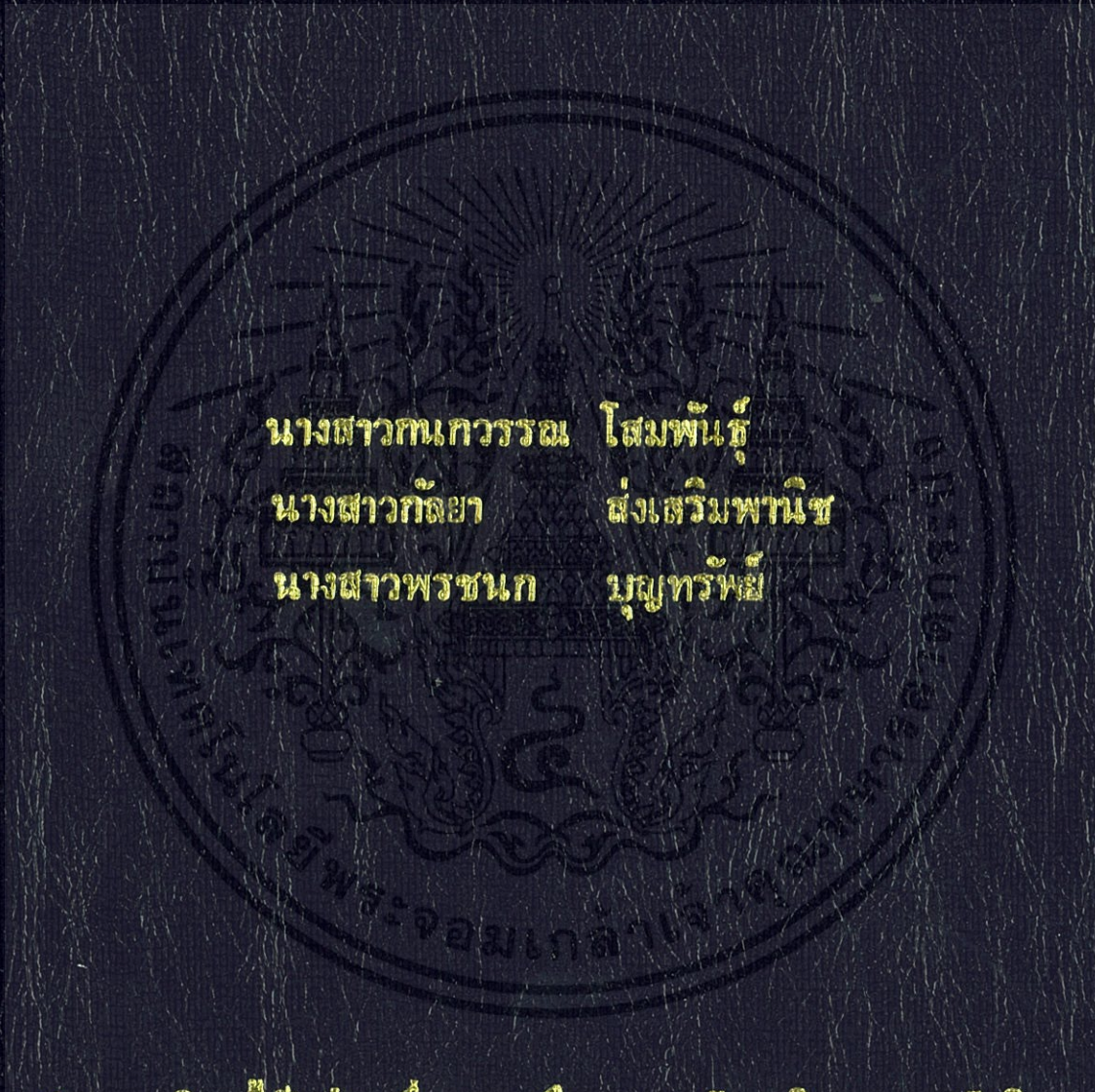


การศึกษาจันดาวเทียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์  
A STUDY SATELLITE APPLIED FOR SOLAR CONCENTRATION



นางสาวกนกวรรณ ไสมพันธ์  
นางสาวกัญญา ช่างเสริมพานิช  
นางสาวพรชนก บุญทรัพย์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา ๒๕๕๐

การศึกษาจันดาวเทียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์  
A STUDY SATELLITE APPLIED FOR SOLAR CONCENTRATION



นางสาวกนกวรรณ โสมพันธ์  
นางสาวกัลยา ส่งเสริมพานิช  
นางสาวพรชนก บุญทรัพย์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2556

**A STUDY SATELLITE APPLIED FOR SOLAR CONCENTRATION**



**MISS KANOKWAN**

**SOMPAN**

**MISS KANRAYA**

**SONGSERMPANICH**

**MISS PORNCHANOK**

**BOONSUB**

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT**

**OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE**

**IN APPLTED PHYSICS**

**FACULTY OF SCIENCE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีให้คดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

**ACADEMIC YEAR 2013**




หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาจันดาวเทียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์  
 A STUDY SATELLITE APPLIED FOR SOLAR CONCENTRATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวกนกวรรณ โสมนันท์  
 นางสาวกัลยา ส่งเสริมพานิช  
 นางสาวพรชนก บุญทรัพย์

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต  
 สาขาวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์  
 ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
ดร.ณัฐพร พรหมรส	
ดร.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี	ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี
รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของคณะวิทยาศาสตร์  
 ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษานานดาวเทียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกวรรณ โสมพันธุ์
	นางสาวกัลยา ส่งเสริมพานิช
	นางสาวพรชนก บุญทรัพย์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะกุ่ม

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาและสร้างจานดาวเทียมเพื่อการรวมแสงอาทิตย์ ซึ่งระบบรวมแสงอาทิตย์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 ตัวรับแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 2 ตัวรับความร้อน ส่วนที่ 3 ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์ ซึ่งระบบรวมแสงอาทิตย์จะทำงานโดยตัวรับแสงอาทิตย์จะทำการรับแสงอาทิตย์โดยมีระบบหมุนตามดวงอาทิตย์ทำหน้าที่หมุนตามมุมของดวงอาทิตย์และสะท้อนความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับความร้อนเพื่อรวมความร้อน ซึ่งในการทดสอบระบบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การทดสอบระยะความยาวโฟกัสด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน และการทดสอบการทำงานของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ ผลการทดสอบพบว่า จุด โฟกัสที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ตัวรับความร้อนรับความร้อนได้ดีคือที่ระยะ 47 เซนติเมตร ให้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 41.6 องศาเซลเซียสและการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวรับความร้อนมีการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุด ส่วนการทดสอบการทำงานของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้บนอุปกรณ์ดูดซับความร้อนมีค่าเท่ากับ 219.9 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.45 น. ในวันที่ 25 มกราคม 2557 ซึ่งจากการสร้างจานดาวเทียมเพื่อรวมแสงอาทิตย์ อุณหภูมิที่วัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ **คำสำคัญ:** จานดาวเทียมรวมแสงอาทิตย์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	A study satellite applied for solar	
<b>Students</b>	Miss Kanokwan	Sompan
	Miss Kanraya	Songsermpanich
	Miss.Pornchanok	Boonsub
<b>Degree</b>	Bachelor of Science	
<b>Major Program</b>	Physics	
<b>Academic year</b>	2013	
<b>Advisor</b>	Associate Professor. Sarai Lekchaum	

### ABSTRACT

This special project is a study and created a satellite dish for sunshine totals . The overall solar system can be divided into three main parts as follows: Part 1 , Part 2 , the solar heating system the third rotation of the Sun. This integrated system will be run by the solar panels will receive a solar system rotate to follow the sun serve rotates by the angle of the sun and reflected heat from the sun to heat to the heat. The test is divided into three parts: the focal length of Origin solar simulator. Analysis of the distribution of temperature on the heat and test the performance of the solar system, including a satellite dish solar origin . Test results showed Focus appropriate to make the heat get heat is at a distance of 47 cm, the temperature was 41.6 degrees Celsius, and the distribution of the temperature at the center of a heated , with the distribution of the maximum temperature. The functional testing of the satellite Origin solar maximum temperature measured on the device absorbs heat is equal to 219.9 degrees Celsius, at 14:45 pm on January 25, 2557 , which included the creation of a satellite dish to solar temperatures . measurements can be applied using a heat source of a Stirling engine .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
**Keywords:** satellite dishes and solar .

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องนี้สามารถเสร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทราย เล็กชะอุ่ม ผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางด้านวิชาการที่ดีตลอดมาและยังเสนอแนะข้อสงสัยต่างๆ ทำให้ผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจและแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้ด้วย

ขอขอบคุณ อาจารย์สาโรจน์ ชูอำไพ และอาจารย์ประจำคึกขอมสร้าง คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในส่วนของสถานที่ปฏิบัติงานและเครื่องมือที่สำคัญในการทำโครงการพิเศษและเป็นที่ยอมรับพร้อมทั้งให้กำลังใจที่ดีตลอดมา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์กาญจนา สุวรรณสุข และ อาจารย์อภิญญา สกฤตกระเวก ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์

ขอขอบคุณ เพื่อนๆสาขาฟิสิกส์ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เมตตา ตั้งแต่การศึกษาระดับมัธยมศึกษาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจน กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้คำปรึกษา เป็นทุนทรัพย์และคอยเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำมีกำลังใจในการทำโครงการพิเศษซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการศึกษาและการทำโครงการพิเศษนี้

นางสาวกนกรรณ	โสมพันธุ์
นางสาวกัลยา	สงเสริมพามาธิ
นางสาวพรชนก	บุญทรัพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 แสงอาทิตย์	3
2.1.1 รังสีแสงอาทิตย์	3
2.1.2 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	7
2.1.3 การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า	11
2.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์	18
2.2.1 การออกแบบจานพาราโบลา	20
2.3 วัสดุที่ใช้ทำแผ่นสะท้อนแสงของจานพาราโบลา	22
2.3.1 อะลูมิเนียม	22
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	
3.1 การศึกษาระบบและอุปกรณ์รวมแสงอาทิตย์	26
3.2 การออกแบบและการสร้างระบบรวมแสงอาทิตย์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีเมล: [library@kmutt.ac.th](mailto:library@kmutt.ac.th) หรือ โทร. 02-438-5434

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ส่วนประกอบของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม	27
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม	39
3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ	40
3.3 การทดสอบระบบรวมรังสีแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม	41
3.3.1 การทดสอบตำแหน่งของจุดโฟกัส	41
3.3.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน	43
3.3.3 การทดสอบการทำงานของระบบการรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม โดยทดสอบกับแสงอาทิตย์จริง	44
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	
4.1 การทดสอบระยะความยาวโฟกัสด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง	
4.1.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	46
4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	50
4.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนอุปกรณ์ดูดซับความร้อน	51
4.2.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	51
4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	53
4.3 การทดสอบการทำงานของระบบการรวมแสงของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์	54
4.3.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	54
4.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	57
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการทดสอบจากวัดและวิเคราะห์	61
5.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	61
5.3 ข้อเสนอแนะ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ **เอกสารอ้างอิง** จะมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย	2
2.1 ลำดับวันในรอบปี	17
4.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 7 จุด บนตัวรับความร้อนที่ระยะตัวรับความร้อนต่างๆ	48
4.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับความร้อนที่ระยะรัศมี (R) เท่ากับ 0, 3 และ 6 cm	51
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของจานดาวเทียมวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557	55
4.4 ผลการความเข้มแสงและอุณหภูมิบนตัวรับความร้อนของวันที่ 23 , 24 , 28 และ 30 มกราคม พ.ศ. 2557	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความยาวคลื่นแสงในช่วงต่างๆ จากดวงอาทิตย์	5
2.2 สเปกตรัมของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 6000 K และสเปกตรัมของแสงอาทิตย์	5
2.3 เส้นทางการเดินทางของแสงผ่านชั้นบรรยากาศ	6
2.4 จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดบนส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้า	6
2.5 มุมเซนิตและค่า AM	7
2.6 ลำแสง A เขตร้อน ลำแสง B เขตอบอุ่น ลำแสง C เขตหนาว	7
2.7 ระยะห่างมากและน้อยที่สุดของโลกกับดวงอาทิตย์	8
2.8 การเกิดฤดูกาลซึ่งซีกโลกเหนือเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกใต้เอียงออกจากดวงอาทิตย์	9
2.9 การเกิดฤดูกาลซึ่งซีกโลกใต้เอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกเหนือเอียงออกจากดวงอาทิตย์	9
2.10 แกนของโลกเอียง $23.5^\circ$ ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ	10
2.11 แสดงความสัมพันธ์ของมุมอะซิมุม มุมอัลติจูดและมุมเซนิต	11
2.12 แสดงความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชัน	12
2.13 เส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆ	13
2.14 แสดงความสัมพันธ์ของ Equation of Time ในรอบปี	14
2.15 แสดงความสัมพันธ์ของมุมชั่วโมง	15
2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมุมชั่วโมงใน 24 ชั่วโมง	16
2.17 ความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชัน	16
2.18 แสดงระบบรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา	19
2.19 แสดงระบบรวมแสงอาทิตย์แบบหอคอย	19
2.20 แสดงระบบรวมแสงแบบจานพาราโบลา	20
2.21 พาราโบลา	20
2.22 The focusing action of a parabola	21
2.23 Parabola – focal length = f	22
2.24 แสดงอะลูมิเนียม	23
3.1 การทำงานของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลา	26
3.2 แสดงการออกแบบระบบรวมแสงอาทิตย์	27
3.3 แสดงการออกแบบดาวเทียม	27
3.4 แสดงขนาดของจานดาวเทียม	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ 3.3 แสดงการออกแบบดาวเทียม เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป 27

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 แสดงขนาดของแผ่นอะลูมิเนียมสะท้อนแสง	28
3.6 แสดงการออกแบบตัวรับความร้อน	29
3.7 แสดงการออกแบบของตัวยึดแผ่นเหล็ก	29
3.8 แสดงขนาดของตัวยึดแผ่นเหล็ก	29
3.9 แสดงการออกแบบของแผ่นเหล็กรับความร้อน	30
3.10 แสดงขนาดของแผ่นเหล็กรับความร้อน	30
3.11 แสดงการออกแบบระบบหมุนตามดวงอาทิตย์	31
3.12 แสดงการออกแบบแผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม	31
3.13 แสดงขนาดของแผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม	31
3.14 แสดงการออกแบบขาตั้งรูปตัว I สำหรับแกน X	32
3.15 แสดงขนาดของขาตั้งรูปตัว I สำหรับแกน X	32
3.16 แสดงการออกแบบของเหล็กแกนกลาง	33
3.17 แสดงขนาดของเหล็กแกนกลาง (ก)และ(ข)	33
3.18 แสดงการออกแบบของน็อตตัวที่ 1	34
3.19 แสดงขนาดของน็อตตัวที่ 1	34
3.20 แสดงการออกแบบขาตั้งรูปตัว I สำหรับแกน X	35
3.21 แสดงขนาดของขาตั้งรูปตัว I สำหรับแกน X	35
3.22 แสดงการออกแบบแผ่นเหล็กติดกับเสา	36
3.23 ขนาดของแผ่นเหล็กติดกับเสา (ก)และ(ข)	36
3.24 แสดงการออกแบบเสาสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์	36
3.25 แสดงการออกแบบเสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์	37
3.26 แสดงขนาดของเสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์	37
3.27 แสดงการออกแบบฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม	38
3.28 แสดงขนาดของฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม	38
3.29 แสดงเปลือกไฟฟ้า	39
3.30 แสดงเครื่องเจาะรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น	39
3.31 แสดงส่วนที่มีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป	39
3.32 แสดงเครื่องเชื่อมด้วยอาร์คชนิดกระแสสลับ	40

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.33 แสดงภาพลูกหนูหรือเครื่องเจียร	40
3.34 แสดงเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380S	41
3.35 แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง	41
3.36 จานดาวเทียมและตัวรับความร้อน	42
3.37 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ร่วมกับร่วมกับเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380SD	42
3.38 เครื่อง Solar Power meter	43
3.39 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	44
4.1 การจัดวางอุปกรณ์	47
4.2 ตำแหน่งการวางหัววัดอุณหภูมิ	47
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตัวรับความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ยบนตัวรับความร้อน ในเวลา 1 ชั่วโมง	50
4.4 ระยะการวางหัววัดอุณหภูมิตั้งบนตัวรับความร้อน	51
4.5 การกระจายตัวของอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อนที่ระยะความยาวโฟกัส 47 เซนติเมตร	54
4.6 ความสัมพันธ์ของความเข้มแสง (I) , อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของตัวรับความร้อน ( $T_b$ ) และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) ต่อช่วงเวลาทุกๆ 15 นาที ที่ระยะความยาวโฟกัส 47 ซม. ตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันแต่ละประเทศมีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นสูงขึ้นทุกๆปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน การลงทุนของประเทศที่ต้องจัดหาพลังงานให้เพียงพอและเหมาะสมตามความต้องการของประเทศ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมที่เกิดจากการใช้พลังงานจำนวนมากดังกล่าวด้วย เราจึงเลือกใช้พลังงานทดแทนซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดย “แสงอาทิตย์” เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและเป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไป แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างเนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวันตลอดจนมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอนเพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนไป

โดยทั่วไปการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะสำคัญคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น คั้นน้ำ และประกอบอาหาร เป็นต้น และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงโซลาร์เซลล์ เป็นต้น การนำพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของความร้อนมาใช้เป็นการนำพลังงานมาใช้โดยตรงแต่เนื่องจากความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลกมีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นถ้าต้องการนำพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของความร้อนมาใช้ประโยชน์โดยตรงให้ได้พลังงานสูงสุด จำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับรวมพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้อุณหภูมิความร้อนจากความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สูง เราเรียกอุปกรณ์นี้ว่า ตัวรวมรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างจานดาวเทียมเพื่อประยุกต์ใช้ในการรวมแสงอาทิตย์เป็นตัวรับและสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ที่บูด้วยแผ่นอะลูมิเนียมมันวาว นอกจากความเข้มแสงที่ได้จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาเป็นแผ่นสะท้อนแสงแล้วยังขึ้นอยู่กับทิศทางที่รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบบนจานดาวเทียมด้วย ทั้งนี้เราจึงทำการคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อปรับทิศทางของจานดาวเทียมให้เหมาะสมในการรับรังสีแสงอาทิตย์ และคำนวณหาจุดโฟกัสของจานรวมรังสีแสงอาทิตย์ ทำการทดสอบจุดโฟกัสที่คำนวณได้โดยเก็บค่าความเข้มแสงในรูปของความร้อน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

2. เพื่อศึกษาระบบงานพาราโบลาโดยการประยุกต์ใช้จานดาวเทียม
3. เพื่อหาจุดโฟกัสของการรวมแสงของจานดาวเทียม

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาและสร้างระบบรวมแสงอาทิตย์โดยการประยุกต์ใช้จานดาวเทียม
2. ศึกษาวัสดุที่นำมาใช้เป็นแผ่นสะท้อนแสงของจานดาวเทียม
3. ศึกษาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีระยะเวลาในการดำเนินการทั้งสิ้นเป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ซึ่งมีการดำเนินการดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

แผนการ ดำเนินการ	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.เสนองานวิจัย	■											
2.ศึกษาหาข้อมูล		■	■	■	■							
3.รวบรวมข้อมูล					■	■	■	■				
4.จัดสร้างอุปกรณ์								■	■	■		
5.เก็บและ วิเคราะห์ข้อมูล											■	■

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ในโครงการพิเศษนี้ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับระบบรวมแสงอาทิตย์โดยการประยุกต์ใช้จานดาวเทียม
2. ได้แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน
3. สามารถนำระบบรวมแสงอาทิตย์และข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขออนุญาตเผยแพร่ หากมีผู้ละเมิดลิขสิทธิ์หรือการนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อพิจารณาดำเนินการตามกฎหมายต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แสงอาทิตย์

#### 2.1.1 รังสีแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาลโลก ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์มากที่สุดคือ ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิศาสตร์ของโลกมีความแตกต่างกันออกไป เช่น เขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว และดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศที่สำคัญคือ ลม การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรคือ กระแสน้ำอุ่น กระแสน้ำเย็น นอกจากนี้ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำซึ่งมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดวงอาทิตย์นอกจากจะให้แสงสว่างแก่โลกเราแล้วยังกระจายรังสีออกมาด้วย รังสีจากแสงสว่างจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้ ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง หรือ โฟโตซินเทซิส คือ การปรุงอาหารในพืช เพื่อการดำรงชีพ และการเจริญเติบโตของต้นพืช แต่รังสีแสงอาทิตย์ก็มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเช่นกันถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป พลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและมีอยู่มากมาย เป็นพลังงานที่ได้เปล่า เราเพียงเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าอุปกรณ์ในการรวบรวมแสงอาทิตย์มาใช้งานเท่านั้น พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบโลกนี้มีปริมาณมากกว่าแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่มีบนโลก เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานไต้พิภพ พลังงานแรงโน้มถ่วง รวมกันถึง 5000 เท่า พลังงานส่วนนี้ 30% จะถูกสะท้อนกลับไปสู่ห้วงบรรยากาศ 47% ถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและสะท้อนกลับไปสู่บรรยากาศ 22.5% ถูกใช้ไปในการระเหยและอีกประมาณ 0.5% ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลในรูปของลม คลื่น และถูกสะสมไว้ในพืชโดยการสังเคราะห์แสง พลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. พลังงานที่เกิดจากแสง รูปแบบการนำพลังงานของแสงอาทิตย์มาใช้งาน แบ่งอย่างกว้างๆ เป็น 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีการในการจับพลังงานแสง การแปรรูปให้เป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง และการแจกจ่ายพลังงานที่ได้ใหม่

1.1 แอคทีฟโซลาร์ เป็นการใช่วิธีการของ โฟโตโวลตาอิกหรือ solar thermal เพื่อจับและเปลี่ยนพลังงานของแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานความร้อนโดยตรง

1.2 พาสซีฟโซลาร์ เป็นวิธีการใช้ประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ การออกแบบอาคารในประเทศ

เมืองหนาวให้รับแสงแดดได้เต็มที่ หรือการติดตั้งวัสดุที่ไวต่ออุณหภูมิเพื่อปรับสมดุลของอากาศในอาคาร หรือติดตั้งวัสดุที่มีคุณสมบัติกระจายแสง หรือการออกแบบพื้นที่ว่างให้อากาศหมุนเวียน

เอกสารนี้เป็น  
ไม่ว่ากรณีใดๆ

โดยธรรมชาติ

2. พลังงานที่เกิดจากความร้อน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น เป็นต้น ซึ่งพลังงานต่างๆ ก็ได้มีการนำมาใช้และพัฒนาให้สามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

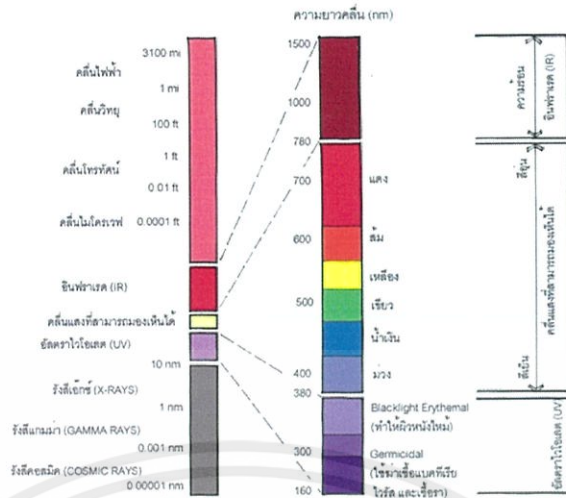
การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลกจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1,353 \text{ W/m}^2$  โดยจะมีค่าการแผ่รังสีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง  $1,350 - 1,440 \text{ W/m}^2$  ค่าการแผ่รังสีดังกล่าวเราเรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (Solar Constant) ซึ่งก็คือ ค่าอัตราการตกกระทบของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ในทิศทางตั้งฉากกับดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลกและจะมีค่าแตกต่างกันออกไปในแต่ละเดือน โดยมีค่าแปรผันไปตามช่วงความยาวคลื่นของรังสีซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบไปด้วย ช่วงอุลตราไวโอเลต ความยาวคลื่นต่ำกว่า  $300 \text{ nm}$  พลังงานของแสงจะถูกดูดกลืนโดย  $O_2, N_2, O_3$  ในชั้นโอโซนเพียร์ โดยเฉพาะ  $O_3$  สามารถดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเลตได้มาก ทำให้แสงที่ตกกระทบบนผิวโลกเกือบจะไม่มีพลังงานแสงช่วงรังสีอุลตราไวโอเลตเหลืออยู่เลย ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ มีค่าความยาวคลื่น  $400 - 750 \text{ nm}$  แสงถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของ  $O_2, O_3$  และน้ำบางส่วน ช่วงรังสีอินฟราเรด มีค่าความยาวคลื่นมากกว่า  $800 \text{ nm}$  แสงถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ การดูดกลืนนี้อยู่ในชั้นบรรยากาศใกล้กับผิวโลกและทำให้เกิดความร้อนขึ้นในชั้นบรรยากาศ ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง  $8,000 - 12,000 \text{ nm}$  บรรยากาศจะโปร่งใส รังสีในช่วงคลื่นนี้เรียกว่า Atmosphere Window ที่ความยาวคลื่นสูงกว่านี้ รังสีดวงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนเกือบหมดด้วยน้ำในรูปของไอน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ แสงยังถูกสะท้อนและกระเจิงโดยฝุ่นละอองในอากาศ ควัน ก้อนเมฆ และพวกที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงหรือโตกว่าความยาวคลื่น การกระเจิงโดยโมเลกุล ออนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นรังสีเป็นไปตามทฤษฎีของเรย์เลห์ (Rayleigh)

ผลกระทบของบรรยากาศที่มีต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์มายังโลก ทำให้รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกประกอบด้วยรังสี 2 ส่วน คือ

1. รังสีตรง รังสีส่วนนี้เป็นรังสีที่พื้นโลกได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ มีทิศทางแน่นอน ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงตกกระทบบนพื้นที่ต่างๆ บนโลกไปตามเวลาที่ตามบางครั้งเรียกรังสีตรงนี้ว่า รังสีช่วงคลื่นสั้น รังสีตรงเหมาะกับการใช้งานรวมแสง
2. รังสีกระจาย ส่วนนี้ได้จากการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีแสงอาทิตย์เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ บางครั้งเรียกรังสีส่วนนี้ว่ารังสีช่วงคลื่นยาว

ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า รังสีรวม เวลาอากาศโปร่งจะมีส่วนของรังสีกระจายเพียงร้อยละ 5 - 10 % และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีเมฆมาบังแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

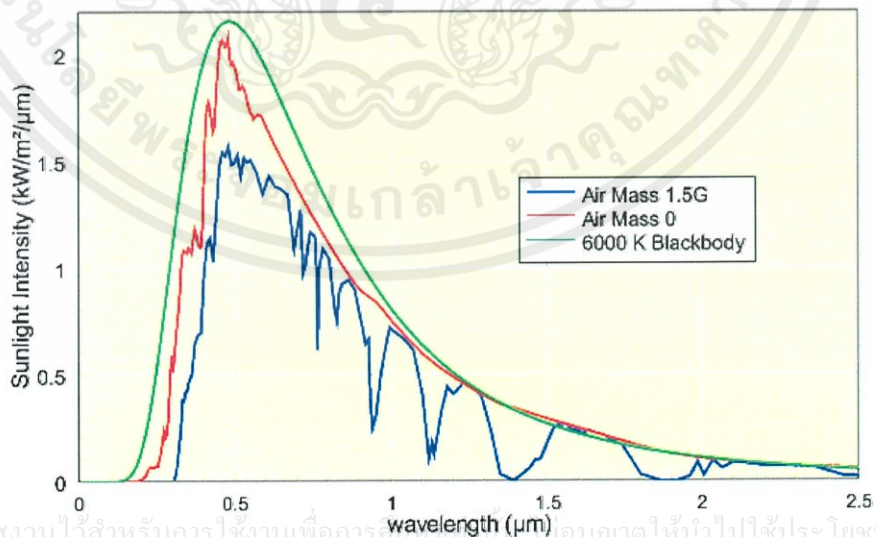


รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นแสงในช่วงต่างๆ จากดวงอาทิตย์

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ถูกพิจารณาว่าเสมือนกับการแผ่รังสีของวัตถุดำ และมีลักษณะของสเปกตรัมการแผ่รังสี ดังรูปที่ 2.2 จากรูปจะสังเกตเห็นแสงอาทิตย์ที่เดินทางมาถึงโลกของเราจะมีสเปกตรัมของพลังงานที่ต่อเนื่อง และมีการแผ่รังสีครอบคลุมย่านความยาวคลื่น ~ 0.2 - 2.6 ไมโครเมตร

สเปกตรัมของแสงจะประกอบไปด้วยย่านความยาวคลื่นที่สำคัญ 3 ส่วน

1. ย่านอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่น 200 – 400 นาโนเมตร)
2. ย่านวิสิเบิล (ความยาวคลื่น 390 – 700 นาโนเมตร)
3. ย่านอินฟราเรด (ความยาวคลื่น 700 – 1 มิลลิเมตร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า มีอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสไปใช้

รูปที่ 2.2 สเปกตรัมของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 6000 K และสเปกตรัมของแสงอาทิตย์

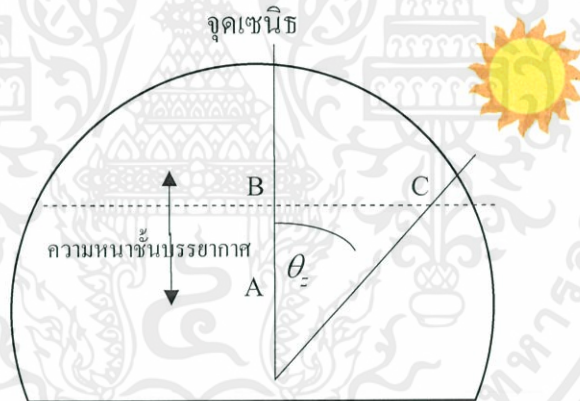
แสงที่ตกกระทบบนผิวของบรรยากาศโลก (Air Mass 0) จะมีลักษณะของเส้นกราฟคล้ายกับสเปกตรัมการแผ่รังสีของวัตถุดำที่มีอุณหภูมิประมาณ 6000 K (เส้นสีเขียว) เมื่อแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลกจะมีสเปกตรัมของการแผ่รังสีเปลี่ยนแปลงไป (Air Mass 1.5G) เนื่องจากถูกดูดกลืนเกิดการสะท้อนและเกิดการกระเจิงของแสงเมื่อตกกระทบบนเมฆและโมเลกุลของก๊าซอนุภาคต่างๆที่กระจายอยู่ในชั้นบรรยากาศ

การพิจารณาเส้นทางที่แสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศจะแสดงด้วยค่ามวลอากาศ (Air Mass) ซึ่งนิยามว่า คือสัดส่วนระหว่างระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศจริง (AC) และระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศในแนวตั้งหรือตอนดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางศีรษะ (AB)

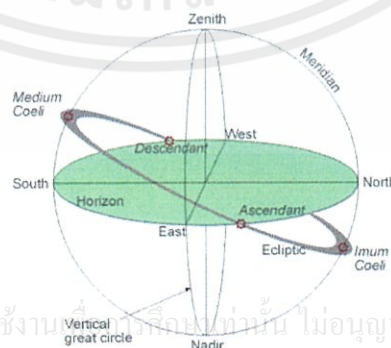
$$AM = \frac{AC}{AB} = \frac{1}{\cos \theta_z} = \sec \theta_z \quad (1)$$

เมื่อ  $\theta_z$  คือมุมระหว่างจุดเซนิทและดวงอาทิตย์ (มุมเซนิท)

จุดเซนิท คือจุดสูงสุดบนส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้า (Celestial Sphere) ที่ตั้งฉากกับระนาบขอบฟ้า (Horizontal Plane)



รูปที่ 2.3 เส้นทางเดินของแสงผ่านชั้นบรรยากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

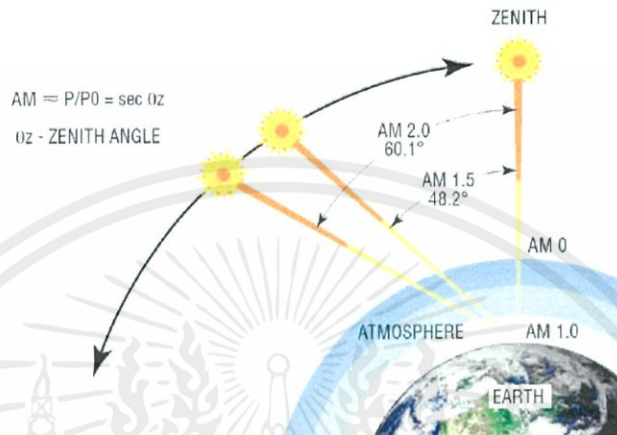
รูปที่ 2.4 จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดบนส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้า

จากสมการที่ (1) จะเห็นว่า

AM มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อแสงยังไม่ผ่านชั้นบรรยากาศ (AM0)

AM มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อดวงอาทิตย์อยู่กลางศีรษะหรือมุมเซนนิธมีค่าเท่ากับ 0 (AM1)

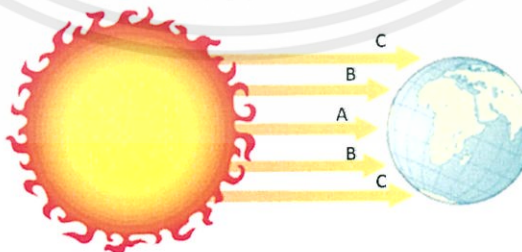
AM มีค่าเท่ากับ 2 เมื่อแสงตกกระทบทำมุม 60 องศากับจุดเซนนิธ



รูปที่ 2.5 มุมเซนนิทและค่า AM

ค่าพลังงานของแสงที่ตกกระทบบนผิวโลกจะเกี่ยวข้องโดยตรงปริมาณของรังสีแสงที่ได้รับ ซึ่งค่าพลังงานที่โลกได้รับจะมีค่าแตกต่างกันในละสถานที่ วันและเวลาที่พิจารณา อีกทั้งยังมีผลของปัจจัยของสภาพบรรยากาศอื่นๆ เช่น ความขุ่นมัวของท้องฟ้าเนื่องจากฝุ่นละออง หมอกและควัน เป็นต้น ดังนั้นการหาค่าพลังงาน โดยการวัดสเปกตรัมของแสงจะทำให้ทราบถึงปริมาณแสงที่ส่งมาถึงพื้นที่ๆพิจารณาในแต่ละความยาวคลื่นและสามารถใช้วิเคราะห์หาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อสเปกตรัมแสง ณ ตำแหน่งที่พิจารณาได้อีกด้วย

### 2.1.2 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

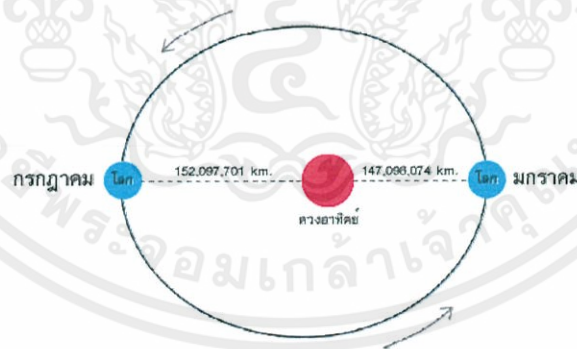


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 ลำแสง A เขตร้อน ลำแสง B เขตอบอุ่น ลำแสง C เขตหนาว

อิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อโลก ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกแตกต่างกัน เขตต่างๆ ของโลกที่สำคัญๆ คือ เขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว เพราะเขตร้อนได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีระยะทางสั้นที่สุด จึงทำให้ร้อนที่สุด ส่วนเขตอบอุ่น เขตหนาว ระยะของแสงจะยาวขึ้นไปตามลำดับ

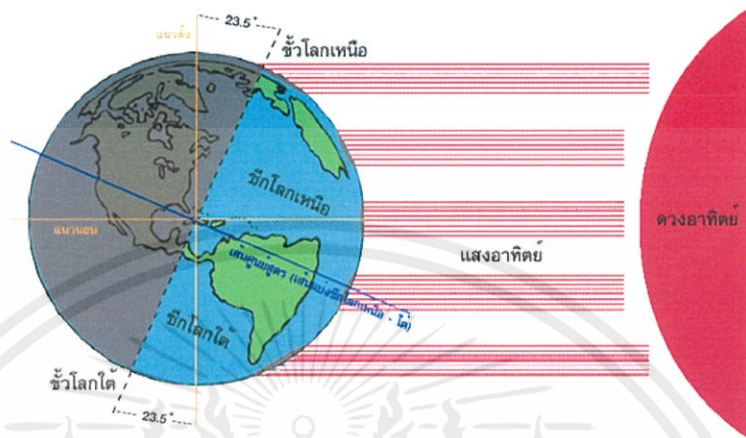
โลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์มีวงโคจรเป็นวงรีใช้เวลาหนึ่งปีต่อรอบ ขณะเดียวกันโลกหมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปสู่ทิศตะวันออกจึงทำให้เราเห็นเป็นการขึ้นจากทิศตะวันออกไปตกกลับฟ้าทางทิศตะวันตกสวนทางกับการหมุนของโลก แกนหมุนของโลกทำมุมเอียงคงที่กักระนาบการโคจรตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อขั้วเหนือหันเข้าใกล้ดวงอาทิตย์จะเกิดฤดูร้อนในซีกโลกเหนือและฤดูหนาวในซีกโลกใต้ ในทำนองเดียวกันเมื่อขั้วใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์จึงเกิดฤดูร้อนในซีกโลกใต้และฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ จากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้คนมองเห็นท้องฟ้ามีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละชั่วโมง และเนื่องจากโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ด้วยทำให้สังเกตเห็นดวงดาวอยู่ในตำแหน่งต่างๆกัน ในช่วงเวลาหนึ่งปี ถ้ามองท้องฟ้าไปในทางทิศเหนือจะมองเห็นท้องฟ้าเคลื่อนที่จุกๆ หนึ่ง คือ ขั้วเหนือของท้องฟ้า ดาวที่อยู่ใกล้กับจุดนี้ คือ ดาวเหนือเป็นผลให้มองเห็นหมู่ดาวในทางทิศเหนือเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบดาวเหนือ ความเชื่อหนึ่งที่ว่าฤดูร้อนหรือฤดูหนาวถูกกำหนดจากระยะห่างของโลกกับอาทิตย์ เมื่อโลกเคลื่อนเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ก็จะเกิดฤดูร้อน แต่เมื่อโลกเคลื่อนออกไกลจากดวงอาทิตย์ก็จะเกิดฤดูหนาว เป็นความเชื่อแต่ดั้งเดิมและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าไม่เป็นความจริง



รูปที่ 2.7 ระยะห่างมากและน้อยที่สุดของโลกกับดวงอาทิตย์

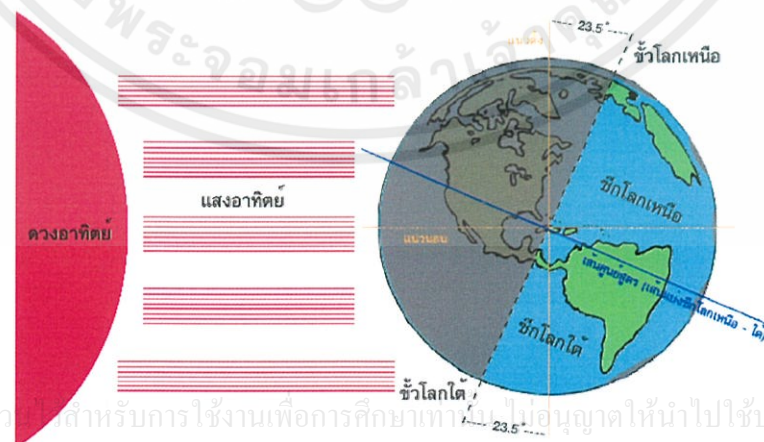
จากรูปที่ 2.7 เนื่องจากการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลกไม่ได้เป็นวงกลมสมมาตรและดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ตรงกลางของวงโคจร แต่เป็นวงกลมรีและดวงอาทิตย์อยู่เอียงไปทางขวาจากจุดกึ่งกลางวงโคจรดังนั้นจึงเกิดระยะห่างจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน โดยในช่วงเดือนกรกฎาคมโลกจะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด และในช่วงเดือนมกราคมโลกจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดซึ่งตาม

ความเชื่อข้างต้น ในเดือนมกราคม โลกต้องมีอุณหภูมิสูงกว่าในเดือนกรกฎาคม แต่ในความเป็นจริง เดือนมกราคมคือฤดูหนาวและเดือนกรกฎาคมคือฤดูร้อนดังนั้นความเชื่อเรื่องระยะห่างจากดวงอาทิตย์เป็นตัวกำหนดฤดูกาลจึงไม่เป็นความจริง



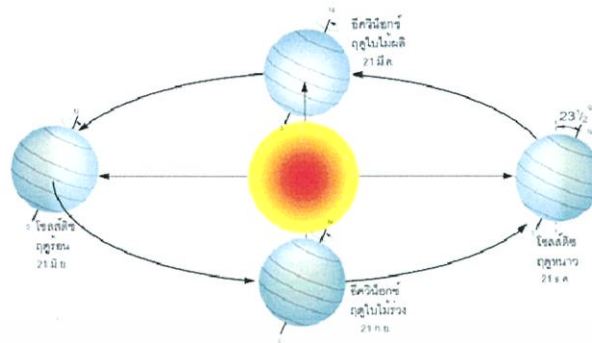
รูปที่ 2.8 การเกิดฤดูกาลซึ่งซีกโลกเหนือเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกใต้เอียงออกจากดวงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.8 แม้ซีกโลกด้านขวจะหันเข้าหาดวงอาทิตย์ แต่เพราะแกนโลกเอียง ซีกโลกเหนือจึงเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ในขณะที่ซีกโลกใต้เอียงออกจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นซีกโลกเหนือจึงเป็นฤดูร้อนและซีกโลกใต้จึงเป็นฤดูหนาว จนกระทั่งอีก 6 เดือนต่อมาเมื่อโลกโคจรไปอยู่อีกด้านหนึ่งของวงโคจร ในขณะที่แกนโลกยังเอียงด้วยมุมเท่าเดิม ซีกโลกใต้จึงเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์และซีกโลกเหนือเอียงออกจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นซีกโลกใต้จะเป็นฤดูร้อนและซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 การเกิดฤดูกาลซึ่งซีกโลกใต้เอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกเหนือเอียงออกจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.10 แกนของโลกเอียง  $23.5^{\circ}$  ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ

สรุปหากพื้นผิวของโลกมีสภาพเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกันหมด คือเป็นลูกกลมเกลี้ยงที่สมบูรณ์ โลกจะมี 4 ฤดูกาล สำหรับซีกโลกเหนือเป็นดังนี้

- ฤดูร้อน ตั้งแต่วันที่ 21 มิถุนายน – 21 กันยายน
- ฤดูใบไม้ร่วง ตั้งแต่วันที่ 22 กันยายน – 21 ธันวาคม
- ฤดูหนาว ตั้งแต่วันที่ 22 ธันวาคม – 20 มีนาคม
- ฤดูใบไม้ผลิ ตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม – 20 มิถุนายน

ส่วนซีกโลกใต้ก็จะเป็นในทางตรงกันข้ามตามที่อธิบายไปแล้ว แต่เนื่องจากในความเป็นจริงพื้นผิวของโลกมีสภาพแตกต่างกันไป เช่น มีภูเขา ที่ราบ ทะเล กระแสน้ำ ธารน้ำแข็งส่งอิทธิพลต่อสภาพลมฟ้าอากาศ โดยประเทศไทยตั้งอยู่บนแนวเส้นศูนย์สูตรและคาบสมุทรอินโดจีนระหว่างมหาสมุทรอินเดียกับทะเลจีนใต้ ทำให้ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม จึงมีฤดูกาลดังนี้

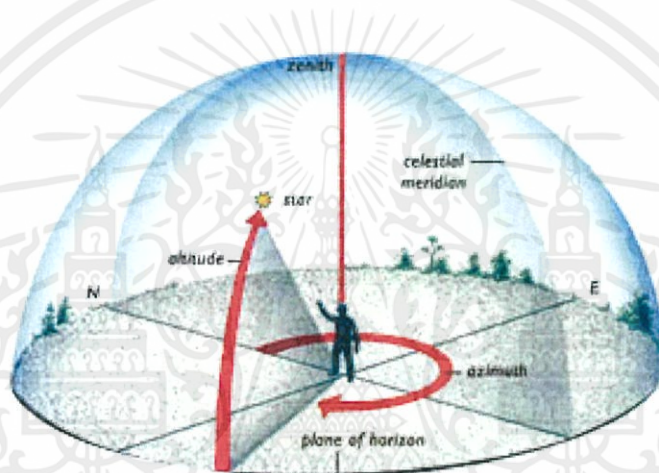
- ฤดูร้อน ในช่วงตั้งแต่เดือนมีนาคม – พฤษภาคม
- ฤดูฝน ในช่วงเดือนมิถุนายน – ตุลาคม
- ฤดูหนาว ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์

ถ้าโลกไม่เอียง บริเวณขั้วโลกทั้ง 2 จะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อยมาตลอดปี ขณะที่เส้นศูนย์สูตรจะได้รับสูงมาตลอดปี แต่เนื่องจากแกนโลกเอียงดังกล่าวแล้วทำให้การกระจายของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปในรอบปี แนวโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้ามีอิทธิพลต่อมุมของลำแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวโลก กล่าวคือบริเวณใดที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบบริเวณนั้นจะได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตกกระทบบนพื้นผิว เพราะลำแสงเฉียงจะครอบคลุมพื้นที่ มากกว่าลำแสงตั้งฉากที่มีลำแสงขนาดเดียวกัน จึงทำให้ความเข้มของพลังงานความร้อน ในบริเวณที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบบนพื้นผิวจะมากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตก นอกจากนี้ลำแสงเฉียง จะผ่านชั้นบรรยากาศที่หนากว่าลำแสงตั้ง ดังนั้นฝุ่นละอองไอน้ำในอากาศจะดูดกลืนความร้อนบางส่วนไว้และสะท้อนความร้อนบางส่วนออกไปยังบรรยากาศภายนอก จึงทำให้ความเข้มของพลังงานความร้อนที่ตกกระทบบนพื้นผิวของโลกของลำแสง

เฉียงน้อยลง เพราะฉะนั้นในฤดูหนาวอากาศจึงหนาวเย็น เพราะความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในฤดูร้อน เพราะได้รับแสงในแนวเฉียงตลอดเวลา

### 2.1.3 การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า

ในการระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะใช้ระบบเส้นขอบฟ้า ซึ่งเป็นระบบที่ใช้บอกตำแหน่งของวัตถุบนท้องฟ้าว่าอยู่เหนือขอบฟ้าเป็นระยะตามมุมเท่าใดและอยู่ห่างจากตำแหน่งเทียบบนขอบฟ้ามากน้อยเพียงใด โดยที่ระบบนี้มีเส้นขอบฟ้า เป็นวงกลมใหญ่หลัก โลก-ออदिเนท ของระบบนี้เรียกว่า อัลติจูด และอะซิมุม



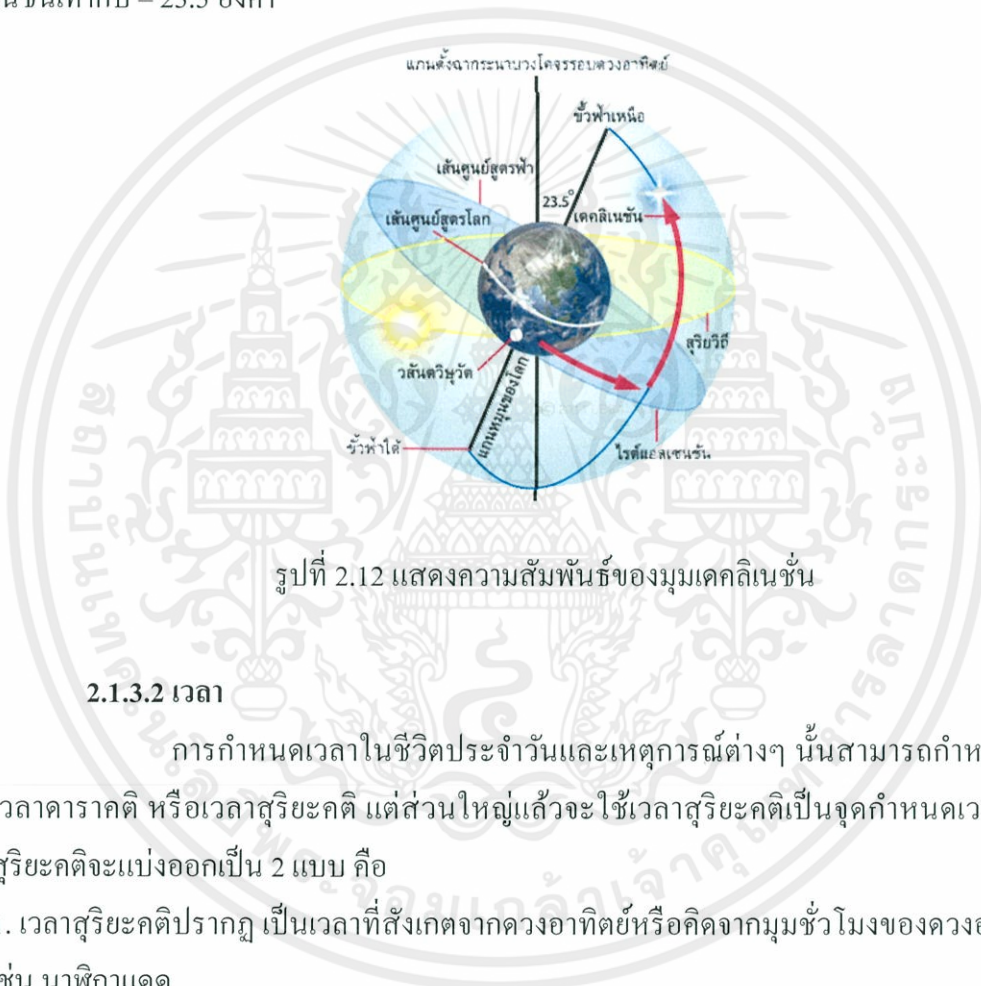
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ของมุมอะซิมุม มุมอัลติจูดและมุมเซนิธ

นิยามที่สำคัญในการบอกตำแหน่งของวัตถุบนท้องฟ้าในระบบเส้นขอบฟ้า

1. เมอริเดียนท้องฟ้า เป็นวงกลมแนวตั้งที่ผ่านเส้นขอบฟ้า ณ จุดทิศเหนือ (N) และจุดทิศใต้ (S) ซึ่งเป็นเส้นสมมติเส้นหนึ่งบนท้องฟ้า เริ่มจากขอบฟ้าทิศเหนือลากขึ้นไปจนถึงจุดเหนือศีรษะลากต่อไปจนจรดขอบฟ้าทิศใต้แบ่งครึ่งท้องฟ้าเป็นสองส่วน คือ ซีกตะวันออกและซีกตะวันตก
2. มุมอะซิมุม (AZ) เป็นค่าระยะทางเชิงมุมที่วัดจากจุดทิศเหนือ (N) ในทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปยังทิศตะวันออก (E) จนถึงวงกลมแนวตั้งของดวงอาทิตย์หรือเงาของดวงอาทิตย์ในแนวราบ มุมอะซิมุมมีค่าระหว่าง 0 - 360 องศา
3. มุมอัลติจูด ( $\alpha$ ) เป็นค่ามุมเงยวัดจากเส้นขอบฟ้าขึ้นไปตามวงกลมแนวตั้งจนถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนทรงกลมท้องฟ้า มุมอัลติจูดมีค่าระหว่าง 0 - 90 องศา ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ที่เส้นขอบฟ้า ค่าอัลติจูดเท่ากับ 0 องศา ถ้าดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะพอดี ค่าอัลติจูดเท่ากับ 90 องศา
4. มุมเซนิธ ( $\theta_z$ ) เป็นมุมระหว่างแนวตั้งเหนือศีรษะจากจุดเซนิธกระทำกับแนวรังสีจากดวงอาทิตย์ มุมเซนิธมีค่าระหว่าง 0 - 90 องศา

### 2.1.3.1 มุมเดคลิเนชัน

มุมเดคลิเนชันเป็นผลกระทบจากการเอียงของแกนหมุนของโลก หาได้จาก ระยะทางเชิงมุมทางเหนือหรือใต้จากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าขึ้นหรือลงไปตามเส้นแวงรังสีจากดวงอาทิตย์ ค่าเปลี่ยน แปลงอยู่ระหว่าง  $+ 23.5$  องศา ถึง  $- 23.5$  องศา ในช่วงรอบหนึ่งปี โดยประมาณ วันที่ 21 มิถุนายน ซึ่งเป็นวันที่ขั้วโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดจะมีค่ามุมเดคลิเนชันเท่ากับ  $+ 23.5$  องศา ในวันที่ 21 มีนาคมและ 21 กันยายน จะมีค่ามุมเดคลิเนชันเท่ากับ 0 และประมาณวันที่ 21 ธันวาคม เป็นวันที่ขั้วโลกหันขั้วเหนือออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด จะมีมุมเดคลิเนชันเท่ากับ  $- 23.5$  องศา



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชัน

### 2.1.3.2 เวลา

การกำหนดเวลาในชีวิตประจำวันและเหตุการณ์ต่างๆ นั้นสามารถกำหนดได้จาก เวลาดาราคติ หรือเวลาสุริยคติ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เวลาสุริยคติเป็นจุดกำหนดเวลาซึ่งเวลาสุริยคติจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

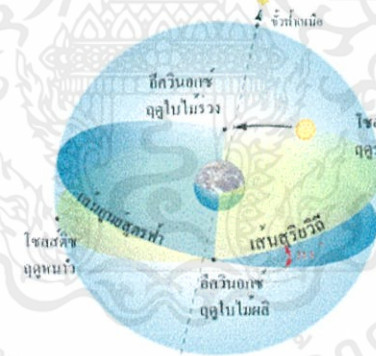
1. เวลาสุริยคติปรากฏ เป็นเวลาที่สังเกตจากดวงอาทิตย์หรือคิดจากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริง เช่น นาฬิกาแดด

2. เวลาสุริยคติเฉลี่ย เป็นเวลาที่กำหนดจากดวงอาทิตย์สมมติหรือดวงอาทิตย์เฉลี่ย หรือคิดจากมุม ชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ย เช่น เวลาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ คือ โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบ ใช้เวลา 365.2422 วัน และโลกโคจรรอบ 1 รอบ คิดเป็น 360 องศา หรือ 24 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน โลกจะเคลื่อนที่ไปได้ 59 องศา 8 ฟลิปดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ถ้าหากทำการวัดระยะเวลา 1 วัน ในวันใดวันหนึ่งของปี โดยการจับเวลาที่ดวงอาทิตย์หรือดาวฤกษ์เคลื่อนที่ผ่านเมอริเดียนท้องฟ้า 2 ครั้งติดต่อกัน จะพบว่าในบางวันเวลาที่วัดได้มีค่ามากกว่า 24 ชั่วโมง ของ 1 วันสุริยคติเฉลี่ย แต่บางวันกลับมีค่าน้อยกว่า 24 ชั่วโมง ของ 1 วันสุริยคติเฉลี่ย

เวลา 1 วันที่เราวัดของวันใดวันหนึ่งดังกล่าวนี้เรียกว่า 1 วันสุริยคติปรากฏ ตามข้อเท็จจริงแล้ว เวลา 1 วันสุริยคติปรากฏอาจน้อยกว่า 1 วันสุริยคติเฉลี่ยถึง 22 วินาทีและอาจยาวนานกว่า 28 วินาที และมีเพียง 4 วันเท่านั้นในรอบปีที่เวลา 1 วันสุริยคติปรากฏมีค่าเท่ากับเวลา 1 วันสุริยคติเฉลี่ย เมื่อเวลาที่ยาวกว่าหรือสั้นกว่าในแต่ละกรณีสะสมนับเดือนๆ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างเวลาที่เที่ยงมาตรฐานและเวลาที่เที่ยงปรากฏ กล่าวคือ ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน ไปก่อนเวลาที่แท้จริง หรือดวงอาทิตย์ยังมาไม่ถึงเมริเดียนในเวลาที่กำหนดว่า ดวงอาทิตย์ อยู่ที่เมริเดียนแล้ว หรือกล่าวอย่างง่ายก็หมายความว่า ตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ปรากฏจริงๆ ในท้องฟ้าแต่ละวันนั้นจะปรากฏช้าหรือเร็วกว่าเวลาจริงๆ เสมอ ดวงอาทิตย์จะปรากฏช้ากว่าอยู่ 2 ช่วงในรอบปีหนึ่งๆ คือ ในเดือนกุมภาพันธ์จะปรากฏสูงสุดถึง 14 นาที และในเดือนกรกฎาคมจะช้าอีกครั้งหนึ่ง และลดลงเหลือช้าสุด 7 นาที และดวงอาทิตย์จะปรากฏเร็วกว่าอยู่ 2 ช่วง คือ เดินเร็วสูงสุดถึง 16 นาที ในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน กับเดินเร็วสูงสุดประมาณ 4 นาทีในเดือนพฤษภาคม เราเรียกเวลาที่มากกว่าหรือน้อยกว่าเวลาเฉลี่ยนี้ว่า สมการเวลา (Equation of Time , E)

เนื่องจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากแนวทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล (รูปที่ 2.13) ดังนั้นการพิจารณาพลังงานแสงตกกระทบพื้นที่ใดๆ บนที่ใดๆ บนผิวโลกจึงจำเป็นต้องคำนวณตำแหน่งของอาทิตย์ด้วย



รูปที่ 2.13 เส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในฤดูกาลต่างๆ

ในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ ตัวแปรเวลาที่ใช้ในสมการ โดยส่วนใหญ่จะเป็นเวลาสุริยคติปรากฏหรือเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏ (Apparent Solar Time, AST) เวลานี้ใช้พิจารณาการโคจรของดวงอาทิตย์ เวลาสุริยคติปรากฏนี้จะไม่ใช้เวลาเดียวกันกับเวลาที่ท้องถิ่น (Local Time, LT) หรือเวลาที่ปรากฏบนนาฬิกาของเรา ดังนั้นในการคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์จึงต้องแปลงเวลาที่ท้องถิ่นให้เป็นเวลาสุริยคติปรากฏ

ในการแปลงเวลาที่ท้องถิ่นให้เป็นเวลาสุริยคติปรากฏจะสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ (2)

$$AST = LT + 4(L_s - L_{loc}) + ET \quad (2)$$

โดย AST คือ เวลาควงอาทิตย์ (ชั่วโมงหรือนาที)

LT คือ เวลาท้องถิ่น (ชั่วโมงหรือนาที)

$L_s$  คือ ตำแหน่งลองจิจูดมาตรฐาน (องศา)

$$L_s = 15^\circ \cdot \Delta T_{GMT} \quad (3)$$

โดย  $\Delta T_{GMT}$  คือ ผลต่างของเวลาที่ท้องถิ่นกับเวลามาตรฐานกรีนิช (Greenwich Mean Time, GMT) ประเทศไทยมีเวลาต่างจากเวลามาตรฐานกรีนิช 7 ชั่วโมง ดังนั้นตำแหน่งลองจิจูดมาตรฐานของประเทศไทยคือ  $105^\circ$  (เทอม  $15^\circ$  มาจาก  $360^\circ / 24$  ชั่วโมง)

$L_{loc}$  คือ ตำแหน่งลองจิจูดของผู้สังเกต (องศา)

ET คือ สมการเวลา (นาทีก)

จากสมการจะสังเกตเห็นเวลาสุริยจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่สำคัญ 2 ตัว คือ

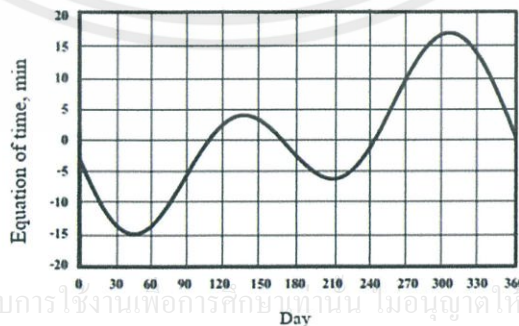
#### 1. สมการเวลา (Equation of time, ET)

สมการเวลา คือ สมการที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเวลาสุริยปรากฏ สมการเวลาฟังก์ชันกับลำดับวันในรอบปี (d) ดังรูปที่ 2.14 และมีลักษณะฟังก์ชันดังสมการ

$$ET = 229.18(0.000075 + 0.001868 \cos \Gamma - 0.032077 \sin \Gamma - 0.014615 \cos 2\Gamma - 0.04089 \sin 2\Gamma) \quad (4)$$

โดย ET คือ สมการเวลา(นาทีก)

$\Gamma$  คือ มุมวัน (เรเดียน) มีค่าเท่ากับ  $2\pi(d-1)/365$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิที่จะเผยแพร่ข้อมูลส่วนนี้ไปยังบุคคลอื่นที่มิควรนำไปใช้  
รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ของ Equation of Time ในรอบปี

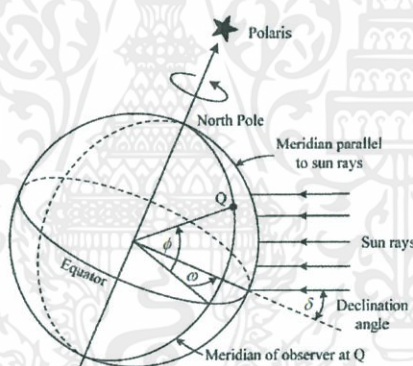
2. ค่าแก้ตำแหน่งลองจิจูด(Longitude correction, LC) ค่าแก้ลองจิจูด คือผลต่างระหว่างตำแหน่งเส้นลองจิจูดมาตรฐาน ( $L_s$ ) และเส้นลองจิจูดของสังเกต ( $L_{loc}$ ) มีหน่วยเป็นองศา

$$LC = 4(L_s - L_{loc}) \quad (5)$$

เลข 4 ซึ่งใช้คูณผลต่างของค่าลองจิจูดแสดงถึงเวลา (ในหน่วยนาทีก่อน) ที่โลกหมุนไป 1 องศา

### 2.1.3.3 มุมชั่วโมง (Hour angle, $\omega$ )

มุมชั่วโมง ใช้บอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ โดยวัดจากเส้นเมริเดียนท้องฟ้าในทิศตามเข็มนาฬิกา (ทิศเดียวกับการหมุนของท้องฟ้า) ไปตามเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าจนถึงวงกลมชั่วโมงที่ผ่านตำแหน่งดวงอาทิตย์หรือวัดจากเส้นเมริเดียนของตำแหน่งสถานที่ตั้งไปยังเส้นเมริเดียนที่ขนานกับรังสีจากดวงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพ เมื่อ Q เป็นตำแหน่งของผู้สังเกตและ  $\theta$  เป็นตำแหน่งละติจูด



รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ของมุมชั่วโมง

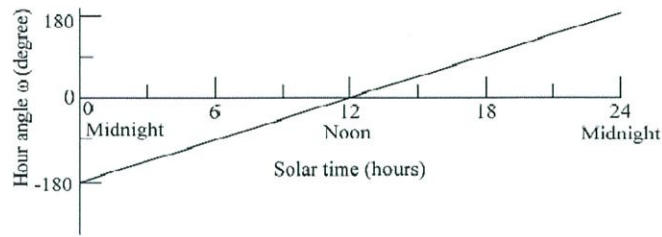
เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก 1 รอบ (360 องศา) ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือเคลื่อนที่ 1 องศา ใช้เวลาประมาณ 4 นาที ค่า  $\omega$  จึงสามารถหาได้จากสมการ

$$\omega = (t_s - 12) \quad (6)$$

เมื่อ  $t_s$  คือ เวลาสุริยคติปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานภายในของกรมการเดินเรือเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการเดินเรือได้ และเป็นการผิดกฎหมายหากมีการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการเดินเรือ

มุมชั่วโมงจะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-180$  องศาถึง  $+180$  องศา ซึ่งเป็นลบในช่วงเช้ามืดก่อนเที่ยงวัน และเป็นบวกในช่วงบ่าย ดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมุมชั่วโมงใน 24 ชั่วโมง

2.1.3.4 ระบบพิกัดขอบฟ้า

การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยดวงอาทิตย์โดยอาศัยระบบพิกัดขอบฟ้าจะเกี่ยวข้องกับตัวแปร 2 ค่า คือ มุมอัลติจูดหรือมุมเงย (Altitude) และมุมอาซิมูท (Azimuth)

1. มุมอัลติจูด ( $\alpha$ )

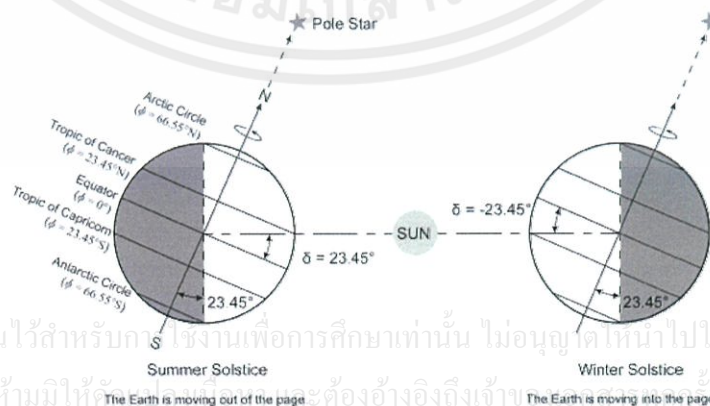
คือมุมที่รองรับส่วนโค้งที่เชื่อมระหว่างผู้สังเกตและดวงอาทิตย์ มีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา สำหรับมุมที่อยู่ระหว่างผู้สังเกตและจุดเซนนิท\* เรียกว่ามุมเซนนิท (Zenith angle,) โดยมุมอัลติจูดและมุมเซนนิทมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\alpha = 90^\circ - \theta_z \tag{7}$$

และ

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega = \sin \alpha \tag{8}$$

เมื่อ  $\delta$  คือมุมเดคลิเนชัน (มุมที่ทำระหว่างเส้นศูนย์สูตรและเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างดวงอาทิตย์และโลก) มุมนี้จะมีค่าระหว่าง  $+23.5^\circ$  และ  $-23.5^\circ$  ขึ้นกับแกนการหมุนของโลก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชางานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆที่มิควรนำไปใช้

รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชัน

มุมเดคลิเนชันจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันและสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + d) \right] \quad (9)$$

โดย  $d$  คือ วันในรอบปีมีค่าเท่ากับ  $i$  ในวันที่ 1 มกราคม และมีค่าที่เท่ากับ 31 ในวันที่ 31 มกราคม เป็นต้น เพื่อความสะดวกในการพิจารณาค่า  $d$  เราสามารถอาศัยข้อมูลใน ตารางที่ 1 แสดง ลำดับวันในรอบปี

เดือน	ลำดับวัน
มกราคม	$i$
กุมภาพันธ์	$31+i$
มีนาคม	$59+i$
เมษายน	$90+i$
พฤษภาคม	$120+i$
มิถุนายน	$151+i$
กรกฎาคม	$181+i$
สิงหาคม	$212+i$
กันยายน	$243+i$
ตุลาคม	$273+i$
พฤศจิกายน	$304+i$
ธันวาคม	$334+i$

ตารางที่ 2.1 ลำดับวันในรอบปี

$\phi$  คือ ตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต (แทนค่าติดลบกรณีผู้สังเกตอยู่ทางใต้ของเส้นศูนย์สูตร)

$\omega$  คือ มุมชั่วโมงหรือ Hour angle (มุมที่กระทำระหว่างเส้นเมริเดียนของผู้สังเกตและเส้นเมริเดียนที่ขนานกับทิศทางที่แสงอาทิตย์ตกกระทบโลก) มุมชั่วโมงจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ในตอนเที่ยงวัน (12.00 น.) ของเวลาสุริยะปรากฏมีค่าติดลบหลังจากเที่ยงวันและมีค่าเป็นบวกในช่วงเวลาก่อนเที่ยง เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเองคือ  $360^\circ$  1 วัน (24 ชั่วโมง)

ดังนั้นมุมชั่วโมงจึงมีค่าเปลี่ยนแปลงไป  $15^\circ$  ในทุกๆ 1 ชั่วโมง ตัวอย่างการพิจารณามุมชั่วโมง เช่น ถ้าพิจารณาเวลาสุริยะปรากฏ ณ เวลา 9.00 น. จะมีค่ามุมชั่วโมงเท่ากับ  $+45^\circ$  หรือถ้า

พิจารณา ณ เวลา 14.00 น. จะมีค่ามุมซัว โมงเท่ากับ  $-30^\circ$ \*เส้นเมริเดียนผู้สังเกตคือเส้นที่ลากจากจุดซัวเหนือผ่านจุดศัริษะมายังจุดซัวใต้

$$\omega = \pm 0.25(x) \quad (10)$$

x คือ ผลต่างของเวลา (นาทึ) จากตอนเที่ยงตรงเช่นเวลา 14.00 น. ต่างจากเวลาเที่ยงคือ 2 ชั่วโมงหรือ 120 นาที ดังนั้น  $\omega = -30^\circ$

## 2. มุมอะซิมุท (AZ)

คือ มุมที่กระทำระหว่างทิศเหนือ (กรณีผู้สังเกตอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร) หรือทิศใต้ (กรณีผู้สังเกตอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร) กับแนวเส้นตรงที่ฉายจากดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นราบ (รูปที่ 8) มุมนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\cos(AZ) = \frac{\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cos \phi} \quad (11)$$

โดย AZ คือ มุมอะซิมุท มีค่าเท่ากับศูนย์องศา ถ้าแนวเส้นตรงที่ฉายจากดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นราบตรงกับแนวแกนทิศใต้และมีค่าเป็นบวกเมื่อวัดจากทิศใต้มายังทิศตะวันออก

$\alpha$  คือ มุมอัลติจูด

$\phi$  คือ ตำแหน่งละติจูดของผู้สังเกต

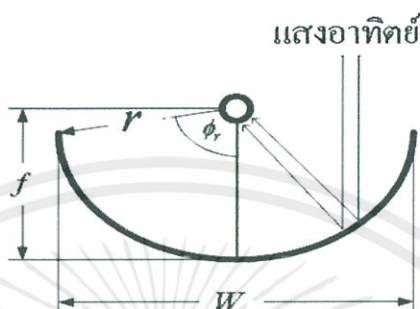
$\delta$  คือ มุมเดคลิเนชัน (แทนค่าติดลบกรณีผู้สังเกตอยู่ทางใต้ของเส้นศูนย์สูตร)

## 2.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ระบบความร้อนรวมศูนย์มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ แบบ *Parabolic Troughs* แบบ *Central Receivers* และแบบ *Parabolic Dishes* เทคโนโลยีทั้ง 3 แบบนี้จะทำการรวมแสงไว้ที่ตัวถูรับแสงโดยใช้กระจกหรือวัสดุสะท้อนแสงและหมุนตามดวงอาทิตย์เพื่อสะท้อนแสงและส่งไปยังตัวรับแสงซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิสูง

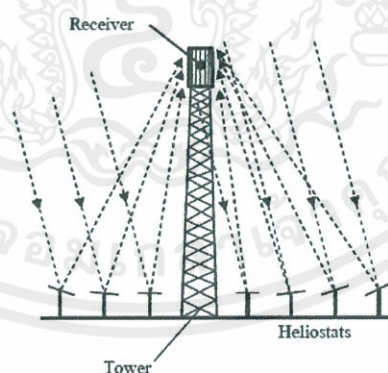
1. แบบ *Parabolic Troughs* จะประกอบด้วยตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นรางยาวโค้งแบบมิติเดียวที่ติดตั้งไว้บนระบบหมุนตามดวงอาทิตย์แกนเดียว ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์สะท้อนไปยังท่อที่ตั้งขนานกับแนวรวมแสงเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวที่ไหลหมุนเวียนผ่าน

ท่อ โดยการแลกเปลี่ยนความร้อน ความร้อนเมื่อถูกถ่ายเทให้ของเหลวทำงาน( โดยปกติจะเป็นน้ำ ) จะกลายเป็นไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ผลิตจาก *parabolic troughs plants* โดยทั่วไปจะต้องมีแหล่งความร้อนจากก๊าซธรรมชาติเพื่อเสริมให้เป็นไอน้ำ



รูปที่ 2.18 แสดงระบบรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก

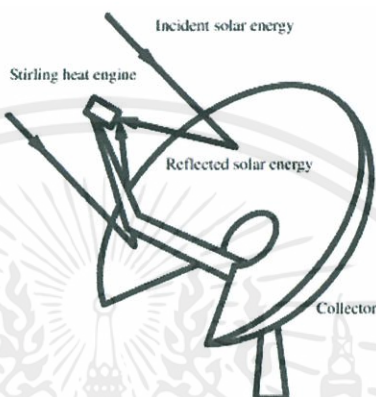
2. แบบ Central Receivers หรือ Power Tower ประกอบด้วยตัวรับความร้อนที่ติดตั้งอยู่กับที่ตั้งอยู่บนหอคอยที่ล้อมรอบด้วยแผงกระจกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากที่เรียกกันว่าเฮลิโอสแตท เฮลิโอสแตทจะหมุนตามดวงอาทิตย์และสะท้อนรังสีไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งภายในบรรจุของเหลวทำงานทำหน้าที่ดูดซับพลังงานความร้อนไว้ ของเหลวที่ดูดซับพลังงานความร้อนที่รับมาจากตัวรับความร้อนจะส่งต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันหรือนำที่ไปเก็บไว้ในถังเก็บกักเพื่อนำมาใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.19 แสดงระบบรวมแสงอาทิตย์แบบหอคอย

3. แบบ Parabolic Dishes ประกอบด้วยตัวรวมแสงลักษณะเป็นจานรูปทรง parabolic ที่มีจุดศูนย์รวมแสงเพื่อสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับความร้อนที่ตั้งอยู่บนจุดศูนย์รวม จะใช้แผงสะท้อนที่มีลักษณะโค้งเป็นจำนวนมากซึ่งทำด้วยกระจกหรือฟิล์มบาง ตัวรวมแสงเหล่านี้จะ

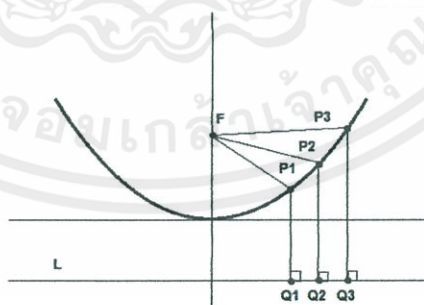
ตั้งอยู่บนโครงสร้างซึ่งใช้ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์สองแกน เพื่อรวมแสงให้เป็นจุดเดี่ยวไปรวมอยู่บนตัวรับความร้อน ความร้อนที่ได้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรงกับ cycle heat engine ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวรับความร้อน หรือนำความร้อนที่ได้ไปทำให้ของเหลวร้อนก่อนแล้วนำไปใช้กับ central engine ระบบตัวรวมความร้อนแบบเน้นเป็นจุดศูนย์กลาง มีประสิทธิภาพการแปลงเป็นความร้อนได้สูงกว่าชนิดตัวรวมแบบราง เนื่องจากสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า



รูปที่ 2.20 แสดงระบบรวมแสงแบบจานพาราโบลา

### 2.2.1 การออกแบบจานพาราโบลา

พาราโบลาเป็นภาคตัดกรวยชนิดหนึ่งมีนิยามว่า เซตของจุดบนเส้นโค้งมีระยะห่างจากจุดคงที่จุดหนึ่งและเส้นตรงเส้นหนึ่งด้วยระยะห่างที่เท่ากัน เราเรียกคงที่จุดนั้นว่า “จุดโฟกัส” และเส้นตรงเส้นนั้นว่า “เส้นไดเรกทริกซ์” ทุกๆจุดที่อยู่บนกราฟพาราโบลาจะห่างจากจุดโฟกัสและเส้นไดเรกทริกซ์ด้วยระยะห่างที่เท่ากันเสมอ

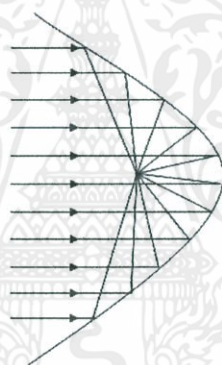


รูปที่ 2.21 พาราโบลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ จากภาพ  $P_1, P_2, P_3$  เป็นจุดพาราโบลา, จุด  $F$  เป็นจุดโฟกัสของพาราโบลา และ เส้นตรง  $L$  เป็นเส้นไดเรกทริกซ์ของพาราโบลา

1. ถ้าวัฏระยะจากจุด  $P_1$  ไปยังจุด  $F$  จะต้องเท่ากับระยะจากจุด  $P_1$  ไปยังจุด  $Q_1$  ซึ่งเป็นจุดบนเส้นไคเรตริกซ์
2. ถ้าวัฏระยะจากจุด  $P_2$  ไปยังจุด  $F$  จะต้องเท่ากับระยะจากจุด  $P_2$  ไปยังจุด  $Q_2$  ซึ่งเป็นจุดบนเส้นไคเรตริกซ์
3. ถ้าวัฏระยะจากจุด  $P_3$  ไปยังจุด  $F$  จะต้องเท่ากับระยะจากจุด  $P_3$  ไปยังจุด  $Q_3$  ซึ่งเป็นจุดบนเส้นไคเรตริกซ์

ตัวสะท้อนรังสีรูปพาราโบลาหรือพาราโบลอยด์ สามารถพบเห็นได้จากการประยุกต์ใช้ในกล้องโทรทรรศน์ ไฟหน้าของรถยนต์และจานดาวเทียมตัวรับรังสีรูปพาราโบลา มีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีขนานที่ตกกระทบบนพื้นผิวตัวรับรังสีให้รวมกันที่จุดโฟกัสหรือกรณีตรงกันข้าม ที่ตำแหน่งกำเนิดรังสี ณ จุดโฟกัสจะทำให้เกิดการสะท้อนของรังสีออกในลักษณะขนานรูปภาพที่แสดงด้านล่างแสดงให้เห็นว่ารังสีขนานที่เดินทางจากด้านซ้ายตกกระทบบนตัวรับรังสีแล้วจะไปรวมกันที่จุดโฟกัสเพียงจุดเดียว รังสีที่สะท้อนไปรวมกัน ณ ตำแหน่งโฟกัสนี้ความเข้มของรังสีจะมีค่ามากที่สุด



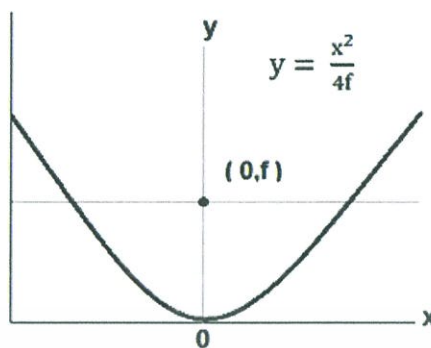
รูปที่ 2.22 The focusing action of a parabola

จากรูปที่ 2.17 คือตัวอย่างของพาราโบลาสะท้อนรังสีซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีผิวหน้าสัมผัสราบเรียบ แต่สามารถประยุกต์ใช้ให้ผิวหน้าดังกล่าวมีความแบนราบหรือโค้งเว้าได้มากกว่านี้ภายใต้เงื่อนไขของสมการพาราโบลา คือ

$$y = ax^2 \quad (13)$$

เมื่อ  $a$  เป็นค่าคงที่ ความยาวโฟกัสของพาราโบลา คือ  $f$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อ  $a = 1/(4f)$  ให้อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป (14)



รูปที่ 2.23 Parabola – focal length =  $f$

เมื่อโฟกัสที่พิกัด  $(0, f)$  สมการพาราโบลาเท่ากับ

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (15)$$

จากสมการข้างต้นแสดงให้เห็นได้ว่า เมื่อกำหนดให้ค่า  $x$  เป็นค่าคงที่แล้วค่า  $y$  มีค่ามาก ความยาวโฟกัส  $f$  จะมีค่าน้อย ในทางกลับกันถ้าต้องการให้ความยาวโฟกัส  $f$  มีค่ามาก ค่า  $y$  จะต้องมีย่าน้อย

การสร้างงานพาราโบลาที่พบเห็นทั่วไปมีด้วยกันหลายแบบ เช่น ขึ้นรูปเป็นงานพาราโบลาแบบงานเดี่ยวคล้ายกับกระทะ แบบแยกเป็นส่วนๆคล้ายงานดาวเทียม งานพาราโบลาที่แยกแบบเป็นส่วนๆ แต่ละส่วนจะมีความคล้ายกับส่วนโค้งเว้าของรูปพาราโบลา ซึ่งประกอบจากเส้นตรงสั้นๆหลายๆเส้น มีหลักในการพิจารณาด้วยกัน 3 ประการ คือ

1. ความโค้งของพาราโบลายู่บนจุดที่เชื่อมเส้นตรง 2 เส้น
2. จุดที่เชื่อมต่อกันของแต่ละส่วนคือช่องว่างตามแนวแกน  $x$
3. ระยะทางระหว่างจุดเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากจุดศูนย์กลางแต่ละส่วนจะประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมอย่างง่าย ซึ่งมีค่ามุมเท่ากับ  $360^\circ$  หาคด้วยจำนวนผลรวมของส่วนย่อย

## 2.3 วัสดุที่ใช้ทำแผ่นสะท้อนแสงของงานพาราโบลา

### 2.3.1 อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียม (ภาษาอังกฤษสะกดได้ว่า aluminium หรือ aluminum ในอเมริกาเหนือ) คือธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Al และมีเลขอะตอม 13 เป็นโลหะที่มันวาวและอ่อนคัตง่าย ในธรรมชาติอะลูมิเนียมพบในรูปแร่บอกไซต์เป็นหลัก และมีคุณสมบัติเด่น คือ ต่อด้าน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี (เนื่องจากปรากฏการณ์ passivation) แข็งแรง และน้ำหนักเบา มีการใช้ อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย และอะลูมิเนียมสำคัญ ต่อเศรษฐกิจโลกอย่างมาก ชิ้นส่วน โครงสร้างที่ผลิตจากอะลูมิเนียมสำคัญต่ออุตสาหกรรมอากาศยาน และสำคัญในด้านอื่นๆ ของการขนส่งและการสร้างอาคาร ซึ่งต้องการน้ำหนักเบา ความ ทนทาน และความแข็งแรง

#### คุณสมบัติ

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่อ่อนและเบาที่มีลักษณะไม่เป็นเงา เนื่องจากเกิดการออกซิเดชันชั้น บาง ๆ ที่เกิดขึ้นเร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศ โลหะอะลูมิเนียมไม่เป็นสารพิษ ไม่เป็นแม่เหล็ก และไม่ เกิดประกายไฟ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงประมาณ 49 ล้านปาสคาล (MPa) และ 400 MPa ถ้าทำเป็นโลหะผสม อะลูมิเนียมมีความหนาแน่นเป็น 1/3 ของเหล็กกล้าและทองแดง อ่อน สามารถ คัดได้ง่าย สามารถดึงและหล่อแบบได้ง่าย และมีความสามารถต่อต้านการกร่อนและความทน เนื่องจากชั้นออกไซด์ที่ป้องกัน พื้นผิวกระจกเงาที่เป็นอะลูมิเนียมมีการสะท้อนแสงมากกว่าโลหะ อื่น ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm (UV) และ 3000-10000 nm (IR ไกล) ส่วนในช่วงที่ มองเห็นได้ คือ 400-700 nm โลหะเงินสะท้อนแสงได้ดีกว่าเล็กน้อย และในช่วง 700-3000 (IR ใกล้) โลหะเงิน ทองคำ และทองแดง สะท้อนแสงได้ดีกว่า อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ตัดได้ง่ายเป็นอันดับ 2 (รองจากทองคำ) และอ่อนเป็นอันดับที่ 6 อะลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้ดี อะลูมิเนียมสามารถ สะท้อนแสงที่มองเห็นได้ดีเยี่ยม (~99%) และสามารถสะท้อนแสงอินฟราเรดได้ดี (~95%) อะลูมิเนียมชั้นบาง ๆ สามารถสร้างบนพื้นผิวเรียบด้วยวิธีการควบแน่นของไอสารเคมี หรือวิธีการ ทางเคมี เพื่อสร้างผิวเคลือบออปติคัล และกระจกเงา ผิวเคลือบเหล่านี้จะเกิดชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์ ที่บางยิ่งกว่า ที่ไม่สึกกร่อนเหมือนผิวเคลือบเงิน กระจกเงาเกือบทั้งหมดสร้างโดยใช้อะลูมิเนียมชั้น บางบนผิวหลังของแผ่นกระจกลอย กระจกเงาในกล้องโทรทรรศน์สร้างด้วยอะลูมิเนียมเช่นกัน แต่ เคลือบข้างหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนภายใน การหักเห และการสูญเสียจากความใส กระจกเหล่านี้ เรียกว่า first surface mirrors และเกิดความเสียหายได้ง่ายกว่ากระจกเงาตามบ้านทั่วไปที่เคลือบข้าง หลัง



รูปที่ 2.24 แสดงอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกแห่งที่กรมฯ นำไปใช้

## เกรดอะลูมิเนียม

เกรดอะลูมิเนียม ขึ้นอยู่กับธาตุประกอบอัลลอยด์ และการอบร้อน เกรดอะลูมิเนียมสามารถแสดงคุณสมบัติได้หลากหลาย จากรูปลักษณะที่สวยงาม, ความสะดวกในการผลิต, ความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี, อัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง, เชื่อมได้ดี และค่าความต้านทานการแตกหักสูง เลือกเกรดอะลูมิเนียมที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของงาน และสภาวะการใช้งาน

1. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 1xxx เกรดของอะลูมิเนียมประเภทนี้มีเหล็ก และซิลิคอนเป็นธาตุหลัก (1050, 1060, 1100, 1145, 1200, 1230, 1350, อื่นๆ) ซึ่งเป็นประเภทที่ต้านทานการกัดกร่อนได้ดี, สภาพการนำความร้อน และนำไฟฟ้าสูง, คุณสมบัติทางกลต่ำ และใช้งานได้ดี สามารถเพิ่มความแข็งแรงระดับปานกลางได้โดยอาจได้รับจากกระบวนการเพิ่มความเครียด

2. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 2xxx เกรดของอะลูมิเนียมประเภทนี้ (2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319, 201.0; 203.0; 206.0; 224.0; 242.0; อื่นๆ) ต้องการกระบวนการอบร้อนเพื่อให้ได้คุณสมบัติสูงสุด ในสภาวะกระบวนการอบร้อนนี้ ค่าคุณสมบัติทางกลจะคล้ายกัน หรือบางทีอาจสูงกว่าในบรรดาเหล็กคาร์บอนต่ำ และในบางชนิดการทำกระบวนการอบร้อนซ้ำ จะทำให้สามารถเพิ่มคุณสมบัติทางกลได้ การอบร้อนนี้จะเพิ่มค่าจุดคราก แต่จะทำให้เสียสภาพการยึดตัว ซึ่งจะทำการต้านทานแรงดึงไม่ดี อะลูมิเนียมอัลลอยด์ประเภท 2xxx ไม่ใช่ตัวต้านทานการกัดกร่อนที่ดี เหมือนกับอะลูมิเนียมอัลลอยด์ประเภทอื่น และภายใต้สภาวะการกัดกร่อนแบบบางๆอาจจะทำให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรนได้ เกรดอะลูมิเนียมประเภท 2xxx จะมีประโยชน์ต่อส่วนที่ต้องการความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงสุด 150°C (300°F) แต่ยกเว้นเกรด 2219 อะลูมิเนียมอัลลอยด์เกรดนี้มีขีดจำกัดในการเชื่อม แต่อัลลอยด์บางชนิดในประเภทนี้จะมีรูปแบบการแปรรูปที่ดีเยี่ยม ส่วนอะลูมิเนียมเกรด 2021 เป็นเกรดที่ได้รับความนิยมสูงสุดในการใช้ผลิตอากาศยาน

3. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 3xxx เกรดของอะลูมิเนียมประเภทนี้ (3003, 3004, 3105, 383.0; 385.0; A360; 390.0) โดยปกติแล้วจะไม่สามารถใช้การอบร้อนได้ แต่มีค่าความแข็งแรงมากกว่าประเภท 1xxx อยู่ 20% เพราะว่ามีข้อจำกัดของปริมาณแมกนีเซียม (สูงสุดที่ 1.5%) ที่สามารถเพิ่มเข้าไปในอะลูมิเนียมได้ ซึ่งแมกนีเซียมจะถูกใช้เป็นตัวหลักในอัลลอยด์บางชนิดเท่านั้น

4. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 4xxx เกรดของอะลูมิเนียมประเภทนี้ (4032, 4043, 4145, 4643, อื่นๆ) มีซิลิคอนเป็นธาตุหลัก ซึ่งสามารถเพิ่มได้ในปริมาณที่เพียงพอ (สูงสุด 12%) ที่จะทำให้เกิดการลดช่วงการหลอมเหลว ด้วยเหตุนี้ อะลูมิเนียม-ซิลิคอนอัลลอยด์จึงถูกใช้ทำเป็นลวดเชื่อม และใช้ในการเชื่อมประสานอะลูมิเนียม ในช่วงการหลอมเหลวดำ แทนการใช้โลหะ อะลูมิเนียมอัลลอยด์ที่บรรจุซิลิคอนมากพอจะทำให้เห็นเป็นสีเทาดำเหมือนถ่าน เมื่อเสร็จสิ้นการอบ โนดิกออกไซด์ จะถูกนำไปใช้และด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่ต้องการสำหรับการใช้งานด้านสถาปัตยกรรม

5. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 5xxx ธาตุหลักของอัลลอยด์ประเภทนี้คือ แมกนีเซียม เมื่อถูกใช้เป็นตัวหลัก หรือใช้ร่วมกับแมงกานีส จะทำให้มีค่าความแข็งแรงปานกลาง และสามารถทำการชุบ

แข็งได้ แมกนีเซียมจะส่งผลมากกว่าแมงกานีสในเรื่องของความแข็ง (แมกนีเซียม 0.8% เท่ากับแมงกานีส 1.25%) และยังสามารถเพิ่มได้ในปริมาณมากอีกด้วย อะลูมิเนียมอัลลอยด์ในประเภทนี้ (5005, 5052, 5083, 5086, อื่นๆ) ใช้ในงานเชื่อมได้ดีและต้านทานการกัดกร่อนจากน้ำได้ดี แต่อย่างไรก็ตามการผลิตจะจำกัดอยู่ที่การขึ้นรูปเย็น และใช้อุณหภูมิในการดำเนินงานที่ 150°F สำหรับแมกนีเซียมอะลูมิเนียมอัลลอยด์ เพื่อหลีกเลี่ยงความอ่อนแอที่เกิดจากการแตกร้าวเนื่องจากการกัดกร่อนภายใต้แรงเค้น (stress-corrosion cracking)

6. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 6xxx อะลูมิเนียมอัลลอยด์ในประเภท 6xxx คือ (6061, 6063) ประกอบไปด้วยซิลิคอน และแมกนีเซียม ในปริมาณที่มากพอในการขึ้นรูป magnesium silicide ( $Mg_2Si$ ) ซึ่งทำให้สามารถทำกระบวนการอบร้อนได้ แต่ก็มีความแข็งไม่เท่ากับประเภท 2xxx และ 7xxx โดยประเภท 6xxx นี้จะสามารถทำการขึ้นรูปได้ดี, เชื่อมง่าย, แปรรูปง่าย และต้านทานการกัดกร่อนได้ดีด้วยความแข็งแรงแปดกลาง เกรดอะลูมิเนียมในประเภทที่สามารถทำการ heat-treatable ได้นี้อาจจะขึ้นรูปในแบบ T4 temper (แก้ปัญหาการอบร้อนได้แต่ไม่สามารถเร่งการอบร้อนได้) และเพิ่มความแข็งหลังจากการขึ้นรูปแบบคุณสมบัติ T6 โดยการเร่งการอบร้อน

7. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 7xxx สังกะสีประมาณ 1 ถึง 8% เป็นธาตุหลักในประเภท 7xxx อะลูมิเนียมอัลลอยด์ (7075, 7050, 7049, 710.0, 711.0, อื่นๆ) และเมื่อทำการรวมกับแมกนีเซียมในปริมาณเล็กน้อย ผลที่ได้คือจะมีค่าความแข็งแรงแรงตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงสูงมาก ส่วนธาตุอื่นๆ เช่น ทองแดง และโครเมียม ก็ถูกเพิ่มเข้าไปในปริมาณเล็กน้อยเหมือนกัน อัลลอยด์ประเภท 7xxx ถูกใช้ทำเป็นโครงสร้างลำตัวของอุปกรณ์มือถือ และชิ้นส่วนที่มีความเค้นสูง อะลูมิเนียมอัลลอยด์ความแข็งแรงแรงสูง 7xxx จะแสดงการลดความต้านทานต่อการแตกร้าวเนื่องจากการกัดกร่อนภายใต้แรงเค้น (stress-corrosion cracking) และถูกใช้ใน temper ที่มีอายุเกินมาเล็กน้อย เพื่อให้ได้การรวมกันของความแข็งแรงแรง, ความต้านทานการกัดกร่อน และค่าความต้านทานการแตกหัก

8. เกรดอะลูมิเนียม ประเภท 8xxx ประเภท 8xxx (8006; 8111; 8079; 850.0; 851.0; 852.0) สงวนไว้สำหรับการผสมกับธาตุอื่นๆ นอกเหนือจากที่ใช้สำหรับประเภท 2xxx ถึง 7xxx เหล็ก และนิกเกิล ถูกใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงแรง โดยไม่มีการสูญเสียสภาพการนำไฟฟ้า และถูกใช้อย่างแพร่หลาย เช่นอัลลอยด์ตัวนำ 8017 อะลูมิเนียม-ลิเทียม อัลลอยด์ 8090 มีความแข็งแรง และความแข็งสูงเป็นพิเศษ เพราะถูกพัฒนาให้ใช้กับงานอากาศยาน และอะลูมิเนียมอัลลอยด์ในประเภท 8000 สอดคล้องกับของระบบ Unified Numbering A98XXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการศึกษาและการสร้างระบบรวมแสงอาทิตย์โดยการประยุกต์ใช้จานดาวเทียม จะมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาระบบและอุปกรณ์รวมแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและการสร้างระบบรวมแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบและวิเคราะห์ระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม

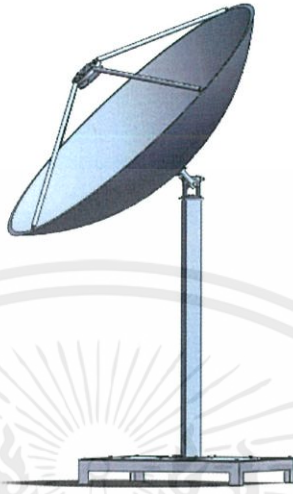
#### 3.1 การศึกษาระบบและอุปกรณ์รวมแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลา

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าระบบรวมแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลา จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ 3 ส่วนคือ ตัวรับและสะท้อนแสงอาทิตย์ ตัวรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และ ระบบติดตามดวงอาทิตย์ หลักการทำงานของระบบรวมแสงอาทิตย์ คือ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องมายังตัวรับ ตัวรับแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่สะท้อนและรวมแสงอาทิตย์ ไปยังตัวรับความร้อน

### 3.2 การออกแบบและการสร้างระบบรวมแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบระบบรวมแสงอาทิตย์

#### 3.2.1 ส่วนประกอบของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม

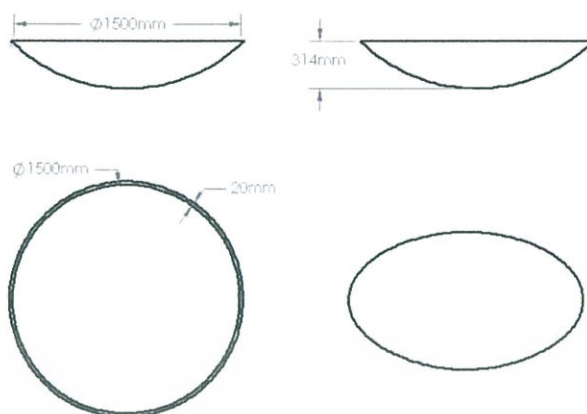
ระบบรวมแสงอาทิตย์โดยการประยุกต์ใช้จานดาวเทียมนั้นจะมีองค์ประกอบที่ต่างๆ สำคัญอยู่ด้วยกัน 4 ส่วน ดังนี้

1. ตัวรับแสงอาทิตย์ เป็นการประยุกต์ใช้จานดาวเทียมที่มีลักษณะเป็นจานรูปทรงพาราโบลา โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมชนิดมันวาวเป็นพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งตัวรับแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วย

##### 1. จานดาวเทียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการรูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบดาวเทียมให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



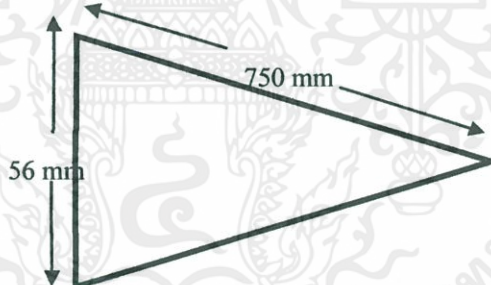
รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของงานดาวเทียม

ขนาดของงานดาวเทียม

เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของงานดาวเทียม 1500 mm

ความลึกหรือความสูงของงานดาวเทียม 314 mm

2. แผ่นอะลูมิเนียมสะท้อนแสง



รูปที่ 3.5 แสดงขนาดของแผ่นอะลูมิเนียมสะท้อนแสง

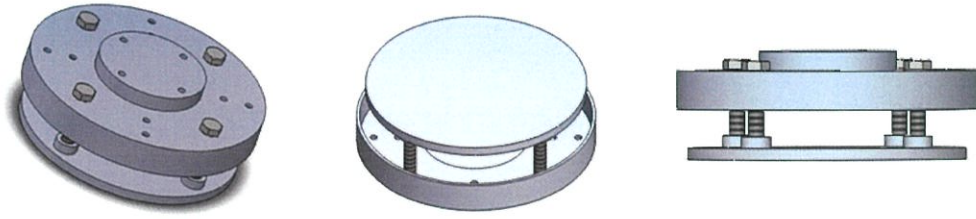
ขนาดของแผ่นอะลูมิเนียมสะท้อนแสง

ความยาวของแผ่นอะลูมิเนียม 750 mm

ความกว้างของแผ่นอะลูมิเนียม 56 mm

$$\text{พื้นที่รับรังสีของงานดาวเทียม} = \frac{\pi(150\text{cm})^2}{4} = 1761 \text{ cm}^2$$

2. ตัวรับความร้อน ทำจากแผ่นเหล็กไม่มีฉนวนหุ้มใดๆ โดยมีตัวยึดแผ่นเหล็กติดอยู่ด้านบน ซึ่งตัวยึดแผ่นเหล็กนั้นจะทำการเจาะรูด้านบนเพื่อสำหรับใส่เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ในการวัดค่าความร้อน



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบตัวรับความร้อน

ส่วนประกอบของตัวรับความร้อน

1. ตัวยึดแผ่นเหล็ก



รูปที่ 3.7 แสดงการออกแบบของตัวยึดแผ่นเหล็ก

รูปที่ 3.8 แสดงขนาดของตัวยึดแผ่นเหล็ก

ขนาดของตัวยึดแผ่นเหล็ก

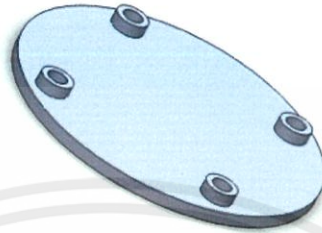
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของตัวยึดแผ่นเหล็กแผ่นบน	73 mm
ความหนาของตัวยึดแผ่นเหล็กแผ่นบน	10 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของตัวยึดแผ่นเหล็กแผ่นล่าง	160 mm
ความหนาของตัวยึดแผ่นเหล็กแผ่นล่าง	20 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

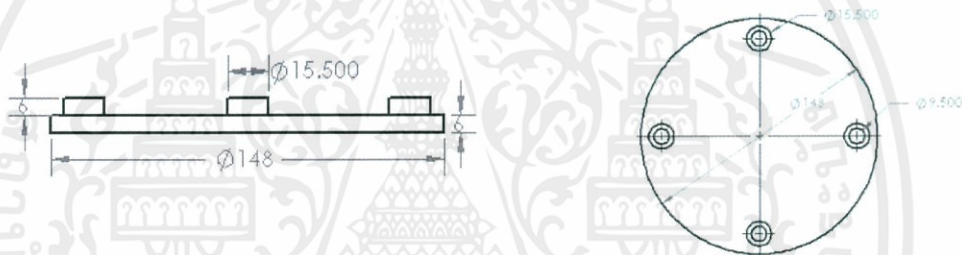
ความหนาโดยรวมของตัวยึดแผ่นเหล็ก

30 mm

## 2. แผ่นเหล็กรับความร้อน



รูปที่ 3.9 แสดงการออกแบบของแผ่นเหล็กรับความร้อน



รูปที่ 3.10 แสดงขนาดของแผ่นเหล็กรับความร้อน

ขนาดของแผ่นเหล็กรับความร้อน

เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเหล็ก 148 mm

ความหนาของแผ่นเหล็ก 6 mm

เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสำหรับใส่เทอร์โมคัปเปิล 15.5 mm

ความลึกหรือความสูงของรูสำหรับใส่เทอร์โมคัปเปิล 6 mm

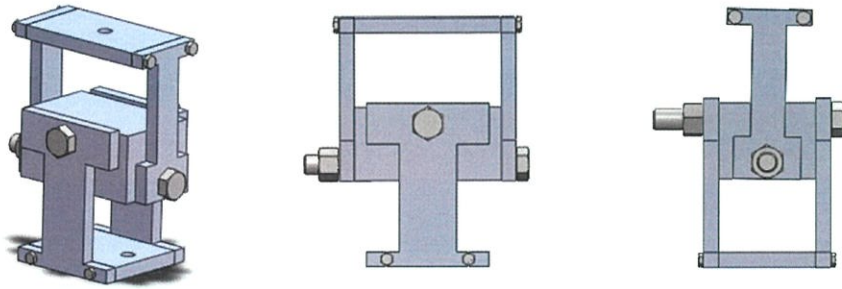
$$\text{พื้นที่รับความร้อนของแผ่นเหล็ก} = \frac{\pi(14.80)^2}{4} = 172 \text{ cm}^2$$

## 3. ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์ เป็นระบบที่ใช้ในการติดตามดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถติดตาม

ดวงอาทิตย์ได้ตลอดวัน โดยมีช่วงการใช้งานตั้งแต่ 0 องศา ในแนวราบ ถึง 90 องศา (Elevation

angle) ในแนวตั้ง และหมุนรอบตัวได้ถึง 180 องศา (Azimuth angle)

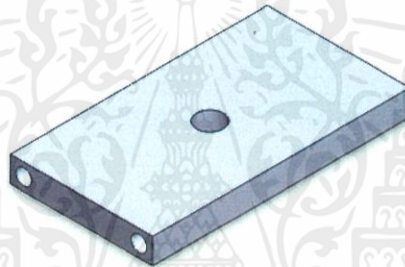
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตามจะไม่รับผิดชอบต่อการใช้งานเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



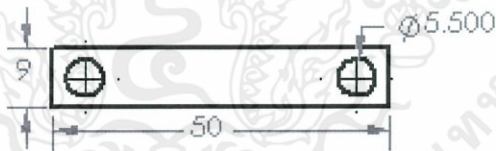
รูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบระบบหมุนตามดวงอาทิตย์

ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์ ประกอบไปด้วย

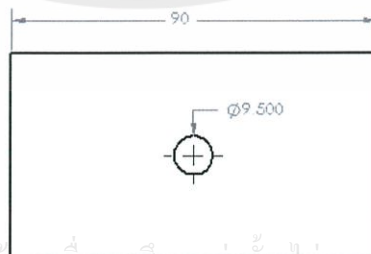
1. แผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม



รูปที่ 3.12 แสดงการออกแบบแผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม



(ก) แผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียมด้านข้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์ฯ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) แผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียมด้านบน

รูปที่ 3.13 แสดงขนาดของแผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม

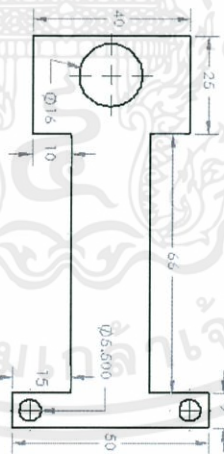
ขนาดของแผ่นเหล็กยึดติดกับจานดาวเทียม

รูป (ก) ความยาวของแผ่นเหล็ก	50 mm
ความหนาของแผ่นเหล็ก	9 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูนี้อต	5.5 mm
รูป (ข) ความยาวของแผ่นเหล็ก	90 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูนี้อต	9.5 mm

2. ขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X



รูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X



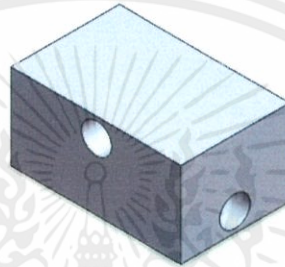
รูปที่ 3.15 แสดงขนาดของขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X

ขนาดของขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X

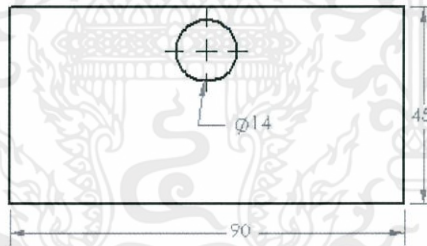
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ส่วนบน ความยาว 40 mm  
 ไม่ว่าจะฉีคใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ความกว้าง 25 mm  
 เส้นผ่านศูนย์กลางของนี้อต 16 mm

ส่วนล่าง	ความยาว	60 mm
	ความกว้าง	9 mm
	เส้นผ่านศูนย์กลางของน็อต	5.5 mm
	ความกว้างกึ่งกลาง	66 mm
	ความสูงโดยรวมของขาตั้งรูปตัว I	100 mm

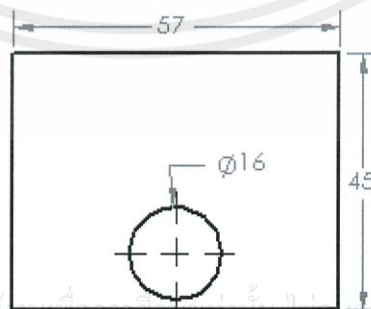
### 3. เหล็กแกนกลาง



รูปที่ 3.16 แสดงการออกแบบของเหล็กแกนกลาง



(ก) เหล็กแกนกลาง



(ข) เหล็กแกนกลาง

รูปที่ 3.17 แสดงขนาดของเหล็กแกนกลาง (ก)และ(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของเหล็กแกนกลาง

รูป (ก) ความยาว	90 mm
ความกว้าง	45 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูน็อต	14 mm
รูป (ข) ความยาว	57 mm
ความกว้าง	45 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูน็อต	16 mm

3. น็อตตัวที่ 1



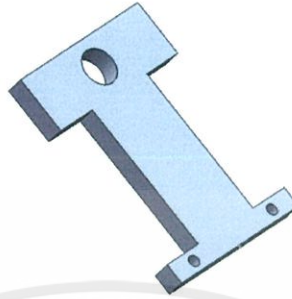
รูปที่ 3.18 แสดงการออกแบบของน็อตตัวที่ 1

รูปที่ 3.19 แสดงขนาดของน็อตตัวที่ 1

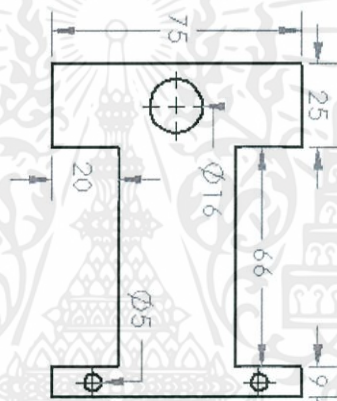
ขนาดของน็อตตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ความกว้างของหัวน็อต 4.563 mm  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ความยาวของน็อต mm

## 4. ขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X



รูปที่ 3.20 แสดงการออกแบบขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X



รูปที่ 3.21 แสดงขนาดของขาดังรูปตัว I สำหรับแกน X

ขนาดของขาดังรูปตัว I สำหรับแกน Y

ส่วนบน

ความยาว 75 mm

ความกว้าง 25 mm

เส้นผ่านศูนย์กลางของน็อต 16 mm

ส่วนล่าง

ความยาว 75 mm

ความกว้าง 9 mm

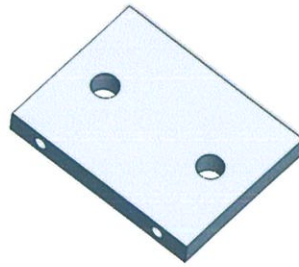
เส้นผ่านศูนย์กลางของน็อต 5.5 mm

ความกว้างกึ่งกลาง 66 mm

ความสูงโดยรวมของขาดังรูปตัว I 100 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. แผ่นเหล็กติดกับเสา



รูปที่ 3.22 แสดงการออกแบบแผ่นเหล็กติดกับเสา



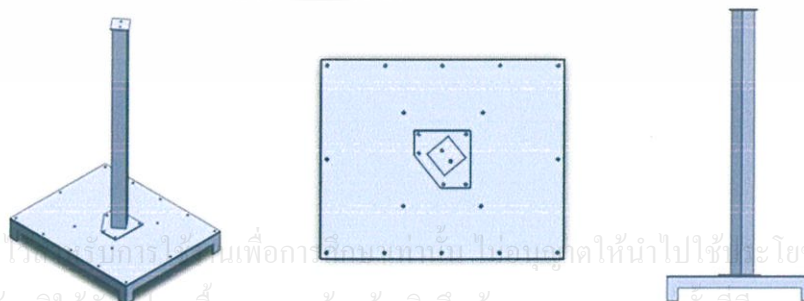
(ก) แผ่นเหล็กติดกับเสาด้านข้าง



(ข) แผ่นเหล็กติดกับเสาด้านบน

รูปที่ 3.23 ขนาดของแผ่นเหล็กติดกับเสา (ก)และ(ข)

4. เสาสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์ สร้างจากเหล็กและออกแบบมาเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลา

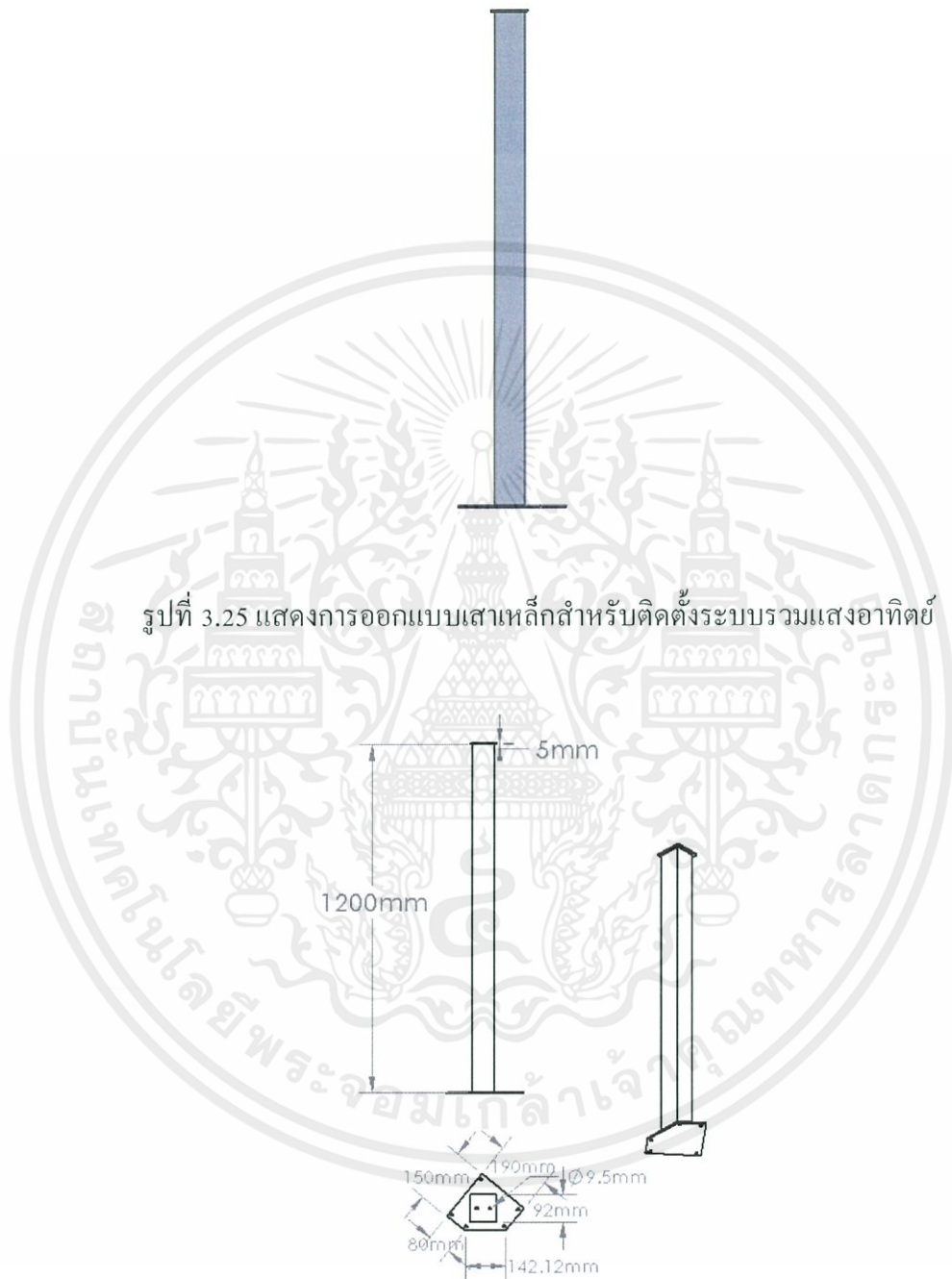


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 แสดงการออกแบบเสาสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์

เสาสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์ ประกอบไปด้วย

1. เสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.25 แสดงการออกแบบเสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์

รูปที่ 3.26 แสดงขนาดของเสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์

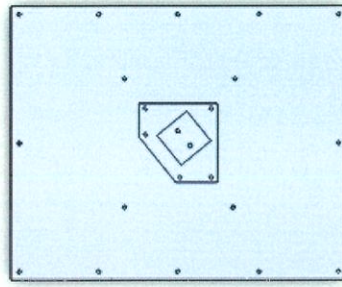
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ขนาดของเสาเหล็กสำหรับติดตั้งระบบรวมแสงอาทิตย์

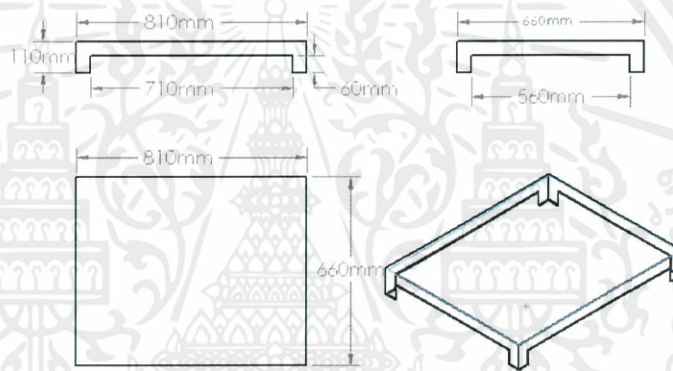
ความสูงของเสาเหล็ก 1200 mm

ความกว้างของเสาเหล็ก 5 mm

## 2. ฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.27 แสดงการออกแบบฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.28 แสดงขนาดของฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม

ขนาดของฐานเหล็กทรงสี่เหลี่ยม

ความยาวของฐานเหล็ก	810 mm
ความกว้างของฐานเหล็ก	660 mm
ความหนาของฐานเหล็ก	110 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม

#### 1. เลื่อยกลไฟฟ้า



รูปที่ 3.29 แสดงเลื่อยกลไฟฟ้า

#### 2. เครื่องเจาะ



รูปที่ 3.30 แสดงเครื่องเจาะ

#### 3. สว่านมือ



รูปที่ 3.31 แสดงสว่านมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. เครื่องเชื่อมด้วยอาร์คชนิดกระแสสลับ



รูปที่ 3.32 แสดงเครื่องเชื่อมด้วยอาร์คชนิดกระแสสลับ

#### 4. ลูกหนูหรือเครื่องเจียร



รูปที่ 3.33 แสดงภาพลูกหนูหรือเครื่องเจียร

#### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

1. เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ที่มีย่านการวัดตั้งแต่ 0 – 500 องศาเซลเซียส ต่อเข้าขั้วคอลเน็คเตอร์ร่วมกับเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380SD

2. เครื่อง THERMOMETER TM-947SD เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ multi channels ยี่ห้อ

Lutron ผลิตที่ประเทศไต้หวัน ใช้ทั้งการวัดอุณหภูมิโดยใช้กับเทอร์โมคัปเปิลได้ถึง 6 ชนิด มีช่องสำหรับต่อวัดจุดที่ต้องการวัดได้ 4 จุดแสดงผลอุณหภูมิบนหน้าจอพร้อมกัน มีฟังก์ชันบันทึกข้อมูลด้วย SD Card เครื่องนี้สามารถวัดอุณหภูมิในช่วงระหว่าง -100.0 – +1300.0 องศาเซลเซียส เมื่อใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

เครื่อง THERMOMETER MTM-380SD เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ multi channels ยี่ห้อ Lutron ผลิตที่ประเทศไต้หวัน ใช้ทั้งการวัดอุณหภูมิโดยใช้กับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K มีช่องสำหรับต่อวัดจุดที่ต้องการได้ 3 จุดแสดงผลอุณหภูมิบนหน้าจอพร้อมกัน มีฟังก์ชันบันทึกข้อมูลด้วย SD Card เครื่องนี้สามารถวัดอุณหภูมิในช่วงระหว่าง -100.0 – +1300.0 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.34 แสดงเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380S

### 3.3 การทดสอบระบบรวมรังสีแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม

#### 3.3.1 การทดสอบตำแหน่งของจุดโฟกัส

##### อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง โดยใช้หลอดไฟชนิดฮาโลเจนขนาด 220-240 โวลท์ 1,500 วัตต์ ยี่ห้อ VETO จำนวน 2 หลอด เนื่องจากหลอดไฟชนิดฮาโลเจน (Halogen Lamp) ที่มีไส้หลอดเป็นทังสเตน (Tungsten) ซึ่งจะทำให้ความเข้มแสงที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์จริง



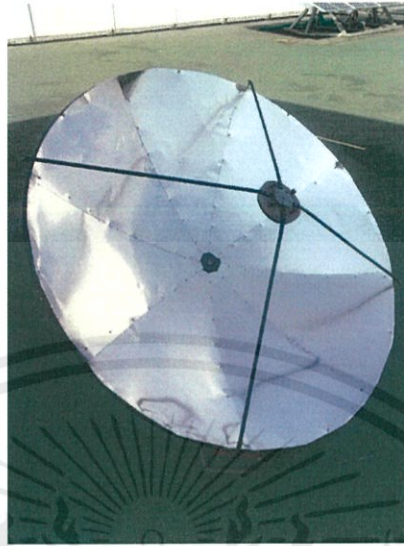
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ส

ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.35 แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง

## 2. จานดาวเทียมและตัวรับความร้อน



รูปที่ 3.36 จานดาวเทียมและตัวรับความร้อน

## 3. เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ร่วมกับเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380SD



รูปที่ 3.37 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ร่วมกับเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380SD

#### 4. เครื่อง Solar Power meter ทำการวัดความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง



รูปที่ 3.38 เครื่อง Solar Power meter

#### วิธีดำเนินการทดลอง

1. กำหนดจุดโฟกัสของจานดาวเทียมเพื่อกำหนดระยะทดสอบความยาวโฟกัสจากสมการ

$$f = \frac{D^2}{4h} \quad (1)$$

โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานดาวเทียม

h คือ ขนาดความสูงของจานดาวเทียม

2. กำหนดตำแหน่งวัดอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน
3. จัดอุปกรณ์เพื่อใช้ทดสอบระยะความยาวโฟกัส ตามภาพ
4. บันทึกอุณหภูมิบนตัวรับความร้อนทั้ง 7 จุด
5. ทำการทดลองซ้ำ โดยการเปลี่ยนระยะความยาวโฟกัส
5. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ

#### 3.3.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน

##### อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง
2. จานดาวเทียมและตัวรับความร้อน
3. เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ร่วมกับเครื่อง THERMOMETER TM-947SD และ THERMOMETER MTM-380SD
4. เครื่อง Solar Power meter ทำการวัดความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง

### วิธีการดำเนินการทดลอง

1. นำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากตอนที่ 4.1 มาวิเคราะห์
2. เปรียบอุณหภูมิที่อยู่ในตำแหน่งรัศมีเดียวกัน
3. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ

### 3.3.3 การทดสอบการทำงานของระบบการรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียม โดยทดสอบกับแสงอาทิตย์จริง

#### อุปกรณ์ในการทดสอบ



รูปที่ 3.39 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง a คือ เข็มทิศ , b คือ ไม้ครึ่งวงกลม , c คือ โพรานอมิเตอร์ , d คือ มัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**วิธีการทดสอบ**

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปรับตำแหน่งระยะจุดโฟกัสของอุปกรณ์ดูดซับความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ในตอน

#### 3.3.1

2. หาค่าตำแหน่งพิกัดละติจูด ลองจิจูดของสถานที่ทำงานทดลอง และคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน

3. ปรับระบบติดตามดวงอาทิตย์ตามมุมอะซิมูท มุมเซนนิทที่คำนวณได้ในช่วงเวลา 09.00 น.- 17.00 น. และทำการปรับมุมอะซิมูท และมุมเซนนิททุกๆ 15 นาที

4. บันทึกค่าความต่างศักย์ (mV) ที่อ่านได้จากไพรานอมิเตอร์

5. บันทึกค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) และอุณหภูมิมบนตัวรับความร้อน

6. นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟ เพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆของการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดสอบและวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ การทดสอบระยะความยาวโฟกัสด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน และ การทดสอบการทำงานของระบบรวมแสงอาทิตย์ด้วยจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์

#### 4.1 การทดสอบระยะความยาวโฟกัสด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง

##### 4.1.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

##### อุปกรณ์

1. หลอดไฟฮาโลเจน ขนาด 220 - 240 V 1500 W จำนวน 2 หลอด
2. จานดาวเทียมพร้อมกับอุปกรณ์ดูดซับความร้อน
3. เครื่องมือวัดความเข้มรังสี
4. เทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค
5. เทอร์โมมิเตอร์

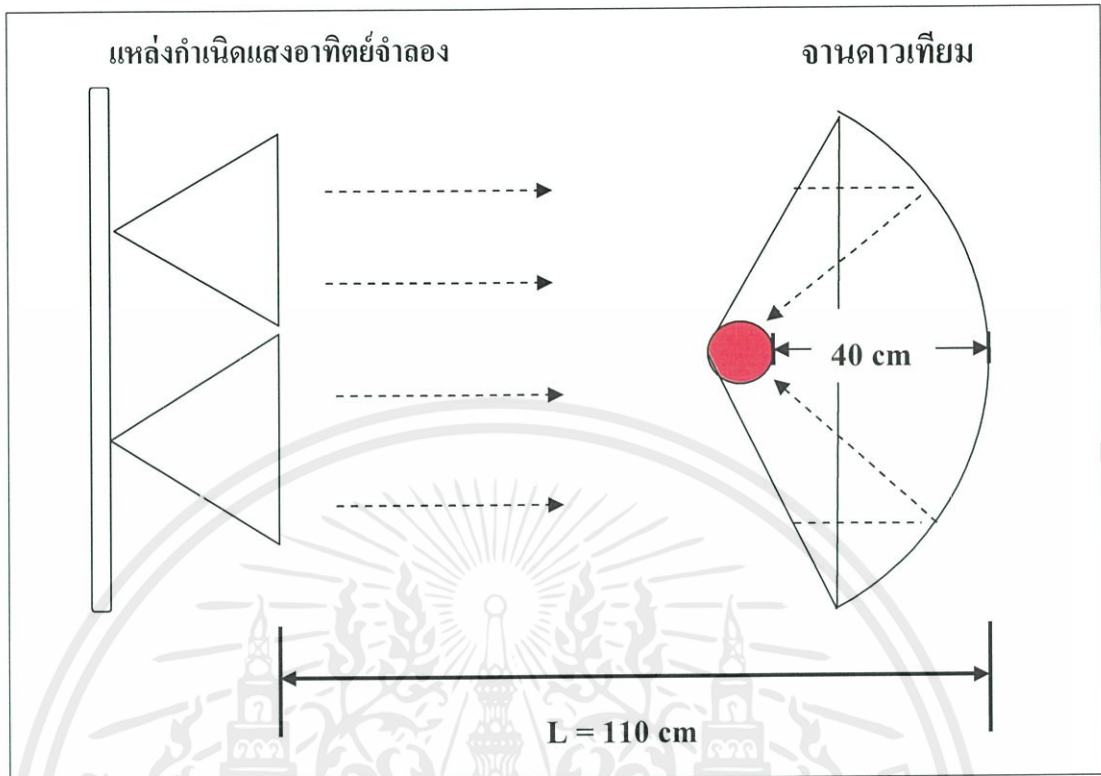
##### วิธีการทดสอบ

1. วางแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลองกับจานดาวเทียมให้ห่างกัน 110 cm และปรับระยะของตัวรับความร้อนให้ห่างจากจุดศูนย์กลางของจาน 40 cm
2. เปิดแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลองที่ให้ค่าความเข้มแสง  $330 \text{ W/m}^2$  ส่องไปยังตัวรับรังสีจานดาวเทียมและสะท้อนไปยังตัวรับความร้อน ตามรูปที่ 4.1
3. บันทึกอุณหภูมิทั้ง 7 จุด ( $T_1 - T_7$ ) บนตัวรับความร้อนตามตำแหน่งที่ติดหัววัดอุณหภูมิ ตามรูปที่ 4.2 ทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 60 นาที
4. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 - 3 โดยเปลี่ยนระยะของตัวรับความร้อนให้ห่างจากจุดศูนย์กลางของจานดาวเทียมเป็น 41, 42,... และ 50 cm ตามลำดับ
5. ทำการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิทั้ง 7 จุด ที่ระยะตัวรับความร้อนต่างๆ แล้วบันทึกผลในตารางที่

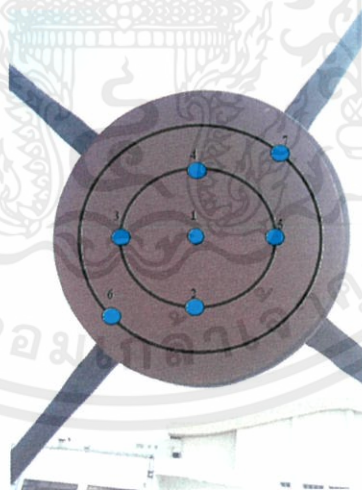
4.1

6. วิเคราะห์อุณหภูมิที่ได้ในระยะต่างๆของตัวรับความร้อนเพื่อหาระยะความยาวโฟกัสของจานดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้ให้เนื้อหาใช้ฟรีหรือเผยแพร่ในทางค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การจัดวางอุปกรณ์



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งการวางหัววัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 7 จุด บนตัวรับความร้อนที่ระยะตัวรับความร้อนต่างๆ

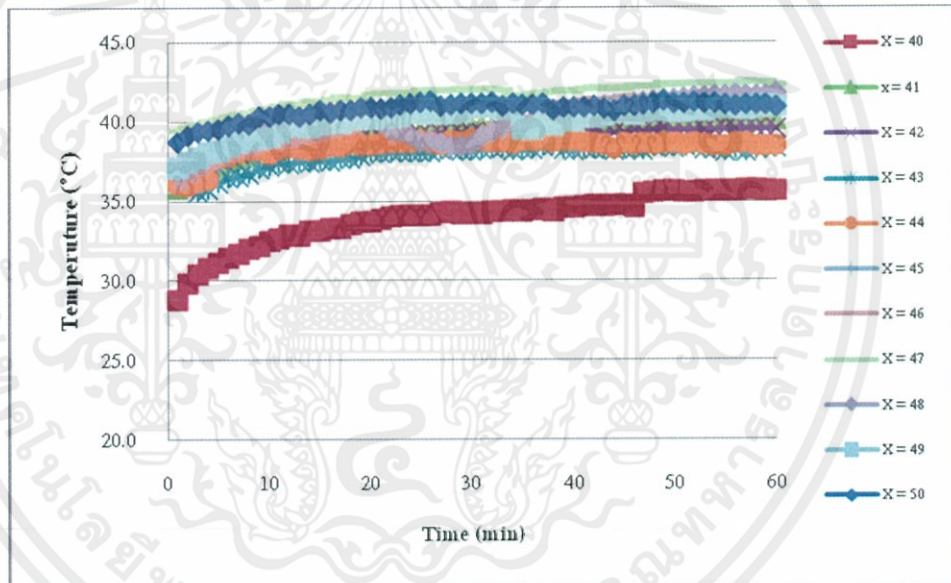
Time (min)	$T_{avg}$ (°C)										
	40 (cm)	41 (cm)	42 (cm)	43 (cm)	44 (cm)	45 (cm)	46 (cm)	47 (cm)	48 (cm)	49 (cm)	50 (cm)
1	28.8	35.8	36.9	36.5	36.0	37.23	36.0	39.5	36.8	37.1	38.7
2	29.8	36.1	37.0	36.7	36.0	37.24	36.5	39.7	37.1	37.5	39.2
3	30.4	36.4	37.2	35.6	36.2	37.44	36.9	39.8	37.5	37.7	39.4
4	30.8	36.8	37.4	35.7	36.4	37.69	37.2	40.0	37.9	38.1	39.5
5	31.1	37.1	37.7	36.2	37.7	38.00	37.5	40.2	38.3	38.2	39.5
6	31.4	37.4	37.9	36.5	37.8	38.23	37.7	40.3	38.6	38.5	39.8
7	31.7	37.7	38.0	36.6	38.1	38.47	38.0	40.5	38.9	38.7	39.9
8	32.0	37.7	38.1	36.7	38.2	38.64	38.2	40.6	39.1	38.9	39.8
9	32.2	37.9	38.2	37.0	38.2	38.79	38.4	40.7	39.4	38.9	40.3
10	32.5	38.2	38.3	37.2	38.0	39.01	38.5	40.8	39.5	39.0	40.3
11	32.7	38.3	38.5	37.4	38.3	39.23	38.6	41.0	39.8	39.3	40.5
12	32.9	38.4	38.6	37.3	38.4	39.41	38.7	41.1	40.0	39.7	40.5
13	32.8	38.5	38.7	37.5	38.3	39.54	38.8	41.1	40.2	39.7	40.4
14	33.2	38.6	38.7	37.4	38.2	39.70	38.9	41.3	40.3	39.7	40.5
15	33.2	38.7	38.7	37.6	38.3	39.77	39.1	41.2	40.5	39.9	40.8
16	33.3	38.8	38.8	37.5	38.4	39.89	39.2	41.4	40.7	40.1	40.6
17	33.3	39.0	38.9	37.7	38.5	40.13	39.3	41.5	40.7	39.9	40.8
18	33.6	39.1	39.0	37.7	38.6	40.17	39.5	41.5	40.6	40.1	40.7
19	33.7	39.3	38.9	37.8	38.6	40.21	39.7	41.5	40.4	40.2	40.9
20	33.7	39.2	38.9	38.0	38.6	40.46	39.8	41.7	40.3	40.2	40.9
21	33.9	39.3	39.1	38.0	38.6	40.60	39.9	41.8	39.9	40.4	40.8
22	34.0	39.4	39.1	38.0	38.7	40.57	40.0	41.8	39.5	40.3	40.9
23	34.1	39.4	39.1	38.1	38.8	40.69	40.1	41.8	39.4	40.3	41.1
24	34.1	39.5	39.1	38.1	38.8	40.69	40.3	41.8	39.1	40.5	41.2
25	34.1	39.4	39.2	38.1	38.8	40.70	40.3	41.9	38.7	40.5	41.2
26	34.1	39.6	39.1	38.1	38.7	40.70	40.5	42.0	38.8	40.5	41.3

27	34.3	39.7	39.3	38.2	38.6	40.63	40.5	41.9	38.6	40.7	41.0
28	34.3	39.6	39.2	38.2	38.8	40.64	40.6	41.9	38.5	40.5	41.1
29	34.2	39.7	39.3	38.1	38.7	40.67	40.5	42.0	38.5	40.6	41.1
30	34.3	39.7	39.3	38.1	38.9	40.74	40.6	41.9	38.6	40.8	41.1
31	34.2	39.8	39.3	38.3	38.8	40.71	40.8	42.0	39.0	40.9	41.2
32	34.4	39.7	39.4	38.3	38.7	40.61	41.0	42.0	39.4	40.9	41.2
33	34.3	39.8	39.5	38.3	38.7	40.59	41.0	42.0	39.6	40.7	41.0
34	34.4	39.8	39.4	38.1	38.7	40.66	41.1	41.5	39.8	40.8	41.2
35	34.4	39.8	39.3	38.3	38.8	40.69	41.1	41.6	39.9	39.5	41.0
36	34.4	39.8	39.5	38.3	38.8	40.77	41.1	41.7	40.1	39.6	41.0
37	34.5	39.9	39.5	38.4	38.8	40.63	41.1	41.8	40.2	39.9	41.1
38	34.4	40.0	39.5	38.5	38.7	40.67	41.1	41.9	40.4	39.8	40.7
39	34.6	39.9	39.4	38.2	38.8	40.60	41.2	41.9	40.6	40.1	40.9
40	34.6	39.9	39.3	38.2	38.8	40.49	41.2	41.9	40.8	40.0	40.9
41	34.7	40.0	39.5	38.3	38.8	40.59	41.4	42.1	40.8	40.2	40.9
42	34.8	39.9	39.4	38.3	38.7	40.49	41.3	42.1	40.9	40.3	41.0
43	34.7	39.8	39.2	38.2	38.6	40.49	41.4	42.0	41.0	40.4	40.9
44	34.7	39.9	39.3	38.1	38.3	40.47	41.5	42.1	41.1	40.5	40.7
45	34.8	39.9	39.3	38.3	38.6	40.53	41.5	42.0	41.1	40.6	41.0
46	34.6	40.0	39.5	38.2	38.5	40.61	41.5	42.2	41.1	40.4	41.0
47	35.5	40.0	39.4	38.2	38.6	40.53	41.5	42.2	41.2	40.6	41.1
48	35.5	40.1	39.5	38.4	38.6	40.59	41.5	42.2	41.3	40.8	41.2
49	35.6	40.0	39.6	38.4	38.7	40.60	41.4	42.3	41.4	40.6	41.3
50	35.7	40.1	39.4	38.3	38.6	40.59	41.4	42.3	41.4	40.6	41.2
51	35.6	40.1	39.5	38.5	38.6	40.59	41.5	42.3	41.5	40.6	41.2
52	35.6	40.0	39.4	38.4	38.6	40.60	41.5	42.4	41.6	40.6	41.2
53	35.6	40.0	39.5	38.2	38.5	40.67	41.6	42.4	41.6	40.7	41.1
54	35.7	40.1	39.4	38.3	38.5	40.66	41.6	42.4	41.6	40.9	41.1
55	35.6	40.1	39.5	38.1	38.4	40.74	41.5	42.4	41.7	40.9	41.1
56	35.6	39.9	39.6	38.2	38.7	40.76	41.6	42.4	41.7	40.9	41.0
57	35.7	39.9	39.5	38.1	38.6	40.76	41.7	42.5	41.7	40.7	41.1

58	35.7	40.1	39.5	38.2	38.5	40.83	41.6	42.5	41.6	40.9	41.0
59	35.7	40.1	39.5	38.3	38.5	40.90	41.5	42.4	41.7	41.0	41.0
60	35.7	40.1	39.5	38.3	38.5	40.93	41.5	42.3	41.8	40.9	40.9

#### 4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบระยะความยาวโพกัสของตัวรับความร้อนที่ระยะตัวรับความร้อน 40, 41, ..., และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ ด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง ตลอดการทดสอบจะวัดและเก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนตัวรับความร้อนทั้ง 7 จุด โดยใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อนำผลการทดสอบระหว่างระยะตัวรับความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 7 จุดบนตัวรับความร้อนจากตารางที่ 4.1 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะตัวรับความร้อนกับอุณหภูมิจะได้กราฟดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตัวรับความร้อนกับอุณหภูมิเฉลี่ยบนตัวรับความร้อน ในเวลา 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าอุณหภูมิต่างกันแต่ระยะของตัวรับความร้อนที่ 47 เซนติเมตร ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 41.6 องศาเซลเซียส ดังนั้นที่ระยะตัวรับความร้อนเท่ากับ 47 เซนติเมตรเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นระยะความยาวโพกัสของจานดาวเทียมที่ใช้ในการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนอุปกรณ์ดูดซับความร้อน

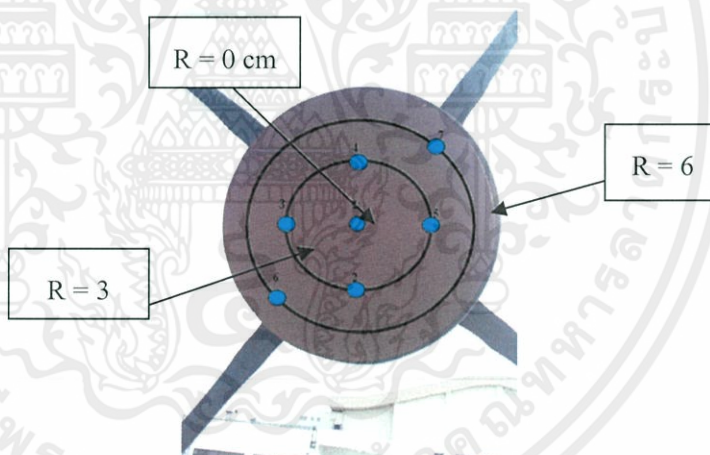
### 4.2.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

#### อุปกรณ์

1. หลอดไฟฮาโลเจน ขนาด 220-240 V 1500 W จำนวน 2 หลอด
2. จานดาวเทียมพร้อมกับตัวรับความร้อน
3. เครื่องมือวัดความเข้มรังสี
4. เทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค
5. เทอร์โมมิเตอร์

#### วิธีการทดสอบ

1. นำค่ารัศมีอุณหภูมิทั้ง 7 จุด ที่ระยะความยาวโฟกัสที่เหมาะสมในตอนต้นที่ 4.1
2. นำค่าอุณหภูมิที่อยู่ในรัศมีเดียวกันตามรูปที่ 4.4 มาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผลในตารางที่ 4.2
3. วิเคราะห์ค่าที่ได้ เพื่อหาการกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน



รูปที่ 4.4 ระยะการวางหัววัดอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน

ตารางที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับความร้อนที่ระยะรัศมี (R) เท่ากับ 0, 3 และ 6 cm

Time (min)	$T_{avg}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )		
	R = 0 cm	R = 3 cm	R = 6 cm
1	51.5	42.4	27.7
2	52.3	42.5	27.7
3	52.7	42.7	27.7
4	53.4	42.8	27.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารฉบับนี้ที่มีการนำไปใช้

5	54.0	43.0	27.7
6	54.6	43.1	27.7
7	55.1	43.3	27.7
8	55.4	43.4	27.6
9	55.7	43.5	27.8
10	56.3	43.6	27.7
11	56.9	43.6	27.8
12	57.3	43.8	27.8
13	57.4	43.7	27.8
14	57.9	43.9	27.9
15	58.1	43.8	27.8
16	58.2	44.0	27.8
17	58.6	44.1	27.8
18	58.6	44.1	27.7
19	58.6	44.1	27.7
20	59.4	44.4	27.7
21	59.9	44.4	27.7
22	59.8	44.4	27.7
23	59.9	44.4	27.7
24	59.8	44.4	27.7
25	60.1	44.5	27.7
26	60.3	44.6	27.7
27	60.3	44.5	27.7
28	60.3	44.5	27.7
29	60.5	44.6	27.7
30	60.5	44.5	27.7
31	60.9	44.6	27.6
32	60.8	44.5	27.6
33	61.1	44.4	27.6
34	60.9	43.7	27.6
35	61.0	43.8	27.7

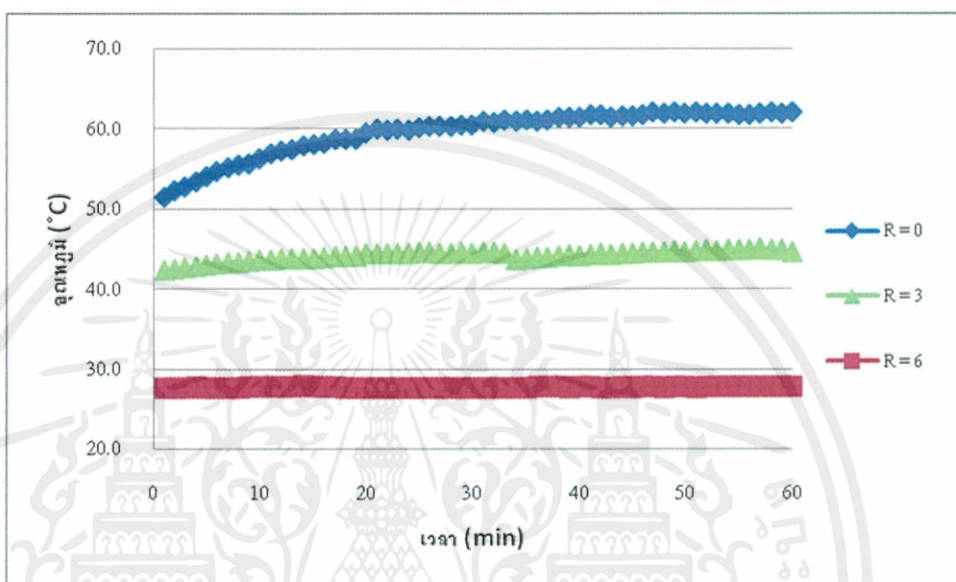
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากคณะที่มีกรรมการนำไปใช้

36	60.9	43.9	27.7
37	61.0	44.0	27.7
38	61.4	44.1	27.7
39	61.4	44.2	27.7
40	61.4	44.1	27.7
41	61.7	44.3	27.7
42	61.7	44.4	27.7
43	61.4	44.3	27.7
44	61.5	44.5	27.7
45	61.5	44.4	27.7
46	61.7	44.5	27.7
47	62.0	44.5	27.7
48	61.8	44.6	27.7
49	62.0	44.8	27.7
50	61.8	44.7	27.7
51	62.1	44.8	27.7
52	61.8	44.9	27.7
53	61.9	44.8	27.7
54	61.9	44.9	27.7
55	61.7	44.9	27.7
56	61.7	44.9	27.7
57	61.9	45.0	27.7
58	62.0	45.0	27.7
59	61.9	44.9	27.7
60	62.0	44.7	27.7

#### 4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวดูดซับความร้อนจะนำอุณหภูมิที่วัดได้ในการทดลองที่ 4.1 ทั้ง 7 จุดที่มีรัศมีเดียวกันจากศูนย์กลางบนแผ่นดูดซับอุณหภูมิมาเฉลี่ย เพื่อให้ทราบว่ารูปทรงการกระจายตัวของอุณหภูมิเป็นอย่างไร จุดรัศมีที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีด้วยกันไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแบ่งลงเนื้อที่และต้องอ้างอิงถึงเงื่อนไขของเอกสารที่กล่าวถึงทั้งหมด 3 จุด ตามรูปตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบนอุปกรณ์ดูดซับความร้อนในตอนที 4.1 ผล

การกระจายตัวของอุณหภูมิจะเป็นไปตามรูปที่ 4.4 จากรูปจะพบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิตั้งแต่จุดศูนย์กลางของตัวรับความร้อนมีการกระจายตัวไม่เปลี่ยนแปลงมาก โดยอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของตัวรับความร้อนมีการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นจุดที่เหมาะสมสำหรับวัดอุณหภูมิของตัวรับความร้อนคือตำแหน่งของหัววัดที่อุณหภูมิ T<sub>1</sub> ซึ่งอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวรับความร้อน



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของอุณหภูมิตั้งแต่จุดศูนย์กลางของตัวรับความร้อนที่ระยะความยาวโฟกัส 47 เซนติเมตร

### 4.3 การทดสอบการทำงานของระบบการรวมแสงของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์

#### 4.3.1 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

##### อุปกรณ์

1. เซ็มทิส
2. ไม้ครั่งวงกลม
3. ไพรานอมิเตอร์
4. มัลติมิเตอร์
5. เทอร์โมมิเตอร์กับเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการทดสอบ

1. ปรับตำแหน่งระยะจุดโฟกัสของอุปกรณ์ตัวรับความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 4.1
2. กำหนดมุมต่างๆ ของดวงอาทิตย์ และบันทึกค่ามุมที่คำนวณได้ลงในตารางที่ 4.3
3. ปรับระบบติดตามดวงอาทิตย์ตามมุมอะซิมูท มุมเซนนิทที่คำนวณได้ในช่วงเวลา 09.00 น. - 17.00 น. ของแต่ละวัน ตามตารางที่
4. บันทึกค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) และอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน จากการทดสอบในตอนต้นที่ 4.2 ทุกๆ 15 นาที ลงในตารางที่ 4.3
5. บันทึกค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จากเครื่องไพรานอมิเตอร์ ลงในตารางที่ 4.3
6. ทำการปรับมุมอะซิมูททุกๆ 15 นาที
7. วิเคราะห์อุณหภูมิที่ได้จากการรวมแสงของจานดาวเทียม

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการทำงานของจานดาวเทียมวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557

เวลา	มุม (องศา)		V (mV)	I (W/m <sup>2</sup> )	T (°C)	
	Zenith	Azimuth			T <sub>0</sub>	T <sub>ab</sub>
09.00	54.0	53.3	2.0	392.2	22.9	42.8
09.15	53.4	52.7	2.3	451.0	23.1	57.5
09.30	52.3	50.0	2.5	490.2	25.2	95.0
09.45	49.9	47.1	2.7	529.4	26.3	143.6
10.00	47.3	43.9	2.9	568.6	26.6	157.4
10.15	44.9	40.3	3.0	588.2	27.1	164.7
10.30	42.7	36.3	3.3	647.1	28.5	188.1
10.45	40.6	31.9	3.3	647.1	27.8	168.0
11.00	38.8	27.1	3.5	686.3	28.8	176.9
11.15	37.3	21.9	3.8	745.1	29.8	176.4
11.30	36.2	16.4	4.1	803.9	31.2	157.5
11.45	35.3	10.5	4.0	784.3	31.8	154.1
12.00	34.9	4.3	4.1	803.9	32.2	171.0
12.15	34.8	1.9	4.2	823.5	32.1	158.8
12.30	35.1	8.0	4.3	843.1	34.1	209.0

12.45	35.8	14.0	4.3	843.1	33.2	168.9
13.00	36.8	19.2	4.3	843.1	32.8	206.8
13.15	38.2	25.1	4.0	784.3	33.1	176.9
13.30	39.9	30.1	4.0	784.3	32.4	194.6
13.45	41.8	34.6	3.9	764.7	32.5	192.3
14.00	44.0	38.7	3.9	764.7	34.7	192.6
14.15	46.3	42.5	3.7	725.5	34.1	208.2
14.30	48.8	45.8	3.4	666.7	32.5	207.8
14.45	51.5	48.9	3.3	647.1	36.2	219.9
15.00	54.3	51.7	3.3	647.1	33.4	148.4
15.15	57.2	54.1	3.0	588.2	32.3	145.2
15.30	60.1	56.4	2.7	529.4	33.9	187.5
15.45	63.2	58.5	2.5	490.2	33.6	187.7
16.00	66.3	60.3	2.2	431.4	33.4	181.5
16.15	69.4	62.1	1.8	352.9	33.3	167.0
16.30	72.7	63.6	1.6	313.7	31.9	153.4
16.45	75.9	65.1	1.2	235.3	31.9	140.2
17.00	79.2	66.4	1.0	196.1	29.7	116.2

ตารางที่ 4.4 ผลการความเข้มแสงและอุณหภูมิบนตัวรับความร้อนของวันที่ 23 , 24 , 28 และ 30 มกราคม พ.ศ. 2557

23 Jan 57			24 Jan 57			28 Jan 57			30 Jan 57		
I (W/m <sup>2</sup> )	T (°C)		I (W/m <sup>2</sup> )	T (°C)		I (W/m <sup>2</sup> )	T (°C)		I (W/m <sup>2</sup> )	T (°C)	
	T <sub>0</sub>	T <sub>ab</sub>		T <sub>0</sub>	T <sub>ab</sub>		T <sub>0</sub>	T <sub>ab</sub>		T <sub>0</sub>	T <sub>ab</sub>
235.29	21.0	36.7	431.37	23.2	67.0	411.76	27.3	53.5	392.16	26.5	57.2
254.90	21.7	39.2	450.98	24.5	88.6	470.59	27.5	72.6	470.59	27.5	73.9
274.51	22.2	57.4	490.20	24.4	117.0	529.41	27.9	104.8	509.80	28.3	91.6
294.12	23.0	64.0	549.02	26.3	132.5	568.63	28.0	115.0	568.63	28.7	100.9
333.33	23.9	70.2	607.84	25.8	123.1	607.84	28.5	128.7	588.24	29.3	105.2
352.94	23.1	84.2	666.67	26.9	154.0	647.06	29.2	119.0	607.84	30.1	115.5

372.55	24.4	97.5	686.27	26.9	128.7	686.27	30.0	120.1	686.27	31.4	125.7
392.16	25.2	85.3	725.49	28.8	154.0	725.49	30.7	108.0	725.49	31.4	132.4
431.37	26.3	99.1	764.71	29.9	169.4	764.71	31.6	147.4	764.71	31.7	168.7
529.41	26.0	102.0	803.92	29.3	149.8	784.31	30.2	155.0	784.31	33.4	157.4
568.63	28.1	83.3	823.53	30.6	149.2	823.53	31.6	128.6	823.53	34.1	180.8
568.63	27.3	85.4	843.14	31.4	176.5	843.14	32.6	140.9	843.14	33.4	185.4
588.24	28.8	108.5	843.14	32.6	175.3	862.75	33.0	140.0	843.14	33.9	182.5
568.63	27.1	112.5	862.75	30.9	159.4	862.75	32.4	128.3	843.14	34.2	185.4
588.24	28.7	101.5	843.14	31.8	153.9	882.35	33.6	121.2	882.35	34.6	195.0
686.27	29.2	72.3	882.35	32.2	185.9	862.75	33.6	135.5	882.35	35.1	198.3
784.31	30.1	93.8	843.14	31.5	142.1	843.14	34.6	138.1	882.35	35.6	182.7
803.92	29.4	141.6	803.92	30.9	163.4	843.14	34.7	135.0	843.14	35.1	175.4
784.31	28.3	141.9	803.92	32.2	174.3	823.53	31.0	178.9	843.14	36.7	168.9
705.88	30.4	134.1	764.71	31.9	168.2	803.92	34.2	166.1	803.92	35.6	165.2
745.10	29.1	131.1	745.10	31.3	168.5	764.71	36.9	166.7	784.31	36.8	154.7
705.88	30.1	139.0	607.84	33.7	160.1	745.10	35.0	181.3	745.10	35.4	145.5
686.27	29.4	137.3	647.06	31.1	162.5	686.27	35.6	189.7	705.88	36.6	133.0
666.67	30.8	155.2	607.84	32.4	153.4	666.67	35.7	183.3	705.88	35.4	133.3
568.63	31.2	149.1	549.02	31.8	160.3	647.06	36.6	199.8	666.67	35.8	128.9
392.16	29.4	139.1	509.80	31.6	198.9	607.84	33.6	186.7	627.45	35.9	126.4
333.33	27.4	103.6	490.20	30.7	144.2	549.02	34.0	178.1	549.02	35.3	133.8
509.80	28.0	110.9	431.37	30.8	86.2	470.59	35.6	187.6	490.20	34.3	126.9
313.73	27.6	103.0	372.55	30.6	81.4	431.37	34.1	145.0	431.37	33.7	136.0
254.90	27.4	81.3	313.73	29.4	67.1	392.16	34.1	133.5	392.16	33.2	115.7
176.47	26.2	55.4	274.51	28.8	65.3	313.73	32.6	115.6	333.33	33.8	119.7
235.29	26.6	56.9	215.69	28.8	61.6	254.90	33.0	108.5	274.51	32.9	115.1
176.47	25.5	57.4	156.86	27.1	56.7	196.08	33.4	98.7	215.69	32.1	98.7

#### 4.3.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

##### 1. การคำนวณหาค่ามุมต่างๆ ของดวงอาทิตย์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่ามุมZenith

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (1)$$

$$\text{เมื่อ } \delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365}\right)(284 + d) \quad \phi = 13.72^\circ$$

การหามุมอัลติจูด

$$\text{มุมอัลติจูด} = 90 - \text{มุมZenith} \quad (2)$$

การหาค่ามุมอะซิมูท

$$\cos_{AZ} = \frac{\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cos \phi} \quad (3)$$

ตัวอย่าง หาค่ามุมZenithและมุมอะซิมูท ของวันที่ 25 มกราคม 2557 เวลา 09.00 น.

1) หามุมZenith จากสมการ (1)

$$\begin{aligned} \cos \theta_z &= \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \\ &= \sin(-19.2636) \sin(13.72) + \cos(-19.2636) \cos(13.72) \cos(43.5) \\ &= 0.5869742111 \text{ องศา} \end{aligned}$$

$$\cos^{-1} = 54.05741825 \text{ องศา}$$

2) หามุมอัลติจูด จากสมการ (2)

$$\begin{aligned} \text{มุมอัลติจูด} &= 90 - \text{มุมZenith} \\ &= 90 - 54.0574 \\ &= 35.9426 \text{ องศา} \end{aligned}$$

3) หามุมอะซิมูท จากสมการ (3)

$$\begin{aligned} \cos_{AZ} &= \frac{\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cos \phi} \\ &= \frac{\sin(35.9426) \sin(13.72) - \sin(-19.2636)}{\cos(35.9426) \cos(13.72)} \\ &= 0.5964768718 \text{ องศา} \end{aligned}$$

$$\cos^{-1} = 53.3820133 \text{ องศา}$$

2. การคำนวณหาค่าความเข้มแสง

เนื่องจากค่าที่วัดได้ได้จากไพรานอมิเตอร์เป็นค่าความต่างศักย์ จึงต้องมีการเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ให้เป็นค่าความเข้มแสง โดยใช้สมการ

$$\text{ความเข้มแสง (I) (W/m}^2\text{)} = \frac{\text{ค่าความต่างศักย์ (mV)}}{\text{ค่าคงที่การสอบเทียบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ค่าคงที่การสอบเทียบของไพรานอมิเตอร์ (pyranometer) มีค่าเท่ากับ  $5.10 \times 10^{-6} \text{ V/W/m}^2$

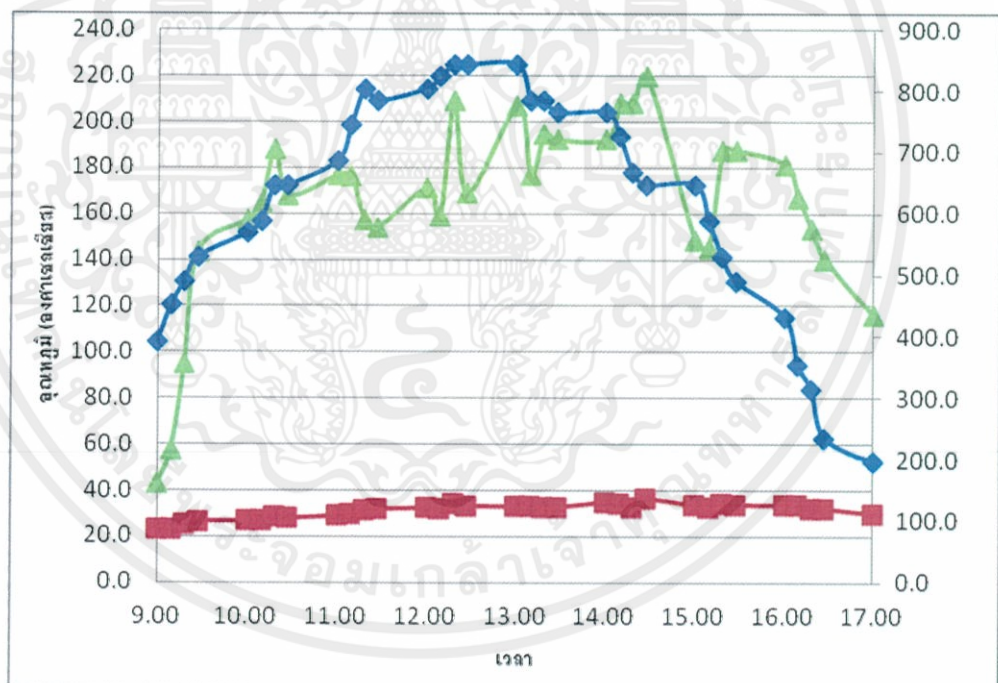
ตัวอย่างการคำนวณ

วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557 เวลา 09.00 น. วัดค่าความต่างศักย์จากไพรานอมิเตอร์ได้ 2.0 mV

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มแสง (I) (W/m}^2\text{)} &= \frac{2 \times 10^{-3} \text{ V}}{5.10 \times 10^{-6} \text{ V/W/m}^2} \\ &= 392.20 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

3. วิเคราะห์อุณหภูมิที่ได้จากรวมแสงของจานดาวเทียม

การทดสอบใช้สถานที่ทำการทดลองคือ บริเวณศาลฟ้า ตึกจุฬารัตน์วลัยลักษณ์ ๑ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4.3 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง (I) , อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของตัวรับความร้อน ( $T_{ab}$ ) และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) ต่อช่วงเวลาทุกๆ 15 นาที ที่ระยะความยาวโฟกัส 47 ซม. ตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557 จะได้กราฟตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของความเข้มแสง (I) , อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของตัวรับความร้อน ( $T_{ab}$ )

และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) ต่อช่วงเวลาทุกๆ 15 นาที ที่ระยะความยาวโฟกัส 47 ซม.

ตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าอุณหภูมิตั้งรับความร้อนและความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงเวลา 09.00 น. ถึง 13.00 น. หลังจากนั้นความเข้มรังสีก็ค่อยๆลดลง ส่วนอุณหภูมิตั้งรับความร้อน

ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงชั้นลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้าของบริเวณที่ทำการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมีความร้อนมีค่าเท่ากับ 219.9 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.45 น. และจากข้อมูลผลการวัดความเข้มแสงและอุณหภูมิตัวรับความร้อนในแต่ละวันจากรายการที่ 4.4 จะเห็นว่าอุณหภูมิที่วัดได้สามารถนำไปเป็นประโยชน์ในรูปแบบการประกอบอาหารหรือใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไปได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดสอบนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้จานดาวเทียมเพื่อการรวมแสงอาทิตย์ ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ตอนด้วยกันคือ การทดสอบระยะความยาวโฟกัสด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิบนตัวรับความร้อน และการทดสอบการทำงานของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่า

การทดสอบระยะความยาวโฟกัสของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์จำลอง จะได้ระยะความยาวโฟกัสที่เหมาะสมสำหรับจานดาวเทียมที่ใช้ในการทดลองที่ระยะความยาวโฟกัส 47 เซนติเมตร ให้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 41.6 องศาเซลเซียส และพบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิตัวรับความร้อนที่ระยะความยาวโฟกัส 47 เซนติเมตร มีการกระจายตัวของอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยอุณหภูมิที่ตำแหน่งกึ่งกลางของอุปกรณ์ดูดซับความร้อนมีการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิบนตัวรับความร้อนคือ ตำแหน่งกึ่งกลางของอุปกรณ์ดูดซับความร้อน

การทดสอบการทำงานของจานดาวเทียมด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ จะได้ว่าจานดาวเทียมมีการรับและสะท้อนแสงไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งการสะท้อนแสงของจานดาวเทียมจะเป็นการรวมแสงอาทิตย์ให้มีความเข้มแสงมากขึ้นและมีการปรับให้จานดาวเทียมเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ส่งผลให้อุณหภูมิของอุปกรณ์ดูดซับความร้อนมีค่าอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้บนอุปกรณ์ดูดซับความร้อนมีค่าเท่ากับ 219.9 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.45 น.

จากผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้นสามารถนำอุณหภูมิที่วัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร หรือ ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

### 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบ เนื่องจากแสงอาทิตย์ในแต่ละวันนั้นจะมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอนเพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของแต่ละวันที่ทำการทดลอง

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการวัดอุณหภูมิควรติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกับตัวรับความร้อนให้แข็งแรง ทนต่อสภาพอากาศ

เพราะเวลาทำการทดลองค่าความเร็วมอาจมีค่ามาก ซึ่งทำให้หัววัดหลุดออกจากตัวรับความร้อน  
ได้ ในการติดตั้งส่วนของตัวรับรังสีควรติดตั้งให้แข็งแรงทนทาน

2. ควรเพิ่มความแข็งแรงของฐานให้มีความมั่นคงมากขึ้นกว่าเดิม โดยเลือกวัสดุที่มีน้ำหนักมากมา  
ทำเป็นฐาน

3. ควรเลือกวันทำการทดลองที่ท้องฟ้าโปร่ง ความเร็วลมน้อย เพื่อการวัดอุณหภูมิบนอุปกรณ์ดูดซับ  
จะได้มีค่าสูงขึ้นด้วย

4. สามารถเปลี่ยนวัสดุที่ใช้เป็นตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เป็น วัสดุชนิดอื่นได้ และวัสดุที่ใช้ควรมีค่าการ  
สะท้อนแสงสูงๆ มีลักษณะมันวาว เพื่อที่จะช่วยให้การสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ผ่องศรี ศิวราศักดิ์.การถ่ายโอนความร้อน.กรุงเทพฯ. ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น, 2551.
- [2] สมโภชน์ อัมเอบ.เทคโนโลยีความร้อน.กรุงเทพฯ.ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2531.
- [3] [Online].Available: <http://th.wikipedia.org/>
- [4] [Online].Available: [http://www.nakhamwit.ac.th/pingpong\\_web/Light.htm](http://www.nakhamwit.ac.th/pingpong_web/Light.htm)
- [5][Online].Available: <http://www.thaispaceweather.com/IHY/Sun/Sun.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้