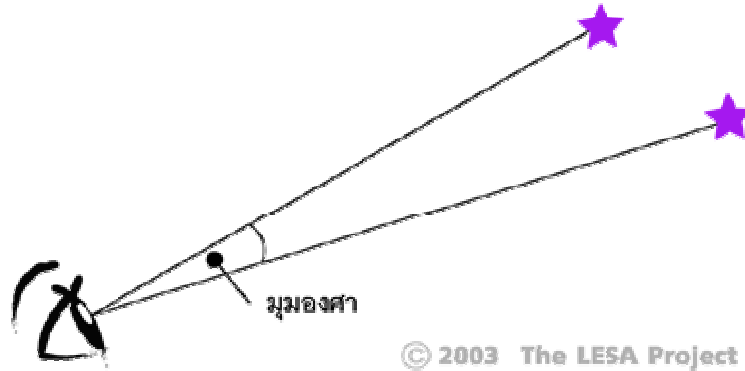


บทที่ 3 ระบบพิกัดดาราศาสตร์

1. การวัดระยะทางเชิงมุม

ในการวัดระยะห่างของดวงดาวและเทหวัตถุต่าง ๆ บนท้องฟ้า นั้น เราไม่สามารถวัดระยะห่างออกมาเป็นหน่วยเมตร หรือกิโลเมตรได้โดยตรง ถ้าเราไม่ทราบว่ามีวัตถุเหล่านั้นอยู่ห่างจากเราเป็นระยะทางเท่าไร ดังนั้นการวัดระยะทางดาราศาสตร์ จึงนิยมวัดออกมาเป็น “ระยะเชิงมุม” (Angular distance) ตัวอย่างเช่น เรามักบอกว่า ดาว A อยู่ห่างจาก ดาว B เป็นระยะทาง 5 องศา หรือบอกว่าดวงจันทร์มีขนาดครึ่งองศา ซึ่งเป็นการบอกระยะห่างและขนาดเป็นเชิงมุมทั้งสิ้น

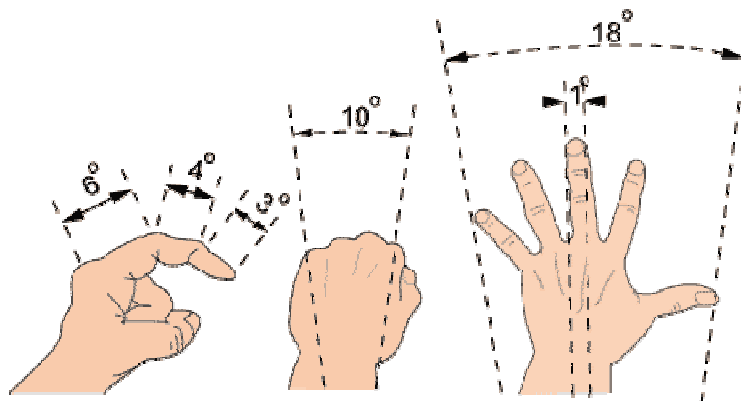


รูปที่ 1 แสดงการวัดระยะเชิงมุม

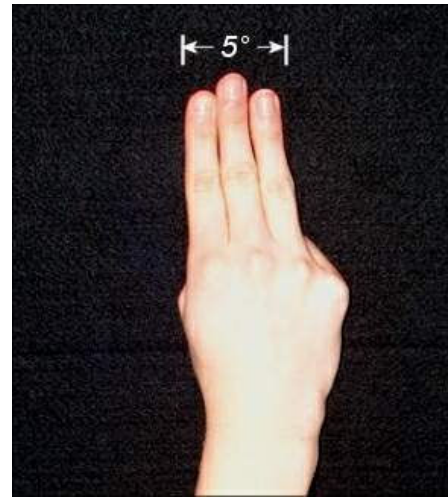
ระยะเชิงมุมที่วัดได้นั้น เป็นระยะห่างที่ปรากฏให้เห็นเท่านั้น ทว่าในความเป็นจริง ดาว A และดาว B อาจอยู่ห่างจากเราไม่เท่ากัน หรืออาจจะอยู่ห่างจากเราเป็นระยะที่เท่ากันจริง ๆ ก็ได้ เนื่องจากดาวที่เราเห็นในท้องฟ้า นั้นเราเห็นเพียง 2 มิติเท่านั้น ส่วนมิติความลึกนั้นเราไม่สามารถสังเกตเห็นได้

การวัดระยะเชิงมุมอย่างง่าย

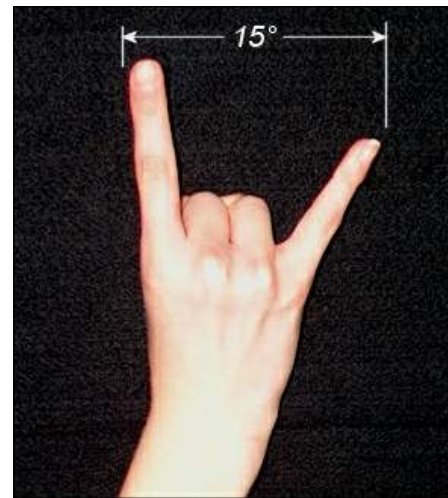
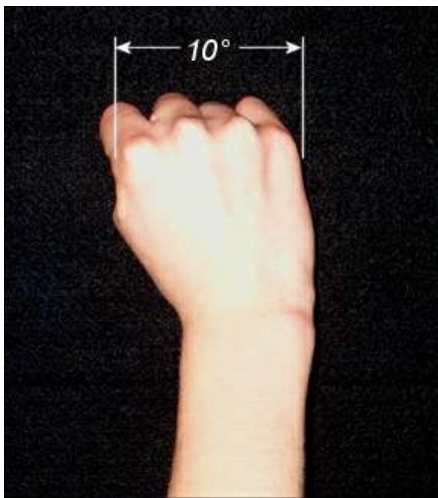
ในการวัดระยะเชิงมุมถ้าต้องการค่าที่ละเอียดและมีความแม่นยำ จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนมากในการวัด แต่ถ้าต้องการเพียงค่าโดยประมาณ เราสามารถวัดระยะเชิงมุมได้โดยใช้เพียงมือและนิ้วของเราเองเท่านั้น เช่น ถ้าเรากางมือชูนิ้วโป้งและนิ้วก้อยโดยเหยียดแขนให้สุด ความกว้างของนิ้วทั้งสองเทียบกับมุมบนท้องฟ้าจะได้มุมประมาณ 18 องศา ถ้าดาวสองดวงอยู่ห่างกันด้วยความกว้างนี้แสดงว่า ดาวทั้งสองอยู่ห่างกัน 18 องศาด้วย



รูปที่ 2 ตัวอย่างการใช้มือวัดมุม



รูปที่ 3 และ 4 ตัวอย่างการใช้มือวัดมุมแสดงการวัดมุม 1 และ 5 องศา



รูปที่ 5 และ 6 ตัวอย่างการใช้มือวัดมุมแสดงการวัดมุม 10 และ 15 องศา

ในคืนที่มีดวงจันทร์เต็มดวง ให้เราลองกำมือชูนิ้วก้อยและเหยียดแขนออกไปให้สุด ทาบนิ้วก้อยกับดวงจันทร์ เราจะพบว่านิ้วก้อยของเราจะบังดวงจันทร์ได้พอดี เราจึงบอกได้ว่าดวงจันทร์มี “ขนาดเชิงมุม” (Angular Diameter) เท่ากับ $\frac{1}{2}$ องศา โดยขนาดเชิงมุมก็คือ ระยะเชิงมุมที่วัดระหว่างขอบของดวงจันทร์นั่นเอง ขนาดเชิงมุมของวัตถุขึ้นอยู่กับระยะห่างของวัตถุกับผู้สังเกต และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจริงของวัตถุนั้น



รูปที่ 7 ขนาดเชิงมุม

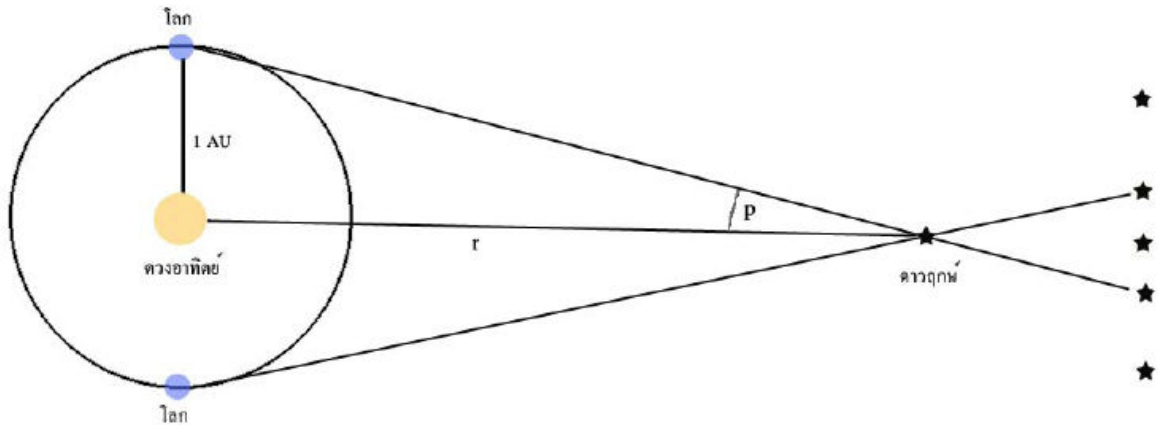
ยกตัวอย่าง: ลองจินตนาการภาพลูกบอลวางอยู่ห่างจากเรา 1 เมตร ให้เราลองวัดขนาดเชิงมุมของลูกบอล จากนั้นเลื่อนลูกบอลให้ไกลออกไปเป็นระยะทาง 3 เท่า ขนาดเชิงมุมจะลดลงเป็น 1 ใน 3 ของขนาดที่วัดได้ก่อนหน้านี้

ดังนั้น “ค่าขนาดเชิงมุม” คือ อัตราส่วนของ ขนาดจริง ต่อ ระยะห่างของวัตถุ

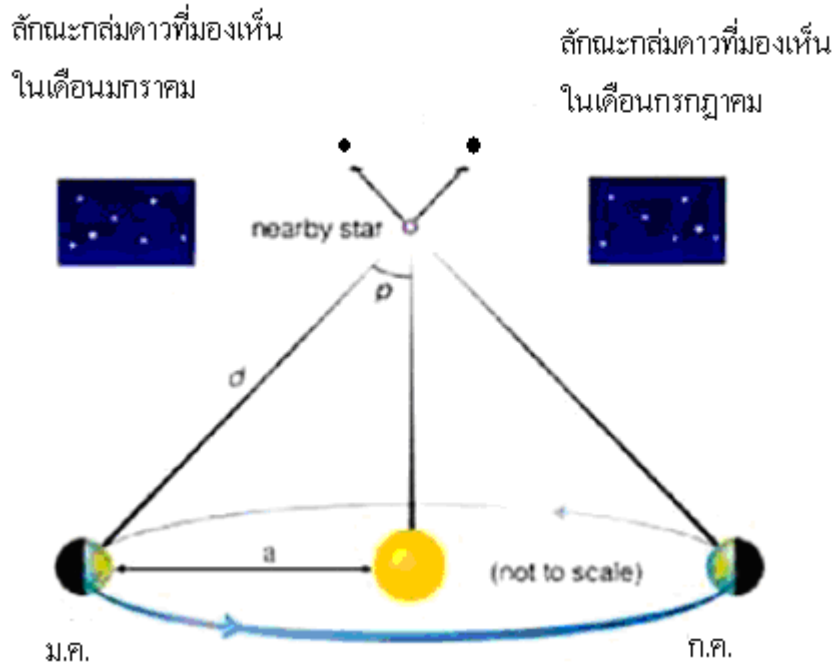
2. เทคนิคพาราแลกซ์โกณมิติ

ในการหาระยะทางของดาว สามารถหาได้หลายวิธี โดยมีวิธีอย่างง่าย คือ วิธีพาราแลกซ์ (Parallaxes) มีหลักการดังนี้

มุมพาราแลกซ์ (Parallax Angle, P) กำหนดโดยการสังเกตการณ์จากบนโลก 2 ครั้ง ด้วยระยะเวลาที่ห่างกันประมาณ 6 เดือน ทำให้ตำแหน่งของโลกอยู่ตรงข้ามกันตามการโคจรรอบดวงอาทิตย์ และเห็นการเคลื่อนที่ปรากฏของดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้เทียบกับตำแหน่งดาวฤกษ์ดวงอื่นๆที่อยู่ห่างไกล วิธีการนี้เหมาะในการหาระยะทางของดาวในระยะใกล้ๆ กับดวงอาทิตย์ในระยะไม่เกิน 100 pc และจะใช้ได้ดีในระยะไม่เกิน 30 pc การคำนวณหาระยะทางด้วยวิธีการดังต่อไปนี้



รูปที่ 8 แสดงมุมพาราแลกซ์
(มูลนิธิโอลิมปิกวิชาการ, 2547)



รูปที่ 9 แสดงมุมพารัลแลกซ์ (มูลนิธิโอลิมปิกวิชาการ, 2547)

สำหรับมุมพาราแลกซ์ P ที่มีค่าน้อยๆ

$$p \cong \tan^{-1} p \cong \sin^{-1} p \quad \Rightarrow \quad p \text{ (")} = \frac{1 \text{ (au)}}{r \text{ (pc)}}$$

พารัลแลกซ์เป็นที่มาของการกำหนดค่าของพาร์เซค โดยกำหนดให้ “ดาวดวงใดที่มีมุมพารัลแลกซ์ 1 พิลิปดาถือว่า ดาวดวงนั้นอยู่ห่างจากเรา 1 pc”

$$1 \text{ (")} = \frac{1 \text{ (AU)}}{1 \text{ (pc)}} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ (pc)} = \frac{1 \text{ (AU)}}{1 \text{ (")}}$$

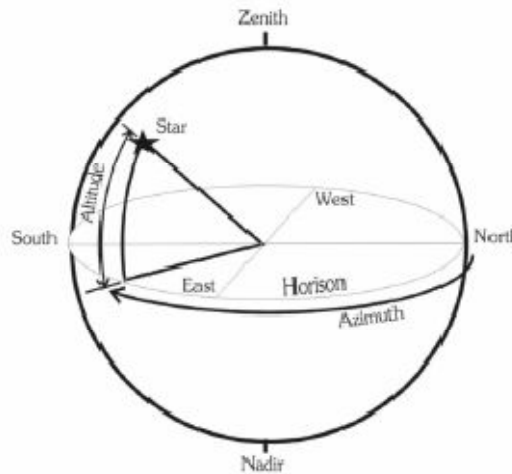
$$1 \text{ (pc)} = \frac{1 \text{ (AU)}}{1 / 206265 \text{ (rad)}} = 206265 \text{ (AU)}$$

เพราะฉะนั้นเราจะได้ ระยะทาง 1 พาร์เซค มีค่าเท่ากับ 206265 A.U. (หน่วยดาราศาสตร์) หรือมีค่าเท่ากับ 3.26 ปีแสง

3. ระบบพิกัดบนทรงกลมท้องฟ้า

3.1 Horizontal system

การกำหนดของดาวในระบบพิกัดขอบฟ้า (Horizontal System) มีตัวแปรอยู่ 2 ค่า คือ มุมเงย (Altitude) และมุมราบหรือมุมอาซิมุท (Azimuth) โดยมุมเงยเป็นระยะเชิงมุมที่วัดจากขอบฟ้าถึงดาวในแนววงกลมใหญ่ที่ผ่านดาวและจุดเซนิทหรือจุดเหนือศีรษะ โดยมีค่าตั้งแต่ 0 องศา คือ อยู่ที่ขอบฟ้าไปจนถึง 90 องศา คือ อยู่เหนือศีรษะพอดี ระยะเชิงมุมจากจุดเซนิทถึงดาวเรียกว่าระยะเซนิทหรือเท่ากับ 90 องศา ลบด้วยมุมเงย ระยะเซนิทนี้ช่วยในการบอกระยะเชิงมุมในกรณีที่ว่าวัดมุมเงยจากขอบฟ้าได้ยาก ค่ามุมอาซิมุทเป็นค่าที่วัดจากทิศเหนือไปทางทิศตะวันออกไปตามขอบฟ้าจนตัดกับเส้นวงกลมของดาว โดยมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา ถ้าดาวอยู่ที่ทิศเหนือพอดีก็จะมีค่ามุมอาซิมุท 0 องศา ถ้าอยู่ตรงทิศตะวันออกก็มีค่าอาซิมุท 90 องศา ถ้าอยู่ตรงทิศใต้พอดีก็มีค่าอาซิมุท 180 องศา และถ้าอยู่ตรงทิศตะวันตกพอดีก็มีค่าอาซิมุท 270 องศา ค่ามุมเงยและค่ามุมอาซิมุทจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตั้งแต่ดาวขึ้นจนถึงดาวตก ซึ่งไม่สะดวกในการบอกตำแหน่งของดาวที่แน่นอน จึงจำเป็นต้องอ้างอิงดาวตามระบบพิกัดศูนย์สูตรแทน

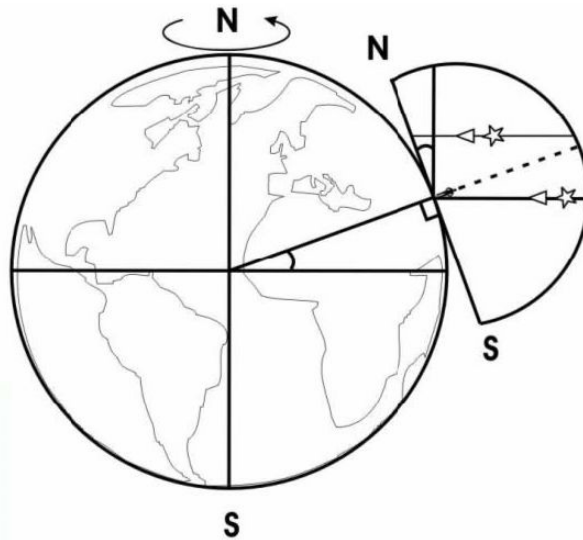


รูปที่ 10 ภาพทรงกลมท้องฟ้าแสดงตำแหน่งดาวในพิกัดขอบฟ้า

นอกจากระบบพิกัดศูนย์สูตรและระบบพิกัดขอบฟ้าแล้ว ก็ยังมีระบบพิกัดอีคลิปติก ซึ่งใช้ในการหาตำแหน่งของดาวเคราะห์ อีกระบบคือระบบพิกัดกาแลกซีซึ่งใช้ในการบอกตำแหน่งของดาวในกาแลกซีทางช้างเผือกที่เราอยู่ แต่ทั้ง 4 ระบบนี้สามารถคำนวณเปลี่ยนค่ากันได้ และแต่ละระบบก็เหมาะกับการใช้งานคนละอย่าง

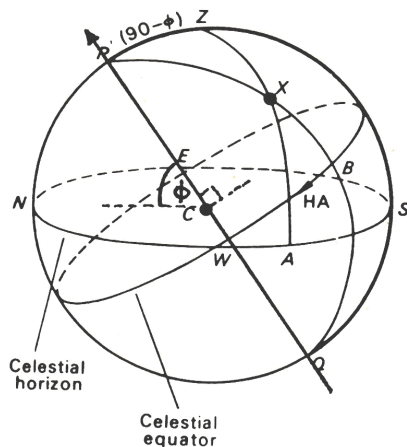
3.2 Equatorial system

การกำหนดศูนย์สูตรท้องฟ้าเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับโลกโดยอ้างอิงจากแนวเส้นศูนย์สูตรจากโลกบนทรงกลมท้องฟ้า ดังนั้น ผู้สังเกตที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของโลก จะมีลักษณะของทรงกลมท้องฟ้าที่แตกต่างกันไป โดยมีตำแหน่งของดาวเหนือสูงจากระดับขอบฟ้าเท่ากับค่าละติจูดของผู้สังเกตซึ่งทรงกลมท้องฟ้า นั้น เป็นครึ่งทรงกลมที่ครอบผู้สังเกตโดยมีดาวอยู่ที่ระยะห่างเท่ากันหมด และมีระนาบขอบฟ้าในแนวเส้นสัมผัส ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต จุดขั้วฟ้าเหนือก็ขนานกับแนวขั้วโลกเหนือ ใต้คือสูงเท่ากับละติจูดที่ผู้สังเกตอยู่



รูปที่ 11 ทรงกลมท้องฟ้าที่ครอบผู้สังเกต
(มูลนิธิโอลิมปิกวิชาการ,2547)

ระบบศูนย์สูตรท้องฟ้า กำหนดโดยปริมาณ 2 ปริมาณคือ **เดคลิเนชัน (Declination)** และ **ไรท์แอสเซนชัน (Right Ascension)** ระนาบอิกเวเตอร์ของโลก สามารถขยายให้ใหญ่ออกไปจนตัดกับทรงกลมท้องฟ้า ระนาบกลมใหญ่ที่ตั้งฉากกับแกนหมุนของท้องฟ้า ที่เรียกว่า “ระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้า (Celestial Equator)” ดังแสดงแล้วในรูปที่ 12 อาจกำหนดค่าเดคลิเนชัน ของดาว โดยใช้ระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าเป็นหลักกว่าเป็นมุมที่วัดจากระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้า



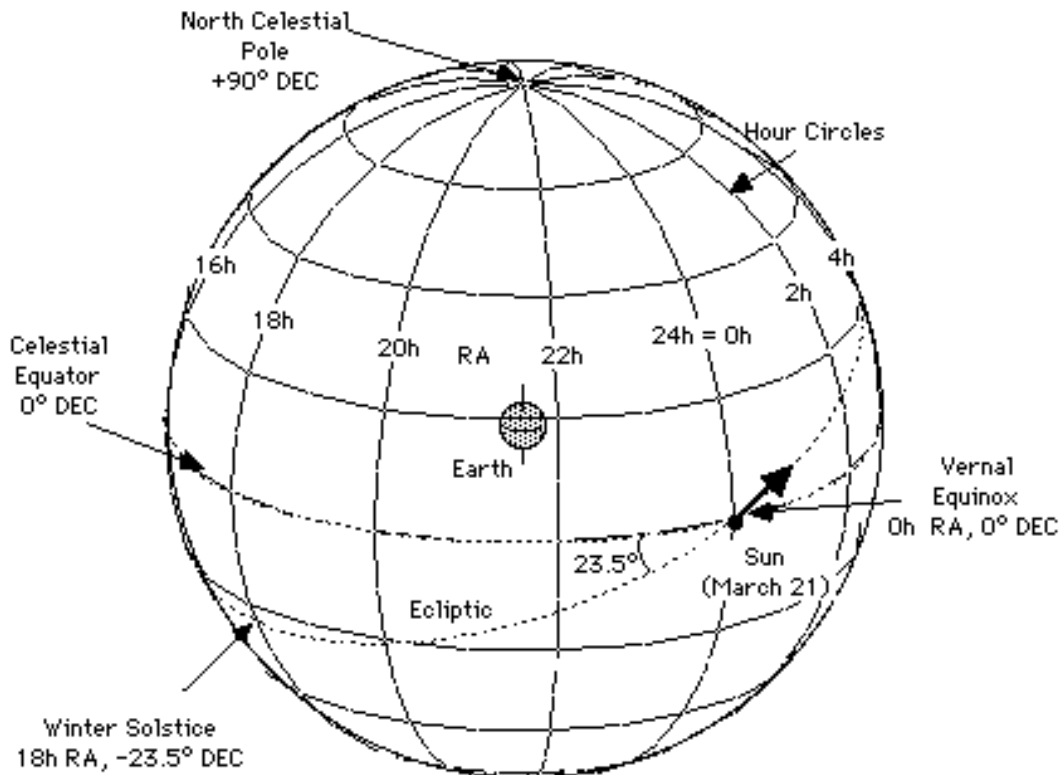
รูปที่ 12 รูปแสดงแกนหมุนของท้องฟ้าและมุมเงยของขั้วท้องฟ้าเหนือ
(มูลนิธิโอลิมปิกวิชาการ,2547)

สำหรับค่าไรท์แอสเซนชัน นั้นกำหนดว่า เป็นค่ามุมที่วัดจากจุดอ้างอิงจุดหนึ่งบนท้องฟ้าที่อยู่บนระนาบศูนย์สูตร นักดาราศาสตร์บอกค่าไรท์แอสเซนชันเป็น “ชั่วโมง นาที วินาที”

- 1 ชั่วโมง = 15 องศา
- 1 นาที = 15 ลิปดา
- 1 วินาที = 15 ฟลิปดา

เดคลิเนชัน (Declination- Dec.) เปรียบได้กับละติจูด มีหน่วยเป็นองศา ใช้บอกระยะเชิงมุมของดาวว่าอยู่ห่างจาก เส้นศูนย์สูตรฟ้า (0 องศา) ไปทางทิศเหนือ ระหว่าง 0 ถึง +90 องศา หรือไปทางทิศใต้ ระหว่าง 0 ถึง -90 องศา เป็นมุมเท่าใด

ไรท์แอสเซนชัน (Right Ascension- R.A.) เปรียบได้กับ ลองจิจูด ที่บอกหน่วยเป็น เวลา ชั่วโมง:นาที:วินาที โดยที่ 360 องศา มีค่าเท่ากับ 24 ชั่วโมง หรือ 15 องศา มีค่าเท่ากับ 1 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกันกับเส้นลองจิจูด จุดเริ่มต้น 0 องศาหรือ 0 ชั่วโมง อยู่ที่เมืองกรีนวิช ในประเทศอังกฤษ สำหรับ R.A ค่า 0 องศาหรือ 0 ชั่วโมงจะเริ่มที่จุดอ้างอิง Vernal Equinox (เวอรัล อีควินอกซ์) คือจุดที่แนวเส้นEcliptic ตัดกับเส้นศูนย์สูตรฟ้า พอดี ในวันที่ 21 มีนาคม ซึ่งเป็นวันที่กลางวันกับกลางคืนยาวเท่ากัน ตรงตำแหน่งกลุ่มดาวปลา (PISCES) แล้วนับไปทางขวามือ (Right) เป็นชั่วโมง นาที วินาที แสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 13 แสดง Declination และ Right Ascension บนทรงกลมท้องฟ้า

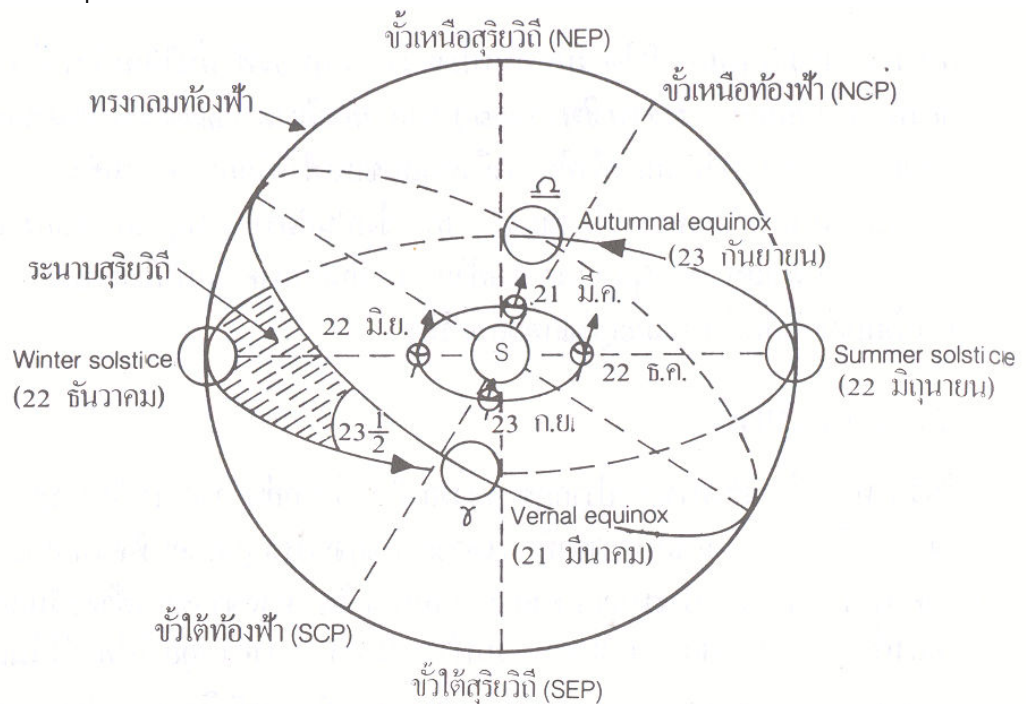
3.3 Ecliptic system

สุริยวิถี หมายถึง เส้นทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ผ่านกลุ่มดาวต่าง ๆ ในรอบปี ซึ่งเป็นผลมาจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ (ดวงอาทิตย์จะปรากฏเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกวันละประมาณ 1 องศา) เส้นทางเดินนี้พาดจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออกผ่านกลางท้องฟ้าประมาณเหนือศีรษะไปทางขอบฟ้าตะวันตก บางครั้งเอียงไปทางใต้ในฤดูหนาว บางครั้งก็เอียงไปทางทิศเหนือ ดวงจันทร์และดาวเคราะห์ (ยกเว้นโลก) จะปรากฏ ย้ายตำแหน่งบนท้องฟ้าในบริเวณนี้ ที่เรียกว่า แถบจักรราศี (Zodiac) ซึ่งมีความกว้าง 16 องศา โดยมีสุริยวิถีอยู่ตรงกลาง

ดังนั้น ระบบที่ใช้บอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าเทียบกับสุริยวิถี จึงเหมาะสำหรับบอกตำแหน่งของ ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ และดวงจันทร์ โดยบอกให้รู้ว่าวัตถุท้องฟ้านั้นอยู่ทางเหนือหรือทางใต้ของ สุริยวิถี และอยู่ห่างจากตำแหน่งที่กำหนดไว้บนสุริยวิถีตามเท่าใด จึงเรียกว่า ระบบสุริยวิถี

ระนาบสุริยวิถีจะเอียงทำมุมกับระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าประมาณ $23\frac{1}{2}$ องศา จุดตัดของระนาบ ทั้งสองนี้ เรียกว่า Equinox มีสองตำแหน่ง คือ Vernal Equinox และ Autumnal Equinox หรือ จุด แรกของราศีตุล เป็นตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์โคจรบนสุริยวิถีตัดกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ขณะที่เคลื่อน จากทางเหนือลงไปทางใต้ ตรงกับวันที่ 23 กันยายน

เมื่อระนาบสุริยวิถีเอียงตัดกับระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้า นอกจากจะเกิดจุดตัดขึ้น 2 จุด แล้ว ยังมี ตำแหน่งที่ระนาบทั้งสองอยู่ห่างจากกันมากที่สุด 2 ตำแหน่ง เรียกว่า Solstice ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ที่อยู่เหนือสุดเรียกว่า Summer Solstice ตรงกับวันที่ 22 มิถุนายน และตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์ อยู่ ใต้สุดบนเส้นสุริยวิถี เรียกว่า Winter Solstice ตรงกับวันที่ 22 ธันวาคม

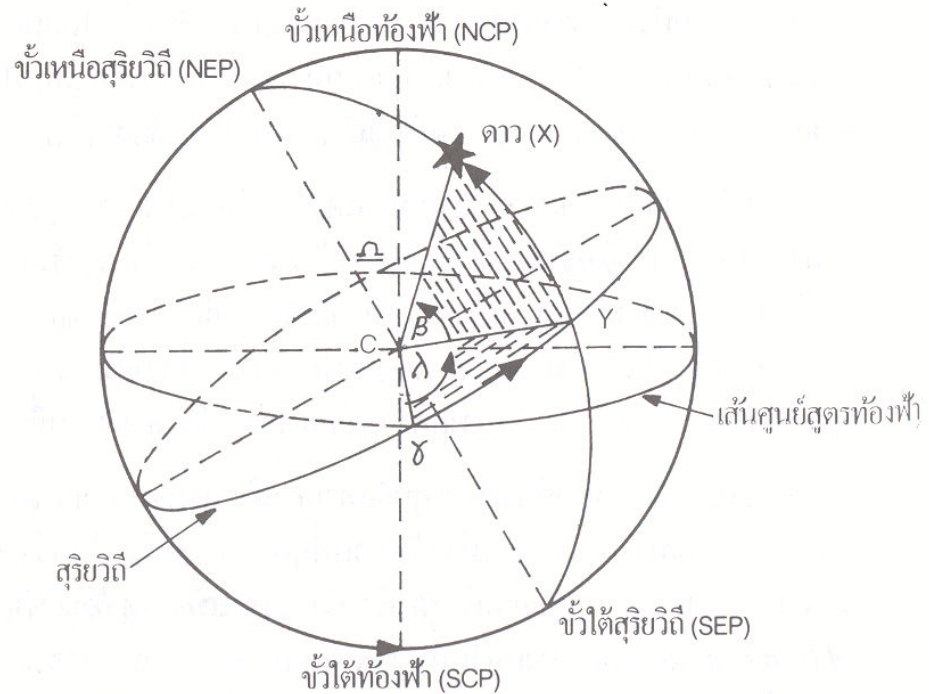


รูปที่ 14 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนทรงกลมท้องฟ้าในเดือนต่าง ๆ

ความหมายของคำที่ใช้ในระบบสุริยะมีดังนี้

1. ขั้วเหนือสุริยวิถี (North Ecliptic Pole, NEP) และขั้วใต้สุริยวิถี (South Ecliptic Pole, SEP) ถ้าแบ่งทรงกลมท้องฟ้าออกเป็น 2 ส่วนตามสุริยวิถี ตรงส่วนตัดจะเป็นระนาบสุริยวิถีตรงผิวทรงกลมจะมี 2 จุดที่อยู่ห่างจากระนาบสุริยวิถีเท่ากับ 90 องศาเท่ากัน คือ ขั้วเหนือสุริยวิถี และขั้วใต้สุริยวิถี เนื่องจากระนาบสุริยวิถีกับระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงทำมุมกันประมาณ $23\frac{1}{2}$ องศา ขั้วสุริยวิถีก็จะอยู่ห่างจากขั้วท้องฟ้าประมาณ $23\frac{1}{2}$ องศาด้วย
2. ลองจิจูดท้องฟ้า (Celestial Longitude) เป็นระยะทางตามมุมที่วัดจากตำแหน่ง Vernal Equinox ไปทางทิศตะวันออกตามแนวสุริยวิถี จนถึงวงกลมใหญ่ที่ผ่านขั้วสุริยวิถีทั้งสองและผ่านดาวด้วยมีค่าตั้งแต่ 0-360 องศา

3. **ละติจูดท้องฟ้า (Celestial Latitude)** เป็นระยะทางตามมุมที่วัดจากสุริยวิถีไปทางเหนือหรือใต้ ตามวงกลมใหญ่ที่ผ่านขั้วสุริยวิถีทั้งสองและผ่านตำแหน่งดาว มีค่าตั้งแต่ 0-90 องศาเหนือ และ 0-90 องศาใต้



รูปที่ 14 แสดง เส้นลองจิจูดท้องฟ้า และละติจูดท้องฟ้าที่ลากผ่านดาวดวงนั้น

3.4 Galactic system

ระบบกาแล็กติก เป็นระบบที่ใช้ศึกษาถึงกาแล็กซีของเรา โดยมีปริมาณที่สำคัญ 2 ปริมาณ คือ

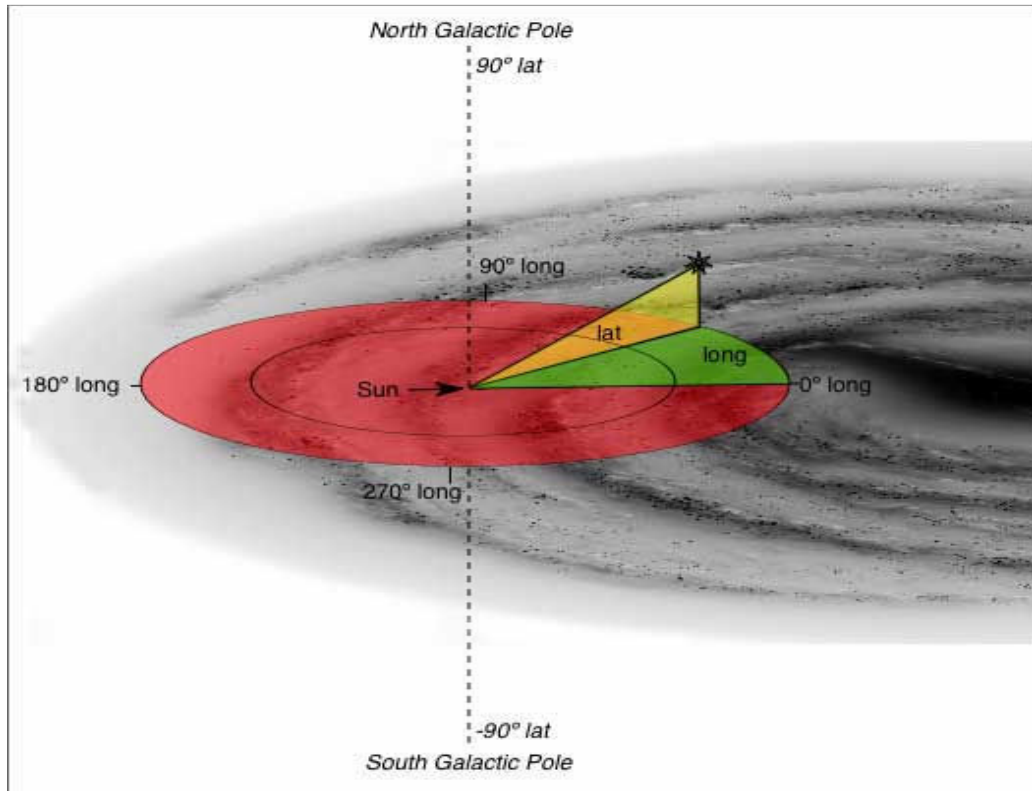
1. Galactic latitude
2. Galactic longitude

ขั้วเหนือของกาแล็กติกจะอยู่ห่างจากศูนย์สูตรท้องฟ้าประมาณ 27 องศา โดยอยู่ตรงกับดาว Coma Berencias (RA.=12 h 49 m, Dec.= +27.4) ขั้วใต้ของกาแล็กติกจะอยู่ตรงกับดาว south of beta ceti (RA.=0 h 49 m, Dec.= -27.4)

Galactic longitude มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 360° โดยเริ่มต้น 0 องศา ที่กลุ่มดาว Sagittarius และเคลื่อนไปทางกลุ่มดาว Cygnus , Auriga, จนถึง 360 องศา ที่กลุ่มดาว Vela ลำดับดังนี้

- 0° จะตรงกับกลุ่มดาว Sagittarius
- 90° จะตรงกับกลุ่มดาว Cygnus
- 180° จะตรงกับกลุ่มดาว Auriga
- 270° จะตรงกับกลุ่มดาว Vela

Galactic latitude มีค่า 0 องศา ถึง +90 องศา เมื่ออ่านขึ้นไปทางชั้นเหนือ และ 0 องศา ถึง -90 องศา เมื่ออ่านขี้นลงไปทางขั้วใต้



รูปที่ 15 แสดงพิกัดกาแล็กซี