

## บทที่ 2

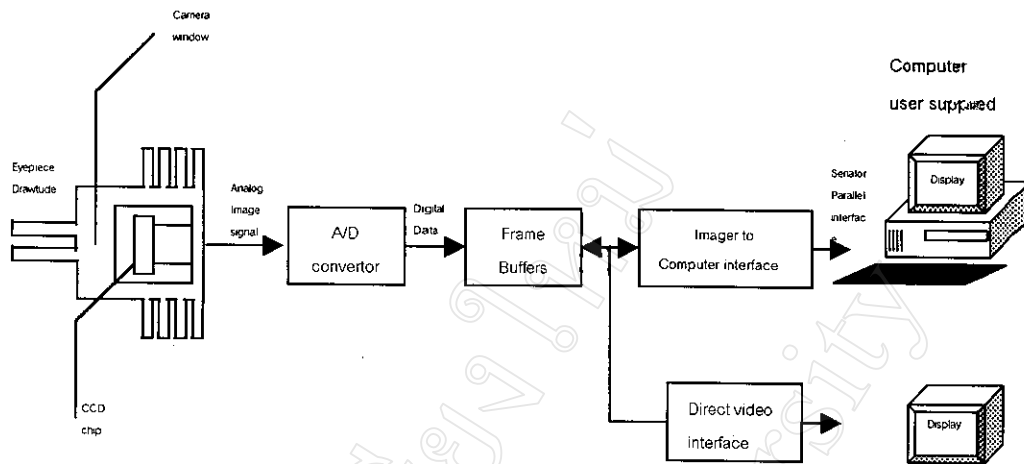
### ทฤษฎี

กล้องโทรทรรศน์เป็น อุปกรณ์อย่างหนึ่งที่มีความสำคัญในวิชาดาราศาสตร์ การที่จะสามารถมองเห็นและบันทึกรายละเอียดของวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกล ๆ ได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยกล้องดูดาวในการมอง การคำนวณหาความยาวโฟกัสของกล้องโทรทรรศน์จากกล้องที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งมีความกว้างหน้ากล้อง 11 นิ้ว อัตราส่วนโฟกัส  $f/10$  และต่อเลนส์ อัตราส่วนโฟกัส  $f/6.3$  ดังนั้น ความยาวโฟกัสจะลดลง คำนวณหาความยาวโฟกัสสุทธิได้ 1760.22 มิลลิเมตร คำนวณหาภาพที่เกิดจากความยาวโฟกัส (Field of View) ดังนั้น 1 रेเดียนเท่ากับ 206265 พิลิปดา ระยะห่างบนฟิล์ม 1 มิลลิเมตร รองรับมุม 206265/f พิลิปดา

Plate Scale = 117.1813 พิลิปดาต่อมิลลิเมตร

#### 2.1 ระบบซีซีดีโฟโตมิเตอร์

หลักการสำคัญทาง ซีซีดี โฟโตเมตรี นั้น เมื่อแสงจากวัตถุท้องฟ้าตกกระทบบน CCD chip ซึ่งทำด้วยสารกึ่งตัวนำ อะตอมจะถูกไอออนไนซ์โดยโฟตอน เกิดเป็นไอออนและอิเล็กตรอนอิสระ จำนวนไอออนและอิเล็กตรอนอิสระจะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณโฟตอนจากวัตถุท้องฟ้าที่ตกกระทบบน CCD chip เมื่อให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้างี้ดังกล่าวอาจถูกขยายโดยวงจรขยาย (Amplifier) เพื่อให้มีค่ามากพอในการที่จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณภาพออกทางจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.1 ระบบซีซีดี โฟโตมิเตอร์

## 2.2 การเคลื่อนที่ของดวงจันทร์

ลักษณะที่เห็นได้ง่ายและชัดเจนที่สุดของดวงจันทร์คือ การเปลี่ยนลักษณะปรากฏประจำวัน เช่น เต็มดวง เป็นเสี้ยว ฯลฯ ลักษณะปรากฏเช่นนี้เรียกว่า "เฟส (phase) ของดวงจันทร์" จากการศึกษาการเคลื่อนที่และตำแหน่งของดวงจันทร์เทียบกับโลกและดวงอาทิตย์ทำให้นักดาราศาสตร์ทราบถึงการเปลี่ยนเฟสของดวงจันทร์ และเนื่องจากดวงจันทร์ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง ซึ่งการมองเห็นดวงจันทร์มีสาเหตุมาจากแสงของดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวดวงจันทร์แล้วสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตบนโลก ดังนั้นลักษณะเฟสของดวงจันทร์จึงขึ้นอยู่กับลักษณะการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์บนผิวของดวงจันทร์แล้วสะท้อนมาสู่โลก

จากการสังเกตปรากฏการณ์การขึ้นของดวงจันทร์อย่างละเอียด ได้พบว่า ในแต่ละวันดวงจันทร์จะไม่ขึ้นที่ตำแหน่งเดิม แต่จะมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกอย่างช้า ๆ บนทรงกลมท้องฟ้าเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ โดยในช่วง 1 วันจะมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกประมาณ 13 องศา เนื่องจาก 1 องศา เทียบได้กับ 4 นาที ดังนั้นดวงจันทร์จะขึ้นช้าไปประมาณวันละ 52 นาที ซึ่งตัวเลขนี้เป็นค่าเฉลี่ย ในแต่ละเดือนค่าตัวเลขนี้จะไม่เท่ากัน ในช่วงที่ดวงจันทร์เต็มดวงขณะอยู่บริเวณ "ออรัสมันอล อีควินอกซ์" (autumnal equinox) ดวงจันทร์จะขึ้นช้าไปประมาณ 20 นาที แต่ในขณะที่อยู่ในบริเวณ "เวอร์มนอล อีควินอกซ์" (vernal equinox) ดวงจันทร์จะขึ้นช้าไปประมาณวันละ 52 นาที

เนื่องจากการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกของดวงจันทร์ มุมที่เกิดขึ้นระหว่าง ดวงจันทร์ โลก และดวงอาทิตย์ ซึ่งเรียกว่า "อีลองเกชัน" (Elongation) ของดวงจันทร์ จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ จาก 0 ถึง 360 องศา

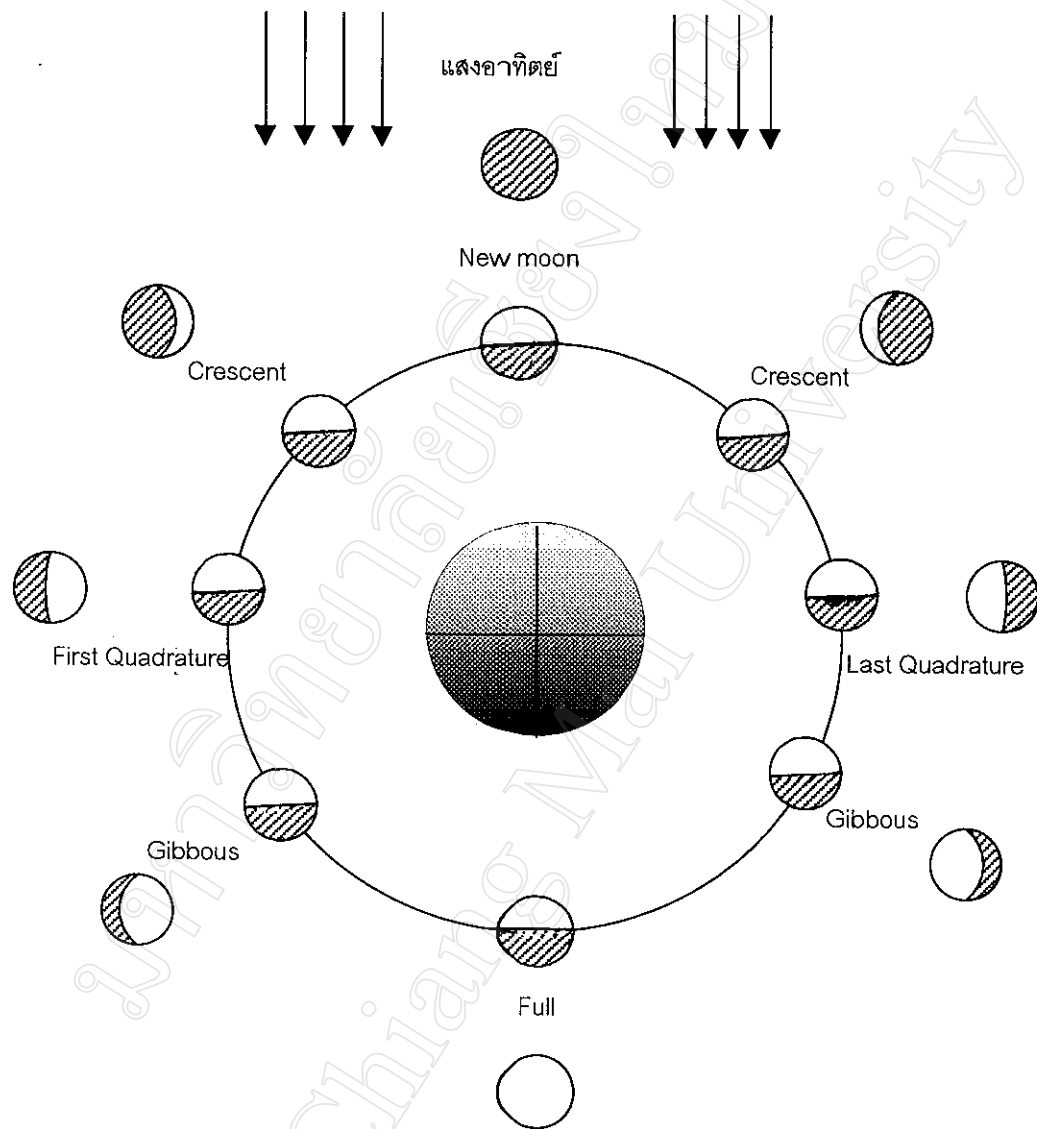
เมื่ออีลองเกชันเป็น 0 องศา ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์จะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันบนท้องฟ้า เรียกตำแหน่งของดวงจันทร์ในขณะนี้ว่า "คอนจังก์ชัน" (Conjunction) และดวงจันทร์ปรากฏมีคเต็มดวง เรียกเฟสนี้ว่า "newphase"

เมื่ออีลองเกชันน้อยกว่า 90 องศา แสงอาทิตย์ตกกระทบและสะท้อนผิวบางส่วนของดวงจันทร์ผู้สังเกตบนโลกเท่านั้น ทำให้ดวงจันทร์ปรากฏเป็นเสี้ยว เรียกเฟสนี้ว่า "Crescent phase"

เมื่ออีลองเกชันเท่ากับ 90 องศา ดวงจันทร์จะอยู่ที่ตำแหน่งที่เรียกว่า "ควอดราเจอร์" (Quadrature) ดวงจันทร์ปรากฏสว่างครึ่งดวง เรียกเฟสนี้ว่า "Gibbous phase"

เมื่ออีลองเกชันเท่ากับ 180 องศา ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์มีตำแหน่งอยู่ตรงข้ามกัน ดวงจันทร์จะอยู่ ณ ตำแหน่งที่เรียกว่า "ออฟโพสิชัน" (Opposition) ดวงจันทร์นั้นปรากฏสว่างเต็มดวง เรียกเฟสนี้ว่า "Full phase"

ดังนั้นขณะที่ดวงจันทร์มีการเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ เฟสจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้เห็นดวงจันทร์เปลี่ยนลักษณะปรากฏอยู่เสมอ



รูปที่ 2.2 เฟสต่างๆ ของดวงจันทร์

สิ่งที่น่าสังเกตอีกอย่างก็คือในช่วงหลังจาก new phase ดวงจันทร์จะปรากฏเป็นเสี้ยวบนท้องฟ้าทางด้านทิศตะวันตกในตอนเย็น แต่ในช่วงก่อน new phase ดวงจันทร์ปรากฏเป็นเสี้ยวบนท้องฟ้าทางด้านทิศตะวันออกก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเล็กน้อย และในขณะที่ดวงจันทร์ปรากฏเป็นเสี้ยวนี้ ผู้สังเกตยังสามารถเห็นส่วนที่มีดของดวงจันทร์ได้ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแสงอาทิตย์สะท้อนจากโลกไปตกบนดวงจันทร์บางส่วน ทำให้ส่วนที่มีดของดวงจันทร์ปรากฏสว่างเป็นเรือง ๆ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "การส่องแสงของโลก" (Earth shine)

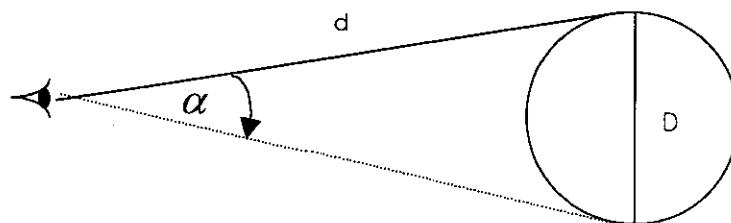
### 2.3 ขนาดและรูปร่างของดวงจันทร์

จากการทราบระยะทางของดวงจันทร์และเส้นผ่าศูนย์กลางปรากฏ ณ ขณะใด ๆ ทำให้สามารถพิจารณาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจริงของดวงจันทร์ได้

ถ้าให้  $\alpha$  เป็นมุมที่เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์ทำกับตาของผู้สังเกตในหน่วยของ เรเดียน  
 $d$  เป็นระยะทางของดวงจันทร์

ดังนั้น เส้นผ่าศูนย์กลางจริงของดวงจันทร์(D) จะมีค่า =  $\alpha d$

ถ้าไม่รู้ระยะทางของดวงจันทร์ แต่จะหาเส้นผ่าศูนย์กลางจริงของดวงจันทร์ซึ่งหาได้จากภาพถ่ายดวงจันทร์ตัวอย่างรูปที่ 4.3 ซึ่งทราบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภาพถ่ายประมาณ 1516 พิกเซล แต่ 1 พิกเซลประมาณ 2.292875989 กิโลเมตร ดังนั้นรัศมีจริงของดวงจันทร์เท่ากับ 1738 กิโลเมตร



รูปที่ 2.3 การหาเส้นผ่าศูนย์กลางจริงของดวงจันทร์

รูปร่างของดวงจันทร์แม้จะมองเห็นมีลักษณะคล้ายทรงกลมแต่ที่จริงแล้วพบว่าดวงจันทร์มีลักษณะแบนตรงขั้ว ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ แต่การหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ช้ามาก ดังนั้นการสังเกตลักษณะการแบนของดวงจันทร์จึงทำได้ยาก

#### 2.4 ลักษณะพื้นผิวของดวงจันทร์

อุณหภูมิผิวของดวงจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในตอนเที่ยงวันอาจมีอุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส พอดวงอาทิตย์ตกไปแล้ว อุณหภูมิจะกลายเป็น -50 องศาเซลเซียส และในตอนเที่ยงคืนจะลดลงเหลือ -150 องศาเซลเซียส

นักดาราศาสตร์สองท่าน คือ เปติท (Pettit) และนิคโคลสัน (Nicholson) สังเกตพบว่าระหว่างเกิดจันทร์ปราดาอุณหภูมิจะลดลงถึง 150 องศาเซลเซียส ภายใน 1 ชั่วโมง เท่านั้น ซึ่งค่านี้สอดคล้องกับค่าที่ได้จากยานอวกาศเซอร์เวเยอร์ (surveyor)

เหตุที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วบนพื้นผิวดวงจันทร์นั้น เนื่องจากดวงจันทร์ไม่มีบรรยากาศนั่นเอง นอกจากนั้นสสารที่อยู่บนดวงจันทร์เป็นตัวนำความร้อนไม่ดี ดังนั้นความร้อนจะแทรกอยู่ในตัวดวงน้อยมาก คาดว่าสสารบนดวงจันทร์มีลักษณะคล้ายหินภูเขา (Pumice) หรือเถ้าภูเขาไฟ (volcanic ash)

จากการบันทึกการแผ่รังสีจากผิวของดวงจันทร์ในช่วงความยาวคลื่นวิทยุ แสดงให้ทราบว่าใต้ผิวของดวงจันทร์ลึกลงไปประมาณ 2-3 เมตร จะมีอุณหภูมิกึ่งที่ประมาณ -40 องศาเซลเซียส

ค่าอัลบิโด (albedo) หรืออำนาจการสะท้อนแสง (reflecting power) ของดวงจันทร์มีค่าประมาณ 7 % ซึ่งโลกเรามีค่าอัลบิโดประมาณ 40 % ค่าอัลบิโดเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างแสงที่สะท้อนจากผิวทั้งหมดของดาวเคราะห์ต่อแสงทั้งหมดที่ดาวเคราะห์ได้รับจากดวงอาทิตย์

บางบริเวณบนดวงจันทร์ค่าอัลบิโดจะผิดจากค่าเฉลี่ยมาก เช่น ส่วนที่มีดึกที่สุดของทะเล (mare) และส่วนที่สว่างที่สุดของปล่องอลิสตาซัส (Crater Aristarchus)

การสะท้อนแสงของดวงจันทร์จากดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับมุมระหว่างโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ด้วย ค่านี้เรียกว่า ค่าฟังก์ชันโฟโตเมตริกของดวงจันทร์ (moon photometric function) และมีค่าสูงสุดในขณะที่ดวงจันทร์เต็มดวง

ผิวของดวงจันทร์ไม่ได้เป็นก้อนหินเนื้อเดียวกันตลอดทั้งดวง ทั้ง ๆ ที่ไม่มีผลของบรรยากาศและน้ำที่ทำให้ผิวดวงจันทร์มีการแตกแยก แต่เนื่องจากที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเวลากลางวันและกลางคืน ทำให้หินมีการยืดและหดตัวทำให้เกิดการแตกแยกได้ นอก

จากนั้นอุกกาบาต (meteorites) ที่ตกลงมาบนดวงจันทร์ ยังทำให้หินส่วนหนึ่งบนผิวดวงจันทร์เป็นหินอุกกาบาตอีกด้วย

ในการทดลองการสั่นสะเทือนบนดวงจันทร์ ปรากฏว่าเครื่องวัดแผ่นดินไหว (seismometers) วัดการสั่นสะเทือนได้น้อยมาก การสั่นสะเทือนบนดวงจันทร์อาจเกิดจากการเลื่อน (slides) ของชั้นหิน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก วงจรความร้อนและความเย็นของดวงจันทร์โดยดวงอาทิตย์ (solar heating and cooling cycle) หรืออาจจะเนื่องมาจากผลน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Effect) ของโลกต่อดวงจันทร์ ณ ตำแหน่งเพอริจี (perigee)

## 2.5 โครงสร้างของพื้นผิวดวงจันทร์

เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นดวงจันทร์มีพื้นผิวเป็นบริเวณสว่างและมีดลกลับกันไปบริเวณมืดที่ใหญ่มาก ๆ เรียกว่า ทะเล หรือ มาเรีย (maria) มาเรียที่ใหญ่และราบเรียบมากบริเวณหนึ่งของผิวดวงจันทร์ ได้แก่ ทะเลแห่งความสงบ (Mare Tranquillitatis) และบริเวณเล็ก ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับทะเลเรียกว่า อ่าว ตัวอย่างเช่น อ่าวสายรุ้ง (Sinus Iridium) ยานเรนเจอร์ (Renger) , เซอเวเยอร์ (Surveyor) และซอน (Zond) ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะของมาเรียเป็นหินที่กระจายตัวกระจายคล้ายทรายหยาบที่โปรยบนพื้นราบ

สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนอีกอย่างหนึ่งบนดวงจันทร์ก็คือ ปล่องภูเขาไฟ (Crater) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 60 กิโลเมตร เช่น ปล่องคอร์เปอร์นิคัส (Copernicus) จนกระทั่งมีขนาดเล็กประมาณ 30 เซนติเมตร ปล่องภูเขาไฟแต่ละแห่งมีลักษณะแตกต่างกันไปบางแห่งมีแสงสว่างพุ่งออกมา (bright ray structures) บางแห่งมีขอบยกขึ้นมาก และบางแห่งมียอดแหลมโผล่ขึ้นมาตรงกลาง

บางบริเวณที่มีลักษณะคล้ายกำแพงใหญ่ยกสูงขึ้นมา (walled plains) นักดาราศาสตร์บางคนให้ความเห็นว่า ที่แท้จริงก็เป็นปล่องภูเขาไฟนั่นเอง เช่น คราเวียส (Cravius) มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ถึง 200 กิโลเมตร

ด้านหลังของดวงจันทร์เป็นบริเวณที่มีปล่องภูเขาไฟมาก ที่น่าสนใจที่สุดคือ Mare Orientalis มีลักษณะเป็นหลาขปล่องติดต่อกันยาวถึง 900 กิโลเมตร อีกแห่งหนึ่งคือ Mare Nubium มีลักษณะคล้ายบริเวณแรกแต่มีอายุมากกว่า

บริเวณส่วนที่สว่างที่สุดบนดวงจันทร์ได้แก่ บริเวณแฟรงก์สเบิร์กบริเวณปล่องไทโค (Tycho) ลำธาร (Rilles) เป็นลักษณะที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งบนดวงจันทร์ ซึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ยาวหลายร้อยกิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดที่มีลักษณะเกือบตรง
2. ชนิดที่มีลักษณะคดเคี้ยวไปมา

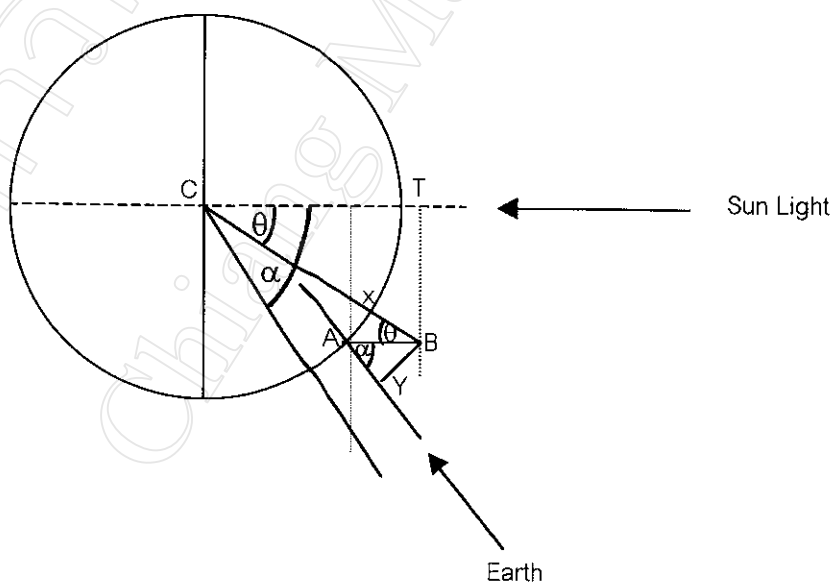
ต้นกำเนิดของถ้ำธารเหล่านี้ยังไม่ทราบแน่นอนว่าเป็นมาอย่างไร แต่คาดว่าอาจเกิดจากการไหลของลาวา (lava) ก็ได้

ลักษณะที่พบเห็นอีกลักษณะหนึ่งบนดวงจันทร์คือ โดม (dome) มีรูปร่างคล้ายภูเขาเตี้ยๆ มีตั้งแต่ขนาดเล็กมากจนกระทั่งใหญ่หลายกิโลเมตร

บนผิวดวงจันทร์มีลักษณะคล้ายทิวเขาอยู่ 3 แห่ง ซึ่งเป็นแนวอยู่ทางตะวันตกของ Mare Imbrium ซึ่งมีชื่อ อะเพนไนส์ (Apennines) ,คอเคซัส (Caucasus) และแอลป์ (Alps) เทือกเขาเหล่านี้ลาดชันมากทางด้านทะเลส่วนอีกด้านจะค่อย ๆ ลาดลงมียอดเขาสูงมากหลายยอดบางยอดสูงกว่าที่ราบถึง 6,100 กิโลเมตร

ณ บริเวณใกล้ ๆ ขั้วใต้ของดวงจันทร์ปรากฏเห็นภูเขาสูงเฉยผิวดวงจันทร์ขึ้นไปอีก  
คำนวณได้ว่ามีความสูงถึงประมาณ 8,000 เมตร หรือเท่ากับความสูงของยอดเขาเอเวอร์เรส  
(Everest)

2.6 การหาความสูงของภูเขาและความลึกหลุมของดวงจันทร์ โดยวิธีเรขาคณิต (Geometry)



รูป 2.4 แบบจำลองลักษณะภูเขาบนผิวดวงจันทร์  
จากรูป จุด B แทนยอดภูเขาหรือหลุมดวงจันทร์

จากรูปจะเห็นได้ว่า

$$XB/AB = \cos \theta = CT/CB$$

$XB$  แทนความสูงภูเขา

$$XB = (CT * AB) / CB$$

$CT$  คือระยะจากยอดเขาถึงเส้นตั้งฉาก (Terminator) เมื่อเฟสเป็น 90 องศา

$CB$  ประมาณเท่ากับ  $CX$  เนื่องจากยอดเขาที่ขยกับดวงจันทร์มีขนาดเล็กมาก

ดังนั้น  $CB$  ประมาณ  $CX$  ประมาณ รัศมีดวงจันทร์

$AB$  คือความยาวเงาที่วัดได้จากตำแหน่งเฟส 90 องศาเท่านั้น

แต่สิ่งที่วัดจริงคือ

$$AB \sin \alpha = BY$$

$$AB = BY / \sin \alpha$$

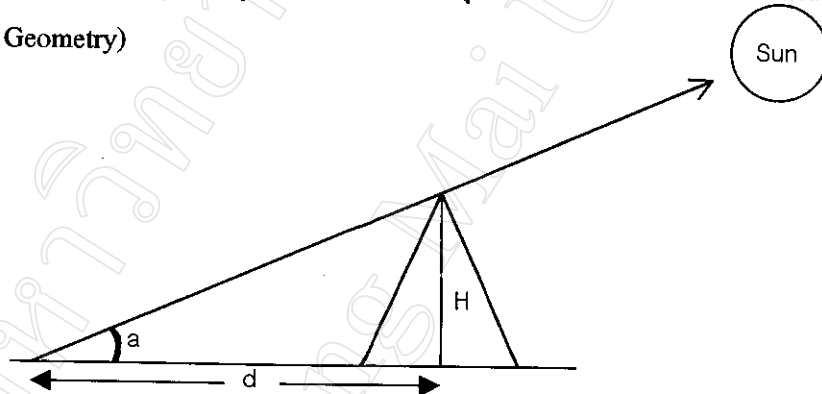
เมื่อ  $\alpha$  คือ Phase angle

ดังนั้น  $XB = (CT/CB) * (BY / \sin \alpha)$  ในหน่วย pixel

2.1

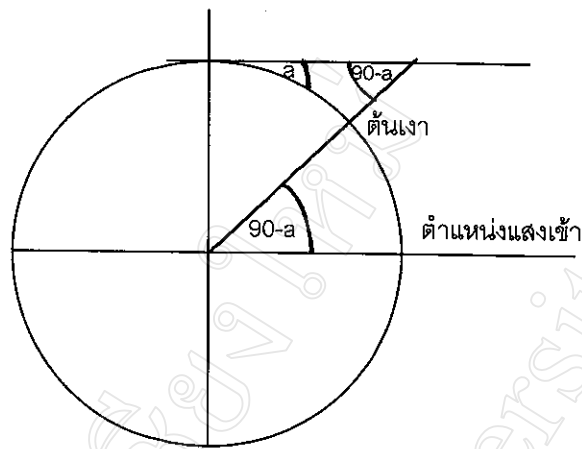
## 2.7 การหาความสูงของภูเขาและความลึกหลุมของดวงจันทร์ โดยวิธีเรขาคณิตทรง

กลม (Spherical Geometry)



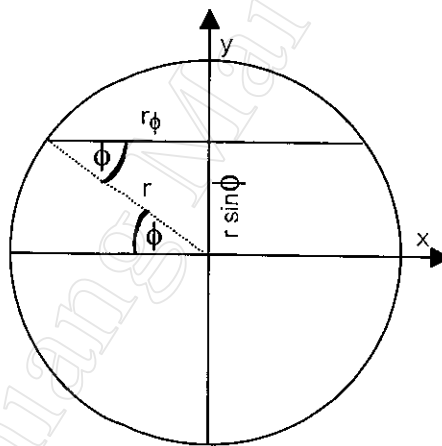
รูปที่ 2.5 แสดงรูปภูเขาและมุมเงยของดวงอาทิตย์

จากรูป ได้ว่า  $H = d \tan a$  (2.2)



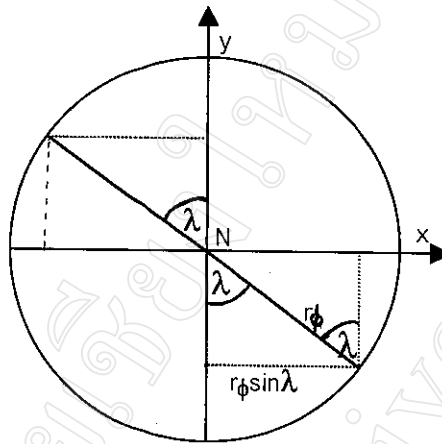
รูปที่ 2.6 แสดงมุมเงยดวงอาทิตย์

### 2.7.1 วิธีการหาค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งใดๆ บนทรงกลม



มองด้านข้าง (Side view)

รูป 2.7 แสดงค่ามุมละติจูดใดๆ บนทรงกลม



มองด้านบน(Top view)

รูป 2.8 แสดงค่าองศาจุดใดๆ บนทรงกลม

$r$  : คือรัศมีภาพถ่ายของดวงจันทร์

$\phi$  : คือมุมละติจูดใดๆ บนทรงกลม

$r_\phi$  : คือรัศมีภาพถ่าย ณ ละติจูดใดๆ บนทรงกลม

$\lambda$  : คือค่ามุมลองจิจูดใดๆ บนทรงกลม

จากรูป 2.7 จะได้ว่า  $y = r \sin \phi$  (2.3)

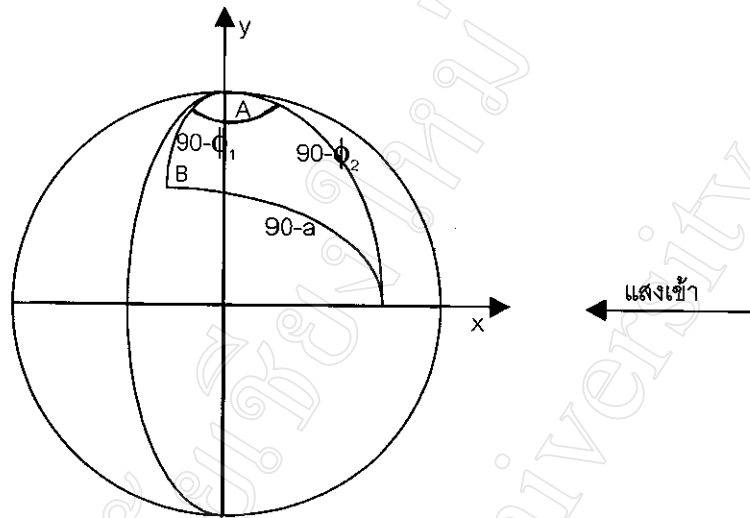
และ  $r_\phi = r \cos \phi$  (2.4)

จากรูป 2.8 จะได้ว่า  $x = r_\phi \sin \lambda$  (2.5)

จากสมการ (2.3) เราจะได้มุมละติจูด  $\phi = \sin^{-1}(y/r)$  (2.6)

หาค่ามุมลองจิจูด  $\lambda$  จากสมการ (2.3) และ (2.4) โดยยกกำลังสองสมการนี้แล้วบวกกันเพื่อหา  $r_\phi$  แทนในสมการ (2.5) จะได้ค่ามุมลองจิจูด

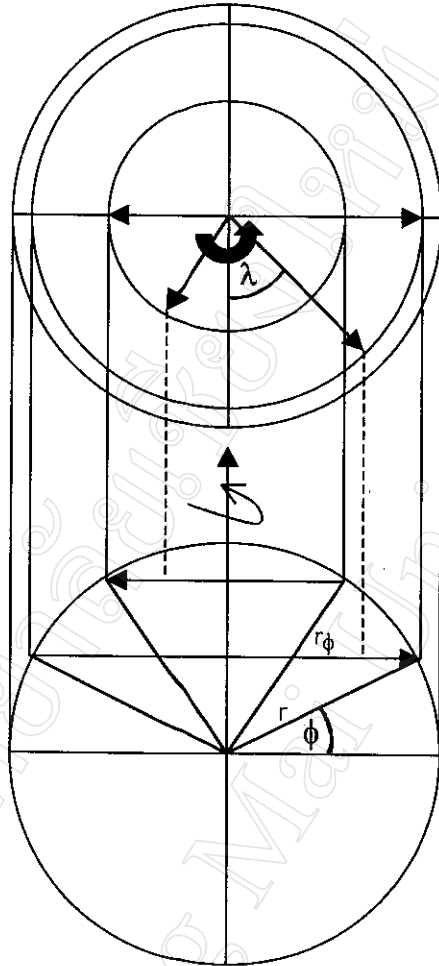
$$\lambda = \sin^{-1}(x/(r^2 - y^2)^{1/2}) \quad (2.7)$$



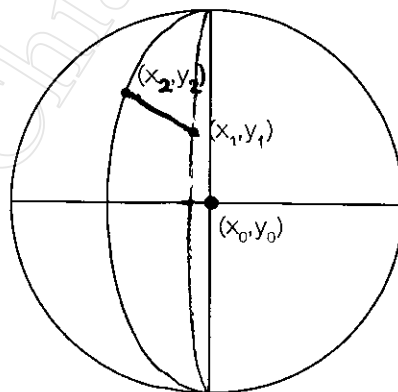
รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์สามเหลี่ยมทรงกลม ระหว่างตำแหน่งดวงอาทิตย์และจุดแสงเข้า  
จากรูปได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\cos (90-a) = \cos (90-\phi_1) \cos (90-\phi_2) + \sin (90-\phi_1) \sin (90-\phi_2) \cos A \quad (2.8)$$

$\phi_2, \lambda_2$  คือละติจูดสมมติและลองจิจูดสมมติของแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ใจกลางดวงจันทร์



รูปที่ 2.10 แสดงรูปโปรเจกชันของจุดใดๆบนผิววงจันทร์โดยมอง 2 ด้าน คือ TOP View และ SIDE View



รูปที่ 2.11 แสดงการวัดตำแหน่งใดๆ บนวงจันทร์

จากรูป จะได้สมการว่า

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= (y_1 - y_0) \\ y_2 &= (y_2 - y_0) \\ x_1 &= (x_1 - x_0) \\ x_2 &= (x_2 - x_0) \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

## 2.8 หาข้อมูลจากโปรแกรม Astrocal

หาวันเดือนปี

เวลาที่ เป็น UTC เปลี่ยนให้เป็น GMT โดยนำ ชั่วโมง นาที ลบออก 7 ชั่วโมง เพราะเชียงใหม่อยู่ Zone Time ที่ 7

ใส่ค่าละติจูด และ ลองจิจูดของหอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

$$\text{Latitude} = \text{N } 18^{\circ} 47' (19.2'', 19.5'', 19.6'')$$

$$\text{Longitude} = \text{E } 98^{\circ} 55' (30.2'' + 29.9'' + 29.4'')$$

จะได้ astronomical Data for Piton และ Menelaus ที่ 24/2/1999

เวลา GMT = UTC-7 เมื่อ UTC คือ 21.13 น.

จะได้ค่าจาก ดวงอาทิตย์ และ ดวงจันทร์

SE คือระยะห่างจากดวงอาทิตย์ ถึงโลก = 0.9896710232465515 A.U.

EM คือ ระยะห่างจากโลกถึงดวงจันทร์ =  $2.493764 \times 10^{-3}$  A.U.

SM คือ ระยะห่างจากดวงอาทิตย์ถึงดวงจันทร์ = 0.9904774892243544 A.U.

Moon Elongation from Sun , Deg (W=+,E=-) เท่ากับ -108.8683

### Astronomical Data For PICARD และ BERNOUILLI

วันที่ 21/3/1999 GMT = 20.19-7 = 13.19

จากข้อมูลของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์

SE = 0.9961382653117265 A.U.

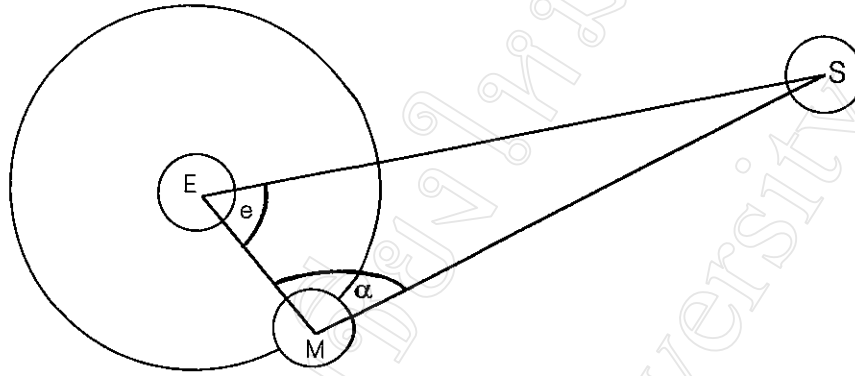
EM =  $2.440492 \times 10^{-3}$  A.U.

SM = 0.994630844726755 A.U.

Moon Elongation from Sun , Deg = -51.85376

### 2.9 คำนวณหา Phase Angle

นำข้อมูลจากข้อ 2.8 มาคำนวณหา phase angle ตามสมการ (2.10)



รูปที่ 2.12. แสดงมุม Phase Angle

ได้สมการตาม cosine formula ได้ว่า

$$\sin \alpha / SE = \sin e / SM = \sin s / EM \quad (2.10)$$

ตารางที่ 2.1. แสดงค่ามุม Phase Angle

| Data       | SE     | SM          | e         | Phase Angle |
|------------|--------|-------------|-----------|-------------|
| PITON      | 0.9896 | 0.990477489 | -108.8638 | -71.0001339 |
| MENELAUS   | 0.9896 | 0.990477489 | -108.8638 | -71.0001339 |
| PICARD     | 0.9961 | 0.994630843 | -51.85376 | -51.9644573 |
| BERNOUILLI | 0.9961 | 0.994630843 | -81.85376 | -51.9644573 |