บทที่ 2
ทรงกลมท้องฟ้า

2.1 บทนำ

การกำหนดตำแหน่งของวัตถุทางดาราศาสตร์ เราต้องมีกรอบอ้างอิงหรือระบบพิกัด ซึ่งกำหนดเป็นตัวเลขคู่หนึ่งสำหรับทุก ๆ จุดบนท้องฟ้า คู่ของตัวเลขหรือพิกัดโดยปกติบอกถึง "ไปไกลเท่าไร" และ "สูงขึ้นไปเท่าไร" เช่นเดียวกับที่เส้นละติจูดและลองจิจูดบอกตำแหน่งของสถานที่บนพื้นผิวโลก ระบบพิกัดมีหลายระบบแต่เราจะศึกษาเพียงสี่ระบบ ได้แก่ ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (horizon system), ระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร (equatorial system), ระบบพิกัดเส้นสุริยวิถี (ecliptic system) และระบบพิกัดแกแลกติก (galactic system) ระบบพิกัดแต่ละระบบได้ชื่อมาจากระนาบเบื้องต้นที่ซึ่งใช้เป็นระนาบอ้างอิง เช่น ระบบพิกัดเส้นสุริยวิถีทำการวัดทั้งหมดเทียบกับระนาบของเส้นสุริยวิถี (หรือระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์นั่นเอง)

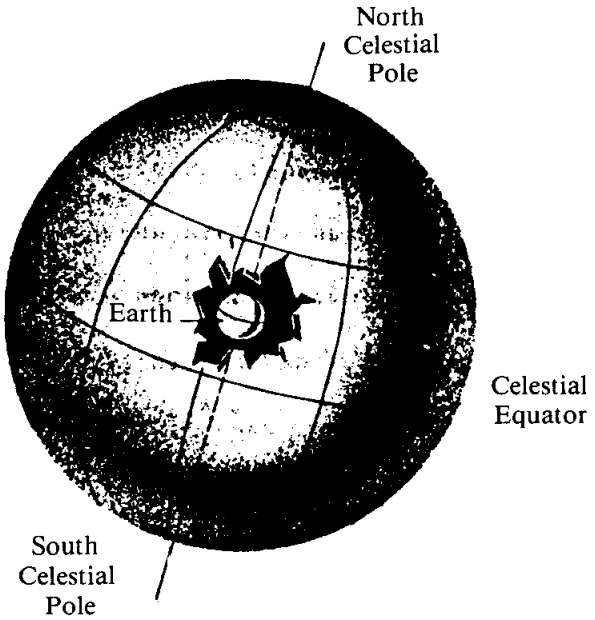
2.2 ทรงกลมท้องฟ้า

นักดาราศาสตร์สมัยโบราณคิดว่า ดวงดาวต่าง ๆ ติดอยู่บนผลึกทรงกลมกลวงใบหนึ่ง ในปัจจุบันนี้เป็นที่รู้กันแล้วว่าดวงดาวต่าง ๆ ไม่ได้ติดอยู่บนทรงกลมกลวง แต่เราสมมติว่าดวงดาวเหล่านี้อยู่บนพื้นผิวทรงกลมกลวงใบหนึ่ง เรียกว่า "ทรงกลมท้องฟ้า" (Celestial sphere) ระยะทางของดวงดาวต่าง ๆ มีระยะทางห่างจากโลกไม่เท่ากัน โดยเฉพาะระบบแกแลกซีอื่น ๆ อยู่ห่างจากโลกมาก วัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ในเอกภพนี้จะอยู่บนพื้นผิวทรงกลมใบนี้ รัศมีของทรงกลมท้องฟ้ามีค่าเป็นอนันต์ ถ้านำโลกมาเปรียบเทียบกับขนาดของทรงกลมท้องฟ้าแล้วจะเห็นได้ว่าโลกมีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่าเป็นจุด นั่นคือเมื่อผู้สังเกตที่อยู่บนโลกสังเกตเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ ที่อยู่บนท้องฟ้าจะถือได้ว่าโลกเป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้าใบนี้ ในทำนองเดียวกันจุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้าอาจจะเป็นอะไรก็ได้ที่มีขอบเขตจำกัดโดยมีผู้สังเกตอยู่ด้วย วัตถุนอกจากนั้นก็จะอยู่บนทรงกลมท้องฟ้า สรุปได้ว่าทรงกลมท้องฟ้ามีรัศมีเป็นอนันต์โดยมีผู้สังเกตเป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลม และวัตถุในทรงกลมท้องฟ้าทุกชนิดจะปรากฏอยู่บนทรงกลมใบนี้เสมอ

2.2.1 การเคลื่อนที่ปรากฏของทรงกลมท้องฟ้า

เทห์ฟากฟ้าทุกชนิดในเอกภพนี้มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา กล่าวคือ โลก, ดาวเคราะห์และดาวบริวารโคจรเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ ระบบสุริยะพร้อมกับเทห์ฟากฟ้าที่เป็นสมาชิกของแกแลกซีของเรา (มีชื่อเรียกว่าทางช้างเผือก : Milky way) เคลื่อนที่รอบจุดศูนย์กลางของแกแลกซีในขณะเดียวกันระบบแกแลกซีต่าง ๆ ในเอกภพนี้มีการเคลื่อนที่ออกจากกันและกัน (คล้ายกับจุดบนลูกโป่งที่กำลังขยายตัว) อย่างไรก็ดีเราอนุมานได้ว่าในชั่วชีวิตของเราเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ เช่น ดาวฤกษ์, เนบิวลา (nebula), กระจุกดาวทรงกลม, ระบบแกแลกซี ฯลฯ มีตำแหน่งเปลี่ยนไปน้อยมาก ๆ ซึ่งเราไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นเราถือได้ว่าตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง *นั่นคือเทห์ฟากฟ้าทุกชนิด (ยกเว้นเทห์ฟากฟ้าในระบบสุริยะ) ปรากฏอยู่บนพื้นผิวทรงกลมท้องฟ้าคงที่*

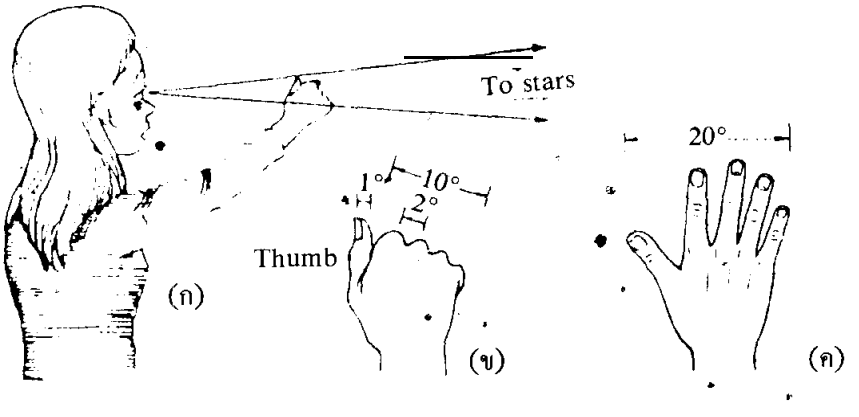
ทรงกลมท้องฟ้าเป็นทรงกลมที่อยู่นิ่งคงที่ แต่เนื่องจากโลกหมุนรอบแกนสมมติอันหนึ่งในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (เมื่อมองลงมาทางขั้วโลกเหนือ) หรือหมุนจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกครบหนึ่งรอบใช้เวลาหนึ่งวัน เมื่อเราอยู่บนโลกที่กว้างใหญ่ไพศาลเราจะไม่มีความรู้สึกที่ว่าโลกมีการหมุนรอบตัวเอง แต่เราจะมีความรู้สึกว่าเราอยู่บนโลกที่อยู่นิ่งโดยมีทรงกลมท้องฟ้าหมุนปรากฏรอบโลกในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนรอบตัวเองของโลก ดังนั้นเทห์ฟากฟ้า



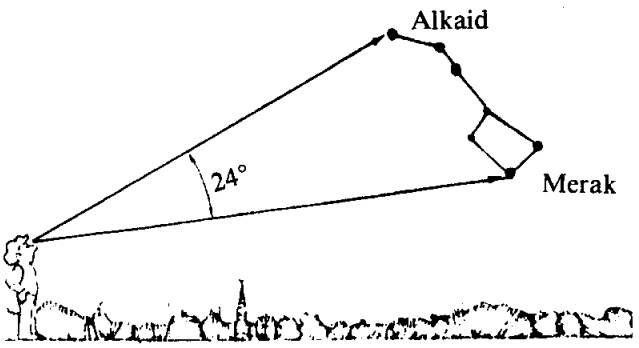
รูปที่ 2.1 โลกและทรงกลมท้องฟ้าเป็นทรงกลมสองใบซ้อนกันอยู่ ต่อแกนหมุนของโลกพบทรงกลมท้องฟ้าเราจะได้ขั้วท้องฟ้าเหนือและขั้วท้องฟ้าใต้และขยายเส้นศูนย์สูตรของโลกพบทรงกลมท้องฟ้าจะได้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า

ต่าง ๆ จึงมีการเคลื่อนที่ปรากฏรอบตัวเราในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกครบหนึ่งรอบใช้เวลาหนึ่งวันเท่ากับโลก ทรงกลมท้องฟ้าหมุนปรากฏรอบแกนหมุนเดียวกับของโลก ถ้าเราต่อแกนหมุนของโลกไปยังทรงกลมท้องฟ้า ขั้วเหนือของโลกจะไปพบกับพื้นผิวของทรงกลมท้องฟ้าที่ตำแหน่งนี้เรียกว่าขั้วท้องฟ้าเหนือ (North Celestial Pole : NCP) และบริเวณที่ขั้วใต้ของโลกพบกับพื้นผิวของทรงกลมท้องฟ้ามีชื่อเรียกว่าขั้วท้องฟ้าใต้ (South Celestial Pole : SCP) ปัจจุบันนี้ตำแหน่งของขั้วท้องฟ้าเหนืออยู่ห่างจากดาวฤกษ์ ชื่อดาวโพลาริส (Polaris : อยู่ในกลุ่มดาวเหนือ) ประมาณหนึ่งองศา (หนึ่งองศากว้างประมาณสองเท่าของดวงจันทร์เต็มดวงหรือดวงอาทิตย์) ดังนั้นดาวโพลาริสจึงมีชื่อเรียกว่าดาวขั้ว (pole star) หรือดาวเหนือ (north star) บริเวณที่ตำแหน่งขั้วท้องฟ้าใต้ชี้นั้นไม่ตรงกับกลุ่มดาวใด ๆ นั่นคือดาวขั้วจึงหมายถึงดาวโพลาริสเท่านั้น

รูปที่ 2.2 ขนาดเชิงมุมปรากฏของดวงจันทร์เท่ากับ 1/2 องศา



รูปที่ 2.3 โดยการใช้มือวัดมุมอย่างหยาบ ๆ (ก) เหยียดแขนตรงไปข้างหน้าและมองผ่านมือ (ข) หัวแม่มือจะรองรับมุมประมาณ 1 องศา, ระหว่างข้อนิ้วทั้งสองประมาณ 2 องศา และความกว้างของกำปั้นประมาณ 10 องศา (ค) ความกว้างของฝ่ามือรองรับมุมประมาณ 20 องศา



รูปที่ 2.4 มุมระหว่างดาว Merak และ Alkaid มีค่าประมาณ 24 องศาของผู้สังเกต

สำหรับระนาบที่อยู่ห่างจากขั้วท้องฟ้าเหนือและขั้วท้องฟ้าใต้ 90° เรียกว่าเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (celestial equator) ซึ่งเป็นวงกลมใหญ่ (หมายถึงวงกลมใด ๆ บนพื้นผิวของทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกับจุดศูนย์กลางของทรงกลม) บนทรงกลมท้องฟ้าที่ซึ่งอยู่ในระนาบเดียวกันกับเส้นศูนย์สูตรของโลกหรือเกิดจากการฉายเงาของเส้นศูนย์สูตรของโลกไปบนทรงกลมท้องฟ้า

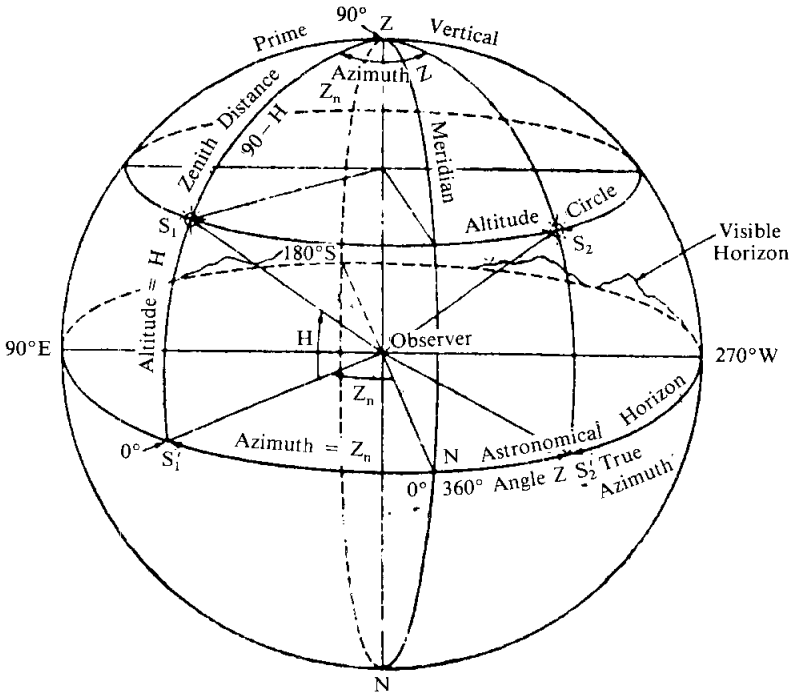
2.3 ระบบพิกัด

ในทำนองเดียวกันกับระบบพิกัดจำแนกตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก, ระบบพิกัดจำแนกตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าบนท้องฟ้าก็มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับวงกลมใหญ่หลักสองวงเหมือนกัน ได้แก่ ระนาบพื้นฐานและทิศทางอ้างอิง

ระบบพิกัดจำแนกตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันนี้มีทั้งหมด 4 ระบบ คือ

1. ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า (Horizontal coordinate system)
2. ระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร (Equatorial coordinate system)
3. ระบบพิกัดเส้นสุริยวิถี (Ecliptic coordinate system)
4. ระบบพิกัดแกแลกติก (Galactic coordinate system)

2.3.1 ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า



รูปที่ 2.5 แสดงระบบพิกัดเส้นขอบฟ้า

ระบบพิกัดเส้นขอบฟ้าเป็นระบบพิกัดที่ใช้จำแนกตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าบนท้องฟ้าที่ง่ายที่สุด ระนาบพื้นฐานที่ใช้คือ ระนาบเส้นขอบฟ้า พิกัดในระบบนี้มีชื่อเรียกว่าอัลติจูด (altitude : สัญลักษณ์ h) และแอซิมัท (azimuth : สัญลักษณ์ A)

ขอให้เราจินตนาการว่ายืนอยู่บนเกาะราบเรียบ (เป็นเกาะที่ไม่มีภูเขา, ต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างสูง ๆ) แห่งหนึ่ง เมื่อเรามองขึ้นไปบนท้องฟ้า เราจะเห็นเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ ปรากฏอยู่บนทรงกลมท้องฟ้า ในกรณีนี้ตัวเราเป็นผู้สังเกตและเป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้าด้วย เมื่อเรามองไปทางทะเล เราจะมองเห็นน้ำทะเลตัดกับท้องฟ้าเป็นวงกลมใหญ่ล้อมรอบตัวเรา วงกลมนี้เรียกว่าเส้นขอบฟ้าดาราศาสตร์ (astronomical horizon) เพื่อความสะดวกเราใช้คำว่าเส้นขอบฟ้าแทน ถ้าเส้นขอบฟ้าที่ประกอบด้วยลักษณะตามธรรมชาติ เช่น ภูเขา, ต้นไม้, บ้าน เป็นต้น เส้นขอบฟ้านี้มีชื่อเรียกว่าเส้นขอบฟ้ามองเห็นได้ (visible horizon) เส้นขอบฟ้าแบ่งทรงกลมท้องฟ้าออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนบนเหนือพื้นดินเป็นส่วนที่เรามองเห็นได้ อีกส่วนหนึ่งอยู่ใต้ดินซึ่งเป็นส่วนที่เรามองไม่เห็น

จุดที่อยู่บนท้องฟ้าและอยู่เหนือศีรษะของเราพอดี มีชื่อเรียกว่าจุดเซนิท (zenith : สัญลักษณ์ Z) และจุดที่อยู่ตรงข้ามเรียกว่าจุดใต้เท้า (nadir) ซึ่งเป็นจุดที่เรามองไม่เห็นเนื่องจากพื้นดินบังไว้

วงกลมใหญ่ที่ลากจากจุดเซนิทมาตั้งฉากกับเส้นขอบฟ้าเรียกว่าวงกลมแนวดิ่ง (verticle circle) วงกลมแนวดิ่งที่ผ่านจุดทิศเหนือ, จุดเซนิทและจุดทิศใต้เรียกว่าเส้นเมริเดียน จุดทิศเหนือ (N), จุดทิศตะวันออก (E), จุดทิศใต้ (S) และจุดทิศตะวันตก (W) มีชื่อเรียกว่า จุดประธาน (cardinal point) เราสามารถนิยามอัลติจูดและแอซิมัทได้ดังนี้

อัลติจูด (h) เป็นค่ามุมเงยวัดจากเส้นขอบฟ้าขึ้นไปตามวงกลมแนวดิ่งจนถึงตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าบนท้องฟ้า ค่าอัลติจูดมีค่าตั้งแต่ 0° (ที่เส้นขอบฟ้า) ถึง 90° (ที่จุดเซนิท)

ระยะทางเซนิท (zenith distance : สัญลักษณ์ ζ) สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\zeta = 90° - h$$

แอซิมัท (A) คือระยะทางเชิงมุมวัดจากจุดทิศเหนือไปทางทิศตะวันออกตามเส้นขอบฟ้าจนถึงวงกลมแนวดิ่งที่ผ่านเทห์ฟากฟ้านั้น แอซิมัทมีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 360°

หมายเหตุ

1. เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏที่จุดขั้วท้องฟ้าเหนือและจุดขั้วท้องฟ้าใต้จะมีค่าอัลติจูดและแอซิมัทคงที่ตลอดทั้งวัน เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏที่ตำแหน่งอื่นบนท้องฟ้าจะมีค่าอัลติจูดและแอซิมัทเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

2. ผู้สังเกตที่อยู่ตำบลต่างกันสังเกตเทห์ฟากฟ้าชนิดเดียวกันในเวลาเดียวกันจะมีค่าอัลติจูดและแอซิมัทแตกต่างกันเช่น ผู้สังเกตที่กรุงเทพฯ และเชียงใหม่จะสังเกตค่าอัลติจูดและแอซิมัทของเทห์ฟากฟ้าชนิดเดียวกันในขณะเวลาเดียวกันมีค่าไม่เท่ากัน

2.3.2 ระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร

เป็นระบบพิกัดที่ใช้กันแพร่หลายมาก แผนที่ดาวฤกษ์และเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ ใช้ระบบพิกัดนี้เป็นตัวบอกตำแหน่งของมันบนท้องฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากพิกัดของเทห์ฟากฟ้าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าผู้สังเกตจะเปลี่ยนตำบลที่สังเกตหรือเวลาในการสังเกตเปลี่ยนไป ระนาบพื้นฐานที่ใช้ในระบบพิกัดนี้คือระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า พิกัดมีสองชนิดเดคลิเนชัน (declination : สัญลักษณ์ δ) เทียบได้กับค่าละติจูดบนโลกและไรท์แอสเซนชัน (right ascension : สัญลักษณ์ α) เทียบได้กับค่าลองจิจูดบนโลก

ก่อนที่เราจะทำการศึกษาระบบพิกัดนี้ ขอให้เรามาทำความเข้าใจถึงเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่นการหาแนวทิศเหนือ- ใต้ภูมิศาสตร์, การหาตำแหน่งของขั้วของทรงกลมท้องฟ้าที่ตำบลต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก, ทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้า, เส้นสุริยวิถี เป็นต้น

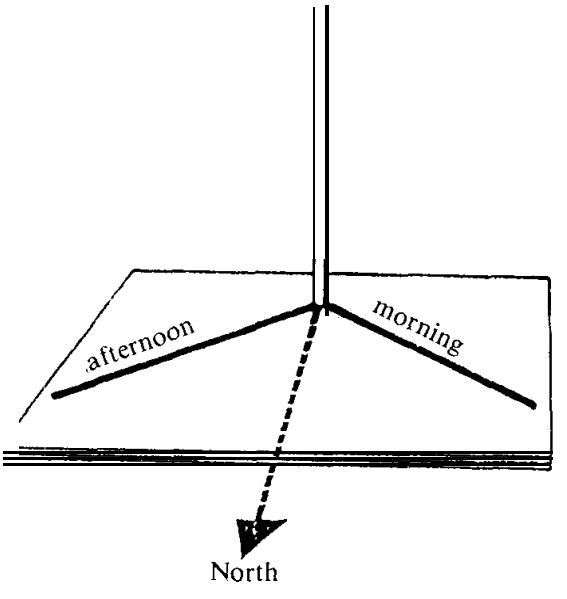
2.3.2.1 การหาแนวทิศเหนือ-ใต้ภูมิศาสตร์

อุปกรณ์

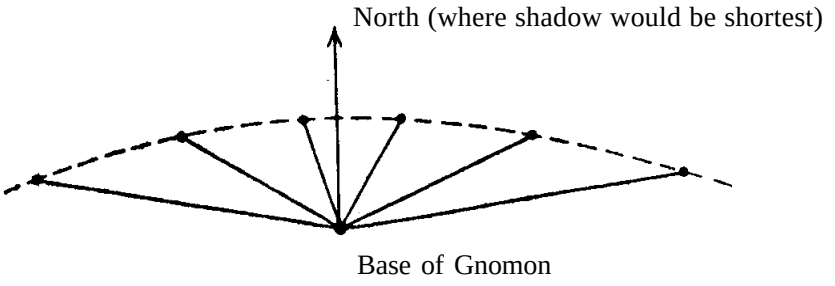
1. แผ่นไม้ (ดูรูปที่ 2.7)
2. เส้นลวดหรือแท่งไม้ยาวพอประมาณ
3. ไม้โปรแทรกเตอร์

วิธีทำ

ปักเส้นลวดหรือแท่งไม้ลงบนแผ่นไม้พยายามให้เส้นลวดหรือแท่งไม้อยู่ในแนวดิ่งหรือตั้งฉากกับแผ่นไม้ เส้นลวดหรือแท่งไม้นี้มีชื่อเรียกว่าโนมัน (gnomon) หลังจากนั้นให้นำไปวางไว้กลางแจ้งโดยให้อยู่ในแนวราบก่อนเที่ยงวันปรากฏ (โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 3) กำหนดเครื่องหมายบนปลายเงา (ควรจะอยู่ระหว่างวงกลมที่สองและสามจากจุดศูนย์กลางบนแผ่นไม้) วัดความยาวของเงา ในช่วงเวลาบ่ายให้ทำเครื่องหมายเมื่อเงาของโนมันยาวเท่ากับเงาของโนมันในช่วงเวลาเช้า เสร็จแล้วแบ่งครึ่งมุมที่เงาทั้งสองกระทำต่อกัน (ดังรูปที่ 2.6) เส้นแบ่งครึ่งมุมนี้จะแสดงแนวทิศเหนือ- ใต้ภูมิศาสตร์

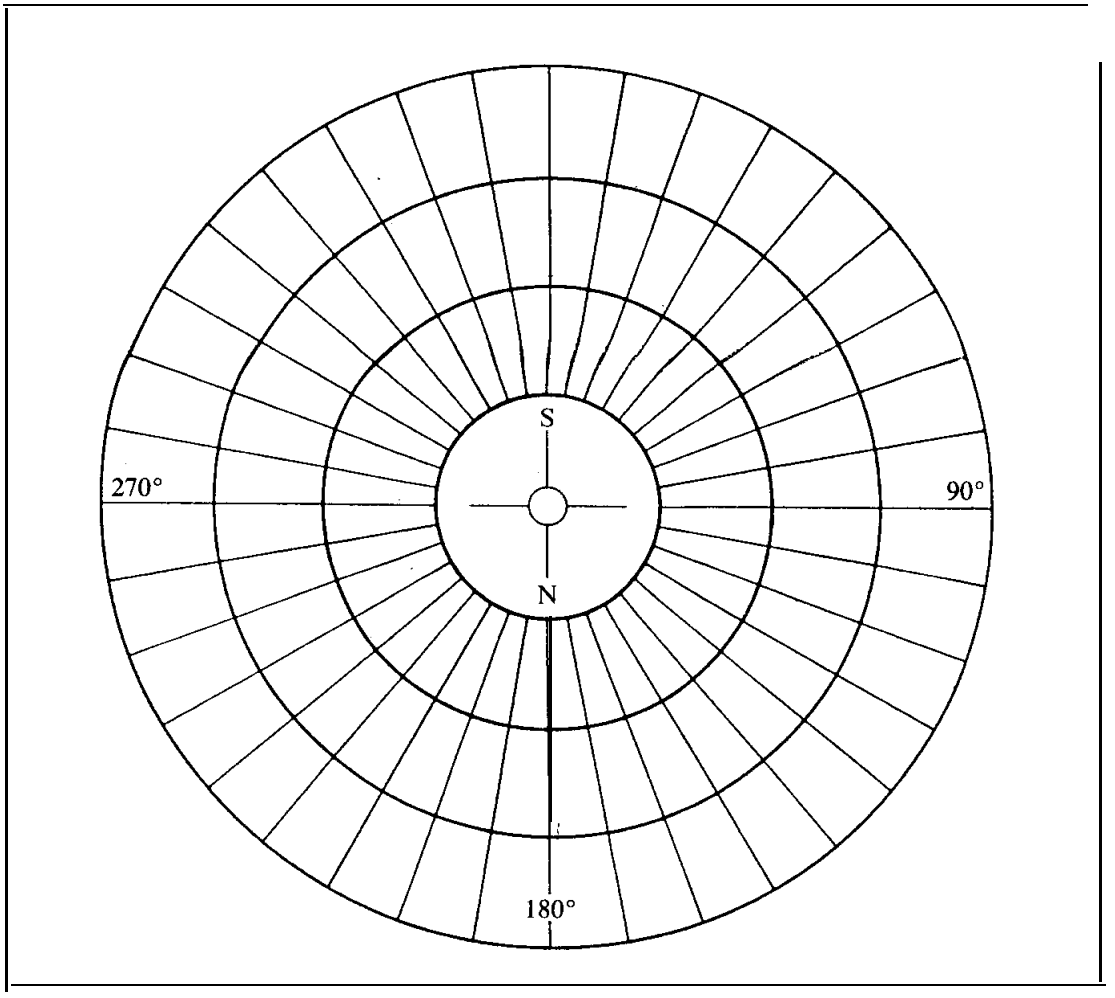


(ก) แนวทิศเหนือ- ใต้ภูมิศาสตร์เกิดจากเส้นแบ่งครึ่งมุมของเงาของโนมันในตอนเช้าและตอนบ่ายที่ยาวเท่ากัน



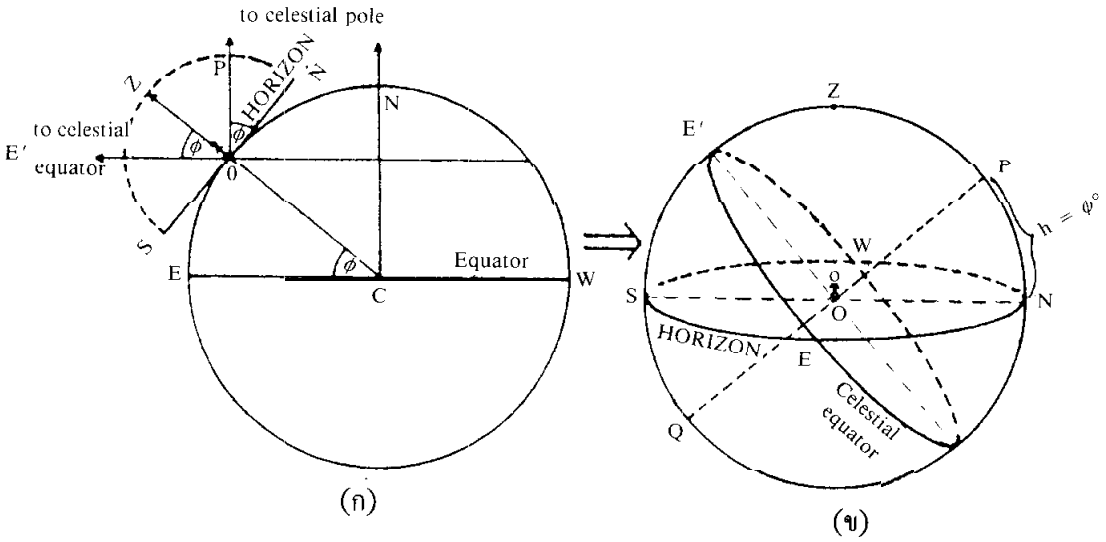
(ข) เส้นไข่ปลาเป็นแนวความยาวของเงาของโนมัน ในกรณีนี้ดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศใต้หรือในช่วงฤดูหนาวทางซีกโลกภาคเหนือ

รูปที่ 2.6 การหาแนวทิศเหนือ-ใต้ภูมิศาสตร์



รูปที่ 2.7 แผนภาพสำหรับติดบนแผ่นไม้เพื่อวัดเงาของโนมันในการหาแนวทิศเหนือ-ใต้ภูมิศาสตร์

2.3.2.2 การหาตำแหน่งขั้วของทรงกลมท้องฟ้าที่ตำบลต่าง ๆ



รูปที่ 2.8 แสดงการหาตำแหน่งขั้วของทรงกลมท้องฟ้าที่ตำบลละติจูดองศาเหนือ

จากรูป 2.8 (ก) สมมติวงกลมใหญ่เป็นโลก โดยมีจุด C เป็นจุดศูนย์กลางของโลก

ECW เป็นระนาบของเส้นศูนย์สูตร

CN เป็นทิศทางที่ชี้ไปทางขั้วท้องฟ้าเหนือ

O เป็นตำแหน่งที่ผู้สังเกตอยู่บนพื้นผิวของโลก โดยที่ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบลละติจูด $\phi°$ เหนือ ให้ครึ่งวงกลมเล็กที่ครอบผู้สังเกตแทนทรงกลมท้องฟ้า

SON เป็นระนาบของเส้นขอบฟ้า

OE′ ขนานกับ ECW ที่ระยะอนันต์เราถือว่า OE′ จะซ้อนกับ ECW พอดี ดังนั้น OE′ คือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้านั่นเอง

Z เป็นจุดเซนิท

OP ขนานกับ CN ที่ระยะอนันต์เราถือว่าจุด P และจุด N เป็นจุดเดียวกัน ดังนั้น OP จึงเป็นทิศทางที่ชี้ไปทางขั้วท้องฟ้าเหนือหรือแกนหมุนของโลกนั่นเอง

$\because \quad E\hat{C}O = \phi° \qquad \therefore \quad E'\hat{O}Z = \phi°$ ด้วย

จาก $\quad E'\hat{O}Z + Z\hat{O}P = 90°$

และ $\quad Z\hat{O}P + P\hat{O}N = 90°$

$$\therefore \quad P\hat{O}N = E'\hat{O}Z = \phi°$$

นั่นคือค่าอัลติจูดของขั้วท้องฟ้าจะมีค่าเท่ากับค่าละติจูดของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่

ถ้าเรารู้ค่าละติจูดของตำบลที่เราอยู่ เช่น กรุงเทพฯมีค่าละติจูดประมาณ 14° เหนือ เราสามารถหาจุดขั้วท้องฟ้าเหนือ (NCP) ได้โดยหันหน้าไปทางทิศเหนือ จากเส้นขอบฟ้าเงยหน้าขึ้นไปประมาณ 14° ที่บริเวณนี้จะเป็นตำแหน่งของจุด NCP ซึ่งเราสามารถมองเห็นดาวโพลาริสหรือดาวเหนือได้ (ถ้าท้องฟ้ามืดเพียงพอ)

จากรูปที่ 2.8 เป็นที่น่าสังเกตว่าเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าอยู่ห่างจากจุดเซนิทเท่ากับค่าละติจูดของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่

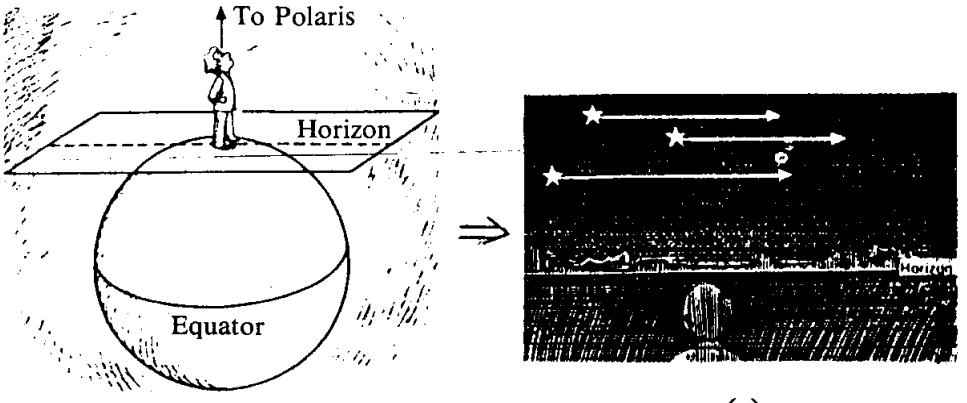
เพื่อให้รูปครึ่งวงกลมเล็กในรูปที่ 2.8 (ก) ดูง่ายขึ้น เราสามารถขยายใหม่เป็นรูป 2.8 (ข) จากรูปค่าอัลติจูดของจุด P มีค่าเท่ากับค่าละติจูดของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่ แกน PQ เป็นแกนหมุนของโลกหรือทรงกลมท้องฟ้าซึ่งแกนนี้ตั้งฉากกับระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า

2.3.2.3 ทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้า

จากหัวข้อที่ 2.3.2.2 เราสามารถหาตำแหน่งของขั้วของทรงกลมท้องฟ้าได้ เทห์ฟากฟ้าทุกชนิดเคลื่อนที่ปรากฏเป็นวงกลมรอบ ๆ ขั้วของทรงกลมท้องฟ้า ลักษณะทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้า (diurnal circle of the stars) ขึ้นอยู่กับตำบลที่ผู้สังเกตอยู่

ก) ผู้สังเกตอยู่บริเวณขั้วโลก

ขอให้เราจินตนาการว่าเราอยู่บริเวณขั้วโลกเหนือ ละติจูดมีค่าเท่ากับ 90° เหนือ ขั้วท้องฟ้าเหนือปรากฏที่จุดเซนิทและเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าซ้อนทับเส้นขอบฟ้าพอดี ทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ เป็นรูปวงกลมเล็ก (หมายถึงวงกลมบนพื้นผิวของทรงกลมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมไม่ได้เป็นจุดศูนย์กลางร่วมกับทรงกลม) ขนานกับเส้นขอบฟ้า (หรือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า) โดยมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ค่าอัลติจูดของเทห์ฟากฟ้ามีค่าคงที่

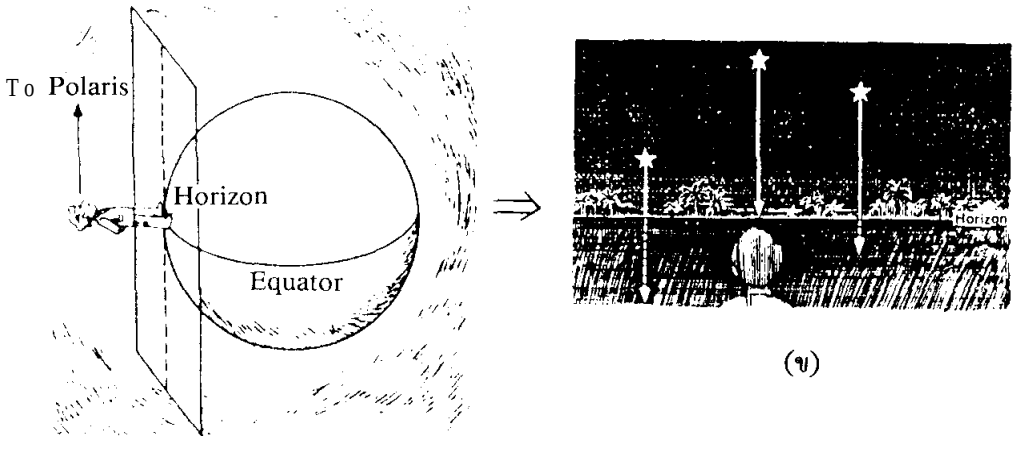


(ก) (ข)

รูปที่ 2.9 ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณขั้วเหนือของโลก ทางเดินปรากฏของดาวฤกษ์จะขนานกับเส้นขอบฟ้าดังรูปที่ 2.9 (ข)

แต่ค่าแอซิมัทมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เทห์ฟากฟ้าที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าขึ้นไปจะปรากฏบนท้องฟ้าแล้วไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้าเช่นเดียวกับเทห์ฟากฟ้าที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าลงไปก็จะไม่ปรากฏให้เราเห็น สำหรับดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์และดาวเคราะห์ต่าง ๆ ทางเดินปรากฏของมันมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อเทียบกับดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลัง เทห์ฟากฟ้าเหล่านี้ปรากฏให้เห็นเมื่อตำแหน่งของมันอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าขึ้นไปและไม่ปรากฏให้เห็นเมื่อตำแหน่งของมันอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าลงไป ดวงอาทิตย์ปรากฏเหนือเส้นขอบฟ้าเป็นเวลาประมาณ 6 เดือนและลับหายจากท้องฟ้าเป็นเวลาประมาณ 6 เดือนด้วย ในกรณีที่ผู้สังเกตอยู่บริเวณขั้วโลกใต้ ขั้วท้องฟ้าใต้ปรากฏที่จุดเซนิท สำหรับทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ จะปรากฏตรงข้ามกับบริเวณขั้วโลกเหนือ

ข) ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร



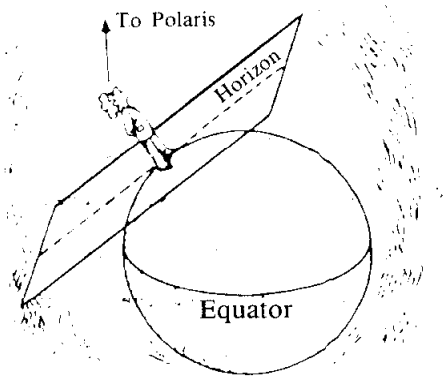
(ก) (ข)

รูปที่ 2.10 ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรของโลก ทางเดินปรากฏของดาวฤกษ์จะตั้งฉากกับเส้นขอบฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ข)

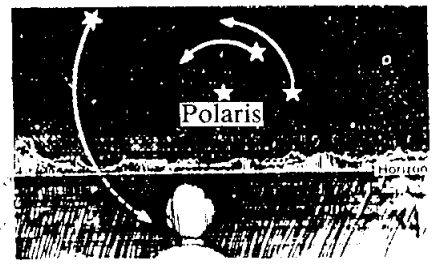
ตำบลของผู้สังเกตมีค่าละติจูดเท่ากับ 0° ขั้วท้องฟ้าเหนือปรากฏที่จุดทิศเหนือบนเส้นขอบฟ้าและขั้วท้องฟ้าใต้ปรากฏที่จุดทิศใต้บนเส้นขอบฟ้า เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าตั้งฉากกับเส้นขอบฟ้าที่จุดทิศตะวันออกและทิศตะวันตกและผ่านจุดเซนิทตรงเหนือศีรษะพอดี ทิศทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ เป็นวงกลมเล็กขนานกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ยกเว้นเทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า นั่นคือทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ เป็นวงกลมตั้งฉากกับเส้นขอบฟ้าและถูกแบ่งครึ่งเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันโดยเส้นขอบฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.10 เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากที่สุด เทห์ฟากฟ้าที่

อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าออกไปจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วช้าลงและจะหยุดนิ่งเมื่อเทห์ฟากฟ้าปรากฏที่ตำแหน่งขั้วของทรงกลมท้องฟ้า (เทห์ฟากฟ้าใช้เวลาเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบใช้เวลาหนึ่งวันเท่ากันหมด) เทห์ฟากฟ้าทุกชนิดปรากฏบนท้องฟ้าให้เห็นประมาณ 12 ชั่วโมง และตกลับหายไปจากท้องฟ้าเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ดวงอาทิตย์ส่องแสงวันละประมาณ 12 ชั่วโมงตลอดทั้งปี *เป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณเส้นศูนย์สูตรเป็นบริเวณแห่งเดียวบนพื้นผิวโลกที่สามารถมองเห็นเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ ได้ทั่วทั้งหมดบนท้องฟ้า*

ค) ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณละติจูดองศาเหนือ



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.11 ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณละติจูดองศาเหนือ ทางเดินปรากฏของดาวฤกษ์จะเป็นวงกลมเล็กรอบ ๆ ขั้วท้องฟ้าเหนือ

ผู้สังเกตอยู่ระหว่างขั้วโลกเหนือและเส้นศูนย์สูตร ค่าอัลติจูดของขั้วท้องฟ้าเหนือมีค่าเท่ากับค่าละติจูด ($\phi°$) ของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่ ส่วนขั้วท้องฟ้าใต้อยู่ตรงข้ามกับขั้วท้องฟ้าเหนือจะอยู่ใต้พื้นดิน เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าตัดเส้นขอบฟ้าที่จุดทิศตะวันออกและตะวันตกและ*เบนไปทางทิศใต้โดยอยู่ห่างจากจุดเซนิทเท่ากับค่าละติจูดของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่* ดังนั้นทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ มีลักษณะเป็น*วงกลมหงาย*ไปทางเบื้องหลังของผู้สังเกต (เมื่อผู้สังเกตหันหน้าไปทางทิศเหนือ) เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเป็นวงกลมเดียวเท่านั้นที่ถูกเส้นขอบฟ้าแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏบนเส้นศูนย์สูตรจะปรากฏบนท้องฟ้าและตกลับหายจากท้องฟ้าเป็นระยะเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ส่วนเทห์ฟากฟ้าที่มีค่าพิกัดเหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปยังขั้วท้องฟ้าเหนือจะปรากฏบนท้องฟ้าเป็นระยะเวลานานกว่าการตกลับหายไปจากท้องฟ้า เทห์ฟากฟ้าที่มีค่าพิกัดใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปทางขั้วท้องฟ้าใต้จะปรากฏบนท้องฟ้าเป็นระยะเวลาสั้นกว่าการตกลับหายไปจากท้องฟ้า (ตัวอย่างปรากฏการณ์นี้เช่นดวงอาทิตย์ช่วง

ระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงในฤดูร้อนยาวนานกว่าในฤดูหนาว) ในการพิจารณาทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าสำหรับผู้สังเกตในบริเวณนี้เพื่อความสะดวกเราสามารถแบ่งเทห์ฟากฟ้าเป็น 3 ประเภทคือ

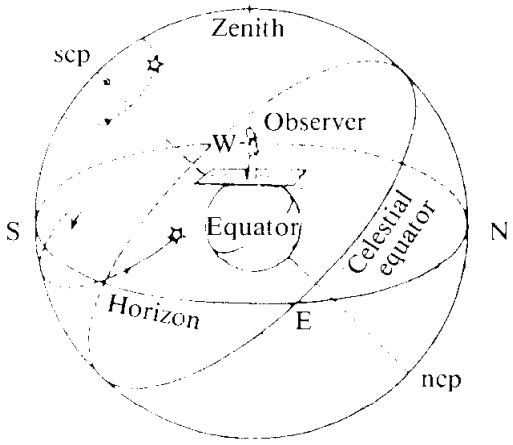
1. เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏบนท้องฟ้าแล้วไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้า เราเรียกเทห์ฟากฟ้าเหล่านี้ว่าดาวรอบขั้ว (circumpolar stars) ได้แก่เทห์ฟากฟ้าที่อยู่ระหว่างขั้วท้องฟ้าเหนือและจุดทิศเหนือ

2. เทห์ฟากฟ้าที่ไม่ปรากฏให้เห็นบนท้องฟ้า ได้แก่เทห์ฟากฟ้าที่อยู่ระหว่างขั้วท้องฟ้าใต้และจุดทิศใต้

3. เทห์ฟากฟ้าที่มีการขึ้นและตกลับหายจากท้องฟ้าได้แก่เทห์ฟากฟ้าที่อยู่ระหว่างประเภทที่ 1 และ 2

ง) ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณละติจูดองศาใต้

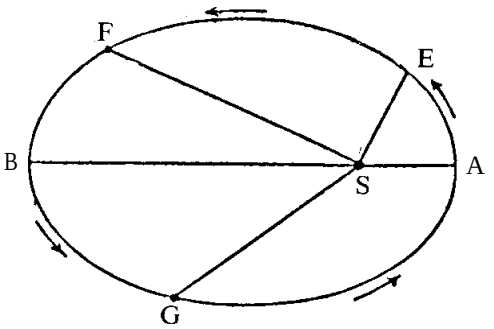
ผู้สังเกตอยู่ระหว่างขั้วโลกใต้และเส้นศูนย์สูตร ในกรณีนี้ขั้วท้องฟ้าใต้ปรากฏอยู่บนท้องฟ้าโดยอยู่สูงจากจุดทิศใต้เป็นระยะทางเชิงมุมเท่ากับค่าละติจูดของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่ ส่วนขั้วท้องฟ้าเหนืออยู่ใต้พื้นดินเราไม่สามารถมองเห็นได้ ลักษณะทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ จะเป็น*รูปวงกลมคว่ำ*ไปทางข้างหน้าของผู้สังเกต (เมื่อผู้สังเกตหันหน้าไปทางทิศเหนือ) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้าเราสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทเหมือนกับผู้สังเกตในบริเวณละติจูดองศาเหนือแต่การปรากฏบนท้องฟ้าตรงกันข้าม เช่น เทห์ฟากฟ้าที่มีค่าพิกัดเหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปทางขั้วท้องฟ้าเหนือช่วงระยะเวลาที่ปรากฏบนท้องฟ้าสั้นกว่าการตกลับหายไปจากท้องฟ้า



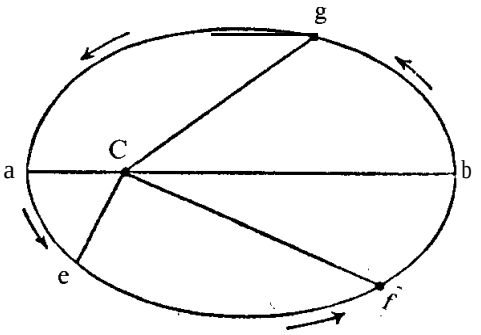
รูปที่ 2.12 ผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณละติจูดองศาใต้ ระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าคว่ำไปทางทิศเหนือ

2.3.2.4 เส้นสุริยวิถี

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรีโดยมีดวงอาทิตย์ (S) อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่งของรูปวงรีดังแสดงในรูปที่ 2.13 โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในทิศทางตามลูกศร โดยที่จุด A, E, F, B, G เป็นทางโคจรของโลก โลกโคจรครบหนึ่งรอบใช้เวลาหนึ่งปี (หมายถึงปีทรอปิก (tropical year) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 365.2422 วันสุริยคติเฉลี่ยโปรดดูรายละเอียดในบทที่ 3) แต่เนื่องจากผู้สังเกตอยู่บนโลก ดังนั้นเมื่อสังเกตจากโลกผู้สังเกตจึงสังเกตเห็นว่าดวงอาทิตย์โคจรปรากฏรอบโลกเป็นรูปวงรีดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 รูปวงรีเป็นวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ (S) โดยมีทิศทางตามลูกศร

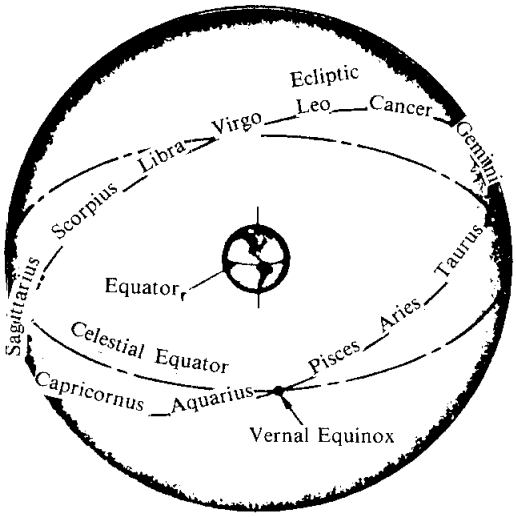


รูปที่ 2.14 เมื่อเราสังเกตดวงอาทิตย์จากโลก (C) เราจะเห็นดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกเป็นรูปวงรีโดยมีทิศทางตามลูกศร

จากรูปที่ 2.14 จุด C เป็นโลกโดยมีตำแหน่งอยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่งของรูปวงรี รูปวงรีแทนด้วยแนวทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าเมื่อเทียบกับโลกโดยที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏในทิศทางตำแหน่ง a, e, f, b, g ในวงโคจรรอบโลกซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่ง A, E, F, B, G ของโลกในวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ตามลำดับ โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบ ผู้สังเกตจะเห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏผ่านดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลังบนท้องฟ้าครบหนึ่งรอบเช่นเดียวกัน แนวทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าหรือเส้นทางวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์มีชื่อเรียกว่าเส้นสุริยวิถี (ecliptic) เส้นสุริยวิถีเป็นวงกลมใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้า ดังนั้นเส้นสุริยวิถีจึงมีขั้วสองขั้วเหมือนกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ขั้วที่อยู่ทางด้านเหนือของเส้นสุริยวิถีเรียกว่าขั้วสุริยวิถีเหนือ (North Ecliptic Pole : NEP) และขั้วที่อยู่ทางด้านใต้ของเส้นสุริยวิถีเรียกว่าขั้วสุริยวิถีใต้ (South Ecliptic Pole : SEP)

นอกจากนี้แนวทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ผ่านกลุ่มดาวฤกษ์ต่าง ๆ อีก 12 กลุ่ม กลุ่มดาวฤกษ์เหล่านี้มีชื่อเรียกว่ากลุ่มดาวจักรราศี (Zodiac) ประกอบด้วยกลุ่มดาวราศีเมษ

(Aries), **ราศีพฤษภ** (Taurus), **ราศีเมถุน** (Gemini), **ราศีกรกฎ** (Cancer), **ราศีสิงห์** (Leo), **ราศีกันย์** (Virgo), **ราศีตุลย์** (Libra), **ราศีพฤศจิก** (Scorpius), **ราศีธันว์** (Sagittarius), **ราศีมกร** (Capricornus), **ราศีกุมภ์** (Aquarius), **และราศีมีน** (Pisces)

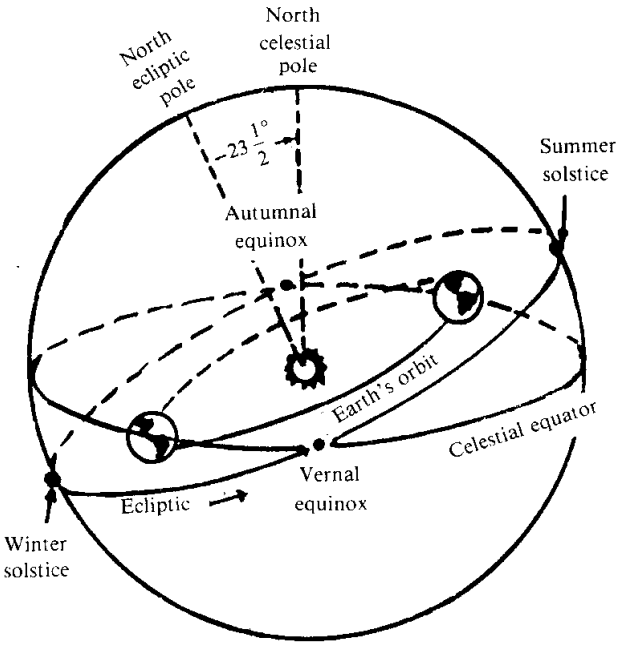


รูปที่ 2.15 แสดงกลุ่มดาวจักรราศีที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏผ่านในเวลาหนึ่งปี

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบเป็นมุม 360° หรือเทียบเป็นเวลาเท่ากับ 24 ชั่วโมง และผ่านกลุ่มดาวจักรราศี 12 กลุ่ม ดังนั้นกลุ่มดาวแต่ละกลุ่มจึงอยู่ห่างกันประมาณ 30° หรือ 2 ชั่วโมง ดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่ในกลุ่มดาวจักรราศีกลุ่มละหนึ่งเดือน เมื่อดวงอาทิตย์ปรากฏที่กลุ่มดาวจักรราศีใด เราไม่สามารถเห็นกลุ่มดาวจักรราศีนั้นได้เนื่องจากแสงอาทิตย์บังแสงจากดาวฤกษ์เหล่านั้น ในคืนหนึ่ง ๆ เราจะเห็นกลุ่มดาวจักรราศีประมาณ 9 – 10 กลุ่ม

เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียงทำมุมประมาณ 23° 27′ หรือประมาณ 23°.5 กับระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์หรือเส้นสุริยวิถี ดังนั้นเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงทำมุม 23°.5 กับเส้นสุริยวิถีด้วย การที่วงกลมสองวงเอียงทำมุมกันทำให้วงกลมทั้งสองตัดกันที่จุดสองจุด (ดูรูปที่ 2.16) เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาปรากฏที่จุดทั้งสอง ดวงอาทิตย์ขึ้นที่จุดทิศตะวันออกและตกที่จุดทิศตะวันตกพอดี ทำให้ช่วงระยะเวลาของเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน จุดทั้งสองมีชื่อเรียกว่าจุดวิษุวัต (equinox) สำหรับจุดตัดที่ดวงอาทิตย์กำลังจะเคลื่อนจากบริเวณใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าขึ้นไปทางเหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เราเรียกว่าจุดวสันตวิษุวัต (Vernal equinox : สัญลักษณ์ ♈) เมื่อประมาณสองพันปีล่วงมาแล้วจุดนี้ปรากฏที่กลุ่มดาวราศีเมษ จุดวสันตวิษุวัตจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าจุดแรกของราศีเมษ (First point of Aries) ปัจจุบันนี้จุดวสันตวิษุวัตได้เคลื่อนจากที่เดิมประมาณ 30 องศา ทางทิศตะวันตกปรากฏอยู่ในกลุ่มดาวราศีมีน

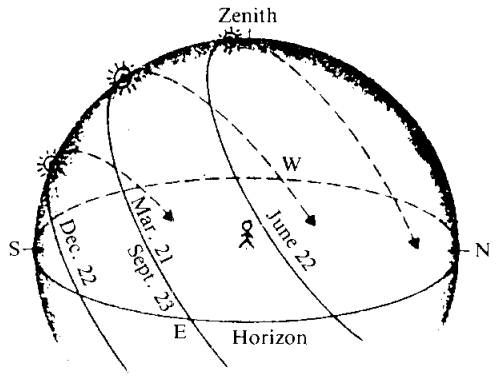
ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนมาปรากฏที่จุดวสันตวิษุวัตในวันที่ 21 มีนาคม ส่วนจุดตรงข้ามอีกจุดหนึ่งมีชื่อเรียกว่าศารทวิษุวัต (Autumnal equinox : สัญลักษณ์ $\underline{\Omega}$) ดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดนี้ในวันที่ 23 กันยายน



รูปที่ 2.16 ระนาบเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงตัดระนาบของเส้นสุริยวิถีที่จุดวสันตวิษุวัตและจุดศารทวิษุวัต ระนาบทั้งสองเอียงทำมุมประมาณ 23.5 องศา

จุดโซลสติกส์ (solstices) เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่งนี้ ดวงอาทิตย์จะอยู่เหนือหรือใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุด จุดที่ดวงอาทิตย์ปรากฏเหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุดเรียกว่าจุดครีษมายัน (summer solstice) ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนปรากฏที่จุดนี้ในวันที่ 22 มิถุนายน ดวงอาทิตย์จะมีค่าเดคลิเนชัน (declination : เป็นพิกัดตัวหนึ่งในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า โปรดดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.3.2.5) มากที่สุด ซึ่งเท่ากับ +23.5 องศา ในวันนี้บริเวณซีกโลกภาคเหนือดวงอาทิตย์จะปรากฏอยู่บนท้องฟ้ายาวนานที่สุด ตำบลที่อยู่บนเส้นทรอปิกกรกฎ (Tropic of Cancer : ละติจูด +23.5 องศา) จะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดเซนิทในเวลาเที่ยงวันปรากฏ อีกจุดหนึ่งเป็นจุดที่ดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุดเรียกว่าจุดเหมายัน (winter solstice) ดวงอาทิตย์จะมีค่าเดคลิเนชันน้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ −23.5 องศา ตรงกับวันที่ 22 ธันวาคม ในวันนี้บริเวณซีกโลกภาคเหนือดวงอาทิตย์จะปรากฏบนท้องฟ้าสั้นที่สุด กล่าวคือช่วงระยะเวลากลางวันจะสั้นที่สุดและตำบลที่อยู่บนเส้นทรอปิกมกร (Tropic of

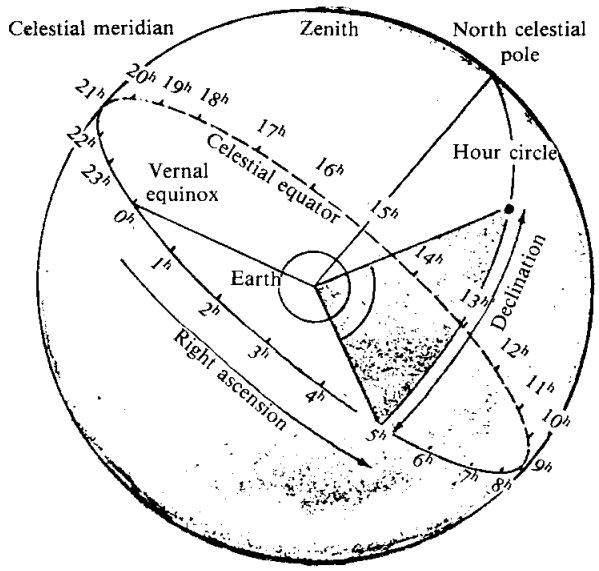
Capricorn : ละติจูด –23.5 องศา) จะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดเซนิทในเวลาเที่ยงวันปรากฏ



รูปที่ 2.17 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันตลอดทั้งปีสำหรับผู้สังเกตที่ละติจูดองศาเหนือ

รูปที่ 2.17 แสดงถึงเส้นทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีที่ผู้สังเกตอยู่ทางซีกโลกภาคเหนือสามารถสังเกตเห็น ในวันที่ 21 มีนาคมดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดวสันตวิษุวัต นั่นคือในวันนี้ดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันเท่ากับศูนย์องศา ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกพอดี ในวันที่ 22 มีนาคมเป็นต้นไป ดวงอาทิตย์เคลื่อนไปทางเหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าเป็นบวก (หรือเป็นองศาเหนือ) มากขึ้น ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือมากขึ้นตามลำดับจนถึงวันที่ 22 มิถุนายนดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันมากที่สุด (+23.5 องศา) ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือมากที่สุด หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนย้อนกลับโดยที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือน้อยลงจนถึงวันที่ 23 กันยายนดวงอาทิตย์เคลื่อนมาปรากฏที่จุดศารทวิษุวัต นั่นคือดวงอาทิตย์ปรากฏบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าอีกครั้งหนึ่ง ค่าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์เท่ากับศูนย์องศา ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก ตั้งแต่วันที่ 24 กันยายนเป็นต้นไป ดวงอาทิตย์เคลื่อนไปทางใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าเป็นลบ (หรือเป็นองศาใต้) มากขึ้นโดยที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้มากขึ้นตามลำดับจนถึงวันที่ 22 ธันวาคม ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันเป็นลบมากที่สุด (–23.5 องศา) ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้มากที่สุด หลังจากวันที่ 22 ธันวาคมดวงอาทิตย์ก็จะเคลื่อนที่ย้อนกลับสู่ซีกโลกภาคเหนือดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ปรากฏเช่นนี้ตลอดทั้งปี จากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เราจะเห็นได้ว่า *ในเวลาหนึ่งปีมีเพียงสองวันเท่านั้นที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก*

2.3.2.5 ไรท์แอสเซนชันและเดคลิเนชัน



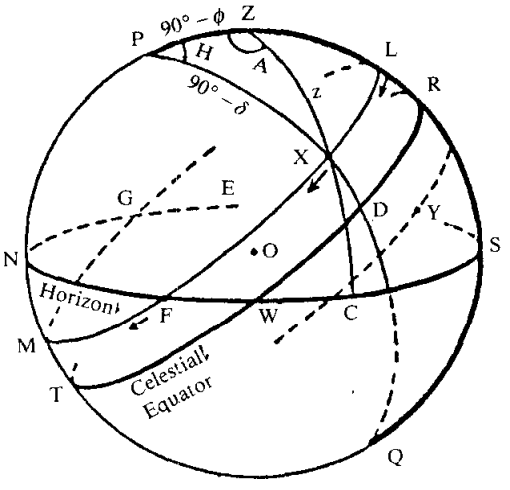
รูปที่ 2.18 แสดงค่าไรท์แอสเซนชัน, เดคลิเนชันและเวลาดาราคติ

วงกลมใหญ่ที่ลากจากจุดขั้วท้องฟ้าเหนือไปยังจุดขั้วท้องฟ้าใต้มีชื่อเรียกว่า*วงกลมชั่วโมง* (hour circle) เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าแบ่งวงกลมนี้ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันและตั้งฉากซึ่งกันและกัน วงกลมชั่วโมงที่ผ่านจุดเซนิทมีชื่อเรียกพิเศษว่าเส้นเมริเดียน เส้นเมริเดียนแบ่งเป็นสองส่วนคือเส้นเมริเดียนส่วนบน (upper meridian) หรือเส้นเมริเดียนของผู้สังเกต (observer's meridian) ซึ่งเริ่มจากจุดขั้วท้องฟ้าเหนือผ่านจุดเซนิท, จุดทิศใต้ไปยังขั้วท้องฟ้าใต้ อีกส่วนหนึ่งมีชื่อเรียกว่าเส้นเมริเดียนส่วนล่าง (lower meridian) ซึ่งเริ่มจากจุดขั้วท้องฟ้าเหนือผ่านจุดทิศเหนือจุดใต้เท้า (nadir) ไปยังจุดขั้วท้องฟ้าใต้ เทห์ฟากฟ้าที่ปรากฏบนเส้นเมริเดียนส่วนบนที่ตำแหน่งนี้มีชื่อเรียกว่าการข้ามส่วนบน (upper transit หรือ upper culminate) *ค่าอัลติจูดของเทห์ฟากฟ้ามีค่ามากที่สุด* เมื่อเทห์ฟากฟ้าอยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนล่างมีชื่อเรียกว่าการข้ามส่วนล่าง (lower transit)

มุมชั่วโมง (Hour angle : อักษรย่อ H.A.) ใช้บอกตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าบนท้องฟ้าโดยวัดเป็นมุมที่จุดศูนย์กลางหรือขั้วท้องฟ้าเหนือหรือส่วนโค้งของวงกลมบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าโดยเริ่มต้นจากเส้นเมริเดียนส่วนบนไปตามเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าทิศทางตามเข็มนาฬิกา (หรือไปทางทิศตะวันตก) จนถึงวงกลมชั่วโมงที่ผ่านเทห์ฟากฟ้านั้น ๆ มุมชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ 0° (เทห์ฟากฟ้าปรากฏบนเส้นเมริเดียนส่วนบน) จนถึง 360° (เทห์ฟากฟ้าเคลื่อนกลับมาสู่ตำแหน่งเริ่มต้น) หน่วยของมุมชั่วโมงนิยมใช้ ชั่วโมง, นาที, วินาที เราสามารถเทียบหน่วยองศา, ลิปดา, วิลิปดา

เป็นชั่วโมง, นาที, วินาที หรือชั่วโมง, นาที, วินาที เป็นองศา, ลิปดา, วิลิปดา ได้ดังนี้

∵ 24 ชั่วโมง = 360 องศา	∵ 360 องศา = 24 ชั่วโมง
∴ 1 ชั่วโมง = 15 องศา	∴ 1 องศา = 4 นาที
1 นาที = 15 ลิปดา	1 ลิปดา = 4 วินาที
1 วินาที = 15 วิลิปดา	1 วิลิปดา = 0.067 วินาที



รูปที่ 2.19

จากรูปที่ 2.19, O เป็นผู้สังเกตอยู่ที่ตำบลละติจูด $\phi°$ เหนือ, จุด Z และจุด P เป็นจุดเซนิท และขั้วท้องฟ้าเหนือตามลำดับ

วงกลมใหญ่ RWT เป็นเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (ระนาบของวงกลมนี้ตั้งฉากกับแกน PQ) เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าตัดเส้นขอบฟ้าที่จุดสองจุด คือ จุดทิศตะวันตก (W) และจุดทิศตะวันออก (E) จากรูปจะเห็นได้ว่า จุด Z เป็นขั้วของวงกลมใหญ่ NWSE และจุด P เป็นขั้วของวงกลมใหญ่ RWT ซึ่งจุด W อยู่ห่างจากจุด Z และจุด P เท่ากับ 90° ในทางกลับกันจุด W ก็จะเป็นขั้วของวงกลมใหญ่ NPZSQ ด้วย

จุด N, W, S, E มีชื่อเรียกว่า จุดประธาน

ให้ X เป็นตำแหน่งของดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในขณะเวลาใด ๆ (ดาว X อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า) โดยมีวงกลมเล็ก LXM เป็นทางเดินปรากฏของดาว X, ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาว X เป็นไปตามลูกศร วงกลมเล็ก LXM ขนานกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า

เส้นเมริเดียนส่วนบนหรือเส้นเมริเดียนของผู้สังเกตได้แก่ PZRSQ

เส้นเมริเดียนส่วนล่าง ได้แก่ PNTQ

เนื่องจากทางเดินปรากฏของดาวฤกษ์เป็นรูปวงกลมขนานกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ตามรูปคือวงกลมเล็ก LXM เมื่อดาวโคจรมาที่จุด L บนเส้นเมริเดียนส่วนบน ตำแหน่งของดาวที่จุด L เรียกว่าดาวอยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนบน ค่าอัลติจูดของดาวฤกษ์ (SL) จะมีค่ามากที่สุดในขณะที่ระยะทางเซนิท (ZL) มีค่าน้อยที่สุด หลังจากที่ดาวฤกษ์อยู่ที่จุด L แล้ว ดาวจะเคลื่อนที่ต่อไปตามวงกลมเล็ก LXM จนถึงจุด F ที่จุดนี้ดาวกำลังจะตกลับหายไปจากท้องฟ้า ค่าอัลติจูดของดาวมีค่าเท่ากับ 0° และระยะทางเซนิทจะมีค่าเท่ากับ 90° หลังจากนั้นดาวก็จะเคลื่อนที่ไปที่จุด M (ดาวปรากฏอยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนล่าง) เรียกดาวฤกษ์ที่อยู่ตำแหน่งนี้ว่า ดาวกำลังอยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่าง หลังจากนั้นดาวฤกษ์ก็จะเคลื่อนไปที่ตำแหน่ง G ที่จุดนี้ดาวกำลังจะขึ้นปรากฏบนท้องฟ้า หลังจากนี้ ค่าอัลติจูดของดาวฤกษ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งดาวโคจรถึงจุด L ใหม่ การโคจรของดาวก็จะครบหนึ่งรอบ

ถ้าดาวฤกษ์อยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน, H.A. ของดาวฤกษ์มีค่า = $0^{ช}$

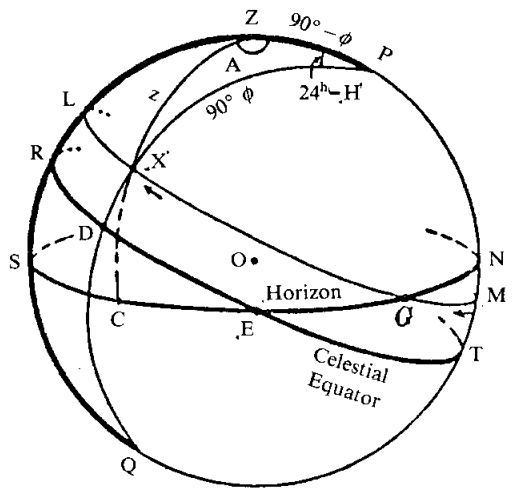
ดาวฤกษ์อยู่ที่จุดทิศตะวันตก (W), H.A. ของดาวฤกษ์มีค่า = $6^{ช}$

ดาวฤกษ์อยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนล่าง, H.A. ของดาวฤกษ์มีค่า = $12^{ช}$

ดาวฤกษ์อยู่ที่จุดทิศตะวันออก (E), H.A. ของดาวฤกษ์มีค่า = $18^{ช}$

ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้นมุมชั่วโมงของดาว X มีค่าระหว่าง $0^{ช}$ ถึง $6^{ช}$ ซึ่งได้แก่ ความยาวของส่วนโค้ง RD

ถ้าดาว X ปรากฏบนฟากฟ้าตะวันออก เราสามารถวาดภาพใหม่ได้ดังรูปที่ 2.20 ซึ่งมุมชั่วโมงของดาว X มีค่าระหว่าง $18^{ช}$ ถึง $24^{ช}$ ซึ่งได้แก่ความยาวของส่วนโค้ง RTED



รูปที่ 2.20

เดคลิเนชัน (declination : สัญลักษณ์ δ) เป็นพิกัดตัวหนึ่งในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรเทียบได้กับค่าละติจูดในระบบพิกัดบนพื้นผิวโลก เราสามารถนิยามคำเดคลิเนชันได้ดังนี้

เดคลิเนชัน หมายถึง ระยะทางเชิงมุมไปทางเหนือหรือทางใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า วัดจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าขึ้นหรือลงไปตามเส้นวงกลมชั่วโมงจนถึงตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้านั้น มีค่าตั้งแต่ 0° (ที่เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า) จนถึง ± 90° (ที่ขั้วของทรงกลมท้องฟ้า)

ถ้าเทห์ฟากฟ้าอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เดคลิเนชันมีค่า 0° ถึง +90° หรือ 90°N

ถ้าเทห์ฟากฟ้าอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เดคลิเนชันมีค่า 0° ถึง −90° หรือ 90°N

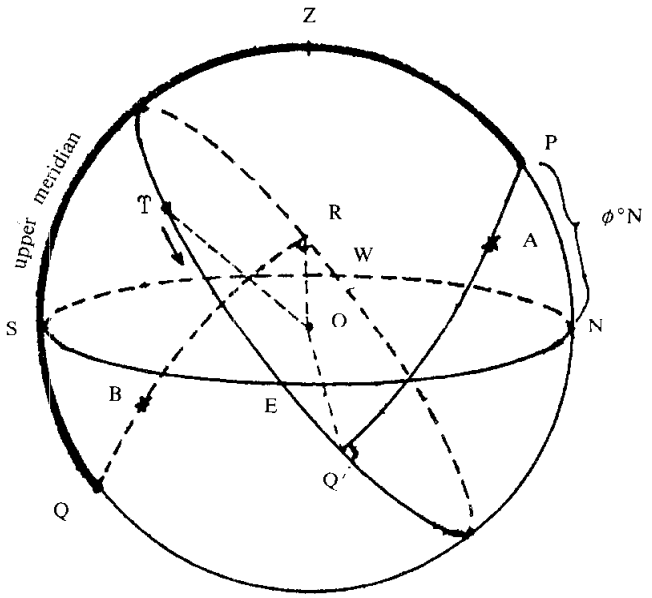
จากรูปที่ 2.20 ดาว X มีค่า δ = ส่วนโค้ง DX° เหนือ

$$\because \quad DX = \delta^\circ$$

$$\therefore \quad PX = 90^\circ - \delta^\circ$$

PX มีชื่อเรียกว่า ระยะทางขั้ว (polar distance) ของดาว X

วงกลมเล็ก LXM เรียกว่าเดคลิเนชันขนาน (parallel of declination) เทห์ฟากฟ้าทุกชนิดที่อยู่บนวงกลมเล็ก LXM จะมีค่าเดคลิเนชัน = +DX° เท่ากันทุกดวง



รูปที่ 2.21

ไรท์แอสเซนชัน (right ascension : สัญลักษณ์ α) เป็นพิกัดอีกตัวหนึ่งในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรเทียบได้กับค่าลองจิจูดในระบบพิกัดจำแนกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ค่าลองจิจูดเราใช้หอดูดาวกรีนิชเป็นจุดอ้างอิง ดังนั้น ในการวัดค่าไรท์แอสเซนชันเราจึงต้องหาจุดอ้างอิงบนท้องฟ้า นักดาราศาสตร์ใช้จุดวสันตวิษุวัต (♈) เป็นจุดอ้างอิงบนท้องฟ้าโดยที่จุดวสันตวิษุวัตเป็นจุดคงที่บนท้องฟ้า

บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเกิดจากระนาบของเส้นสุริยวิถีตัดกับระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า เราสามารถนิยามไรท์แอสเซนชันได้ดังนี้

ไรท์แอสเซนชันเป็นมุมที่จุดศูนย์กลางหรือส่วนโค้งบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าโดยวัดจากจุดวสันตวิษุวัตทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (หรือไปทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นทิศสวนทางกับการวัดค่ามุมชั่วโมง) หน่วยเป็นชั่วโมง, นาที และวินาที มีค่าตั้งแต่ 0 ชั่วโมง (ที่จุดวสันตวิษุวัต) จนถึง 24 ชั่วโมง (กลับสู่จุดเริ่มต้นใหม่)

จากรูปที่ 2.21 สมมติในขณะเวลาใด ๆ จุด T, ดาว A และดาว B อยู่ตามตำแหน่งบนท้องฟ้า ดังรูป ค่าพิกัดของดาว A และ B ในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร คือ

สำหรับดาว A

ค่า α = มุม TOQ′ หรือส่วนโค้ง TEQ′

ค่า δ = +Q′A° หรือ Q′A°N

สำหรับดาว B

ค่า α = มุม TOR หรือส่วนโค้ง TEWR

ค่า δ = −RB° หรือ RB°S

หมายเหตุ สำหรับค่าไรท์แอสเซนชันของดวงอาทิตย์จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0^{h} ถึง 24^{h} ตลอดทั้งปี ค่าไรท์แอสเซนชันของดวงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน

ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่ง จุด T (วันที่ 21 มีนาคม), ค่า $\alpha = 0^{h}$

ดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่ง จุดครีษมายัน (วันที่ 22 มิถุนายน), ค่า $\alpha = 6^{h}$

ดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่ง จุด Ω (วันที่ 23 กันยายน), ค่า $\alpha = 12^{h}$

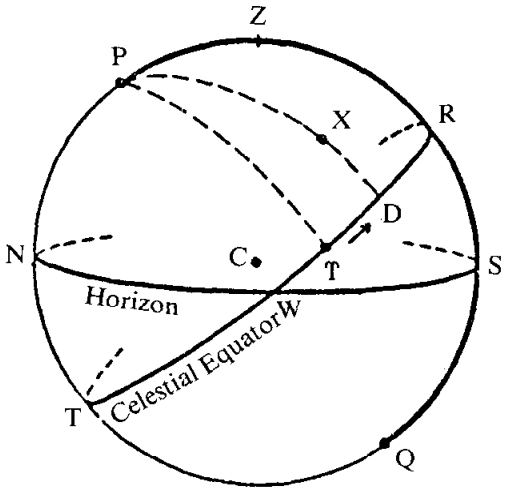
ดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่ง จุดเหมายัน (22 ธันวาคม), ค่า $\alpha = 18^{h}$

2.3.2.6 เวลาดาราคติ

จุด T เป็นจุดคงที่บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า จุด T เหมือนกับดาวฤกษ์ทั่ว ๆ ไปที่อยู่คงที่บนท้องฟ้า จุด T ต่างจากดาวฤกษ์ทั่ว ๆ ไปคือเป็นดาวฤกษ์ชนิดพิเศษที่ไม่แสงสว่าง ดังนั้นเราไม่สามารถมองเห็นจุด T บนท้องฟ้าได้ เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองได้หนึ่งรอบ ถ้าเราสามารถมองเห็นจุด T ได้เราจะเห็นจุด T เคลื่อนที่ไปบนท้องฟ้าได้หนึ่งรอบเช่นเดียวกัน ถ้าเราใช้จุด T นี้เป็นเข็มสั้นของนาฬิกา โดยกำหนดให้เริ่มต้น 0^{h} เมื่อจุด T อยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน หรือค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของจุด T = 0^{h} อีก 6 ชั่วโมงต่อมา จุด T จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ตำแหน่งจุดทิศตะวันตก ที่จุดนี้ค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของจุด T จะมีค่า = 6^{h} เวลาที่คิดตามจุด T นี้ ก็

จะเท่ากับ 6^{h} การคิดค่ามุมชั่วโมงของจุด T ที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกนี้ เรียกว่า เวลาดาราคติ นั่นคือ

$$\text{เวลาดาราคติ} = \text{มุมชั่วโมงของจุด T} \tag{2.1}$$



รูปที่ 2.22

สมมติให้ดาว X อยู่บนท้องฟ้าและจุด T อยู่บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ดังรูปที่ 2.22

ค่าไรท์แอสเซนชัน (α) ของดาว X = ส่วนโค้ง TD

ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเองจะทำให้จุด T และดาว X เคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันบนท้องฟ้า จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าเวลาจะผ่านพ้นไปนานเท่าใดก็ตาม ส่วนโค้ง TD จะมีค่าคงที่เสมอ **นั่นคือ ค่าไรท์แอสเซนชันของดาวมีค่าคงที่**

ค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของดาว X = ส่วนโค้ง RD

ถ้านำค่าไรท์แอสเซนชันของดาว X + ค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของดาว X ในขณะนั้นค่าที่ได้ก็คือค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของจุด T ซึ่งก็คือค่าเวลาดาราคติ ในขณะนั้นนั่นเอง จะได้ว่า

เวลาดาราคติ = มุมชั่วโมงของดาว X + ไรท์แอสเซนชันของดาว X

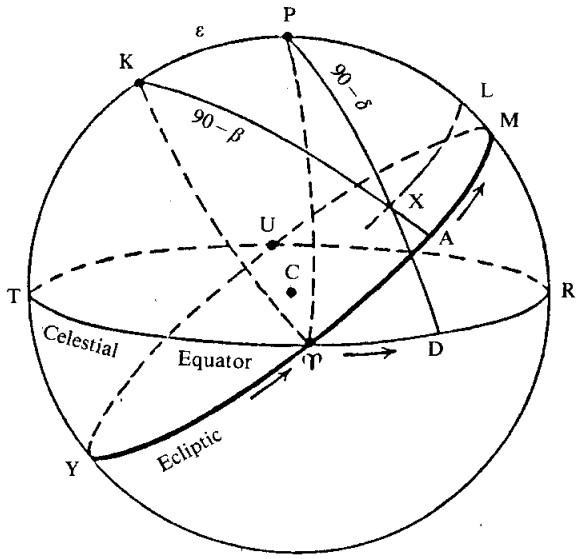
หรือ เวลาดาราคติ = มุมชั่วโมง + ไรท์แอสเซชัน (2.2)

ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง ถ้าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีค่าไรท์แอสเซนชัน (เท่ากับ R.A. ชั่วโมง) ปรากฏบนเส้นเมริเดียนส่วนบน (ดาวกำลังอยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนบน) ค่ามุมชั่วโมง (H.A.) ของดาวขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 0^{h} จากสมการที่ (2.2) จะได้ว่า

เวลาดาราคติ = ค่าไรท์แอสเซนชันของดาวดวงนั้น

2.3.3 ระบบพิกัดเส้นสุริยวิถี

ระบบพิกัดนี้มีพิกัดสองตัวคือละติจูดท้องฟ้า (celestial latitude : สัญลักษณ์ β, หนังสือบางเล่มใช้ว่าละติจูดสุริยวิถี (ecliptic latitude)) และลองจิจูดท้องฟ้า (celestial longitude: สัญลักษณ์-λ, หนังสือบางเล่มใช้ว่าลองจิจูดสุริยวิถี (ecliptic longitude)) ระบบพิกัดนี้มีประโยชน์มากในการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุในระบบสุริยะ เมื่อเทียบกับเส้นสุริยวิถี ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุต่าง ๆ ในระบบสุริยะอยู่ใกล้เส้นสุริยวิถีมากยกเว้นดาวพลูโต (Pluto) ที่อยู่ห่างมากที่สุดเท่ากับ 17° 09′ ระบบพิกัดนี้เช่นเดียวกับระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรที่ใช้จุดวสันตวิษุวัต, ♈, เป็นทิศทางอ้างอิงและระนาบของเส้นสุริยวิถีเป็นระนาบพื้นฐาน



รูปที่ 2.23

ระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงตัดกับระนาบของเส้นสุริยวิถีที่จุดวสันตวิษุวัต ระนาบทั้งสองเอียงทำมุม 23° 27′ ซึ่งมีชื่อเรียกว่ามุมเอียงของเส้นสุริยวิถีและใช้สัญลักษณ์ ε มุมนี้เป็นมุมที่แกนหมุนของโลกเอียงจากเส้นตั้งฉากกับระนาบของเส้นสุริยวิถีด้วย เราสามารถนิยามละติจูดท้องฟ้าและลองจิจูดท้องฟ้าได้ดังนี้

ละติจูดท้องฟ้า เป็นระยะทางเชิงมุมทางเหนือหรือทางใต้จากเส้นสุริยวิถี ซึ่งมีค่า 0° ถึง ±90° โดยใช้เครื่องหมาย + แทนค่าละติจูดท้องฟ้าที่อยู่เหนือเส้นสุริยวิถีและใช้เครื่องหมาย − แทนค่าละติจูดท้องฟ้าที่อยู่ทางใต้ของเส้นสุริยวิถี

ลองจิจูดท้องฟ้า เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางโดยวัดจากจุดวสันตวิษุวัตไปตามเส้นสุริยวิถีทางทิศตะวันออก (หรือทวนเข็มนาฬิกา) จนถึงวงกลมใหญ่ที่ผ่านเทห์ฟากฟ้านั้น มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 360°

จากรูปที่ 2.23, K เป็นขั้วเหนือของเส้นสุริยวิถี (North Ecliptic Pole, NEP) ซึ่งอยู่ห่างจากขั้วท้องฟ้าเหนือเท่ากับ 23° 27′

KXA เป็นส่วนโค้งของวงกลมใหญ่ที่ผ่านดาว X และพบเส้นสุริยวิถีที่จุด A

TA เป็นค่าลองจิจูดท้องฟ้าของดาว X และส่วนโค้ง XA เป็นค่าละติจูดท้องฟ้าของดาว X

ตลอดทั้งปีดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกตามเส้นสุริยวิถี โดยคำนิยามค่าละติจูดท้องฟ้าของดวงอาทิตย์มีค่าเป็นศูนย์เสมอ (เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่บนเส้นสุริยวิถีตลอดเวลา) วันที่ 21 มีนาคมดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่ง T และไรท์แอสเซนชันและเดคลิเนชันของมันเป็นศูนย์ทั้งคู่ ค่าลองจิจูดท้องฟ้าของมันเป็นศูนย์ด้วย หลังจากนั้นค่าลองจิจูดท้องฟ้าของดวงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งอีกสามเดือนต่อมามันจะมีค่า 90° ซึ่งเป็นเวลากลางฤดูร้อนในซีกโลกภาคเหนือพอดี หลังจากหนึ่งปีผ่านไป ดวงอาทิตย์จะกลับมาสู่ตำแหน่งเริ่มต้นใหม่โดยเคลื่อนข้ามเส้นลองจิจูดท้องฟ้า 360°

ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรกับระบบพิกัดเส้นสุริยวิถี

จากรูปที่ 2.22, ให้ดาว X มีค่าไรท์แอสเซนชัน $= \alpha^{*}$, ค่าเดคลิเนชัน $= +\delta°$, ค่าละติจูดท้องฟ้า $= +\beta°$ และค่าลองจิจูดท้องฟ้า $= \lambda°$

จากสามเหลี่ยมทรงกลม K P X, จุด T เป็นขั้วของวงกลมใหญ่ K P M R ($\because$ แต่ละจุดบนวงกลมใหญ่ K P M R ห่างจากจุด T เท่ากับ 90°) ดังนั้น $K\hat{P}T = 90°$ และ $TD = T\hat{P}K = \alpha$ จะได้

$$K\hat{P}X = 90° + \alpha$$

ในทำนองเดียวกัน $P\hat{K}T = 90°$ และ $TA = T\hat{K}X = \lambda$, จะได้ว่า

$P\hat{K}X = 90° - \lambda$ และ $PX = 90° - \delta$, $KX = 90° - \beta$

ให้ ε เป็นมุมที่เกิดจากระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงทำมุมกับระนาบของเส้นสุริยวิถี

$\varepsilon = 23°5$ (รูปที่ 2.22 จะได้ว่าโค้ง $MR = 23°5$, $MR = \varepsilon$)

แต่ $KM = 90°$ และ $PR = 90°$ จะได้ $KP = \varepsilon$

จากสูตรหลัก A, B และ C จะได้

$$\cos KX = \cos PX \cos KP + \sin PX \sin KP \cos K\hat{P}X$$

$$\sin KX \sin P\hat{K}X = \sin PX \sin K\hat{P}X$$

$$\sin KX \cos P\hat{K}X = \cos PX \sin KP - \sin PX \cos KP \cos K\hat{P}X$$

แทนค่าลงสมการข้างบนจะได้

$$\sin\beta = \sin\delta\cos\varepsilon - \cos\delta\sin\varepsilon\sin\alpha$$
$$\cos\beta\cos\lambda = \cos\delta\cos\alpha$$
$$\cos\beta\sin\lambda = \sin\delta\sin\varepsilon + \cos\delta\cos\varepsilon\sin\alpha$$

ในทำนองเดียวกันค่า α และ δ สามารถเขียนได้ในเทอมของ β, λ และ ε จะได้สูตรดังนี้

$$\sin\delta = \sin\beta\cos\varepsilon + \cos\beta\sin\varepsilon\sin\lambda$$
$$\cos\delta\cos\alpha = \cos\beta\cos\lambda$$
$$\cos\delta\sin\alpha = -\sin\beta\sin\varepsilon + \cos\beta\cos\varepsilon\sin\lambda$$

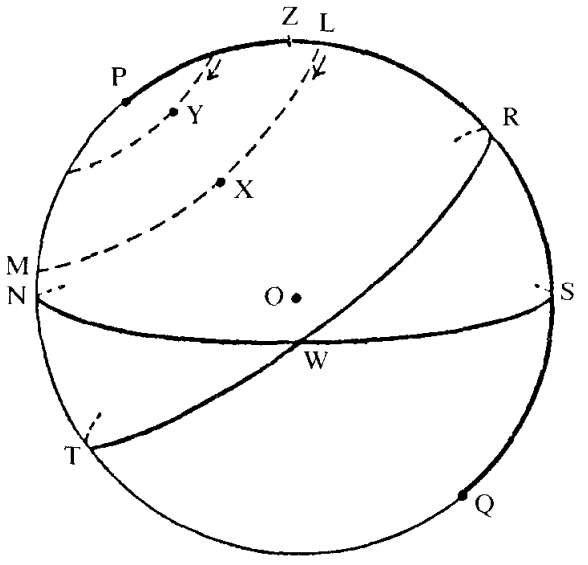
2.3.4 ระบบพิกัดแกแลกติก

เมื่อนักดาราศาสตร์ต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างดาวฤกษ์หรือเทห์ฟากฟ้าอื่น ๆ ภายในแกแลกซีของเรา (มีชื่อเรียกว่าทางช้างเผือก) จำเป็นต้องใช้ระบบพิกัดแกแลกติก ระบบพิกัดนี้ระนาบพื้นฐานคือระนาบของแกแลกซี (หรือกึ่งกลางของระนาบทางช้างเผือก) มีชื่อเรียกว่าเส้นศูนย์สูตรแกแลกซีและทิศทางอ้างอิง คือ เส้นที่ลากเชื่อมระหว่างดวงอาทิตย์กับจุดศูนย์กลางของแกแลกซี พิกัดของระบบนี้ คือ ละติจูดแกแลกติก (galactic latitude : b หรือ b^{II}) และลองจิจูดแกแลกติก (galactic longitude : ℓ หรือ ℓ^{II})

ค่าลองจิจูดแกแลกติกวัดไปตามเส้นศูนย์สูตรแกแลกซีทางทิศตะวันออก มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 360° โดยเริ่มต้น 0° ที่เส้นศูนย์สูตรแกแลกติกตัดกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า จุดที่ตัดกันมีค่าไรท์แอสเซนชัน 17 ชั่วโมง 42 นาที และเดคลิเนชัน −28.9 องศา (ปี ค.ศ. 1950) โดยปรากฏที่กลุ่มดาวคนยิงธนู ระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าเอียงทำมุม 63 องศากับระนาบของเส้นศูนย์สูตรแกแลกซี ดังนั้น ขั้วของแกแลกซีจะอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าประมาณ 27 องศา ตำแหน่งของขั้วแกแลกซีเหนืออยู่ที่กลุ่มดาวผมของเบเรนิช (Coma Berenices) และขั้วแกแลกซีใต้ปรากฏที่กลุ่มดาวเซตุส (south of beta Ceti)

ค่าละติจูดแกแลกติกเป็นค่าระยะทางเชิงมุมที่วัดจากเส้นศูนย์สูตรแกแลกซีไปทางเหนือ (ใช้เครื่องหมาย +) หรือใต้ (ใช้เครื่องหมาย −) มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 90°

2.4 ดาวรอบขั้วท้องฟ้า



รูปที่ 2.24

ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบลทางซีกโลกภาคเหนือซึ่งมีค่าละติจูด $\phi°$ เหนือ มีดาว X และ Y สองดวงอยู่บนท้องฟ้า ลากเส้นเดคลิเนชันขนานดังรูป 2.24 ดาวทั้งสองดวงนี้จะเป็นดาวที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้าตลอดเวลา (ไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้า) ดาวประเภทนี้เรียกว่าดาวรอบขั้วท้องฟ้า (circumpolar stars) จากรูปจะเห็นได้ว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในประเภทนี้ได้จะต้องมีเงื่อนไขดังนี้ *เส้นโค้ง* PM *ต้องมีค่าน้อยกว่าเส้นโค้ง* PN *นั่นคือ ค่าเดคลิเนชัน* (δ) *ของดาวฤกษ์ต้องมีค่ามากกว่าค่าละติจูดร่วม* ($90° - \phi$) *ของตำบลที่ผู้สังเกตอยู่* จะได้ว่า

$$\delta > 90° - \phi$$

หรือ $$\phi > 90° - \delta$$

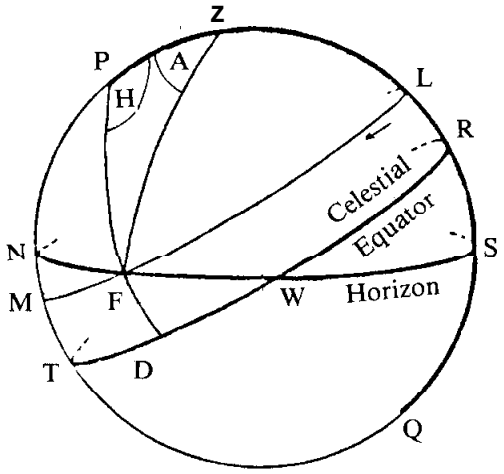
เช่นผู้สังเกตอยู่ที่กรุงเทพฯ ($\phi \sim 14°$ เหนือ) ดาวฤกษ์ขึ้นปรากฏบนท้องฟ้าตลอดเวลาโดยไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้า ดาวฤกษ์จะต้องมีค่า δ อย่างน้อยที่สุด $= 90° - 14° = 76°$ นั่นคือดาวฤกษ์ต้องมีค่า $\delta = 76°$ เหนือเป็นต้นไป ผู้สังเกตที่อยู่กรุงเทพฯ จะสังเกตเห็นดาวฤกษ์พวกนี้ไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้า ในทำนองเดียวกันถ้าดาวฤกษ์มีค่า δ ตั้งแต่ 76° ใต้ เป็นต้นไป ดาวฤกษ์ประเภทนี้จะไม่เคยปรากฏให้ผู้สังเกตที่อยู่กรุงเทพฯเห็น

2.5 การขึ้นและตกของเทห์ฟากฟ้า

จากเรื่องทางเดินปรากฏของเทห์ฟากฟ้า เราแบ่งเทห์ฟากฟ้าออกได้เป็น 3 ประเภทคือ 1. เทห์ฟากฟ้าที่ขึ้นปรากฏให้เห็นตลอดทั้งวัน 2. เทห์ฟากฟ้าที่ไม่เคยปรากฏให้เห็น และ 3. เทห์ฟากฟ้าที่มีการขึ้นและตก ในหัวข้อนี้เราจะได้พูดถึงเทห์ฟากฟ้าประเภทที่ 3

2.5.1 เทห์ฟากฟ้าที่กำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า

1. ในกรณีที่เทห์ฟากฟ้ามีค่าเดคลิเนชัน = $\delta°$ เหนือ



รูปที่ 2.25

จากรูปที่ 2.25 สมมติผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูด = $\phi°$ เหนือ, ดาว X มีค่าเดคลิเนชัน = $\delta°$ เหนือ

วงกลมเล็ก LXM เป็นทางเดินปรากฏของดาว X โดยที่ดาว X มีทิศทางการเคลื่อนที่ตามเครื่องหมายลูกศร

เมื่อดาว X เคลื่อนที่ไปถึงจุด F (ที่เส้นขอบฟ้า) ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ดาว X กำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า

ระยะทางเซนิทของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบฟ้ามีค่า = ZF = 90° (ที่ตำแหน่งนี้ค่าอัลติจูดของดาว X มีค่า = 0°)

ให้ H เป็นมุมชั่วโมงของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า จากรูปที่ 2.25, H = $Z\hat{P}F$

ดาว X มีค่าเดคลิเนชัน = $\delta°$ เหนือ จากรูปจะได้ FD = δ ดังนั้น PF = $90° - \delta$ ($\because$ PD = 90°)

ให้ $P\hat{Z}F$ = A ดังนั้นค่าแอซิมัทของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า = $360° - A$ จากรูป PN = $\phi°$

สามเหลี่ยมทรงกลม PZF และสูตรหลัก A

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

จะได้ว่า $\cos ZF = \cos PZ \cos PF + \sin PZ \sin PF \cos Z\hat{P}F$

แทนค่าด้านและมุมลงในสมการบนจะได้ว่า

$$\cos 90" = \cos (90" -- \phi) \cos (90" -6) + \sin (90" - \phi) \sin (90" -6) \cos H$$

$$0 = \sin\phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

$$.. \cos H = -\frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

$$\cos H = -\tan \phi \tan \delta \qquad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) ถ้ารู้ค่าละติจูดของผู้สังเกตและค่าเดคลิเนชันของดาว X เราสามารถคำนวณหาค่ามุมชั่วโมงของดาว X ขณะกำลังตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า

จากสามเหลี่ยมทรงกลม P Z F และสูตรหลัก A

$$\cos PF = \cos PZ \cos ZF + \sin PZ \sin ZF \cos P\hat{Z}F$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการบนจะได้

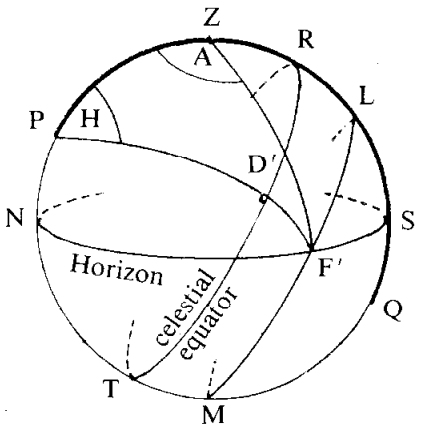
$$\cos (90" 6) = \cos (90" \phi) \cos 90" + \sin (90" - \phi) \sin 90" \cos A$$

$$\sin \delta = 0 + \cos \phi \cos A$$

$$\cos A = \sec \phi \sin \delta \qquad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 ค่าแอซิมัทของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้ามีค่า $= 360° - A$

2. กรณีที่ดาวมีค่าเดคลิเนชัน $= \delta°$ ใต้



รูปที่ 2.26

จากรูปที่ 2.26 วงกลมเล็ก LF′M เป็นทางเดินปรากฏของดาว X ที่มีค่าเดคลิเนชัน $= \delta°$ ใต้, ดังนั้น $D'F' = \delta$ นั่นคือ

$$PF' = 90° + \delta \quad (\because \text{ ค่า } PD' = 90°)$$

ระยะทางเซนิท, $ZF' = 90°$, $PZ = 90° - \phi$

ให้ $H = Z\hat{P}F'$ = มุมชั่วโมงของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า

ให้ $A = P\hat{Z}F'$, ค่าแอซิมัทของดาว X ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า มีค่า

$= 360° - A$

จากสามเหลี่ยมทรงกลม PZF′ และสูตรหลัก A จะได้ว่า

$\cos ZF' = \cos PF' \cos PZ + \sin PF' \sin PZ \cos Z\hat{P}F'$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการบนจะได้

$$\cos 90" = \cos (90" + \delta) \cos (90" - \phi) + \sin (90" + \delta) \sin (90" - \phi) \cos H$$

$$0 = -\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos H$$

$$\cos H = \tan \phi \tan \delta \qquad (2.5)$$

จากสามเหลี่ยมทรงกลม PZF' และจากสูตรหลัก A จะได้ว่า

$$\cos PF' = \cos ZF' \cos PZ + \sin ZF' \sin PZ \cos P\hat{Z}F'$$

$$\cos (90" + \delta) = \cos 90" \cos (90" - \phi) + \sin 90" \sin (90" - \phi) \cos A$$

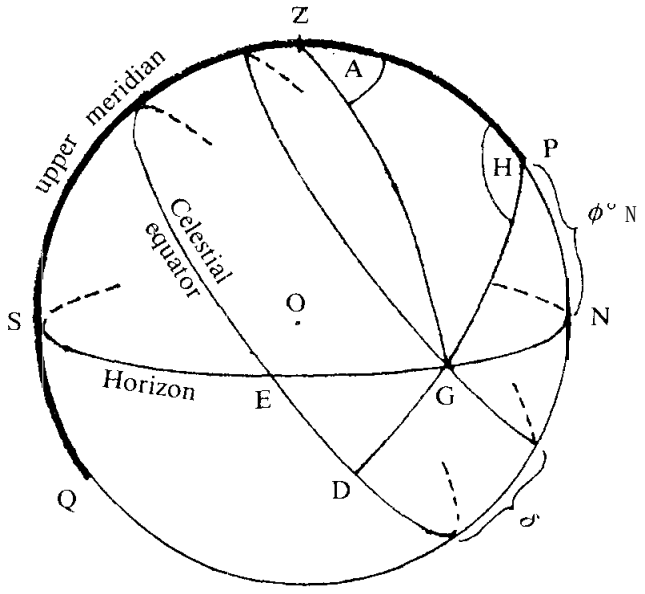
$$\sin 6 = 0 + \cos \phi \cos A$$

$$\cos A = -\sec \phi \sin \delta \qquad (2.6)$$

ในกรณีที่ดาว X มีค่าเดคลิเนชันเป็นองศาใต้ มุมชัวโมงและค่าแอซิมัทของดาว X ขณะที่กำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า เราสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5) และ (2.6) เป็นที่น่าสังเกตว่า สูตรในการคำนวณหาค่ามุมชั่วโมงและค่าแอซิมัทของเทห์ฟากฟ้า ขณะกำลังจะตกลับหายไปจากท้องฟ้า ไม่ว่าเทห์ฟากฟ้าจะมีค่าเดคลิเนชันเป็นองศาเหนือหรือใต้ก็ตามจะมีลักษณะคล้ายกันแตกต่างกันที่เครื่องหมาย ค่าของมุมที่ได้มีค่าตามเครื่องหมายเหล่านี้

2.5.2 เทห์ฟากฟ้าที่กำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้า

1. ในกรณีเทห์ฟากฟ้ามีค่าเดคลิเนชัน = $\delta°$ เหนือ



รูปที่ 2.27

จากรูปที่ 2.27 จุด G เป็นจุดที่ดาว X กำลังจะขึ้นพ้นจากเส้นขอบฟ้า, DG = δ

$\therefore$ PG = $90° - \delta$

ระยะทางเซนิท, ZG = 90°, PZ = $90° - \phi$

ให้ H = $Z\hat{P}G$, ค่า H ไม่ใช่ค่ามุมชั่วโมงของดาว X ที่กำลังจะขึ้นพ้นจากเส้นขอบฟ้า, ค่าของมุมชั่วโมงของดาว X ที่กำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้ามีค่า = $360° - H°$ หรือ $24^{ช} - H^{ช}$ (H มีหน่วยเป็นชั่วโมง, นาที, วินาที)

ให้ A = $P\hat{Z}G$ = แอซิมัทของดาว X ที่กำลังจะขึ้นพ้นจากเส้นขอบฟ้า

จากสามเหลี่ยมทรงกลม PZG และสามเหลี่ยมทรงกลม PZF (จากรูปที่ 2.25) จะเห็นได้ว่ามีด้าน, มุมเหมือนกันทุกอย่าง ดังนั้นจะได้ว่า

$$\cos H = -\tan\phi \tan\delta$$

$$\cos A = \sec\phi \sin\delta$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้าดาว X มีค่าเดคลิเนชันเป็นองศาใต้ เราก็จะได้ว่า

$$\cos H = \tan\phi \tan\delta$$

$$\cos A = -\sec\phi \sin\delta$$

สรุป

1. สูตรที่ใช้คำนวณหาค่ามุมชั่วโมงและค่าแอซิมัทของเทห์ฟากฟ้าที่กำลังจะขึ้นหรือจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้ามีดังนี้

$$\left.\begin{aligned} \cos H &= -\tan\phi \tan\delta \\ \cos A &= \sec\phi \sin\delta \end{aligned}\right\} \text{กรณีเทห์ฟากฟ้า } \delta^\circ \text{ เหนือ และ } \phi^\circ \text{ เหนือ}$$

$$\left.\begin{aligned} \cos H &= \tan\phi \tan\delta \\ \cos A &= -\sec\phi \sin\delta \end{aligned}\right\} \text{กรณีเทห์ฟากฟ้า } \delta^\circ \text{ ใต้ และ } \phi^\circ \text{ เหนือ}$$

2. ในกรณีที่เทห์ฟากฟ้ามีค่า δ° เหนือ เทห์ฟากฟ้าจะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (มุมชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ $12^{\text{ช}}$ ถึง $18^{\text{ช}}$, ค่าแอซิมัทมีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 90°) และเทห์ฟากฟ้าจะตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (มุมชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ $6^{\text{ช}}$ ถึง $12^{\text{ช}}$, ค่าแอซิมัทมีค่าตั้งแต่ 270° ถึง 360°)

3. ในกรณีที่เทห์ฟากฟ้ามีค่า δ° ใต้ เทห์ฟากฟ้าจะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (มุมชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ $18^{\text{ช}}$ ถึง $24^{\text{ช}}$, แอซิมัทมีค่าตั้งแต่ 90° ถึง 180°) และเทห์ฟากฟ้าจะตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (มุมชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ $0^{\text{ช}}$ ถึง $6^{\text{ช}}$, แอซิมัทมีค่าตั้งแต่ 180° ถึง 270°)

4. จากรูปที่ 2.27 ขณะที่ดาว X กำลังจะขึ้น (ดาว X ปรากฏที่จุด G) ดาว X จะเคลื่อนที่จากจุด G ไปตามวงกลมเล็ก GLFM ทิศทางตามลูกศร เมื่อดาว X ปรากฏที่จุด F ที่จุดนี้ดาว X กำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบท้องฟ้า จะเห็นได้ว่าช่วงระยะเวลาที่ดาว X ปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ดาว X จะต้องอยู่บนส่วนโค้งของวงกลมเล็ก GLF ซึ่งก็คือมุมชั่วโมงของดาว X ที่กำลังจะขึ้น + มุมชั่วโมงของดาวที่กำลังจะตก นั่นคือ

ช่วงระยะเวลาที่เทห์ฟากฟ้าปรากฏอยู่เหนือเส้นขอบฟ้า = **2H**

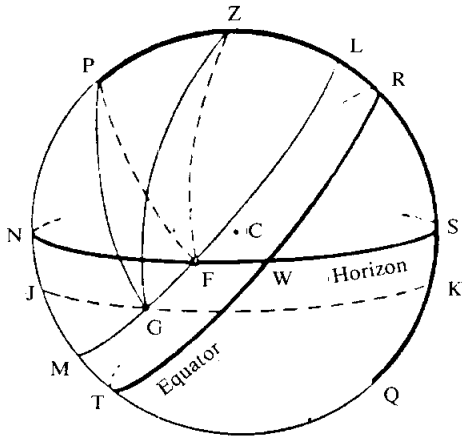
เมื่อ H มีหน่วยเป็นชั่วโมง, นาที, วินาที

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในกรณีที่ผู้สังเกตอยู่ที่ ϕ° เหนือ จะสังเกตเห็นเทห์ฟากฟ้าที่มีค่า δ° เหนือ ปรากฏอยู่บนท้องฟ้าเป็นช่วงระยะเวลายาวนานกว่าเทห์ฟากฟ้าที่มีค่า δ° ใต้ ตัวอย่างเช่น เมื่อเราสังเกตดวงอาทิตย์ในช่วงตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม ถึง 21 กันยายน (ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันตั้งแต่ 0° ถึง $23^\circ\!.5$ เหนือ) เราจะสังเกตเห็นว่าช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงสว่างยาวนานกว่าช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงสว่างตั้งแต่ 21 กันยายน ถึง 21 มีนาคม (ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันตั้งแต่ 0° ถึง $23^\circ\!.5$ ใต้)

5. ถ้าละติจูดของตำบลผู้สังเกตมีค่ามากกว่า $(90° - \delta)$, $\phi° > 90° - \delta$ หรือ $\delta > 90° - \phi°$ จากสมการที่ (2.3), $\cos H$ จะมีค่ามากกว่า 1 ในกรณีเช่นนี้เราไม่สามารถหาค่า H ได้ ดังนั้น ถ้าเทห์ฟากฟ้ามีค่า $\delta > 90° - \phi°$ แล้ว เทห์ฟากฟ้าเหล่านี้เรียกว่า ดาวรอบขั้วท้องฟ้า (Circum-polar stars) คือ เทห์ฟากฟ้าที่ขึ้นปรากฏอยู่บนท้องฟ้าตลอดเวลาและไม่ตกลับหายไปจากท้องฟ้า

2.6 แสงสนธยา

ภายหลังจากที่ดวงอาทิตย์ตกลับหายไปจากเส้นขอบฟ้าแล้ว เราก็ยังคงเห็นแสงสว่างปรากฏที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันตก ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการสะท้อน การชนของแสงอาทิตย์ที่มีต่อบรรยากาศที่หุ้มห่อผิวโลก ความสว่างปรากฏอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่งจนกว่าดวงอาทิตย์จะตกลับหายไปจากเส้นขอบฟ้ามากพอ ในทำนองเดียวกัน เวลาเช้ามืดก่อนที่ดวงอาทิตย์จะปรากฏพ้นเส้นขอบฟ้าขึ้นมา แต่ท้องฟ้าทางทิศตะวันออกเริ่มมีแสงสว่าง จนกระทั่งดวงอาทิตย์ปรากฏขึ้นมาให้เห็น แสงสว่างที่ปรากฏให้เห็นเหล่านี้เรียกว่า *แสงสนธยา* (twilight) *พบว่าแสงสนธยาเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นขอบฟ้าลงไป* 18° *หรือระยะทางเซนิทของดวงอาทิตย์* = 108°



รูปที่ 2.28

จากรูปที่ 2.28 ให้ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบล = $\phi°$ เหนือ, ให้ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชัน = $\delta°$ เหนือ และกำลังตกลับหายไปจากท้องฟ้าทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

LFM เป็นเส้นเดคลิเนชันขนานของดวงอาทิตย์ (ในแต่ละวันค่าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในที่นี้สมมติว่าค่าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าคงที่ตลอดทั้งวัน)

JGK เป็นวงกลมเล็กที่ขนานกับเส้นขอบฟ้า โดยอยู่ใต้เส้นขอบฟ้าลงไป 18° นั่นคือ

ทุก ๆ จุดบนวงกลมนี้อยู่ห่างจากจุดเซนิท = 108° วงกลมเล็กนี้ตัดเส้นเดคลิเนชันขนานที่จุด G

∴ ช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากจุด F ถึงจุด G (คือ $F\hat{P}G$) คือช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยา จากรูปที่ 2.28 เราสามารถหาค่า $F\hat{P}G$ ได้ดังนี้

$$F\hat{P}G = Z\hat{P}G - Z\hat{P}F$$

$Z\hat{P}F$ คือมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ที่กำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบฟ้า สามารถคำนวณได้ โดยใช้สมการที่ (2.3) หรือ (2.5)

จากสามเหลี่ยมทรงกลม ZPG จะได้ $ZG = 108°$, $PZ = 90° - \phi$ และ $PG = 90° - \delta$ จากสูตรหลัก A ได้

$$\cos ZG = \cos PG \cos PZ + \sin PG \sin PZ \cos Z\hat{P}G$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการข้างบนจะได้

$$\cos 108° = \cos(90° - \delta)\cos(90° - \phi) + \sin(90° - \delta)\sin(90° - \phi)\cos Z\hat{P}G$$

$$-\sin 18° = \sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos Z\hat{P}G$$

จากสมการบนสามารถคำนวณหาค่า $Z\hat{P}G$ ได้

∴ ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยา = $Z\hat{P}G - Z\hat{P}F$

ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยาที่หาได้มีหน่วยเป็นองศา ดังนั้น จากค่าที่หาได้จึงต้องทำเป็นหน่วยของชั่วโมง, นาที, วินาที โดยหารด้วย 15 ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นทศนิยมชั่วโมง

จากการหาค่าช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยาจะเห็นได้ว่า ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยาจะขึ้นอยู่กับค่าละติจูดของผู้สังเกต และค่าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ ในวันที่ผู้สังเกตได้สังเกตเห็น (ในช่วงระยะเวลาหนึ่งปี ดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชันเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 23°5 ใต้ ถึง 23°5 เหนือ)

จากรูป 2.28 จะเห็นได้ว่าดวงอาทิตย์จะทำให้แสงสนธยามีการสิ้นสุดลงได้ เมื่อ NM มากกว่า NJ ถ้า NM น้อยกว่า NJ ผู้สังเกตจะสังเกตเห็นท้องฟ้าสว่างตลอดทั้งคืน

$$NT = 90° - \phi \quad \text{และ} \quad MT = \delta, \quad NJ = 18°$$

$$\therefore \quad NM = 90° - \phi - \delta$$

นั่นคือ แสงสนธยาจะมีการสิ้นสุด ถ้า $90° - \phi - \delta > 18°$ *หรือ* $\delta < 72° - \phi$ เช่น ผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูด 60° เหนือ แสงสนธยาจะมีการสิ้นสุด ถ้าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์น้อย

กว่า (72° – 60° = 12°) 12° เหนือ ถ้าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่า 12° เหนือ ผู้สังเกตที่อยู่ตำบลละติดจูด 60° เหนือ จะมองเห็นท้องฟ้าไม่มืดสนิทตลอดทั้งคืนจนกว่าค่าเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยกว่า 12° เหนือ

2.7 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 2.1 จงเขียนรูปแสดงตำแหน่งของดาวฤกษ์ต่อไปนี้ เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ตำบลละติจูด ø เหนือ

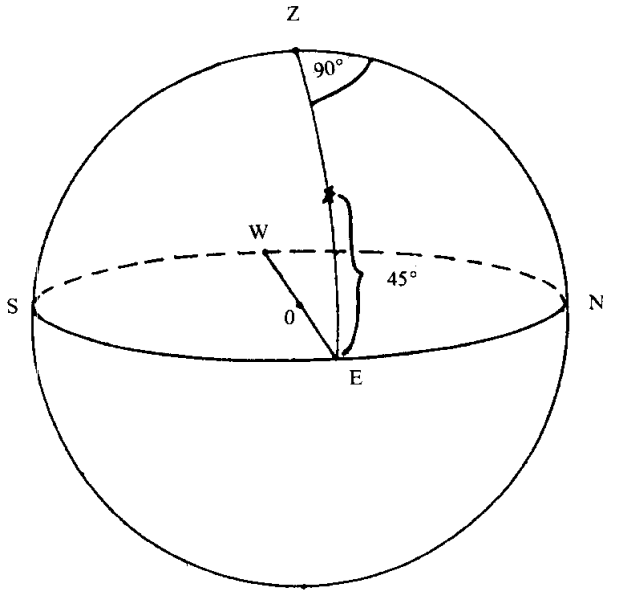
ก. แอซิมัท = 90°, อัลติจูด = 45°

ข. ไรท์แอสเซนชัน = 4 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 15° ใต้

ค. มุมชั่วโมง = 20 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 30° เหนือ

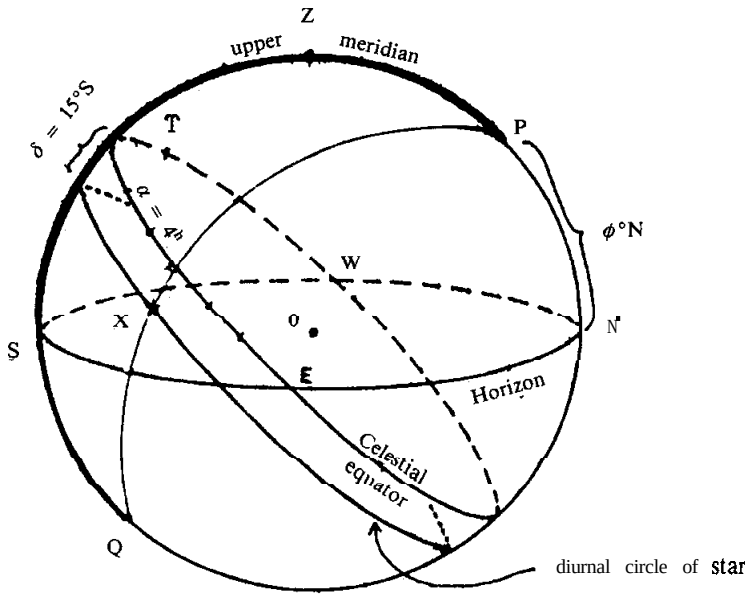
ง. ลองจิจูดท้องฟ้า = 45°, ละติจูดท้องฟ้า = 30° ใต้

ก. แอซิมัท = 90°, อัลติจูด = 45"



รูป 2.29

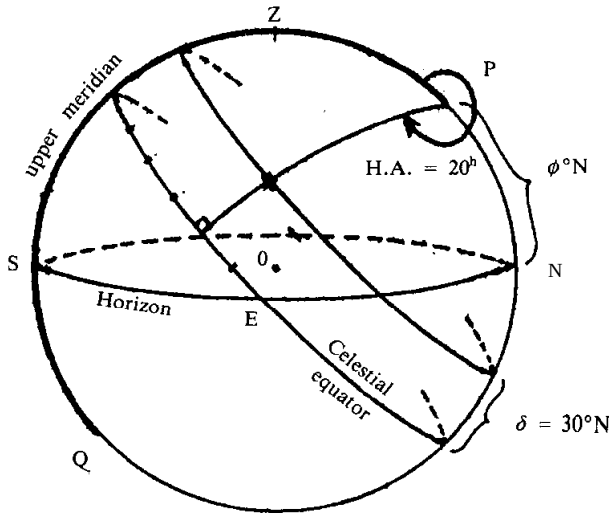
ข. ไรท์แอสเซนชัน = 4 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 15° ใต้



รูปที่ 2.30

ให้ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบล $\phi°$ เหนือ และในขณะเวลาใด ๆ ให้จุดวสันตวิษุวัตอยู่บนท้องฟ้า ดังรูป ตำแหน่งของดาวฤกษ์จะปรากฏอยู่บนท้องฟ้า ดังรูปที่ 2.30

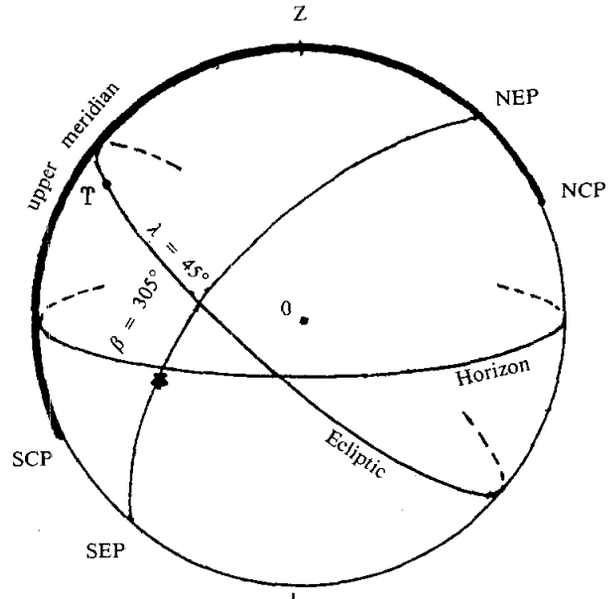
ค. มุมชั่วโมง = 20 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 30° เหนือ



รูปที่ 2.31

ให้ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบล $\phi°$ เหนือ ตำแหน่งของดาวฤกษ์จะปรากฏบนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.31

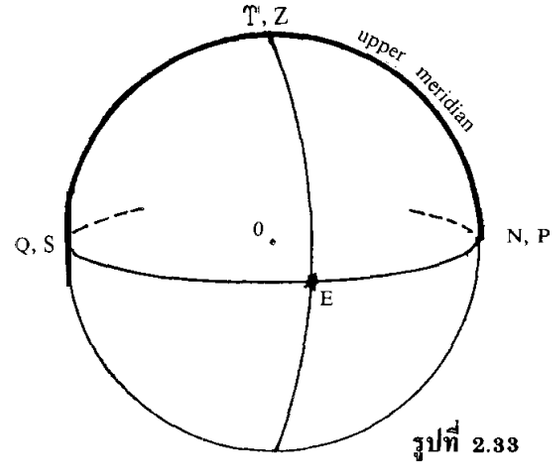
ง. ลองจิจูดท้องฟ้า = 45°, ละติจูดท้องฟ้า = 30° ใต้



รูปที่ 2.32

ในเวลาขณะใด ๆ ให้จุดวสันตวิษุวัตอยู่บนท้องฟ้าดังรูป ตำแหน่งของดาวฤกษ์จะปรากฏบนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.32

ตัวอย่างที่ 2.2 ขณะที่จุดวสันตวิษุวัต (♈) กำลังมีตำแหน่งการข้ามส่วนบนเทียบกับผู้สังเกต ณ เส้นศูนย์สูตร ดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีค่าไรท์แอสเซนชัน 6 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน 0 องศา ดาวฤกษ์ดวงนี้ปรากฏอยู่ ณ ที่ใด และมีมุมชั่วโมงเท่าใด จงเขียนรูปประกอบคำตอบ



รูปที่ 2.33

เนื่องจากผู้สังเกตอยู่ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นจุด NCP จะซ้อนกับจุด N, และจุด SCP จะซ้อนกับจุดทิศ S พอดี และทางเดินปรากฏของดาว (เดคลิเนชัน 0 องศา) ดวงนี้ จะเป็นรูปวงกลมตั้งฉาก (หรืออยู่บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า) กับเส้นขอบฟ้าที่จุดทิศ E และ W

จากโจทย์ จุดวสันตวิษุวัต (♈) กำลังมีตำแหน่งการข้ามส่วนบนเทียบกับผู้สังเกต นั่นคือ จุดวสันตวิษุวัต (♈) อยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน (หรือที่จุดเซนิท) มุมชั่วโมงของจุดวสันต-วิษุวัต (♈) = 0 ชั่วโมง ดังนั้นเวลาดาราคติ = 0 ชั่วโมงด้วย

$\because$ ค่าไรท์แอสเซนชันของดาวดวงนี้ = 6 ชั่วโมง

$\therefore$ ดาวดวงนี้จะปรากฏอยู่ที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันออก **ตอบ**

และ ดาวดวงนี้จะมีค่ามุมชั่วโมง = 18 ชั่วโมง **ตอบ**

หรือใช้วิธีคำนวณ จากสูตร

เวลาดาราคติ = ไรท์แอสเซนชันของดาว + มุมชั่วโมงของดาว

แทนค่าจะได้

$$0 = 6 + \text{มุมชั่วโมง}$$

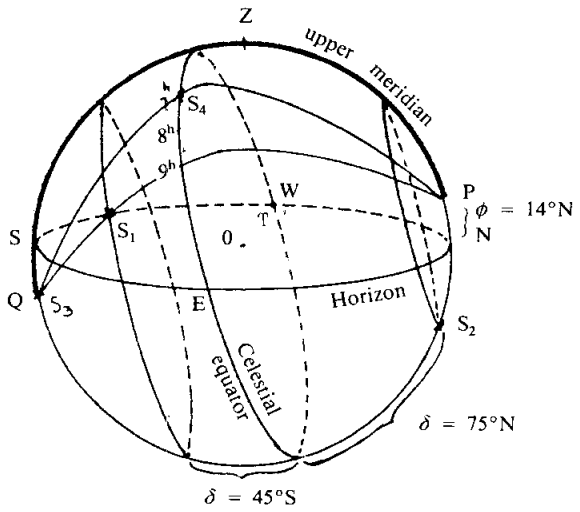
$$\text{มุมชั่วโมง} = -6 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= -6 + 24 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= 18 \text{ ชั่วโมง}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.3 ผู้สังเกตอยู่ ณ ละติจูด = 14 องศาเหนือ ขณะเวลาดาราคติ = 6 ชั่วโมง จะมีโอกาสสังเกตเห็นดาวฤกษ์ต่อไปนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ดาว	α (ชั่วโมง)	δ (องศา)
S_1	9	−45
S_2	18	+75
S_3	3	−90
S_4	7	0



รูปที่ 2.34

ดาวฤกษ์จะปรากฏ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนท้องฟ้า ดังรูป 2.34

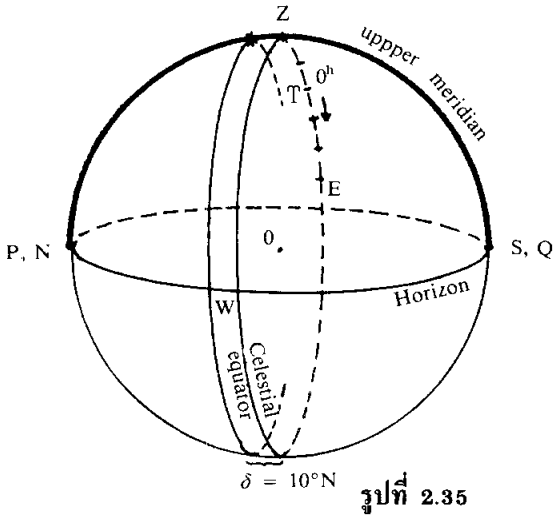
เวลาดาราคติ = 6 ชั่วโมง

∴ มุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต (T) = 6 ชั่วโมง

นั่นคือ จุดวสันตวิษุวัต (T) อยู่ที่จุดทิศ W

ดาวฤกษ์ที่มีโอกาสเห็นได้ คือดาวฤกษ์ที่ปรากฏอยู่เหนือเส้นขอบฟ้า ได้แก่ ดาว S_1 และ S_4 ส่วนดาว S_2 และ S_3 ไม่มีโอกาสเห็นได้ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.4 จงเขียนรูปแสดงตำแหน่งของดาวฤกษ์ที่มีไรท์แอสเซนชัน = 22 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 10 องศาเหนือ ขณะเวลาดาราคติ = 22 ชั่วโมง ณ ละติจูด = 0 องศา



รูปที่ 2.35

ผู้สังเกตอยู่ที่ละติจูด 0 องศา และดาวฤกษ์มีค่าเดคลิเนชัน 10 องศาเหนือ ดังนั้นทางเดินปรากฏของดาวฤกษ์จะมีลักษณะดังรูป 2.35

$\because$ เวลาดาราคติ = 22 ชั่วโมง

$\therefore$ มุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต = เวลาดาราคติ

= 22 ชั่วโมง

ตำแหน่งของจุดวสันตวิษุวัต (♈) จะอยู่บนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า โดยอยู่เหนือเส้นขอบฟ้าทางทิศตะวันออก 4 ชั่วโมง

ค่าไรท์แอสเซนชันของดาวฤกษ์ = 22 ชั่วโมง

$\therefore$ ดาวฤกษ์จะปรากฏอยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน **ตอบ**

หรือ อาจจะคิดอีกวิธีหนึ่งก็ได้ จาก

เวลาดาราคติ = มุมชั่วโมงของดาว + ค่าไรท์แอสเซนชันของดาว

แทนค่าต่าง ๆ ลงบนสมการบน จะได้

22 = มุมชั่วโมงของดาว + 22

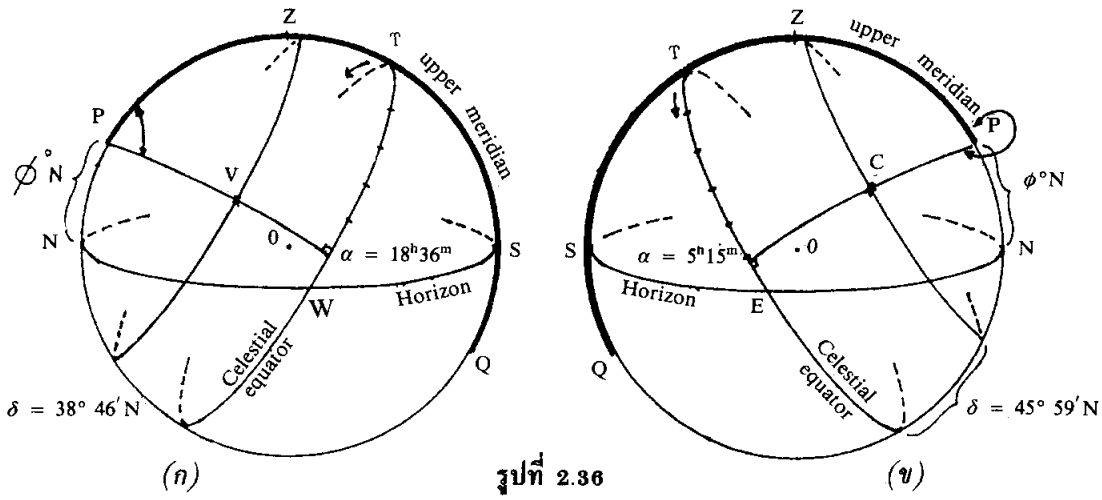
$\therefore$ มุมชั่วโมงของดาว = 0 ชั่วโมง

นั่นคือ ดาวฤกษ์ปรากฏอยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.5 ดาวฤกษ์ที่มีความสุกสว่างสองดวงอยู่ทางซีกโลกภาคเหนือ คือดาววีกา (Vega $\alpha = 18^{ช} 36^{น}, \delta = +38° 45'$) และดาวคาเพลลา (Capella $\alpha = 5^{ช} 15^{น}, \delta = +45° 59'$) จงหามุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ทั้งสองนี้ เมื่อ

ก. จุดวสันตวิษุวัต (♈) อยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนบน

ข. จุดวสันตวิษุวัต (♈) อยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่าง



รูปที่ 2.36

เมื่อจุดวสันตวิษุวัตอยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนบน หมายความว่าในขณะนั้นจุดวสันตวิษุวัต (♈) อยู่บนเส้นเมริเดียนส่วนบน นั่นคือมุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต (♈) = $0^{ช}$ ดังนั้น ดาววีกาและดาวคาเพลลาจะปรากฏอยู่บนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.36 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

จากรูป มุมชั่วโมงของดาววีกา = $Z\hat{P}V = 24^{ช} - 18^{ช}\ 36^{น}$

$= 5^{ช}\ 24^{น}$ **ตอบ**

มุมชั่วโมงของดาวคาเพลลา = $Z\hat{P}C$ (มุมใหญ่ตามลูกศร)

$= 24^{ช} - 5^{ช}\ 15^{น}$

$= 18^{ช}\ 45^{น}$ **ตอบ**

หรือเราอาจจะคำนวณหาค่ามุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ทั้งสองได้ โดยใช้สูตร

เวลาดาราคติ = ไรท์แอสเซนชันของดาว + มุมชั่วโมงของดาว

∵ เวลาดาราคติ = มุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต

แทนค่าจะได้

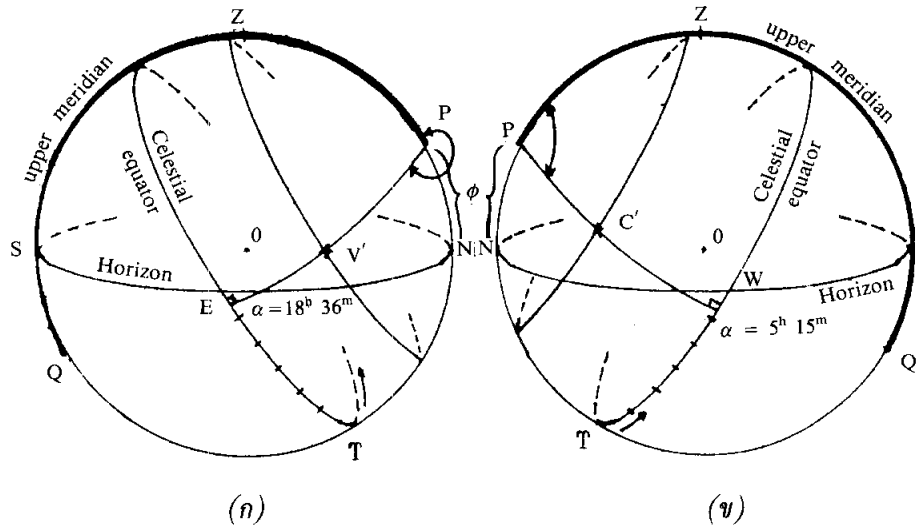
∴ มุมชั่วโมงของดาววีกา = $-18^{ช}\ 36^{น}$

หรือ = $24^{ช} - 18^{ช}\ 36^{น} = 5^{ช}\ 24^{น}$ **ตอบ**

∴ มุมชั่วโมงของดาวคาเพลลา = $-5^{ช}\ 15^{น}$

หรือ = $24^{ช} - 5^{ช}\ 15^{น} = 18^{ช}\ 45^{น}$ **ตอบ**

ข. จุดวสันตวิษุวัต (♈) อยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่าง



รูปที่ 2.37

จุดวสันตวิษุวัต (T) อยู่ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่าง จะได้ว่าจุดวสันตวิษุวัต (T) อยู่ที่เส้นเมริเดียนส่วนล่าง นั่นคือมุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต (T) = $12^{ช}$ ดังนั้น ดาววีกาและดาวคาเพลลาจะปรากฏอยู่บนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.37 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

จากรูป มุมชั่วโมงของดาววีกา = $Z\hat{P}V'$ (มุมใหญ่ตามลูกศร)

= $17^{ช}\ 24^{น}$ **ตอบ**

มุมชั่วโมงของดาวคาเพลลา = $Z\hat{P}C'$

= $6^{ช}\ 45^{น}$ **ตอบ**

หรือเราอาจจะคำนวณโดยใช้สูตร

เวลาดาราคติ = ไรท์แอสเซนชันของดาว + มุมชั่วโมงของดาว

แทนค่าจะได้

∴ มุมชั่วโมงของดาววีกา = $12^{ช} - 18^{ช}\ 36^{น}$

= $-6^{ช}\ 36^{น}$

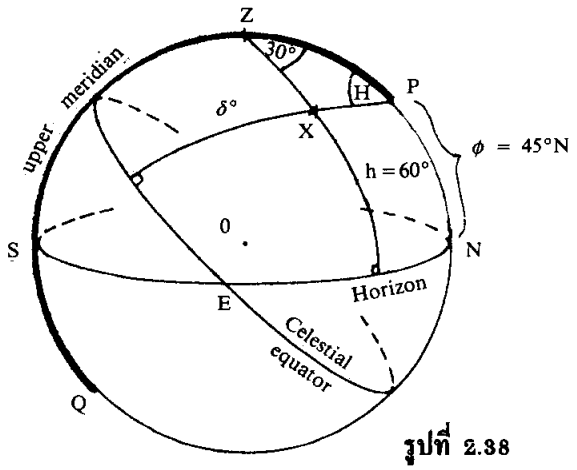
หรือ = $24^{ช} - 6^{ช}\ 36^{น}$

= $17^{ช}\ 24^{น}$ **ตอบ**

∴ มุมชั่วโมงของดาวคาเพลลา = $12^{ช} - 5^{ช}\ 15^{น}$

= $6^{ช}\ 45^{น}$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.6 ผู้สังเกตอยู่ที่ตำบลละติจูด 45° เหนือ วัดค่าแอซิมัทของดาวฤกษ์ดวงหนึ่งได้ = 30° และค่าอัลติจูดได้ = 60° จงหาค่าเดคลิเนชันของดาวฤกษ์ดวงนี้ และถ้าขณะนั้นเวลาดาราคติ = 9 ชั่วโมง จงหาค่าไรท์แอสเซนชันของดาวฤกษ์ดวงนี้



รูปที่ 2.38

ตำแหน่งของดาว X จะปรากฏอยู่บนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.38

จากสามเหลี่ยมทรงกลม PZX, $PZ = 90° - \phi = 90° - 45° = 45°$, $ZX = 90° - h = 90° - 60° = 30°$, $PX = 90° - \delta$ และ $P\hat{Z}X = 30°$ จากสูตรหลัก A

$$\cos PX = \cos PZ \cos ZX + \sin PZ \sin ZX \cos P\hat{Z}X$$

แทนค่าจะได้

$$\cos(90° - \delta) = \cos 45° \cos 30° + \sin 45° \sin 30° \cos 30°$$

$$\sin\delta = 0.707 \times 0.866 + 0.707 \times 0.5 \times 0.866$$

$$\sin\delta = 0.918$$

$$\delta \cong 66° \, 40'$$

ค่าเดคลิเนชันของดาวฤกษ์ดวงนี้ $= 66° \, 40'$ เหนือ **ตอบ**

ให้ $Z\hat{P}X = H$, จากสูตรหลัก B ได้

$$\frac{\sin Z\hat{P}X}{\sin ZX} = \frac{\sin P\hat{Z}X}{\sin PX}$$

แทนค่าจะได้

$$\frac{\sin H}{\sin 30°} = \frac{\sin 30°}{\sin 23° \, 20'}$$

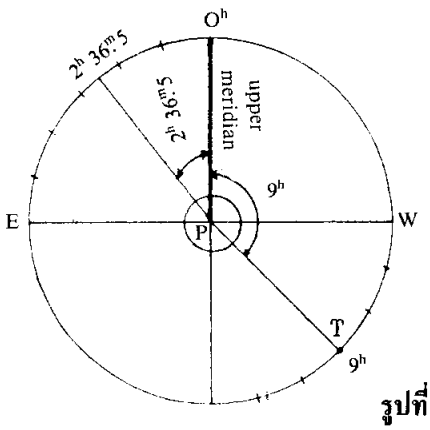
$$\therefore \sin H = \frac{\sin 30° \sin 30°}{\sin 23° \, 20'}$$

$$= 0.6312$$

$$H \cong 39° \, 8'$$

หรือ $\cong 2^{\text{ช}} \, 36^{\text{น}}.5$

จากรูปที่ 2.38 ถ้าเรามองตรงจุด P ลงไป เราจะเห็นทรงกลมท้องฟ้าเป็นดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39

จากโจทย์ เวลาดาราคติ = 9 ชั่วโมง

∴ มุมชั่วโมงของจุด T = 9 ชั่วโมง

(ดูรูปที่ 2.38 หรือ 2.39)

จากรูป ค่าไรท์แอสเซนชันของดาวดวงนี้ $= 9^h + 2^h\ 36.^m5$

$= 11^h\ 36.^m5$ **ตอบ**

หรือเราสามารถคำนวณหาค่าไรท์แอสเซนชันจากสูตร

เวลาดาราคติ = ไรท์แอสเซนชันของดาว + มุมชั่วโมงของดาว

ค่า H ที่หาได้ ไม่ใช่เป็นค่า H.A. (มุมชั่วโมง) ของดาวฤกษ์

∴ มุมชั่วโมง $= 24^h - H = 24^h - 2^h\ 36.^m5$

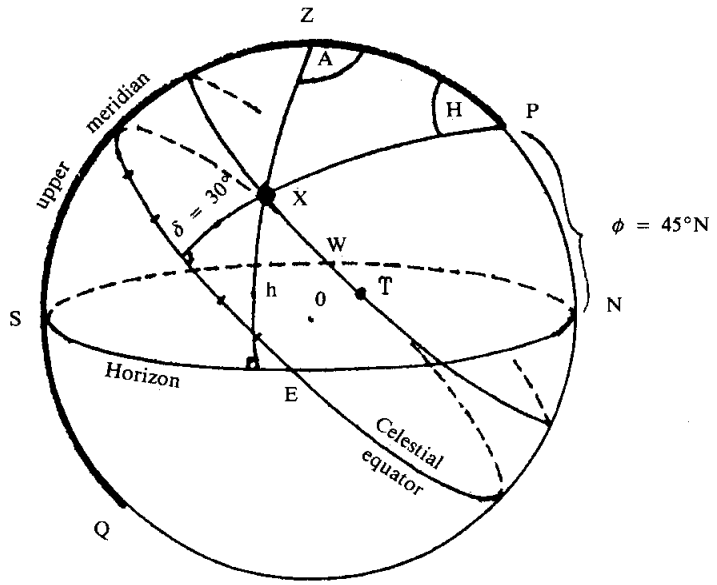
จากโจทย์ เวลาดาราคติ $= 9^h$ แทนค่าลงบนสมการบนได้

ไรท์แอสเซนชัน $= 9^h - (24^h - 2^h\ 36.^m5)$

$= 11^h\ 36.^m5 - 24^h$

หรือค่าไรท์แอสเซนชันของดาวฤกษ์ดวงนี้ $= 11^h\ 36.^m5$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.7 จงหาค่าอัลติจูด, ระยะทางเซนิท, แอซิมัทของดาวดวงหนึ่งซึ่งมีค่าไรท์แอสเซนชัน 10 ชั่วโมง เดคลิเนชัน 30 องศาเหนือ ที่ตำบลละติจูด 45 องศาเหนือ ในขณะเวลาดาราคติ 7 ชั่วโมง



รูปที่ 2.40

ตำแหน่งของดาว X จะปรากฏบนท้องฟ้าดังรูปที่ 2.40

จากโจทย์ เวลาดาราคติ = 7 ชั่วโมง

ค่าไรท์แอสเซนชัน = 10 ชั่วโมง

$\therefore$ $Z\hat{P}X$ หรือ H = $10^{ช} - 7^{ช}$ = $3^{ช}$

หรือ = $45°$

สามเหลี่ยมทรงกลม PZX, $PZ = 90° - \phi = 90° - 45° = 45°$, $PX = 90° - \delta = 90° - 30° = 60°$, $ZX = 90° - h$, $Z\hat{P}X = 45°$

จากหลักสูตร A

$$\cos ZX = \cos PX \cos PZ + \sin PX \sin PZ \cos Z\hat{P}X$$

แทนค่าจะได้

$$\cos(90° - h) = \cos 60° \cos 45° + \sin 60° \sin 45° \cos 45°$$

$$\sin h = 0.3536 + 0.4330$$

$$= 0.7865$$

$$h \cong 51° 52'$$

$\therefore$ ค่าอัลติจูดของดาวดวงนี้ $\cong 51° 52'$ **ตอบ**

ระยะทางเซนิทของดาว $= 90° - h$

$= 90° - 51° 52'$

$= 38° 8'$ **ตอบ**

สามเหลี่ยมทรงกลม PZX, และสูตรหลัก A จะได้ว่า

$$\cos PX = \cos PZ \cos ZX + \sin PZ \sin ZX \cos P\hat{Z}X$$

แทนค่าจะได้

$$\cos 60° = \cos 45° \cos 38° 8' + \sin 45° \sin 38° 8' \cos A$$

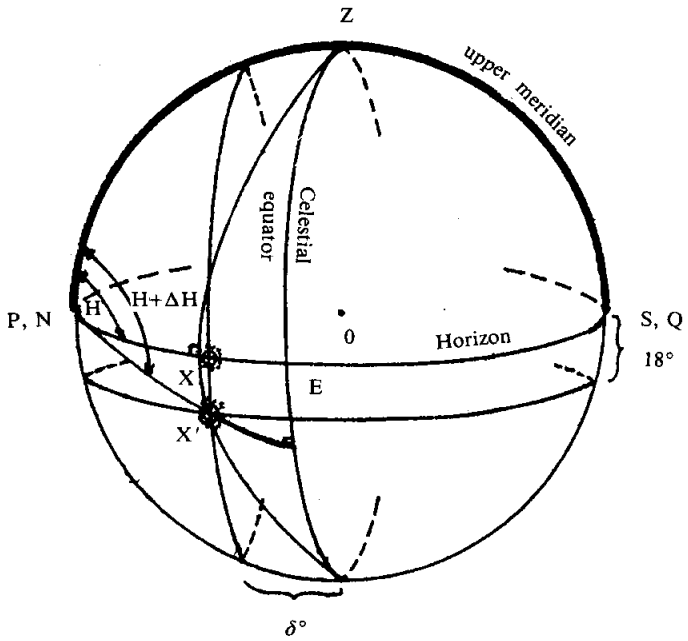
$$\cos A = -0.1287$$

$$A \cong 98° 24'$$

แอซิมัทของดาวดวงนี้ $\cong 98° 24'$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.8 ถ้าแสงสนธยาสิ้นสุดได้ เมื่อจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นขอบฟ้าลงไป 18 องศา จงแสดงว่าผู้สังเกต ณ เส้นศูนย์สูตรจะมีช่วงเวลาของแสงสนธยาเท่ากับ $\frac{12}{\pi} \sin^{-1}(\sin 18 \sec \delta)$ ชั่วโมง

เมื่อ δ = เดคลิเนชันของดวงอาทิตย์ เช่น ดวงอาทิตย์ปรากฏที่ตำแหน่งวสันตวิษุวัต, $\delta = 0°$ ที่ตำแหน่งครีษมายัน $\delta \cong +23.5°$



รูปที่ 2.41 แสดงลักษณะของการเกิดแสงสนธยา, ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงสนธยา $X\hat{P}X'$

จากสูตรการหาค่ามุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะขึ้นหรือกำลังจะตกลับหายไปจากเส้นขอบฟ้า

$$\cos H = -\tan\phi \tan\delta$$

แทนค่า $\phi = 0°$, $\delta°$ ลงในสมการบนจะได้

$$\cos H = -\tan 0° \tan\delta°$$

$$\cos H = 0$$

$$H = \frac{\pi}{2} \quad \text{องศา}$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{\pi}{2\times 15} \quad \text{ชั่วโมง}$$

สามเหลี่ยมทรงกลม $X'PZ$; $X'P = 90° - \delta$, $PZ = 90°$, $ZX' = 90° + 18° = 108°$, จากสูตรหลัก A

$$\cos ZX' = \cos X'P \cos PZ + \sin X'P \sin PZ \cos Z\hat{P}X'$$

แทนค่า zx', X'P, PZ ลงในสมการบนจะได้

$$\cos 108" = \cos(90° - \delta) \cos 90" + \sin(90° - \delta) \sin 90" \cos Z\hat{P}X'$$

$$\cos(90° + 18°) = 0 + \cos \delta \cos Z\hat{P}X'$$

$$-\sin 18" = \cos \delta° \cos Z\hat{P}X'$$

$$\therefore \cos Z\hat{P}X' = -\sin 18" \sec \delta°$$

$\because$ $Z\hat{P}X'$ อยู่ระหว่าง 180" $> ZPX' > 90°$, เราจะได้ว่า

$$\cos Z\hat{P}X' = -\sin\left(Z\hat{P}X' - \frac{\pi}{2}\right)$$

นั่นคือ $$\sin\left(Z\hat{P}X' \quad \frac{\pi}{2}\right) = \sin 18" \sec \delta°$$

$$Z\hat{P}X' - \frac{\pi}{2} = \sin^{-1}(\sin 18" \sec 6")$$

$$\therefore Z\hat{P}X' = \sin^{-1}(\sin 18" \sec \delta°) + \frac{\pi}{2} \text{ องศา}$$

ช่วงระยะเวลาของแสงสนธยา,

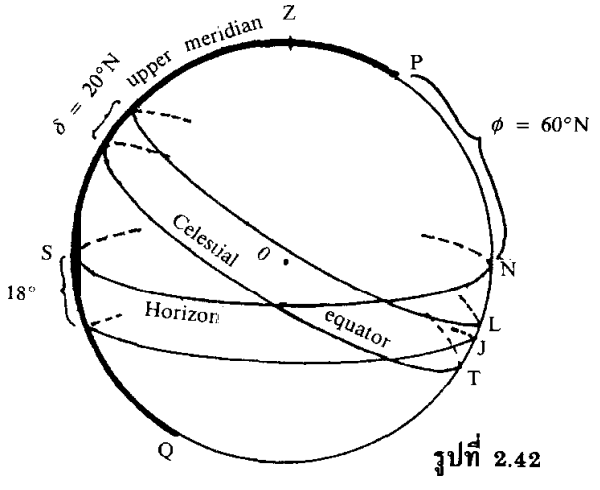
$$X\hat{P}X' = Z\hat{P}X' - Z\hat{P}X$$

$$= -\sin\text{-}'(\sin 18° \sec \delta°) + \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \text{ องศา}$$

$$= \sin^{-1}(\sin 18" \sec \delta°) \text{ องศา}$$

$$= \frac{12}{\pi} \sin\text{-}'(\sin 18" \sec \delta°) \text{ ชั่วโมง}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.9 ถ้าดวงอาทิตย์มีเดคลิเนชัน 20 องศาเหนือ ท้องฟ้า ณ ละติจูด 60 องศาเหนือ จะมีโอกาสมืดสนิทหรือไม่ เพราะเหตุใด



รูปที่ 2.42

ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ในวันที่มีค่าเดคลิเนชัน 20 องศาเหนือ ปรากฏดังรูปที่ 2.42 NJ เป็นวงกลมเล็กที่ขนานกับเส้นขอบฟ้า โดยอยู่ต่ำจากเส้นขอบฟ้า 18°

$$\therefore \text{ PJ มีค่า } = 60^\circ + 18^\circ = 78^\circ$$

L เป็นตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่าง จากรูปจะได้ PL = 60°

จะเห็นได้ว่า PL < PJ นั่นคือในวันที่ดวงอาทิตย์มีเดคลิเนชัน 20 องศาเหนือ ท้องฟ้า ณ ละติจูด 60 องศาเหนือ จะไม่มีโอกาสมืดสนิท เพราะว่าดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งการข้ามส่วนล่างอยู่ระหว่างโค้ง NJ (ดูหัวข้อแสงสนธยา) **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.10 ดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีค่าไรท์แอสเซนชัน = 6 ชั่วโมง, เดคลิเนชัน = 50° ใต้ ถ้าผู้สังเกตอยู่ที่กรุงเทพฯ (ละติจูด = 14° เหนือ) จงหา

ก. เวลาดาราคติขณะที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้า

ข. เวลาดาราคติขณะที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า

ค. ช่วงระยะเวลาที่ดาวฤกษ์ดวงนี้ปรากฏบนท้องฟ้า

ง. ตำแหน่งที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะขึ้นและตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า

วิธีทำ จากสูตรการคำนวณหามุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะขึ้นและกำลังจะตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า ในกรณีที่ดาวฤกษ์มีเดคลิเนชันองศาใต้และตำบลที่ผู้สังเกตอยู่มีค่าละติจูดองศาเหนือ

$$\cos H = \tan \phi \tan \delta$$

แทนค่าจะได้

$$\cos H = \tan 14^\circ \tan 50^\circ$$

$$= 0.2493 \times 1.1918$$

$$= 0.2971$$

$$H = 72^\circ.72$$

ค่าที่ได้นี้คือมุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า $= 72^\circ.72$

$$= 4^h.848$$

ดังนั้น มุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้า $= 360^\circ - 72^\circ.72$

$$= 287^\circ.28$$

$$= 19^h.152$$

จากสูตรการคำนวณหาเวลาดาราคติ

เวลาดาราคติ = มุมชั่วโมงของดาวฤกษ์ + ไรท์แอสเซนชันของดาวฤกษ์

$\therefore$ เวลาดาราคติขณะที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้า $= 19^{ช}.152 + 6^{ช}$

$= 25^{ช}.152$

$= 1^{ช}.152$

$=$ 1 ชั่วโมง 9 นาที 7 วินาที **ตอบ**

$\therefore$ เวลาดาราคติขณะที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า $= 4^{ช}.848 + 6^{ช}$

$= 10^{ช}.848$

$=$ 10 ชั่วโมง 50 นาที 53 วินาที **ตอบ**

ช่วงระยะเวลาที่ดาวฤกษ์ดวงนี้ปรากฏบนท้องฟ้า $= 2H$

$= 2 \times 4^{ช}.848$

$= 9^{ช}.693$

$=$ 9 ชั่วโมง 41 นาที 46 วินาที

ตอบ

ตำแหน่งที่ดาวฤกษ์ดวงนี้กำลังจะขึ้นและตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า หมายถึงค่าแอซิมัทของดาวฤกษ์ที่กำลังจะขึ้นและกำลังจะตกจากเส้นขอบฟ้านั่นเอง จากสูตร

$$\cos A = -\frac{\sin\delta}{\cos\phi}$$

แทนค่าจะได้

$$\cos A = -\frac{\sin 50^\circ}{\cos 14^\circ}$$

$$= -\frac{0.7660}{0.9703}$$

$$= -0.7894$$

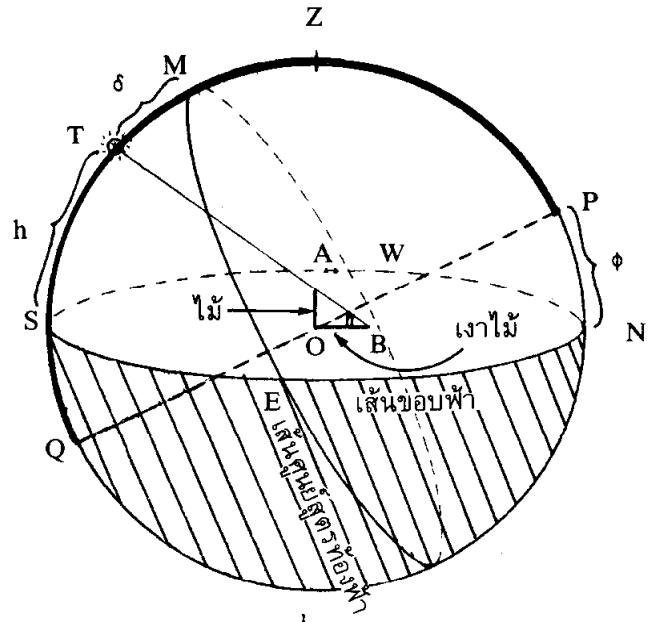
$$A = 142^\circ.13$$

$\therefore$ ค่าแอซิมัทของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะขึ้นจากเส้นขอบฟ้า $= 142^\circ.13$ **ตอบ**

$\therefore$ ค่าแอซิมัทของดาวฤกษ์ขณะกำลังจะตกลับหายจากเส้นขอบฟ้า $= 360^\circ - 142^\circ.13$

$= 217^\circ.87$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.11 ชายผู้หนึ่งนำไม้ยาว 10 เซนติเมตรปักลงบนพื้นราบในแนวดิ่ง เมื่อเวลาเที่ยงวันปรากฏเขาสังเกตเห็นเงาของไม้นี้ยาว 10 เซนติเมตร โดยชี้ไปทางทิศเหนือ ถ้าวันนั้นดวงอาทิตย์มีค่าเดคลิเนชัน $= -20^\circ$ จงหาค่าละติจูดที่ชายผู้นี้อยู่ ถ้าชายผู้นี้อยู่ทางซีกโลกเหนือ



รูปที่ 2.43

จากรูปที่ 2.43 เวลาเที่ยงวันปรากฏเงาของไม้ชี้ไปทางทิศเหนือ แสดงว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ปรากฏที่ตำแหน่งการข้ามส่วนบนโดยอยู่ในช่วง SZ สามเหลี่ยม OAB, มุม OBA เป็นมุมเงย ซึ่งก็คือความสูงของดวงอาทิตย์จากเส้นขอบฟ้านั่นเอง ดังนั้นจะได้ว่า

ค่าอัลติจูดของดวงอาทิตย์ $= \tan^{-1} O\hat{B}A$

$$= \tan^{-1}\left\{\frac{OA}{OB}\right\}$$

$$= \tan^{-1}\left\{\frac{10}{10}\right\}$$

$$= \tan^{-1}\{1\}$$

∴ ค่าอัลติจูดของดวงอาทิตย์ $= 45°$

จากรูปที่ 2.43

$$SL + LR + RZ = SZ$$

$$h + \delta + \phi = 90°$$

$$\phi = 90° - h - \delta$$

$$\phi = 90° - 45° - 20°$$

$$\phi = 25° \text{ N}$$ **ตอบ**