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.3	19.4
25	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.4	19.4
26	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.4	20.4	19.4
27	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.4	20.3	19.3
28	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.5	20.3	19.4
29	80.4	81.2	79.7	45.6	24.6	20.5	20.2	19.3

30	80.4	81.3	79.7	45.6	24.6	20.4	20.2	19.4
31	81	83.1	81.4	46.5	24.6	19.7	19.6	18.6
32	81.1	83.3	81.5	46.4	24.9	19.9	19.6	18.8
33	80.2	81.6	79	52.7	25	27.5	20.1	18.9
34	80.4	81.6	79.8	49	38.7	28	20	18.7
35	81	81.7	80	47.3	37	26.8	19.7	18.6
36	80.9	81.9	80.2	46.3	35.8	25.8	19.9	18.6
37	81.4	82.1	80.3	45.6	34.8	25.2	19.5	18.6
38	81.5	82.2	80.4	45.2	34.1	24.6	19.9	18.8
39	81.7	82.3	80.5	44.8	33.6	24.3	19.9	19
40	81.5	82.4	80.7	44.4	33.3	23.9	19.9	19
41	81.8	82.6	80.8	44.3	32.9	23.6	20.4	19.1
42	81.9	82.7	81	43.9	32.6	23	19.6	18.6
43	81.8	82.8	81.2	43.8	32.3	22.4	19.5	18.4
44	81.6	82.9	81.3	43.5	32.1	22.1	19.4	18.3
45	81.6	83	81.4	43.5	31.9	21.8	19.4	18.4
46	81.7	83.5	81.8	43.4	31.7	21.6	19.3	18.3
47	81.6	83.4	81.7	43.3	31.5	21.5	19.5	18.4
48	81.7	83.5	81.8	43.2	31.4	21.2	19.4	18.5
49	81.8	83.4	81.8	43.1	31.2	20.8	19.3	18.5
50	81.8	83.5	81.7	43.1	30.7	20.9	19.3	18.5
51	81.9	83.5	81.8	43.2	30.7	20.8	19.2	18.5
52	81.7	83.4	81.8	43.1	30.7	20.8	19.2	18.4
53	81.6	83.3	81.8	43.1	30.7	20.8	19.2	18.5
54	81.7	83.3	81.8	43.2	30.7	20.8	19.2	18.5
55	81.8	83.3	81.8	43.1	30.7	20.8	19.2	18.4
56	81.9	82.7	81	43.4	32.1	20.5	19.8	18.7
57	81.8	82.8	81.2	43.3	31.9	21.5	19.4	18.4
58	81.6	82.9	81.3	43.2	31.7	21.2	19.3	18.3
59	81.6	83	81.4	43.1	31.5	20.8	19.5	18.4
60	81.7	83.5	81.8	42.8	31.4	20.9	19.4	18.5

ตาราง ก.14 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 14)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	18.8	18.3	18.1	28.1	29	30.9	31.3	32.6
2	19	18.6	18.4	28.6	29.5	31.3	31.9	32.7
3	19.1	18.8	18.6	29	30	31.6	32	32.7
4	19.1	18.8	18.6	29.1	30.1	31.6	32	32.6
5	19.2	18.9	18.7	29.3	30.3	31.7	32.1	32.5
6	19	18.8	18.7	29.2	30.3	31.6	31.9	32.4
7	19	18.8	18.7	29.2	30.3	31.5	31.9	32.2
8	19.2	19	18.9	29.2	30.3	31.6	31.7	32.3
9	19.4	19.1	19	29.2	30.3	31.5	31.7	32.2
10	19.3	19.2	19.2	28.8	30	31.2	31.5	31.8
11	19.4	19.2	19.2	28.9	30	31.2	31.4	31.8
12	19.3	19.2	19.3	28.9	30	31.2	31.5	31.9
13	19.4	19.2	19.2	28.9	30	31.2	31.5	31.8
14	19.4	19.2	19.2	28.8	30.1	31.2	31.5	31.8
15	19.3	19.2	19.2	28.8	30	31.2	31.5	31.8
16	81.3	83	81.3	44.6	25	21.5	21.3	20.2
17	81.3	83	81.3	44.7	25	21.4	21.4	20.3
18	81.4	83	81.3	44.7	25	21.6	21.5	20.2
19	81.3	83	81.3	44.6	25.1	21.6	21.5	20.2
20	81.4	83.1	81.4	44.8	25.1	21.6	21.5	20.3
21	81.4	83.1	81.3	44.7	25.2	21.5	21.5	20.3
22	81.4	83.1	81.3	44.7	25.1	21.6	21.5	20.2
23	81.4	83.1	81.3	44.7	25.1	21.5	21.4	20.1
24	81.6	83.2	81.4	44.8	25.1	21.5	21.3	20.2
25	81.7	83.2	81.4	44.8	25.1	21.5	21.4	20.2
26	81.7	83.3	81.4	44.8	25.1	21.4	21.4	20.2
27	81.8	83.3	81.4	44.8	25.1	21.4	21.3	20.1
28	81.7	83.3	81.4	44.9	25.1	21.5	21.3	20.2
29	81.7	83.3	81.4	44.8	25.1	21.5	21.2	20.1

30	81.7	83.3	81.4	45	25.1	21.4	21.2	20.2
31	81	83.1	81.4	45	27	21.2	21	19.6
32	81.1	83.3	81.5	45.1	27	21.7	21.3	20.1
33	80.2	81.6	79	50	27	21.8	20.7	19.1
34	80.4	81.6	79.8	51.2	27	21.1	20	18.4
35	81	81.7	80	51.4	29	20.8	19.9	18.2
36	80.9	81.9	80.2	51.5	28.4	20.7	19.6	18.1
37	81.4	82.1	80.3	51.4	28.2	20.4	19.5	18.1
38	81.5	82.2	80.4	51.4	28.2	20.2	19.2	17.6
39	81.7	82.3	80.5	51.4	28.1	19.9	19.1	17.5
40	81.5	82.4	80.7	51.4	27.9	19.9	19.2	17.5
41	81.8	82.6	80.8	51.5	27.9	20	19.5	17.7
42	81.9	82.7	81	51.5	27.8	20	19.3	17.8
43	81.8	82.8	81.2	51.5	27.9	20.1	19.2	17.6
44	81.6	82.9	81.3	51.4	27.9	20.1	18.9	17.6
45	81.6	83	81.4	51.4	27.8	19.9	18.9	17.6
46	81.7	83.5	81.8	51.4	27.6	20.4	19.5	18.3
47	81.6	83.4	81.7	51.4	27.6	20.4	19.5	18.3
48	81.7	83.5	81.8	51.4	27.2	20.4	19.6	18.3
49	81.8	83.4	81.8	51.4	27.2	20.4	19.6	18.3
50	81.8	83.5	81.7	51.4	27.2	20.4	19.6	18.3
51	81.9	83.5	81.8	51.4	27.2	20.4	19.7	18.4
52	81.7	83.4	81.8	51.4	27.3	20.4	19.7	18.3
53	81.6	83.3	81.8	51.4	27.3	20.4	19.7	18.3
54	81.7	83.3	81.8	51.4	27.2	20.4	19.7	18.3
55	81.8	83.3	81.8	51.4	27.3	20.5	19.7	18.3
56	81.7	82.3	80.5	51.3	27.3	19.9	19.5	19.5
57	81.5	82.4	80.7	51.2	27.2	20	19.3	19.4
58	81.8	82.6	80.8	51.4	27.8	20	19.2	19.6
59	81.9	82.7	81	51.4	27.6	20.1	18.9	19.3
60	81.8	82.8	81.2	51.3	27.6	20.1	19.3	19.3

ตาราง ก.15 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 15)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	17.9	17.7	17.7	27.1	28.8	29.8	30.8	30.8
2	17.9	17.7	17.7	27.2	28.9	29.8	30.8	30.8
3	17.8	17.7	17.8	27.2	28.9	29.7	30.7	30.7
4	17.8	17.7	17.8	28.1	29.2	29.9	30.4	30.4
5	17.9	18	18	28.5	29.4	30.2	30.5	30.5
6	18.1	17.8	17.9	28.1	29.1	29.9	30.2	30.2
7	18.2	17.9	18	27.9	29	29.9	30.2	30.2
8	18.3	18	18.1	27.9	29	30	30.1	30.1
9	18.5	18.2	18.3	27.8	29	30	30.1	30.1
10	18.4	18.2	18.2	27.9	29	29.9	30.2	30.2
11	18.3	18.1	18.2	27.7	28.8	29.8	30.1	30.1
12	18.2	18.1	18.2	27.5	28.7	29.7	30	30
13	18.4	18.3	18.4	27.7	28.9	29.8	30	30
14	18.4	18.3	18.5	27.8	28.9	29.8	30.1	30.1
15	18.4	18.3	18.5	27.7	28.8	29.7	30	30
16	82.8	83.1	81.6	43.4	30.6	20.8	20.1	19.6
17	82.8	83.2	81.6	43.5	30.6	20.9	20.1	19.6
18	82.7	83.2	81.6	43.4	30.6	20.8	20.1	19.5
19	82.7	83.2	81.5	43.4	30.6	20.8	20	19.5
20	82.7	83.2	81.6	43.4	30.6	20.8	20	19.5
21	82.7	83.1	81.6	43.5	30.5	20.7	20	19.5
22	82.7	83.1	81.6	43.4	30.5	20.7	19.9	19.5
23	82.7	83.1	81.6	43.5	30.5	20.7	19.9	19.6
24	82.7	83.2	81.6	43.7	30.5	20.9	19.9	19.8
25	82.7	83.2	81.6	43.7	30.5	20.9	19.9	19.6
26	82.7	83.2	81.7	43.7	30.6	20.8	19.8	19.8
27	83	83.4	81.8	43.7	30.8	20.9	20.1	19.8
28	83	83.4	81.8	43.7	30.7	20.8	20	19.8
29	83	83.4	81.8	43.7	30.5	20.9	19.8	19.8

30	83.1	83.4	81.8	43.5	30.7	20.9	20.1	19.6
31	83	83.4	81.8	43.7	30.5	20.8	19.8	19.8
32	83.1	83.4	81.8	43.7	30.7	20.9	20.1	19.8
33	83.1	83.5	81.8	43.7	30.5	20.8	19.9	19.8
34	83.2	83.5	81.8	43.7	30.7	20.9	20.1	19.8
35	83.1	83.4	81.6	43.5	30.7	20.9	20.1	19.6
36	83.6	84	82.3	44.7	31.3	22.5	23	22.5
37	83.5	84.1	82.5	44.9	31.4	22.6	22.2	21.3
38	83.5	84	81.8	50.8	31.6	21.3	20.7	19.6
39	83.7	84.3	82.2	51.6	31.4	20.2	20	18.9
40	83.7	84.3	82.3	51.7	31.4	19.7	19.4	18.8
41	83.7	84.4	82.3	51.8	31.4	19.5	19.6	18.9
42	83.5	84.3	82.3	51.7	31.1	19.8	19.3	18.7
43	83.4	84.4	82.5	51.8	30.9	19.7	18.9	18.6
44	83.2	84.3	82.5	51.7	30.7	19.5	19	18.5
45	83.3	84.4	82.5	51.7	30.6	19.5	19	18.5
46	83.3	84.3	82.5	51.5	30.6	19.4	19.1	18.4
47	83.5	84.8	82.7	51.7	30.8	19.5	19.4	18.7
48	83.5	84.7	82.8	51.7	30.9	19.7	19.4	18.8
49	83.3	84.5	82.7	51.5	30.9	19.6	19.3	18.7
50	83.5	84.8	82.9	51.5	30.9	19.7	19.3	18.8
51	83.2	84.7	82.7	51.4	30.9	19.7	19.5	18.8
52	83.3	84.9	82.7	51.3	30.9	19.8	19.5	18.7
53	83.5	85.1	82.8	51.4	31.3	19.9	20.4	19.3
54	83.5	85.3	82.8	51.2	31.4	20.1	20.1	19.3
55	83	85	82.9	51	31.1	20.2	19.8	19.3
56	82.9	84.9	82.7	51	31.1	20.2	20.4	19.4
57	82.7	84.9	82.8	50.8	31.2	20.3	20.3	19.7
58	82.2	85.2	82.8	50.6	31.2	20.6	20.5	20
59	82.9	85	82.8	50.6	31.2	20.9	21	20.4
60	82.5	84.7	82.6	50.3	31.1	21.2	21	20.8

ตาราง ก.16 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 16)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	18.7	18.8	19.1	21.4	27.4	31.5	31.2	32.1
2	18.9	19	19.2	25.2	28.5	31	31.1	31.9
3	20	19.9	19.8	22.4	28.6	31.1	30.4	31.2
4	20	19.9	19.9	22.5	28.8	31.2	30.5	31.2
5	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
6	19.9	19.7	19.8	22.2	28.5	30.8	30.3	31.1
7	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
8	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
9	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
10	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.2	30.9
11	19.7	19.5	19.5	22.2	28.5	30.9	30.1	30.9
12	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.8	30.1	30.9
13	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.8
14	19.7	19.6	19.5	22.2	28.5	30.9	30.1	30.9
15	19.7	19.5	19.5	22.2	28.4	30.9	30.1	30.9
16	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
17	81.3	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
18	81.2	82.5	81.2	51.3	26.8	21	20.6	19.3
19	81.1	82.5	81.2	51.3	26.7	20.9	20.6	19.3
20	81.1	82.5	81.2	51.3	26.8	20.9	20.6	19.4
21	81.1	82.5	81.2	51.2	26.8	21	20.7	19.4
22	81.1	82.5	81.2	51.2	26.7	21.1	20.7	19.4
23	81	82.5	81.2	51.2	26.7	21.1	20.7	19.4
24	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.6	19.4
25	81	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.6	19.4
26	81.1	82.4	81.2	51.2	26.7	21	20.7	19.4
27	81	82.4	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
28	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
29	81.1	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5

30	81.2	82.3	81.2	51.1	26.7	21.1	20.7	19.5
31	81.6	82.9	81.5	50.3	27.7	21.8	21.4	19.8
32	81.5	82.9	81.6	50.1	27.8	21.3	21.6	19.2
33	81.8	82.3	80.1	52.3	38.6	22.7	20.7	18.8
34	81.8	82.5	80.4	50.9	37.9	23.3	20.4	18.6
35	81.7	82.5	80.5	49.9	37.2	22.9	20.2	18.6
36	81.8	82.5	80.6	49.4	36.4	22.1	20.2	18.6
37	81.6	82.5	80.7	48.9	35.7	21.5	19.8	18.6
38	81.7	82.6	80.8	48.5	35.2	21.3	20.1	18.6
39	81.6	82.6	80.8	48.1	34.6	21.1	19.9	18.5
40	81.5	82.7	80.8	47.8	34.1	20.9	19.9	18.4
41	81.8	82.9	81.1	47.8	33.8	21	20	18.6
42	82	83	81.2	47.6	33.3	20.9	20.2	18.7
43	82	83.1	81.2	47.5	32.9	21.1	20.4	18.8
44	82.2	83.1	81.2	47.5	32.4	21	20.2	18.9
45	81.6	83	81.3	47.3	31.8	21.1	20.4	18.9
46	81.8	83.1	81.2	47.2	30.9	20.8	20.7	19
47	81.8	83.2	81.4	47	30	21	20.7	19.1
48	82.1	83.4	81.4	46.9	29.5	21.1	20.4	18.9
49	81.8	83.3	81.4	46.9	29	20.8	20.1	18.7
50	82	83.4	81.5	46.8	28	20.5	20.7	18.9
51	82.5	83.6	81.5	46.7	26.8	20.6	20.2	18.9
52	82.3	83.6	81.6	46.6	25.3	20.6	20.1	18.8
53	82.2	83.8	81.6	46.4	23.9	20.7	20	18.8
54	82.3	83.9	81.6	46.4	23.3	20.7	19.9	18.8
55	81.9	83.8	81.7	46.4	22.7	20.7	20	18.8
56	81.8	83	80.7	47.2	30.9	21.1	19.9	18.9
57	81.6	83.1	80.8	47	30	21	19.9	19
58	81.7	83.2	80.8	46.9	29.5	21.1	20	19.1
59	81.6	83.4	80.8	46.9	29	20.8	20.2	18.9
60	81.5	83.3	81.1	46.8	28	21	20.4	18.7

ตาราง ก.17 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 17)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	21.5	20	19.2	27.5	27.9	30.4	30.3	30.2
2	21.3	20	19.4	27.7	27.9	30.3	30.1	30
3	21	19.9	19.3	27.6	28	27.9	28.2	27.6
4	20.8	19.8	19.3	27.7	28.1	28.2	28.4	28.4
5	20.7	19.7	19.2	27.6	28.1	28.6	28.5	28.4
6	20.8	20	19.6	27.9	28.3	28.9	28.7	28.4
7	20.6	19.9	19.6	27.9	28.3	29	28.7	28.4
8	20.6	20	19.6	28	28.4	29.1	28.7	28.4
9	20.4	20	19.7	28	28.3	28.9	28.7	28.4
10	20.6	20.1	19.7	28	28.5	29.1	28.6	28.4
11	20.5	20.1	19.7	28	28.3	28.9	28.6	28.5
12	20.5	20	19.7	27.9	28.3	28.8	28.5	28.3
13	20.4	20	19.7	27.9	28.3	28.7	28.5	28.1
14	20.6	19.9	19.7	27.8	28.3	29	28.6	28.4
15	20.5	20.1	19.9	28	28.4	28.9	28.7	28.3
16	81.2	81.8	79.5	43.2	25.3	20.3	19.8	18.8
17	81.2	81.8	79.5	43.3	25.3	20.2	19.9	18.8
18	81.1	81.8	79.5	43.3	25.3	20.3	19.8	18.8
19	81	81.8	79.5	43.3	25.3	20.2	19.8	18.8
20	81	81.8	79.5	43.4	25.3	20.3	19.8	18.8
21	81.1	81.8	79.5	43.3	25.3	20.2	19.8	18.8
22	81	81.7	79.6	43.4	25.2	20.2	19.8	18.7
23	81.1	81.8	79.6	43.3	25.3	20.2	19.8	18.7
24	81.2	81.8	79.6	43.4	25.2	20.2	19.8	18.8
25	81.2	81.8	79.6	43.4	25.2	20.2	19.8	18.8
26	81.1	81.8	79.6	43.4	25.3	20.2	19.8	18.8
27	81	81.8	79.6	43.4	25.2	20.2	19.7	18.8
28	81	81.8	79.6	43.4	25.2	20.1	19.8	18.8
29	81	81.8	79.6	43.5	25.2	20.1	19.8	18.8

30	81.2	81.8	79.6	43.4	25.2	20.1	19.8	18.8
31	81	81.8	79.6	43.5	25.3	20.1	19.8	18.7
32	81.2	81.8	79.6	43.4	27.1	21.3	21	20.1
33	81.1	81.8	79.6	43.5	41.4	21.7	21.6	20.4
34	85	85.9	83.8	50.4	39	26.8	21.4	20
35	85.1	86	84	50.6	37.5	29.6	21.3	19.5
36	83.7	85.5	82.3	60	36.7	27.9	20.5	18.8
37	83.8	85.5	82.7	55.8	36	27	20.4	18.7
38	83.8	85.5	82.9	53.7	35.5	26.4	20.2	18.6
39	84.3	86	83.3	52.8	34.9	25.9	20.1	18.6
40	84.4	86.1	83.5	52.1	34.5	25.6	20	18.5
41	84.1	86.2	83.6	51.6	34.3	25.4	20	18.6
42	84.3	86.2	83.7	51.1	34	25.1	20.2	18.7
43	83.7	86.2	83.7	50.7	33.8	25	20.2	18.9
44	84.5	86.5	83.8	50.5	33.6	24.9	20.5	19.2
45	84.5	86.6	84	50.3	33.3	24.7	20.9	19.5
46	84.6	86.7	84.1	50.1	33.2	24.6	21	19.9
47	84	85.4	82.9	49.9	33	24.4	21.3	20.2
48	84.2	85.6	83	49.7	33.4	24.5	21.7	20.7
49	84.4	85.8	83.1	49.3	33.2	24.9	22.3	21.3
50	83	85.8	83.3	49.2	33.2	25.2	22.9	21.7
51	84.7	86	83.7	49.2	33.2	24.7	22.2	20.8
52	84.7	86.2	83.8	49.2	33	24.2	21.6	20.2
53	84.7	86.4	84	49.3	32.9	23.7	21.2	19.8
54	85	86.6	84.1	49.3	32.8	23.5	21	19.7
55	84.8	86.6	84.2	49.3	32.9	23.3	21	19.7
56	84.7	86.7	84.3	49.2	32.9	23.4	21.3	20.1
57	85.1	86.7	84.3	49.1	33	23.5	21.6	20.5
58	85.2	87	84.5	49.4	33.2	23.8	22	21
59	85.3	87.2	84.7	49.4	33	20.1	18.9	19.3
60	85.3	87.3	84.8	49.6	32.9	20.1	19.3	19.3

ตาราง ก.18 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 18)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	19.9	19.4	19.3	24.1	29.9	31.9	31.9	32.5
2	20	19.5	19.6	24	30.1	32	31.6	32.5
3	19.9	19.7	19.7	27.8	29	32.1	31	32.4
4	20.1	19.7	19.8	28.6	29.6	32.1	31.2	32.4
5	19.9	19.7	19.8	28.9	30	32	31.2	32.3
6	20	19.8	19.9	28.9	29.9	32	31	32.3
7	20	19.7	19.9	28.9	30	31.9	30.9	32.1
8	20	19.7	19.9	29.1	30.2	31.8	30.9	32
9	20.1	19.9	20.1	29.1	30.4	31.9	30.8	32
10	20.1	20	20.2	29.2	30.5	32	30.9	32.1
11	20.2	20.1	20.2	29.1	30.4	31.9	30.9	32
12	20.2	20.1	20.2	29.2	30.5	31.9	31	31.9
13	20.2	20	20.2	29.1	30.3	31.8	31.1	31.8
14	20.3	20.2	20.3	29.1	30.3	31.8	31.1	31.8
15	20.2	20.1	20.3	29.3	30.5	31.7	31.3	31.7
16	79.8	80.6	78.6	44.3	26.9	20.8	20.6	19.5
17	79.8	80.7	78.6	44.3	26.9	20.9	20.6	19.5
18	79.8	80.7	78.6	44.3	26.9	20.9	20.6	19.6
19	79.8	80.8	78.6	44.4	26.9	20.9	20.6	19.5
20	79.9	80.7	78.7	44.4	27	20.9	20.7	19.5
21	79.9	80.8	78.7	44.4	26.9	20.9	20.6	19.6
22	80	80.8	78.8	44.5	27	21	20.7	19.7
23	80.1	80.8	78.8	44.4	26.9	20.9	20.6	19.6
24	80.1	80.8	78.7	44.4	26.9	20.9	20.6	19.5
25	80.2	80.9	78.8	44.5	27	21	20.7	19.6
26	80.1	80.9	78.8	44.5	27	21	20.7	19.6
27	80.1	80.9	78.8	44.5	27	21	20.6	19.6
28	80.1	80.9	78.8	44.5	27	21	20.6	19.5
29	80	80.9	78.8	44.5	27	21	20.5	19.6

30	80	80.9	78.8	44.5	27	20.9	20.6	19.6
31	80	80.9	78.8	44.6	27	21	20.6	19.6
32	80.1	80.9	78.8	44.5	27	21	20.6	19.6
33	81	81.8	79.6	45.4	27.3	21	20.7	19.4
34	81.2	82.2	79.9	45.8	27.5	20.9	20.4	19.3
35	80.6	81.7	78.8	54.2	38.6	27.1	20.7	19.3
36	80.5	81.8	79.4	51.1	36.7	28.1	20.7	19.2
37	80.8	82.3	80	50	35.6	27.4	20.9	19.4
38	81	82.5	80.2	49.1	34.8	26.9	20.9	19.5
39	81.3	82.7	80.5	48.6	34.1	26.4	20.9	19.6
40	81.4	83	80.9	48.3	33.7	26.3	21.2	19.8
41	81.3	83.2	81.1	48	33.3	25.9	21.2	19.9
42	81.8	83.4	81.2	47.8	33	25.6	21.2	19.5
43	82	83.6	81.4	47.6	32.7	25	20.7	19.3
44	82.1	83.9	81.7	47.5	32.5	24.8	20.7	19.2
45	81.5	83.9	82	47.5	32.4	24.6	20.8	19.4
46	82.2	84.2	82.3	47.5	32.2	24.4	20.9	19.6
47	81.9	84.3	82.4	47.5	32.1	24.3	20.8	19.6
48	82.4	84.5	82.4	47.4	31.9	23.7	20.2	18.9
49	82.4	84.6	82.6	47.6	31.9	23.5	20.3	19.2
50	82.3	84.7	82.8	47.7	31.8	23.5	20.5	19.1
51	82.7	85.1	82.9	47.8	31.8	23.3	20.4	19.2
52	82.2	84.9	82.9	47.8	31.6	23.1	20.3	19
53	82.8	85.7	83.2	47.9	31.7	22.9	20.5	19.2
54	83.4	85.8	83.3	48.1	31.7	22.9	20.5	19.3
55	83.3	86.2	83.4	48.2	31.5	22.8	20.7	19.3
56	83.2	86	83.4	48.4	31.7	22.7	20.6	19.3
57	83	85.9	83.5	48.4	31.6	22.6	20.7	19.3
58	82.7	85.9	83.4	48.6	31.7	22.9	20.8	19.3
59	81.9	84.3	82.4	47.9	31.6	23.1	20.3	19
60	82.4	84.5	82.4	48.1	31.7	22.9	20.5	19.2

ตาราง ก.19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 19)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	19.2	19	18.5	23.3	29	32.4	31.2	32.5
2	18.9	18.7	18.4	23.2	28.8	31.1	30.4	31.7
3	24.5	22.6	19.2	25	26	31.5	30.7	31.9
4	23.6	21.2	18.8	26.6	27.1	31.6	30.8	31.9
5	23	20.6	18.9	27	27.3	31.6	30.8	31.8
6	22.7	20.6	19	27.3	27.5	31.6	30.9	31.7
7	22.2	20.3	19.1	27.4	27.7	31.7	31.2	31.7
8	21.9	20.2	19.2	27.5	27.9	31.8	31.2	31.8
9	21.5	20	19.2	27.5	27.9	31.8	31.2	31.8
10	21.3	20	19.4	27.7	27.9	31.7	31.2	31.6
11	21	19.9	19.3	27.6	28	31.6	31.1	31.6
12	20.8	19.8	19.3	27.7	28.1	31.5	31	31.5
13	20.7	19.7	19.2	27.6	28.1	31.5	30.9	31.4
14	20.8	20	19.6	27.9	28.3	31.4	30.9	31.3
15	20.6	19.9	19.6	27.9	28.3	31.3	30.7	31.1
16	80.7	81.4	79.5	28	28.4	20	19.1	17.9
17	80.9	81.5	79.5	28	28.3	20	19.3	17.9
18	80.9	81.4	79.5	28	28.5	19.9	19.3	18
19	80.9	81.4	79.5	28	28.3	20	19.3	17.9
20	81.1	81.5	79.6	27.9	28.3	19.9	19.3	18
21	81.2	81.5	79.6	27.9	28.3	20	19.3	18
22	81	81.5	79.6	27.8	28.3	20	19.3	17.9
23	80.8	81.5	79.6	42	25.7	19.9	19.3	18
24	80.8	81.5	79.6	42	25.7	20	19.3	18
25	80.7	81.5	79.6	42.1	25.7	20	19.4	18
26	80.8	81.5	79.7	42.1	25.7	20	19.5	18
27	80.8	81.5	79.6	42.1	25.7	19.9	19.7	18
28	80.6	81.5	79.6	42.1	25.7	19.9	19.7	18
29	80.6	81.5	79.6	42.2	25.7	19.9	19.8	18

30	80.5	81.5	79.6	42.2	25.7	20	19.7	18
31	80.6	81.5	79.6	42.3	25.7	20	19.7	18
32	80.6	81.5	79.6	42.3	25.7	19.9	19.7	18
33	80.7	81.8	80	42.3	25.8	19.5	19	17.8
34	80.5	82	80.3	42.4	25.8	19.6	19.2	17.6
35	80.5	81.6	79	42.4	25.8	26.7	19.7	17.7
36	80	81.5	79.3	42.4	25.8	26.1	20	17.7
37	80.7	81.8	79.6	42.4	25.7	25.2	19.8	17.8
38	80.4	81.8	79.7	42.4	25.7	24.6	19.4	17.6
39	80.4	81.9	79.8	42.5	25.7	24.2	19.2	17.5
40	80.9	82.2	79.9	44.9	25.7	23.8	19.2	17.4
41	81	82.4	80.2	45.3	26	23.5	19.4	17.5
42	80.9	82.3	80.3	51.6	36.8	23.3	20.1	17.6
43	81	82.5	80.4	48.4	35.1	22.9	19.4	17.7
44	79.4	82.5	80.5	46.9	34.4	22.7	19.2	17.5
45	81	82.4	80.5	45.9	33.8	22.3	19.4	17.5
46	80.8	82.6	80.7	45.3	33.3	22.1	19	17.5
47	80.9	83	81	44.8	32.9	21.1	19	17.6
48	80.8	82.9	80.9	44.5	32.6	21.2	19	17.6
49	80.8	82.9	81	44.2	32.3	21	18.8	17.6
50	81.1	83	81	43.9	32	21	18.8	17.6
51	81.3	83	81	43.6	31.9	21	19	17.6
52	80.8	82.9	81	43.4	31.5	20.9	19.3	17.6
53	80.5	82.9	81	43.3	31.5	20.8	19.5	17.7
54	80.4	83	81	42.9	30.9	20.8	19.8	17.8
55	80.5	82.9	81	42.8	30.9	20.7	19.6	17.7
56	80.8	83.1	81	42.8	30.8	20.7	19.5	17.6
57	80.7	83	81	42.7	30.8	20.7	19.5	17.6
58	80.7	83	81	42.8	30.8	20.7	19.7	17.7
59	80.7	81.8	80	42.8	30.7	21	19	17.6
60	80.5	82	80.3	42.7	30.7	20.9	19.3	17.6

ตาราง ก.20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่างๆเมื่อเทียบกับเวลา (รอบที่ 20)

Time (min)	Tb1	Tb2	Tb3	Tl1	Tl2	Te/c1	Te/c2	Te/c3
1	22.7	20.6	19	23.3	29	30.4	30.3	30.2
2	22.2	20.3	19.1	23.2	28.8	30.3	30.1	30
3	21.9	20.2	19.2	25	26	27.9	28.2	27.6
4	21.5	20	19.2	26.6	27.1	28.2	28.4	28.4
5	21.3	20	19.4	27	27.3	28.6	28.5	28.4
6	21	19.9	19.3	27.3	27.5	28.9	28.7	28.4
7	20.8	19.8	19.3	27.4	27.7	29	28.7	28.4
8	20.7	19.7	19.2	27.5	27.9	29.1	28.7	28.4
9	20.8	20	19.6	27.5	27.9	28.9	28.7	28.4
10	20.6	19.9	19.6	27.7	27.9	29.1	28.6	28.4
11	20.6	20	19.6	27.6	28	28.9	28.6	28.5
12	20.4	20	19.7	27.7	28.1	28.8	28.5	28.3
13	20.6	20.1	19.7	27.6	28.1	28.7	28.5	28.1
14	20.5	20.1	19.7	27.9	28.3	29	28.6	28.4
15	20.5	20	19.7	27.9	28.3	28.9	28.7	28.3
16	20.4	20	19.7	28	25.7	20	19.1	17.9
17	20.6	19.9	19.7	28	25.7	20	19.3	17.9
18	80.7	81.4	79.5	28	25.7	19.9	19.3	18
19	80.9	81.5	79.5	28	25.7	20	19.3	17.9
20	80.9	81.4	79.5	27.9	25.7	19.9	19.3	18
21	80.9	81.4	79.5	27.9	25.7	20	19.3	18
22	81.1	81.5	79.6	27.8	25.7	20	19.3	17.9
23	81.2	81.5	79.6	42	25.7	19.9	19.3	18
24	81	81.5	79.6	42	25.7	20	19.3	18
25	80.8	81.5	79.6	42.1	25.7	20	19.4	18
26	80.8	81.5	79.6	42.1	25.8	20	19.5	18
27	80.7	81.5	79.6	42.1	25.8	19.9	19.7	18
28	80.8	81.5	79.7	42.1	25.8	19.9	19.7	18
29	80.8	81.5	79.6	42.2	25.8	19.9	19.8	18

30	80.6	81.5	79.6	42.2	25.7	20	19.7	18
31	80.6	81.5	79.6	42.3	25.7	20	19.7	18
32	80.5	81.5	79.6	42.3	25.7	19.9	19.7	18
33	80.6	81.5	79.6	42.3	25.7	19.5	19	17.8
34	80.6	81.5	79.6	42.4	26	19.6	19.2	17.6
35	80.7	81.8	80	42.4	36.8	26.7	19.7	17.7
36	80.5	82	80.3	42.4	35.1	26.1	20	17.7
37	80.5	81.6	79	42.4	34.4	25.2	19.8	17.8
38	80	81.5	79.3	42.4	33.8	24.6	19.4	17.6
39	80.7	81.8	79.6	42.5	33.3	24.2	19.2	17.5
40	80.4	81.8	79.7	44.9	32.9	23.8	19.2	17.4
41	80.4	81.9	79.8	45.3	32.6	23.5	19.4	17.5
42	80.9	82.2	79.9	51.6	32.3	23.3	20.1	17.6
43	81	82.4	80.2	48.4	32	22.9	19.4	17.7
44	80.9	82.3	80.3	46.9	31.9	22.7	19.2	17.5
45	81	82.5	80.4	45.9	31.5	22.3	19.4	17.5
46	79.4	82.5	80.5	45.3	31.5	22.1	19	17.5
47	81	82.4	80.5	44.8	30.9	21.1	19	17.6
48	80.8	82.6	80.7	44.5	30.9	21.2	19	17.6
49	80.9	83	81	44.2	30.8	21	18.8	17.6
50	80.8	82.9	80.9	43.9	30.8	21	18.8	17.6
51	80.8	82.9	81	43.6	30.8	21	19	17.6
52	81.1	83	81	43.4	30.7	20.9	19.3	17.6
53	81.3	83	81	43.3	30.7	20.8	19.5	17.7
54	80.8	82.9	81	42.9	30.7	20.8	19.8	17.8
55	80.5	82.9	81	42.8	30.6	20.7	19.6	17.7
56	80.4	83	81	42.8	30.6	20.7	19.5	17.6
57	80.5	82.9	81	42.7	30.6	20.7	19.5	17.6
58	80.8	83.1	81	42.8	30.6	20.7	19.7	17.7
59	80.7	83	81	42.8	30.8	20.8	19.5	17.7
60	80.7	83	81	42.7	30.7	20.8	19.8	17.8

ภาคผนวก ข

Integrated table of thermal conductivity

ตาราง ข.1 แสดงค่าของเทอม $-E_i\left(\dfrac{-r^2}{4\alpha t}\right)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของสัดส่วนของอุณหภูมิที่เวลา 2t และ t ใดๆ

Table 2 — $-\mathrm{Ei}\left(\dfrac{-r^2}{4\alpha t}\right)$ as a function of $\dfrac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$

$\dfrac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,1	6,928 7	6,296 6	5,768 9	5,321 3	4,936 6	4,602 1	4,308 5	4,048 3	3,816 2	3,607 7
1,2	3,419 2	3,248 0	3,091 8	2,948 5	2,816 6	2,694 9	2,582 0	2,477 2	2,379 5	2,288 3
1,3	2,202 8	2,122 7	2,047 3	1,976 4	1,909 4	1,846 1	1,786 3	1,729 5	1,675 7	1,624 5
1,4	1,575 8	1,529 5	1,485 2	1,443 1	1,402 8	1,364 2	1,327 4	1,292 0	1,258 2	1,225 7
1,5	1,194 5	1,164 6	1,135 8	1,108 1	1,081 4	1,055 7	1,031 0	1,007 1	0,984 1	0,961 9
1,6	0,940 5	0,919 7	0,899 7	0,880 3	0,861 6	0,843 4	0,825 9	0,808 9	0,792 4	0,776 4
1,7	0,760 9	0,745 9	0,731 3	0,717 1	0,703 4	0,690 0	0,677 0	0,664 4	0,652 1	0,640 2
1,8	0,628 6	0,617 3	0,606 3	0,595 6	0,585 2	0,575 0	0,565 2	0,555 5	0,546 1	0,537 0
1,9	0,528 0	0,519 3	0,510 8	0,502 5	0,494 4	0,486 5	0,478 8	0,471 2	0,463 9	0,456 7
2,0	0,449 6	0,442 8	0,436 0	0,429 5	0,423 0	0,416 8	0,410 6	0,404 6	0,398 7	0,392 9
2,1	0,387 3	0,381 8	0,376 4	0,371 1	0,365 9	0,360 8	0,355 8	0,351 0	0,346 2	0,341 5
2,2	0,336 9	0,332 4	0,328 0	0,323 7	0,319 4	0,315 2	0,311 2	0,307 2	0,303 2	0,299 4
2,3	0,295 6	0,291 9	0,288 2	0,284 6	0,281 1	0,277 6	0,274 2	0,270 9	0,267 6	0,264 4
2,4	0,261 3	0,258 2	0,255 1	0,252 1	0,249 1	0,246 2	0,243 4	0,240 6	0,237 8	0,235 1
2,5	0,232 5	0,229 8	0,227 3	0,224 7	0,222 2	0,219 8	0,217 4	0,215 0	0,212 6	0,210 3
2,6	0,208 1	0,205 8	0,203 6	0,201 5	0,199 3	0,197 2	0,195 2	0,193 1	0,191 1	0,189 2
2,7	0,187 2	0,185 3	0,183 4	0,181 6	0,179 7	0,177 9	0,176 1	0,174 4	0,172 7	0,171 0
2,8	0,169 3	0,167 6	0,166 0	0,164 4	0,162 8	0,161 2	0,159 7	0,158 2	0,156 7	0,155 2
2,9	0,153 7	0,152 3	0,150 9	0,149 5	0,148 1	0,146 7	0,145 4	0,144 1	0,142 7	0,141 4
3,0	0,140 2	0,138 9	0,137 7	0,136 4	0,135 2	0,134 0	0,132 9	0,131 7	0,130 5	0,129 4
3,1	0,128 3	0,127 2	0,126 1	0,125 0	0,123 9	0,122 9	0,121 8	0,120 8	0,119 8	0,118 8
3,2	0,117 8	0,116 8	0,115 8	0,114 9	0,113 9	0,113 0	0,112 1	0,111 2	0,110 3	0,109 4
3,3	0,108 5	0,107 6	0,106 8	0,105 9	0,105 1	0,104 3	0,103 4	0,102 6	0,101 8	0,101 0
3,4	0,100 2	0,099 5	0,098 7	0,097 9	0,097 2	0,096 4	0,095 7	0,095 0	0,094 3	0,093 6
3,5	0,092 8	0,092 2	0,091 5	0,090 8	0,090 1	0,089 5	0,088 8	0,088 1	0,087 5	0,086 9
3,6	0,086 2	0,085 6	0,085 0	0,084 4	0,083 8	0,083 2	0,082 6	0,082 0	0,081 4	0,080 8
3,7	0,080 3	0,079 7	0,079 1	0,078 6	0,078 0	0,077 5	0,077 0	0,076 4	0,075 9	0,075 4
3,8	0,074 9	0,074 4	0,073 9	0,073 4	0,072 9	0,072 4	0,071 9	0,071 4	0,070 9	0,070 5
3,9	0,070 0	0,069 5	0,069 1	0,068 6	0,068 2	0,067 7	0,067 3	0,066 9	0,066 4	0,066 0
4,0	0,065 6	0,065 2	0,064 7	0,064 3	0,063 9	0,063 5	0,063 1	0,062 7	0,062 3	0,061 9
4,1	0,061 5	0,061 2	0,060 8	0,060 4	0,060 0	0,059 7	0,059 3	0,058 9	0,058 6	0,058 2
4,2	0,057 9	0,057 5	0,057 2	0,056 8	0,056 5	0,056 1	0,055 8	0,055 5	0,055 1	0,054 8
4,3	0,054 5	0,054 2	0,053 8	0,053 5	0,053 2	0,052 9	0,052 6	0,052 3	0,052 0	0,051 7
4,4	0,051 4	0,051 1	0,050 8	0,050 5	0,050 2	0,049 9	0,049 6	0,049 4	0,049 1	0,048 8
4,5	0,048 5	0,048 2	0,048 0	0,047 7	0,047 5	0,047 2	0,046 9	0,046 7	0,046 4	0,046 2
4,6	0,045 9	0,045 6	0,045 4	0,045 2	0,044 9	0,044 7	0,044 4	0,044 2	0,043 9	0,043 7
4,7	0,043 5	0,043 2	0,043 0	0,042 8	0,042 5	0,042 3	0,042 1	0,041 9	0,041 7	0,041 4
4,8	0,041 2	0,041 0	0,040 8	0,040 6	0,040 4	0,040 2	0,040 0	0,039 8	0,039 6	0,039 3
4,9	0,039 1	0,038 9	0,038 7	0,038 6	0,038 4	0,038 2	0,038 0	0,037 8	0,037 6	0,037 4
5,0	0,037 2	0,037 0	0,036 8	0,036 7	0,036 5	0,036 3	0,036 1	0,035 9	0,035 8	0,035 6
5,1	0,035 4	0,035 2	0,035 1	0,034 9	0,034 7	0,034 6	0,034 4	0,034 2	0,034 1	0,033 9
5,2	0,033 7	0,033 6	0,033 4	0,033 3	0,033 1	0,032 9	0,032 8	0,032 6	0,032 5	0,032 3
5,3	0,032 2	0,032 0	0,031 9	0,031 7	0,031 6	0,031 4	0,031 3	0,031 1	0,031 0	0,030 9
5,4	0,030 7	0,030 6	0,030 4	0,030 3	0,030 2	0,030 0	0,029 9	0,029 7	0,029 6	0,029 5
5,5	0,029 3	0,029 2	0,029 1	0,029 0	0,028 8	0,028 7	0,028 6	0,028 4	0,028 3	0,028 2
5,6	0,028 1	0,027 9	0,027 8	0,027 7	0,027 6	0,027 5	0,027 3	0,027 2	0,027 1	0,027 0
5,7	0,026 9	0,026 8	0,026 6	0,026 5	0,026 4	0,026 3	0,026 2	0,026 1	0,026 0	0,025 8
5,8	0,025 7	0,025 6	0,025 5	0,025 4	0,025 3	0,025 2	0,025 1	0,025 0	0,024 9	0,024 8
5,9	0,024 7	0,024 6	0,024 5	0,024 4	0,024 3	0,024 2	0,024 1	0,024 0	0,023 9	0,023 8
6,0	0,023 7									

NOTES

1) Table 2 has been made up of statements in the literature (see annex B, [1], [2] and [3]).

2) The expressions $\dfrac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$ and $-\mathrm{Ei}\left(\dfrac{-r^2}{4\,\alpha t}\right)$ are quoted in the literature as $\dfrac{-\mathrm{Ei}\left(-\frac{x}{2}\right)}{-\mathrm{Ei}(-x)}$ and $-\mathrm{Ei}\,(-x)$ respectively.

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ค. 1 การคำนวณภาระการทำความเย็น

การคำนวณหาความร้อนทั้งหมดที่ต้องดึงออก เพื่อจะลดอุณหภูมิภายในเครื่องทำระเหยให้ลดลงที่ 2-3 °C ภายในเวลา 45 นาที

อัตราความร้อนที่ต้องดึงออก คำนวณหาได้จาก

$$Q_{cooling} = m_{met} L_{met}$$

โดยที่ $Q_{cooling}$ คือ อัตราความร้อนที่ต้องดึงออกเพื่อทำความเย็น (kJ)

m_{met} คือ มวลของเมทานอล (kg)

L_{met} คือ ความร้อนแฝงกลายเป็นไอของเมทานอลมีค่า 1,125 kJ/kg

กรณีที่เกิดการสูญเสียเมทานอล 0.1 cm จะมีมวลสารเท่ากับ

คำนวณหา $m_{met} = v\rho_{met}\,\mathrm{m_{met}}$

$$= \left(h\pi r^2\right)\rho_{met}$$

$$= \left(0.1 \times \frac{22}{7} \times 1.9^2\right)0.7198$$

$$= 0.82 \text{ g}$$

$$= 0.00082 \text{ kg}$$

โดยที่ ρ_{met} = ความหนาแน่นของเมทานอล (g/ml)

ดังนั้นภาระการทำความเย็น มีค่า

$$Q_{cooling} = m_{met} L_{met}$$

$$= 0.00082 \times 1{,}125$$

$$= 0.92 \text{ kJ}$$

ค. 2 พลังงานที่ให้แก่เครื่องดูดซับ

พลังงานที่จ่ายให้แก่เครื่องดูดซับที่ใช้ในกระบวนการผลิตสารทำความเย็น(Desorption) ทำให้เมทานอลแยกตัวออกจากถ่านกัมมันต์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

1. ความร้อนที่ให้ถ่านกัมมันต์ ที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_3

$$Q_1 = m_{ac} c_{p,ac} (T_3 - T_1)$$

$$= (0.123)(700)(80\text{-}20) = 5166 \text{ J}$$

2. ความร้อนที่ทำให้เมทานอลมีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2

$$Q_2 = m_{ac} c_V X_{\max} (T_2 - T_1)$$

$$= (0.12)(2{,}490)(0.23)(70\text{-}20) = 3436.20 \text{ J}$$

3. ความร้อนที่ทำให้เมทานอลมีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_2 เป็น T_3

$$Q_3 = \frac{1}{2} m_{ac} c_V (X_{\max} + X_{\min})(T_3 - T_2)$$

$$= \frac{1}{2}(0.12)(2{,}700)(0.233 + 0.075)(80\text{-}70) = 498.96 \text{ J}$$

4. ความร้อนที่ใช้แยกเมทานอลจากถ่านกัมมันต์

$$Q_4 = \frac{1}{2}\left(\frac{Rm_{ac}}{MW_{met}}\right)(X_{\max} - X_{\min})\left[\frac{T_1 T_2}{(T_2 - T_1)} + \frac{T_3 T_4}{(T_3 - T_4)}\right]\ln\frac{P_2}{P_1}$$

$$= \frac{1}{2}\frac{(8{,}314 \times 0.123)}{32.04}(0.23 - 0.06)\left[\frac{293 \times 303}{303 - 293} + \frac{313 \times 303}{(313 - 303)}\right] In\frac{0.30}{0.06} = 61.12\text{J}$$

5. พลังงานที่ป้อนให้หัวจ่ายคลื่นอุลตร้าโซนิค

$$Q_5 = (W_{elec} \times t) \times 0.6$$

$$= 140 \times 600 \times 0.6 = 50{,}400 \text{ J}$$

พลังงานความร้อนทั้งหมดที่เครื่องดูดซับต้องใช้ในกระบวนการคายสารถูกดูดซับเมื่อไม่คิดค่าความร้อนสูญเสีย คือ

$$Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$= 5166 + 3436.2 + 498.96 + 61.12 + 50400 \text{ J} = 59.562 \text{ kJ}$$

ภาคผนวก ง

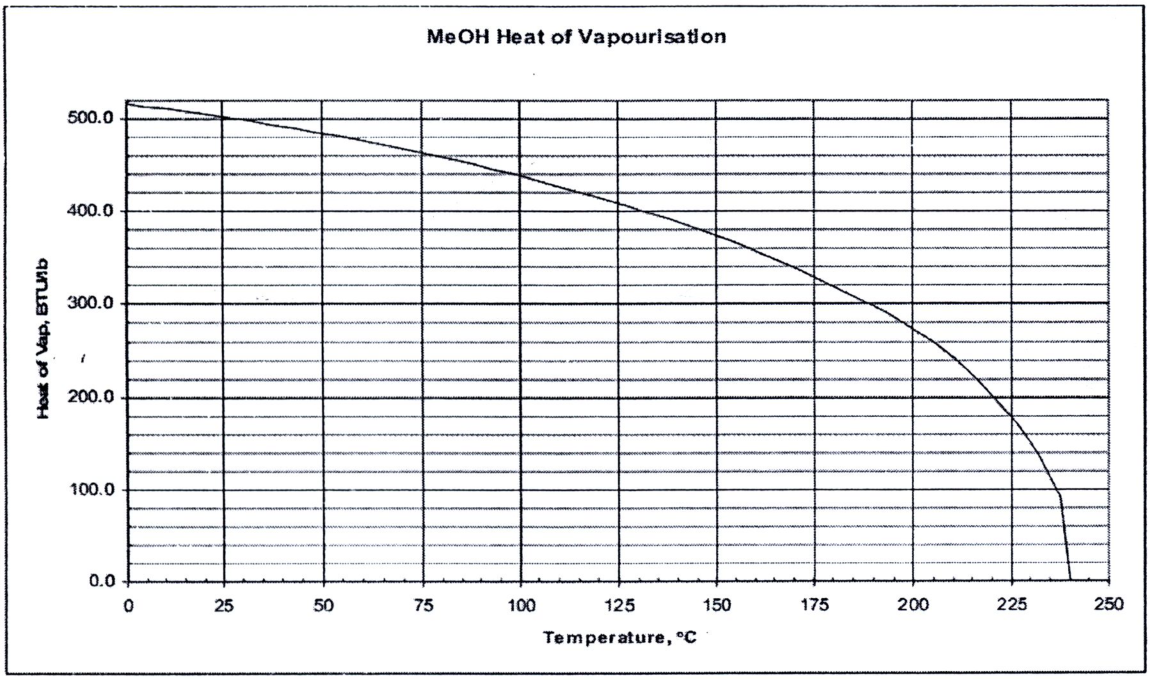
ตารางคุณสมบัติทางกายภาพของเมทานอล

ตาราง ง-1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมทานอล (Physical Properties of pure methanol)

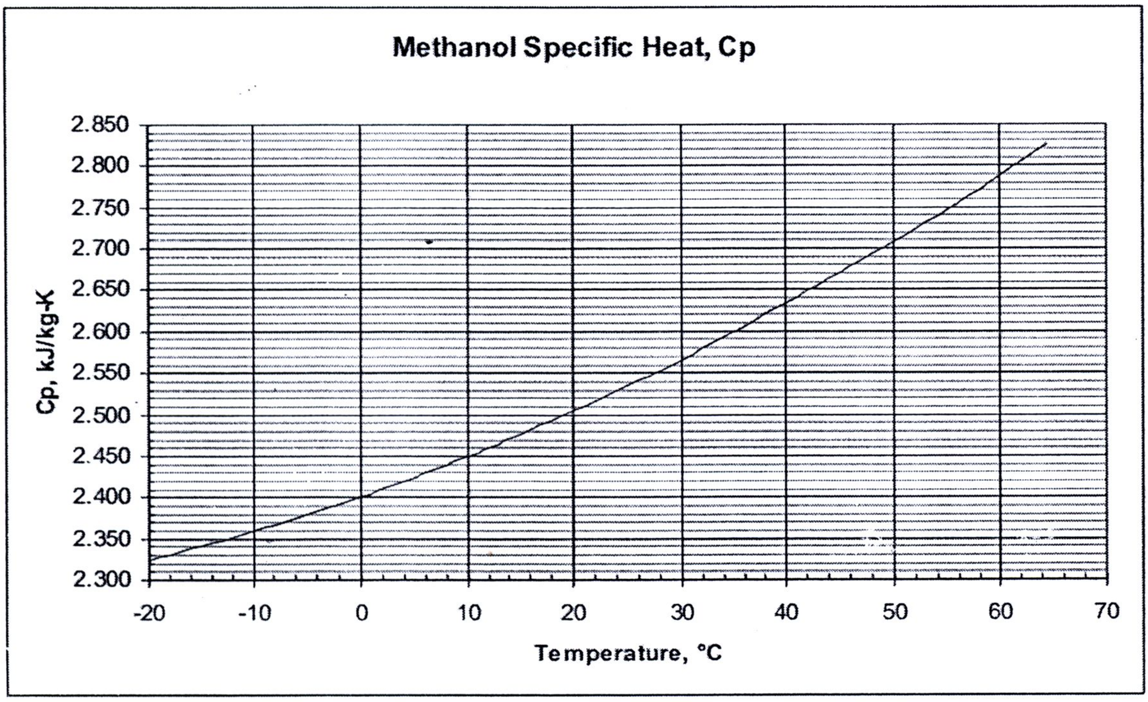
Molecular Weight	32.04 g mol^{-1} [5]
Critical Temperature	512.5K [1] (239°C; 463°F)
Critical Pressure	8.084MPa [5] (78.5 atm)
Critical Density	0.2715 g cm^{-3} [1]
Critical Compressibility Factor	0.224 [1]
Specific Gravity	
Liquid	
(15°/4°C)	0.7960 [3]
(20°/4°C)	0.7915 [3]
(25°/4°C)	0.7866 [3]
Vapour	1.11 [3]
Vapour Pressure	
20°C (68°F)	12.8 kPa [4] (1.856 psia) (96 mm Hg)
25°C (77°F)	16.96 kPa [4] (2.459 psia) (127.2 mm Hg)
Latent Heat of Vapourization	
25°C (77°F)	37.43 kJ mol^{-1} [5] (279.0 cal g^{-1})
64.6°C (148.3°F)	35.21 kJ mol^{-1} [5] (262.5 cal g^{-1})
Heat Capacity at Constant Pressure 25°C (77°F) (101.3kPa)	
Liquid	81.08 J mol^{-1} K^{-1} [1] (0.604 cal g^{-1} K^{-1}) (0.604 Btu lb^{-1} $°F^{-1}$)
Vapour	44.06 J mol^{-1} K^{-1} [1] (0.328 cal g^{-1} K^{-1}) (0.328 Btu lb^{-1} $°F^{-1}$)
Coefficient of Cubic Thermal Expansion	
20°C	0.00149 per °C [5]
40°C	0.00159 per °C [5]

Boiling Point	
760 mm Hg (101.3 kPa)	64.6°C [5] (148.3°F)
Freezing Point	-97.6°C [5] (-143.7°F)
Reid Vapour Pressure	32 kPa [1]
Flash Point	
Open vessel (TCC method)	12.2°C (54.0°F) [10]
Closed vessel (TOC method)	15.6°C (60.1°F) [1]
Auto Ignition Temperature	470°C (878°F) [10]
Viscosity	
Liquid	
-25°C (-13°F)	1.258 mPa s [5]
0°C (32°F)	0.793 mPa s [5]
25°C (77°F)	0.544 mPa s [5]
Vapour	
25°C (77°F)	9.68 μPa s [1]
127°C (261°F)	13.2 μPa s [5]
Surface Tension	
20°C (68°F)	22.6 mN m^{-1} [2]
25°C (77°F)	22.07 mN m^{-1} [5]
Refractive Index	
15°C (59°F)	1.33066 [3]
20°C (68°F)	1.32840 [10]
25°C (77°F)	1.32652 [1]
Thermal Conductivity	
Liquid	
0°C (32°F)	207 mW m^{-1} K^{-1} [5]
25°C (77°F)	200. mW m^{-1} K^{-1} [5]
Vapour	
100°C (212°F)	14.07 mW m^{-1} K^{-1} [5]
127°C (261°F)	26.2 mW m^{-1} K^{-1} [5]
Heat of Combustion	
Higher heating value (HHV) (25°C, 101.325kPa)	726.1 kJ mol^{-1} [5] (22.7 kJ g^{-1})
Lower heating value (LHV) (25°C, 101.325kPa)	638.1 kJ mol^{-1} [calc] (19.9 kJ g^{-1})
Explosive Limits (in air)	Lower 6.0(v/v)% [3] Upper 36.5(v/v)% [3]

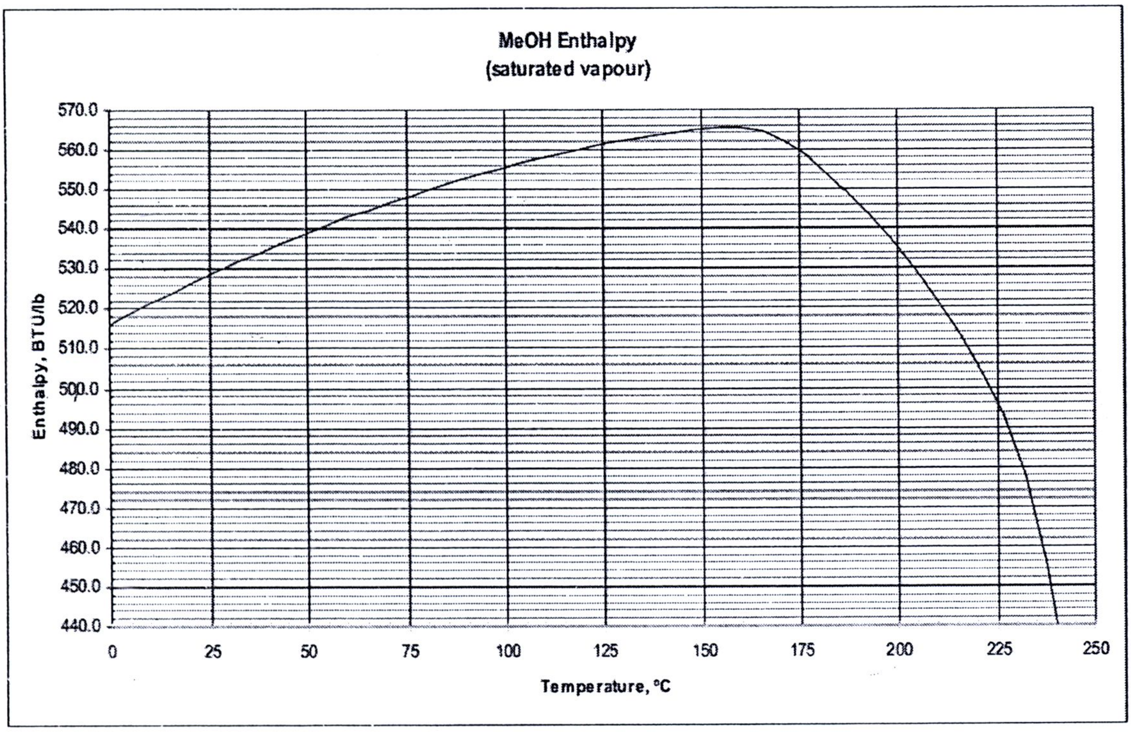
http://www.methanex.com/products/technical.html



รูปที่ ง.1 ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของเมทานอล



รูปที่ ง.2 ค่าความจุความร้อนจำเพาะของเมทานอล



รูปที่ ง.3 เอนทาลปีของไอเมทานอลอิ่มตัว

ภาคผนวก จ

ตารางคุณสมบัติทางกายภาพของสารเติมแต่ง

ตาราง จ-1 คุณสมบัติทางกายภาพของทองแดง (Physical Properties of Copper)

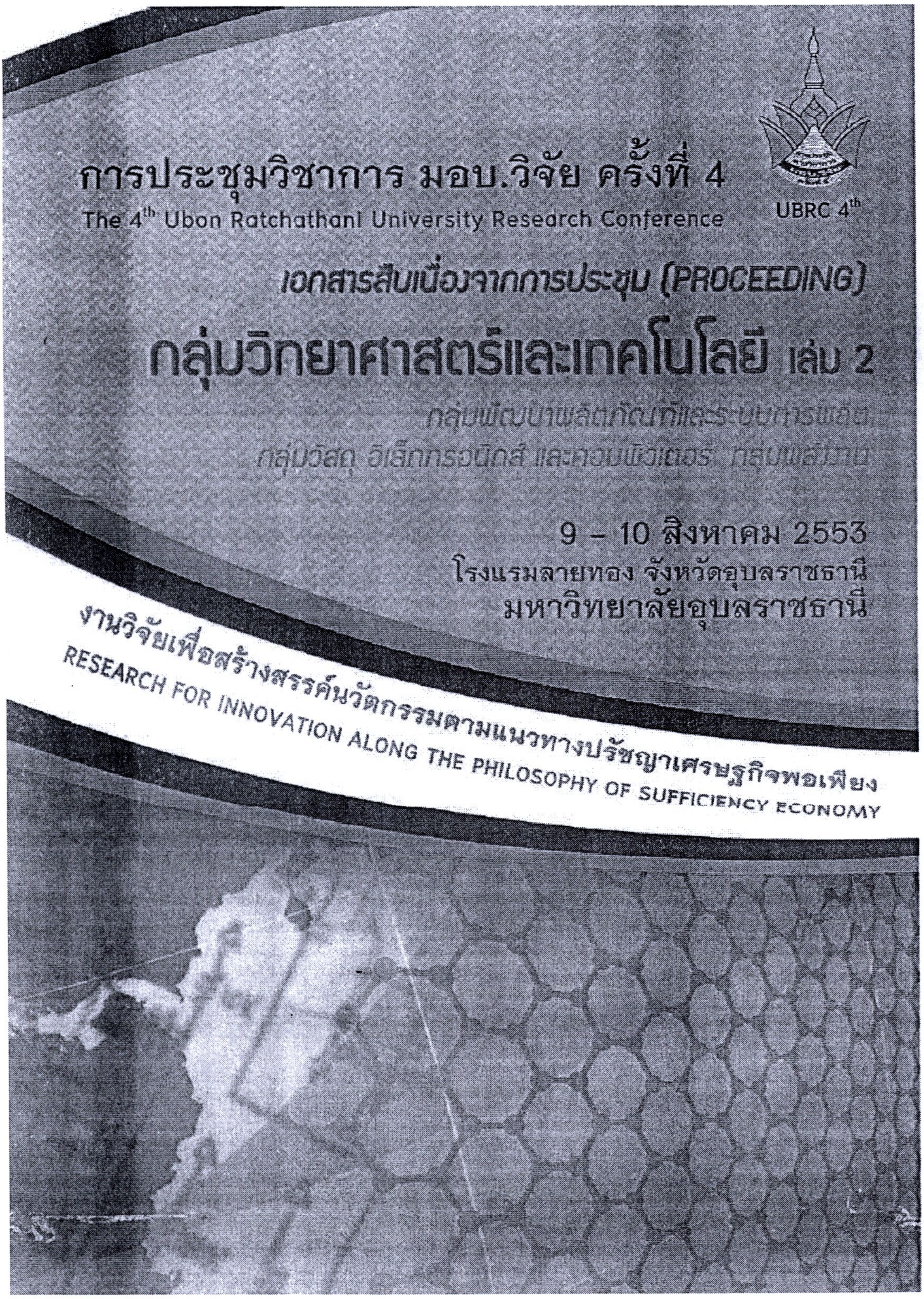
Molecular formula	$CuSO_4$
Molar mass	159.61 g/mol (anhydrous) 249.68 g/mol (pentahydrate)
Appearance	blue crystalline solid (pentahydrate) gray-white powder (anhydrous)
Density	3.603 g/cm^3 (anhydrous) 2.284 g/cm^3 (pentahydrate)
Melting point	110 °C (−$4H_2O$) 150 °C (423 K) (−$5H_2O$) < 650 °C *decomp.*
Solubility in water	*pentahydrate* 316 g/L (0 °C) 2033 g/L (100 °C)
	form unspecified 320 g/L (20°C) 618 g/L (60°C) 1140 g/L (100 °C)
Solubility	*anhydrous* insoluble in ethanol
	pentahydrate soluble in methanol 10.4 g/L (18 °C) insoluble in ethanol
Refractive index (n_D)	1.514 (pentahydrate)

ตาราง จ-2 คุณสมบัติทางกายภาพของอลูมิเนียม (Physical Properties of Aluminium)

Phase	solid
Density (near r.t.)	2.70 g·cm^{-3}
Liquid density at m.p.	2.375 g·cm^{-3}
Melting point	933.47 K , 660.32 °C , 1220.58 °F
Boiling point	2792 K2519 °C , 4566 °F
Heat of fusion	10.71 kJ·mol^{-1}
Heat of vaporization	294.0 kJ·mol^{-1}
Specific heat capacity	(25 °C) 24.200 J·mol

ภาคผนวก ฉ

ผลงานวิชาการที่ได้เผยแพร่


การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 4
The 4th Ubon Ratchathani University Research Conference
UBRC 4th
เอกสารสืบเนื่องจากการประชุม (PROCEEDING)
กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2
กลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์และระบบการผลิต
กลุ่มวัสดุ อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ กลุ่มพลังงาน
9 – 10 สิงหาคม 2553
โรงแรมลายทอง จังหวัดอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
งานวิจัยเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
RESEARCH FOR INNOVATION ALONG THE PHILOSOPHY OF SUFFICIENCY ECONOMY

การปรับปรุงคุณสมบัติด้านความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์

Improvement of Heat Transfer Property of Activated Carbon Adsorbent Bed

นฤมล จินะกาศ* และ วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์[1]

*สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*E-mail: kai_lp@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบทำความเย็นแบบดูดซับที่ใช้คู่สารทำงานจากถ่านกัมมันต์และเมทานอลได้รับการวิจัยและพัฒนา ซึ่งหัวใจของระบบคือเครื่องดูดซับที่บรรจุตัวดูดซับ การปรับปรุงสมรรถนะการถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่และระบายออกจากเครื่องดูดซับนำไปสู่สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่ดีขึ้น สิ่งที่เน้นวิจัยคือการปรับปรุงคุณสมบัติการนำความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ชนิด CGC-11A สารเติมแต่งที่ใช้ในการเพิ่มค่าการนำความร้อน ได้แก่ ผงทองแดงและอลูมิเนียม ในสัดส่วนร้อยละเทียบกับน้ำหนักของถ่านกัมมันต์บริสุทธิ์เป็น 2.5, 7.5, 12.5, 17.5 และ 22.5 พบว่าค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ผสมผงโลหะทองแดงเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนที่เติม คือ 0.89, 0.95, 1.27, 1.62 และ 1.90 W/(m.K) ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดของผงทองแดงอยู่ระหว่างร้อยละ 17.5 - 22.5 ในขณะที่ค่าการนำความร้อนที่เหมาะสมของตัวดูดซับที่ผสมผงอลูมิเนียมอยู่ระหว่าง 1.06 - 1.10 W/(m.K) อันเป็นค่าการนำความร้อนดีที่สุดที่ได้จากอัตราส่วนผสมอลูมิเนียมในช่วงร้อยละ 12.5 - 17.5

คำสำคัญ : ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ คู่สารทำงาน ตัวดูดซับ ค่าการนำความร้อน

Abstract

An adsorption cooling system using activated carbon (AC)-methanol pair has been researched and developed. A key component of the system is an adsorber containing adsorbent bed. The improvement of heat transfer performance into- and released from- the adsorber has led to better coefficient of performance for cooling. The focused topic is an upgrading of thermal conductivity of AC adsorbent bed type CGC-11A. The additives used to increase the thermal conductivity were copper and aluminum powders, mixed to pure AC with weight proportion about 2.5, 7.5, 12.5, 17.5 and 22.5%. It was found that the adsorbent bed's thermal conductivity in case using copper increases with the mixing proportion about 0.89, 0.95, 1.27, 1.62 and 1.90 W/(m.K), respectively. The optimum copper proportion was ranged from 17.5 - 22.5%. Whilst such appropriated thermal conductivity of adsorbent bed having aluminum power was ranged between 1.06 – 1.10 W/(m.K). It was the best thermal conductivity resulted from the aluminium mixing ratio about 12.5 – 17.5%.

Keywords : Adsorption refrigeration, Working pair , Adsorbent , Thermal conductivity

บทนำ

ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยตลอด จึงมีการใช้ระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในภาคพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมมีการใช้ระบบทำความเย็นใน

กระบวนการผลิต การเก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร และการปรับอากาศมากที่สุด ซึ่งมักจะเป็นระบบชนิดอัดไอที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และสารทำความเย็นของระบบนี้ส่งผลต่อการทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศด้วย เป็นที่มาของการพัฒนาระบบทำความเย็นแบบดูดซับซึ่งเริ่มมีการจัดจำหน่ายระบบดูดซับเพื่อการทำความเย็น (Adsorption cooling system) ในเชิงพาณิชย์แล้ว [1]

ระบบความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption cooling) ต้องการแหล่งความร้อนระดับอุณหภูมิปานกลาง (80° - 100 °C) จึงใช้แหล่งความร้อนคุณภาพต่ำได้ อาทิ พลังงานรังสีอาทิตย์ พลังงานจากชีวมวล การเผาไหม้ก๊าซชีวภาพ ความร้อนทิ้งเปล่าจากอุตสาหกรรม แต่การที่หนึ่งในคู่สารทำงานหรือตัวดูดซับมีสถานะเป็นของแข็ง และมักขึ้นรูปจากผงของสารดูดซับที่เป็นสารอินทรีย์หรืออโลหะ ทำให้ค่าการนำความร้อนต่ำ อัตราการรับความร้อนจากแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงนักจึงไม่ดี [2-3]

งานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งค้นคว้าพบสรุปว่าการนำผงทองแดงมาผสมกับตัวดูดซับจะช่วยเพิ่มค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ได้ [4] งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มค่าการนำความร้อนแท่นตัวดูดซับ (Adsorbent bed) จากถ่านกัมมันต์ให้สูงขึ้น โดยการผสมกับสารเติมแต่งจากผงโลหะ 2 ชนิด ได้แก่ ผงทองแดงและผงอลูมิเนียม ที่อัตราส่วนการผสมโดยมวลแตกต่างกัน

ระเบียบวิธีวิจัย

ตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ได้ถูกผสมกับสารเติมแต่งโลหะ 2 ชนิด ได้แก่ ผงทองแดงและผงอลูมิเนียม โดยแปรผันอัตราส่วนโดยมวลต่อมวลของถ่านกัมมันต์บริสุทธิ์เป็นร้อยละ 2.5, 7.5, 12.5, 17.5 และ 22.5 อย่างไรก็ดี เพื่อให้ผงถ่านกัมมันต์ขึ้นรูปได้ จึงต้องผสมโพลีไวนิลอะซีเตท (Polyvinylacetate, PVA) ในอัตราส่วนโดยมวล 2.5% เป็นตัวประสาน ส่วนผสมทั้งหมดถูกอัดลงในแท่นทดสอบ

การวัดค่าการนำความร้อนใช้วิธีขดลวดร้อน หรือ Hot wire method ตามมาตรฐาน ISO 8894-2 [5] ที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการเพิ่มขึ้นหากได้รับพลังงานไฟฟ้าคงที่ซึ่งไหลผ่านวัตถุเนื้อเดียวกัน การวัดและคำนวณค่าการนำความร้อนทำโดยการวัดอุณหภูมิ, กระแสไฟฟ้า, และความต่างศักย์ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดได้เพื่อหาค่าการนำความร้อนต่อไป

รูปที่ 1 แสดงภาพของตัวดูดซับที่ถูกขึ้นรูปเป็นทรงเหลี่ยมขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 100 mm x 200 mm x 50 mm มีการติดตั้งลวดความร้อนและสายสัญญาณเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่แนวกึ่งกลางของสารผสมตัวดูดซับที่ความสูง 25 มิลลิเมตรจากพื้นด้านล่าง สายสัญญาณเทอร์โมคัปเปิลอยู่กึ่งกลางของด้านความยาวของภาชนะที่ระยะ 100 มิลลิเมตร และห่างจากลวดความร้อน 15 มิลลิเมตร ทางด้านบนลวดทั้งสองคือสารผสมตัวดูดซับที่ถูกอัดขึ้นรูปจนถึงขอบบนสุดของภาชนะทดสอบ สารผสมที่ขึ้นรูปแล้วถูกนำไปอบเพื่อไล่สารละลาย

$$\lambda = \left(\frac{V.I}{4\pi l}\right)\left(\frac{-E\left(\frac{-r^2}{4\alpha t}\right)}{\Delta\theta(t)}\right) \qquad (1)$$

λ คือ ค่าการนำความร้อน (W/m-k)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

V คือ ความต่างศักย์ (V)

l คือ ความยาวของลวดความร้อน (m)

$\Delta\theta(t)$ คือ ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดที่ทำการวัดและจุดอ้างอิง ที่เวลาต่าง ๆ (K)

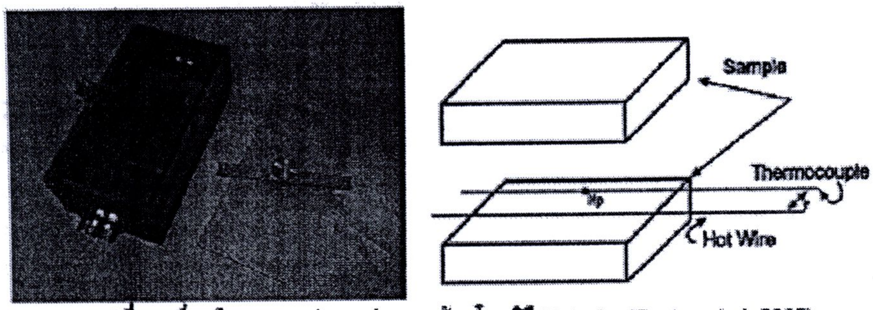
t คือ คาบเวลาในช่วงการจ่ายและหยุดกระแสไฟฟ้าให้แก่ลวดความร้อน (s)

r คือ ระยะห่างระหว่างลวดความร้อนและเทอร์โมคัปเปิล (m)

α คือ ค่าการกระจายของอุณหภูมิ (m^2/s)

จากข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิ้ลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา นำมาคำนวณผลต่างอุณหภูมิกำลังหนึ่งและกำลังสอง $(\Delta\theta(2t))/(\Delta\theta(t))$ จากนั้นไปปรับค่ากับตารางมาตรฐานจากมาตรฐาน ISO 8894-2 แบบขนาน (Parallel) แล้วนำค่าที่ถูกปรับให้ถูกต้องแล้วไปคำนวณค่า λ พบว่าอยู่ในช่วง 1.5 2.4 และนำไปคำนวณค่า $-E(-r^2/4\alpha t)$

ขั้นตอนเตรียมแท่นสารดูดซับเพื่อทดสอบการนำค่าการนำความร้อน เริ่มจากการชั่งสารดูดซับถ่านกัมมันต์ ปริมาณ 700 กรัม ผสมสารเติมแต่งผงโลหะตามปริมาณร้อยละที่ประมาณไว้ ได้แก่ 2.5, 7.5, 12.5, 17.5, 22.5 % (หนึ่งอัตราส่วนเป็นร้อยละโดยมวลสำหรับหนึ่งการทดสอบ) เติมสารผสาน *PVA* ในอัตราส่วนร้อยละ *2.5* เพื่อช่วยการขึ้นรูป [6] อัดขึ้นรูปเป็นทรงเหลี่ยมตัวบขนาด กว้าง x ยาว x สูง (10 cm x 20 cm x 5 cm) จากนั้นนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 100 °C เพื่อไล่ความชื้นและก๊าซที่ถูกดูดซับอยู่ภายในแท่นสารดูดซับนี้ จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่ติดตั้งในเนื้อของตัวดูดซับเป็นระยะเวลา 15 นาที โดยบันทึกค่าอุณหภูมิ, ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าทุกๆ 1 นาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลดังวิธีการที่กล่าวไว้ข้างต้น



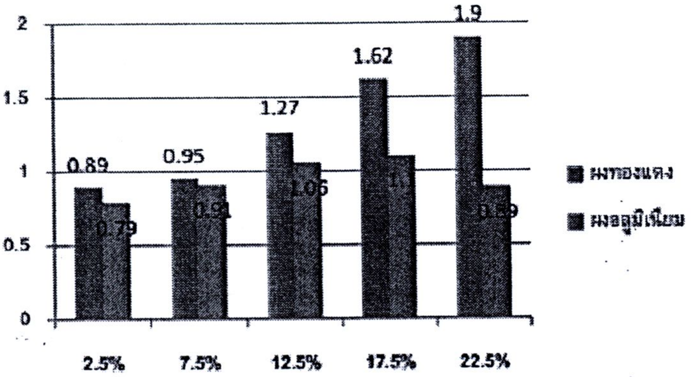
รูปที่ 1 เครื่องมือทดสอบค่าการนำความร้อนโดยวิธี Hot-wire (Santos et al. 2005)

ผลการทดสอบและวิจารณ์

ผลวิเคราะห์จากการทดสอบค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ที่ถูกขึ้นรูปโดยผสมกับสารเติมแต่งโลหะทองแดงหรืออลูมิเนียม ได้นำเสนอในรูปกราฟแท่งที่ 3-5 โดยเปรียบเทียบกับกรณีถ่านกัมมันต์บริสุทธิ์ (AC), ถ่านกัมมันต์ที่ผสม PVA อย่างเดียว (PVA) กับเมื่อผสมกับผงทองแดงที่อัตราส่วนต่างกัน (Cu x.x%) หรือผสมกับผงอลูมิเนียมที่อัตราส่วนต่างกัน (Al x.x%)

รูปที่ 2 แสดงว่าสัดส่วนผสมผงทองแดงที่มากขึ้นทำให้ค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขณะที่ค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับที่ผสมผงอลูมิเนียมสูงขึ้นเช่นกัน แต่เพิ่มขึ้นในช่วงสัดส่วน 2.5% - 17.5% เท่านั้น หากเพิ่มสัดส่วนผสมอลูมิเนียมเกินกว่า Al 22.5% แล้วค่าไม่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อผสมผงทองแดงหรือผงอลูมิเนียม เห็นชัดเจนว่าตัวดูดซับที่ผสมผงทองแดงมีค่าการนำความร้อนสูงกว่าผงอลูมิเนียม เหตุผลประการแรกผงโลหะอลูมิเนียมมีความหนาแน่นต่ำกว่าผงทองแดงถึง 3 เท่า หรือปริมาตรจำเพาะสูงกว่า 3 เท่า ดังนั้นสำหรับมวลที่ผสมเท่ากันจะใช้ปริมาตรผงอลูมิเนียมสูงกว่า 3 เท่า อนุภาคผงอลูมิเนียมจึงเข้าในใช้พื้นที่ภายในตัวดูดซับมากกว่าจนอาจกระจายไม่สม่ำเสมอในเนื้อตัวดูดซับบางส่วน การนำความร้อนจึงด้อยลง เหตุผลอีกประการคือค่าการนำความร้อนของอลูมิเนียมที่ต่ำกว่าจึงเพิ่มการนำความร้อนของตัวดูดซับได้น้อยกว่า โดยค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นสัมพัทธ์ของการนำความร้อนสำหรับสัดส่วนผสมผงโลหะที่เพิ่มขึ้นในกรณีของทองแดงยังสูงกว่าอย่างชัดเจนถึงสองเท่าโดยเฉลี่ยอีกด้วย



รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของถ่านกัมมันต์ที่ผสมสารเติมแต่งโลหะที่ปริมาณโดยน้ำหนักเท่ากัน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์และค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นสัมพัทธ์ (% Relative difference)

% Mixed additives	Copper (Cu)	Aluminium (Al)	%Relative difference (Cu)	%Relative difference (Al)
AC	0.66	0.66		
PVA	0.76	0.76	15.2	15.2
2.5%	0.89	0.79	17.1	3.9
7.5%	0.95	0.91	6.7	15.2
12.5%	1.27	1.06	33.7	16.5
17.5%	1.62	1.10	27.6	3.8
22.5%	1.90	0.89	17.3	-19.1

สรุปผลการวิจัย

การปรับปรุงการถ่ายโอนความร้อนของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะถูกประจุในเครื่องดูดซับของระบบดูดซับเพื่อการทำความเย็น ที่ใช้คู่สารถ่านกัมมันต์และเมทานอล โดยการผสมกับสารเติมแต่งจากผงโลหะทองแดงและอลูมิเนียมเพื่อเพิ่มค่าการนำความร้อน และทดสอบโดยกรรมวิธีลดความร้อน (Hot wire method) ตามมาตรฐาน ISO 8894-2 พบว่า ค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ผสมผงโลหะทองแดงสูงขึ้นตามสัดส่วนที่เติม โดยเพิ่มจาก 0.76 W/m.K เป็น 1.90 W/m.K เมื่อผสม 22.5% และผลของผงโลหะอลูมิเนียมเป็นในทำนองเดียวกัน คือเพิ่มเป็น 1.10 W/m.K ยกเว้นที่อัตราส่วนผสม 22.5% ค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับลดลง นอกจากนี้ร้อยละการเพิ่มขึ้นสัมพัทธ์ของค่าการนำความร้อนในกรณีผสมทองแดงสูงกว่ากรณีผสมอลูมิเนียมโดยเฉลี่ยเกือบสองเท่า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนจากหน่วยวิจัยทางอุณหพลศาสตร์ และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน (สนพ.)

เอกสารอ้างอิง

[1] **เครื่องทำความเย็นที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์** (ออนไลน์), แหล่งที่มา :http://www.sortech.de/content/documents/Cold_from_Heat_with_adsorption _chillers_0509.PDF

[2] Danh Nguyen-Thanh and Teresa J. Bandosz (2005) "**Activated carbon with metal containing bentonite binders as adsorbents of hydrogen sulfide**" Carbon 43, pp.359-367

[3] S.G. Wang, R.Z. Wang and X.R. Li (2005) "**Research and development of consolidated adsorbent for adsorption systems**" Renewable Energy 30, pp.1425-1441

[4] ยิ่งลักษณ์ ภูมิสง่า (2550) "**การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบดูดซับที่ใช้ร่วมกับท่อความร้อน**" วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[5] International Standard ISO 8894-2 "**Determination of thermal conductivity**" part 2: Hot-wire method (parallel)

[6] Krit Toonkat, Wipawadee Wongsuwan and Tanongkiat Kiatsiriroat (2009) "**The Effect of chemical additives on the performance of activated carbon adsorbent bed**" Pure and Applied Chemistry International Conference: 214-217

[7] สุรศักดิ์ กุยมาลี (2547) "**การหาค่าการนำความร้อนและสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมของวัสดุผสมและพอลิเอทิลีนและผงแกรไฟต์**" วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[8] G.Cacciola, G.Restuccia and L.Merdante (1995) "**Composites of Activated Carbon for Refrigeration Adsorption Machines**" Carbon Vol. 33, No.9, pp.1205-1210

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวนฤมล จินะกาศ

วัน เดือน ปี เกิด 29 มีนาคม 2529

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
โรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ ลำพูน ปีการศึกษา 2546
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2550