



อทร.๗๗๐๔

เดินเรือดาราศาสตร์

พ.ศ. ๒๔๔๑



อพร.๗๗๐๔

เดินเรือดาราศาสตร์

พ.ศ.๒๕๔๑

เอกสารอ้างอิงของกองทัพเรือ หมายเลข ๗๗๐๔

เดินเรือดาราศาสตร์

จัดทำโดย

คณะกรรมการพิจารณาและจัดทำ อห.ด้านการศึกษาระดับพื้นฐาน

สิงหาคม ๒๕๔๑

พิมพ์ครั้งที่ ๑

สิงหาคม ๒๕๔๑



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะกรรมการพิจารณาและจัดทำ อท. (กองการวิจัยและพัฒนา มก.ท.โทร.๔๔๕๕)

ที่ กท ๑๕๐๕.๓/ ๕๕๐

วันที่ ๗/๗/๕๕

เรื่อง ขออนุมัติใช้ อท. ด้าน การศึกษาขั้นพื้นฐาน

เรียน ประธานกรรมการพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร. และ รอง เสธ.ทร.

๑. คณะทำงานพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร. ด้าน การศึกษาขั้นพื้นฐาน เสนอขออนุมัติเปลี่ยนแปลงเอกสาร จำนวน ๑๘ เรื่อง เป็น อท. และขอให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสมต่อไป โดยมีรายชื่อเอกสารดังนี้ คือ

๑.๑ คู่มือการใช้กระบี่ (อท.๗๑๐๑)	หน่วยควบคุม	ยศ.ทร.
๑.๒ ภาวะผู้นำ (อท. ๗๑๐๒)	หน่วยควบคุม	ยศ.ทร.
๑.๓ การวิเคราะห์พฤติกรรมการทางเรือ (อท. ๗๒๐๑)	หน่วยควบคุม	รร.นร.
๑.๔ แบบฝึกบุคคลท่ามือเปล่าและท่าอาวุธกองทัพเรือ พ.ศ.๒๕๓๘ (อท.๗๔๐๑)	หน่วยควบคุม	นย.
๑.๕ ทำเนียบไฟและทุ่นในน่านน้ำไทย พ.ศ.๒๕๔๐ (อท.๗๗๐๑)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๖ ภาวะทะเล (อท.๗๗๐๒)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๗ ระบบทุ่นเครื่องหมายช่วยการเดินเรือในน่านน้ำไทย (อท.๗๗๐๓)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๘ เดินเรือดาราศาสตร์ (อท.๗๗๐๔)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๙ เครื่องหมายและอักษรย่อที่ใช้ในแผนที่เดินเรือไทย พ.ศ.๒๕๓๒ (อท.๗๗๐๕)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๐ คำแนะนำระบบการหาตำแหน่งที่เรือด้วยดาวเทียม จี พี เอส (อท.๗๗๐๖)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๑ คู่มือการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือเดินเรือ (อท.๗๗๐๗)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๒ กฎการเดินเรือในน่านน้ำไทยและกฎการเดินเรือสากล (อท.๗๗๐๘)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๓ อุดุนิยมวิทยาเบื้องต้น (อท.๗๗๐๙)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๔ อุดุนิยมวิทยาการบิน (อท.๗๗๑๐)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๕ ความรู้ทั่วไปทางสมุทรศาสตร์ (อท.๗๗๑๑)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๖ ระดับทะเลปานกลางมาตรฐาน(เส้นเกณฑ์ระดับเกาะหลัก) (๗๗๑๒)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๗ น่านอนน้ำไทย เล่ม ๑ (อ่าวไทย) (อท.๗๗๑๓)	หน่วยควบคุม	อศ.
๑.๑๘ การใช้ชุดตรวจน้ำมันหล่อลื่นและชุดตรวจน้ำประจําเรือ (อท.๗๘๐๑)	หน่วยควบคุม	วศ.ทร.

๒. กระผมขอเรียนเพื่อกรุณาทราบและมีข้อพิจารณาว่าเอกสารที่คณะทำงานพิจารณาและจัดทำ อท. ด้านการศึกษาขั้นพื้นฐานเสนอให้ปรับเป็น อท. ตามข้อ ๑. นั้น ได้เคยแจกจ่ายให้หน่วยที่เกี่ยวข้องใช้เป็นเอกสารอ้างอิงและเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของหน่วยต่างๆอยู่แล้วและได้ตรวจสอบแล้วว่าปรากฏว่าเอกสารในข้อ ๑.๑ ควรมีการตรวจสอบความทันสมัยก่อน และเอกสารตามข้อ ๑.๒ และ ๑.๑๔ จะต้องขออนุญาตผู้เขียนเอกสารเพื่อมอบให้ ทร.ไว้ใช้ราชการก่อนพิจารณาจัดทำ

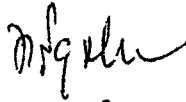
เป็น อท.สำหรับเอกสารที่เหลืออีก ๑๕ เรื่องนั้นสามารถใช้ประกอบการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่างๆได้ จึงมีความเหมาะสมในการปรับเปลี่ยนให้เป็น อท.โดยเห็นควรดังนี้

๒.๑ อนุมัติให้ปรับเปลี่ยน เอกสารตามข้อ ๑. เป็น อท. โดยกำหนดชื่อและหมายเลข อท.ตามที่คณะทำงาน ด้านการศึกษาขั้นพื้นฐาน เสนอ ยกเว้นเอกสารในข้อ ๑.๑ ข้อ ๑.๒ และข้อ ๑.๑๔ กระผมได้ประสานหน่วยเกี่ยวข้องในการ แก้ไข และได้ร่างหนังสือถึงผู้เขียนฯ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการมอบหนังสือดังกล่าวให้ ทร.ไว้ใช้ราชการตามที่แนบมาด้วยแล้ว

๒.๒ ให้คณะทำงานพิจารณาและจัดทำ อท. ด้านการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประสานรายละเอียดกับ สบ.ท. ในการ ดำเนินการจัดพิมพ์ปกและรายการประกอบเพิ่มเติม เพื่อปรับเปลี่ยนเอกสารตามข้อ ๒.๑ ให้เป็น อท. แล้วดำเนินการขออนุมัติ จัดพิมพ์ต่อไป

จึงเสนอมาเพื่อโปรดอนุมัติ ตามข้อ ๒. และกรุณาลงนามตามเอกสาร ที่แนบ

น.อ.



เลขาธิการคณะกรรมการพิจารณาและจัดทำ อท.และ

ผอ.กทพ.ยท.ท.

นายสมศักดิ์ / รองอธิบดี

อธิบดีฯ อท.ท.

พ.อ.ท. ยท.ท.

ปลัดทบ.ท.ท. ๑๕.๑๐ / ๑๖.๑๐

กท ๕.๑. ๕๑



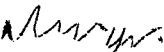
อนุมัติบัตร

เรื่อง อนุมัติใช้เอกสารอ้างอิงของ ทร. หมายเลข ๗๗๐๔ เรื่อง " เติมนเรือดาราศาสตร์ " (อทร.๗๗๐๔)

ตามคำสั่งกองทัพบกเฉพาะที่ ๑๑ /๒๕๔๑ ลง ๒๒ ม.ค. ๔๑ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร. ให้ประธานกรรมการพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร. มีอำนาจในการอนุมัติใช้เอกสารอ้างอิงของทร.(อทร.) นั้น เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงให้ใช้ " เติมนเรือดาราศาสตร์ " (อทร.๗๗๐๔) เล่มนี้ เป็นเอกสารประกอบการปฏิบัติราชการใน ทร. โดยให้ อต. เป็นหน่วยควบคุมเอกสาร ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๙๙ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๑

รับคำสั่ง ผบ.ทร.

(ลงชื่อ) พล.ร.ท. 

(ประเสริฐ บุญทรง)

ประธานกรรมการพิจารณาและจัดทำ อทร.และ รอง เสธ.ทร.

บันทึกการเปลี่ยนแปลงแก้ไข

ลำดับที่	รายการแก้ไข	วันเดือนปี ที่ทำการแก้ไข	ผู้แก้ไข (ยศ-นาม -ตำแหน่ง)	หมายเหตุ

เด็กเรือดาราศาสตร์

โดย

น.อ. โรจน์ หงส์ประสิทธิ์ ร.น. พ.ศ. 2519



แจ้งความกองทัพเรือ เรื่อง ชมเชยนายทหาร

ด้วย น.อ. ไรจน์ หงส์ประสิทธิ์ ผทน. อศ. ได้เรียบเรียงตำราเดินเรือดาราศาสตร์ และได้มอบลิขสิทธิ์ให้แก่ทางราชการ โดยไม่ขอรับเงินรางวัลตอบแทน ซึ่ง ทร. ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าเป็นประโยชน์สมควรรับไว้ใช้ราชการได้

ฉะนั้น ตามที่ น.อ. ไรจน์ หงส์ประสิทธิ์ ได้มีวิธียอดสาหะเรียบเรียงตำราดังกล่าวขึ้นเพื่อประโยชน์แก่ทางราชการเช่นนี้ นับว่าเป็นผู้มีเจตนาดีต่อทางราชการเป็นส่วนรวมโดยแท้ ทร. รู้สึกปีติยินดีเป็นอันมาก จึงขอชมเชยไว้ ณ ที่นี้ ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายจงดลบันดาลให้ น.อ. ไรจน์ หงส์ประสิทธิ์ ประสบแต่ความสุขสิริสวัสดิ์พิพัฒนามงคล สมบูรณ์พูนผลในสิ่งที่พึงปรารถนาทุกทีพาราตริกาล.

แจ้งความ ณ วันที่ 16 เมษายน 2517

(ลงชื่อ) พล.ร.อ. สนธิ บุญยะชัย

สำเนาถูกต้อง

(สนธิ บุญยะชัย)

พล. ร.ต. น. ไรจน์ หงส์ประสิทธิ์

ผช. ผบ. ทร. ทำการแทน

จก. สบ. ทร.

ผบ. ทร.

คำนำ

ตำราเดินเรือดาราศาสตร์ฉบับภาษาไทยที่ใช้สอนในโรงเรียนนายเรือนั้น ครั้งแรก พลเรือโท พระยาราชวังสัน ในสมัยที่ท่านยังมียศและบรรดาศักดิ์ เป็น นาวาตรีหลวง ประดิษฐ์นาวายุทธ (ศรี กมลนาวิน) อาจารย์ใหญ่โรงเรียนนายทหารเรือและผู้ช่วยเสนาธิการ ทหารเรือ ได้เป็นผู้เรียบเรียงขึ้น และได้รับอนุมัติจากกระทรวงทหารเรือ (ในสมัยนั้น) ให้ถือเป็นแบบเรียนฉบับหลวงใช้สอนในโรงเรียนนายทหารเรือ เมื่อ 27 มิถุนายน 2456

ประมาณ พ.ศ. 2485 ในขณะที่ข้าพเจ้ายังเป็นนักเรียนนายเรือ นาวาเอก สกล ช่างประดับ ซึ่งเป็นอาจารย์สอนวิชานี้ได้เรียบเรียงขึ้นใหม่ และพิมพ์แจกนักเรียนนายเรือ นับว่าเป็นตำราที่สมบูรณ์ที่สุดในสมัยนั้น

ต่อมาเมื่อประมาณ พ.ศ. 2500 นาวาเอก สมชาย ชันสุวรรณ และ นาวาตรี สันต์ สมานไมตรีรักษ์ ได้นำเอาตำราของ นาวาเอก สกล ช่างประดับ ไปปรับปรุงแก้ไข และเพิ่มเติม บางตอนให้เหมาะสมตามปฏิทินเดินเรือที่ได้เปลี่ยนแปลงไปซึ่งโรงเรียนนายเรือได้จัดพิมพ์เป็น ตำราขึ้น เมื่อ มกราคม 2501

ปัจจุบันการเดินเรือดาราศาสตร์ได้วิวัฒนาการไปมาก ไม่เหมือนกับเมื่อ 15 ปีที่แล้วมา ทั้งนี้เพื่อให้ทันกับการวิวัฒนาการของเครื่องช่วยในการเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ กล่าวคือได้เลิกรูปวิธีการหาละติจูดใกล้เมริเดียน และ ลองจิจูด ตลอดจนวิธีการคำนวณต่าง ๆ โดยใช้ Logarithm จนหมดสิ้น ได้เปลี่ยนวิธีการหาดำบลที่เรือ โดยใช้เส้นดำบลที่ของวัตถุ ท้องฟ้าแทนแต่อย่างเดียว และวิธีการคำนวณได้ใช้การเปิดมาตราสำเร็จ คือมาตรา H.O. PUB. NO. 214 ซึ่งเป็นผลให้มีความถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น ประกอบกับหลักสูตรการศึกษาวิชานี้ ทางทฤษฎีในโรงเรียนนายเรือ ได้ลดลงเหลือเพียงประมาณ 96 ชั่วโมงคือศึกษาเฉพาะนักเรียน นายเรือปีที่ 3 ปีเดียวเท่านั้น โดยยึดถือตามหนังสือ Dutton's Navigation and Piloting ของ United States Naval Institute ปี ค.ศ. 1958 เป็นหลัก

เนื่องด้วยข้าพเจ้าได้มีโอกาสสอนวิชานี้ที่โรงเรียนนายเรืออีกครั้งหนึ่ง เห็นว่า หนังสือภาษาอังกฤษที่โรงเรียนนายเรือยึดถือเป็นหลักสูตรดังกล่าวข้างต้นนั้น ได้กล่าวไว้ย่อ ๆ ยากที่นักเรียนจะอ่านเข้าใจได้ นอกจากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับวิชานี้มาก่อนจึงจะเข้าใจได้ดี ดังนั้นข้าพเจ้าจึงได้เรียบเรียงตำราเล่มนี้ตามวิธีการสมัยใหม่ ให้เหมาะสมกับหลักสูตรของ โรงเรียนนายเรือ และได้อธิบายขยายความเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้น โดยอาศัยความรู้ที่

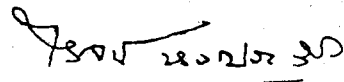
(ข)

บรรดาครูและอาจารย์ได้สอนมาประกอบกับประสบการณ์ที่ได้เคยเป็นครูสอนวิชานี้มาหลายคราว และยึดหลักจากหนังสือต่าง ๆ ดังต่อไปนี้-

1. Navigation and Nautical Astronomy by Dutton ของ United States Naval Institute ปี ค.ศ. 1951
2. Dutton's Navigation and Piloting ของ United States Naval Institute ปี ค.ศ. 1958
3. Dutton's Navigation and Piloting ของ United States Naval Institute ปี ค.ศ. 1969
4. Practical Astronomy by Nassau ปี ค.ศ. 1948
5. Tables of Computed Altitude and Azimuth (H.O. PUB. NO. 214) ของ U.S. Navy Hydrographic Office
6. โจทย์ตัวอย่างและแบบฝึกหัดได้ใช้ปฏิทินเดินเรือ ปี ค.ศ. 1970 (The Nautical Almanac 1970)

อนึ่ง ตำราเดินเรือดาราศาสตร์เล่มนี้ ได้เรียบเรียงขึ้นโดยเร่งรีบ เพื่อให้ทันกับการสอนในโรงเรียนนายเรือปีการศึกษา พ.ศ. 2516 ฉะนั้น หากท่านผู้ใดพบข้อบกพร่อง และข้อผิดพลาดแล้ว ขอให้โปรดกรุณาแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบด้วย เพื่อจะได้แก้ไข ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในโอกาสต่อไป

นาวาเอก



กรมอุทกศาสตร์

สิงหาคม 2516

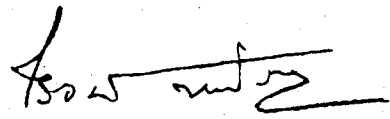
คำนำเพิ่มเติม พิมพ์ครั้งที่.....

เนื่องด้วยมาตราหาสูงคำนวณและหาแอมป์ H.O. PUB. No. 214 ไม่มีการพิมพ์จำหน่ายอีกแล้ว และมีผู้ใช้น้อยลง เพราะมีความถูกต้องไม่มากนัก สหรัฐอเมริกากับราชอาณาจักรอังกฤษจึงได้ร่วมกันทำมาตราหาสูงคำนวณและหาแอมป์ H.O. PUB. No. 229 ขึ้นใช้แทน เพราะมีความถูกต้องมาก

ดังนั้นข้าพเจ้าจึงได้เรียบเรียงการหาสูงคำนวณและหาแอมป์โดยใช้มาตรา H.O. PUB. No. 229 เพิ่มเติมขึ้นอีกหนึ่งบท

หากท่านผู้ใดพบข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด โปรดกรุณาแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบด้วย เพื่อจะได้แก้ไขต่อไป

พล.ร.ท.



(โรจน์ หงส์ประสิทธิ์)

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	ดาราศาสตร์ที่ใช้ในการเดินเรือ	1
	จักรวาลหรือเอกภพ-ทางช้างเผือก-แมกนิจูด-ดวงอาทิตย์-ระบบสุริยจักร-ดาวฤกษ์-ดาวพระเคราะห์-การโคจรและการหมุนรอบตนเองของโลก-ผลอันเนื่องมาจากโลกเคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจร-ผลอันเนื่องมาจากโลกหมุนรอบแกนตนเอง-ดวงจันทร์-การแกว่งของแกนโลก-การเคลื่อนไหวนอื่น ๆ ของโลก-ไทด์	
บทที่ 2	เดินเรือดาราศาสตร์	31
	โลกและทรงกลมท้องฟ้า-การหมุนรอบตนเองของโลก-โคออดิเนตระบบอิกเวเตอร์ท้องฟ้า-โคออดิเนตระบบขอบฟ้า-โคออดิเนตระบบต่าง ๆ-สามเหลี่ยมดาราศาสตร์บนทรงกลมท้องฟ้า-Geographic Position-วงสูงเท่า-สามเหลี่ยมเดินเรือ-ด้านต่างๆของสามเหลี่ยมเดินเรือ-การใช้สามเหลี่ยมเดินเรือ-การหาที่เรือ	
บทที่ 3	เวลา	51
	การผ่านเมริเดียนเบื้องบนและเบื้องล่าง-เวลา-วัน-ปี-เวลากับมุมเวลา-เวลาของตำบลที่ต่าง ๆ -เวลากับลองจิจูด-เวลาสมมติกรีนิช-เวลาสมมิตตำบลที่-เวลาประจำภาค-เลขประจำภาค-เวลาประจำภาคและเวลาสมมติกรีนิช-เวลาประจำภาคและเวลาสมมิตตำบลที่-เวลาอัตราหรือเวลามาตรฐาน-เวลาฤดูร้อน-การเปลี่ยนเวลาและวันที่ในเรือ การเขียนเวลาและวันที่ในราชนาวิ-การหาเวลาในการตรวจวัดฤกษ์ท้องฟ้า-เครื่องมือรักษาเวลา-การหาอัตราผิดของเครื่องมือรักษาเวลา-การหาเวลา GMT ในขณะตรวจวัดฤกษ์ท้องฟ้าด้วยนาฬิกาโครโนเมตร-สัญญาณเทียบเวลา-การระวางรักษานาฬิกาโครโนเมตร	
บทที่ 4	เครื่องวัดแดดและการแก้สูงวัด	88
	เครื่องวัดแดด-ส่วนประกอบของเครื่องวัดแดด-หลักการทำงานของเครื่องวัดแดด-การอ่านมุมที่เครื่องวัดแดด-การระวางรักษาเครื่องวัดแดด-เครื่องวัดแดดขอบฟ้าเทียม-การวัดสูงด้วยเครื่องวัดแดด-	

	การวัดสูงดวงอาทิตย์-การวัดสูงดวงจันทร์-การวัดสูงดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์-ข้อแนะนำบางประการเกี่ยวกับการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า-การวัดสูงในเวลากลางคืน-อัตราผิดของเครื่องวัดแดด-การปรับแต่งเครื่องวัดแดด-อัตราแก้เครื่องวัดแดด-การแก้สูงวัดของเครื่องวัดแดด-สรุปการแก้สูง-การแก้สูงโดยใช้ปฏิทินเดินเรือ-การหาสูงปรากฏ-อัตราแก้ดิฟ-การแก้สูงดวงอาทิตย์-การแก้สูงดาวฤกษ์-การแก้สูงดาวพระเคราะห์พหุหัส และเสาร์-การแก้สูงดวงพระเคราะห์ สุกร์ และอังคาร-การแก้สูงดวงจันทร์	หน้า
บทที่ 5	การหา GHA และ Dec. จากปฏิทินเดินเรือ ปฏิทินเดินเรือ-สิ่งที่มีปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือ-หน้าประจำวันด้านซ้ายมือ-หน้าประจำวันด้านขวามือ-ค่าของ "v" และ "d"-การหา GHA ของดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์-การหา GHA ของดาวฤกษ์-การหา Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ	132
บทที่ 6	การคำนวณสูงและแอสิมัทโดยใช้มาตรา H.O. 214 มาตราสำเร็จ H.O.Pub. No. 214 - สามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกัน-การใช้มาตรา H.O. 214 -อัตราแก้สูงสำหรับ Dec.	146
บทที่ 7	เส้นด้าบลที่ท้องฟ้า เส้นด้าบลที่เมื่อวัตถุท้องฟ้าสูงมาก-เส้นด้าบลที่จากการตรวจวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ-การหาที่เรือแน่นอนจากวัตถุท้องฟ้า-การหาที่เรือโดยแล่นตรวจจากวัตถุท้องฟ้า-ความผิดของที่เรือโดยแล่นตรวจ-วิธีเขียนอักษรย่อและเครื่องหมายกำกับเส้นด้าบลที่เรือ-การหาที่เรือโดยใช้เส้นด้าบลที่ท้องฟ้ากับเส้นด้าบลที่ต่าง ๆ	158
บทที่ 8	วิธีทำที่สมบูรณ์แบบโดยใช้ H.O. 214 และปฏิทินเดินเรือ สามเหลี่ยมดาราศาสตร์และสามเหลี่ยมเดินเรือ-วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดวงอาทิตย์-วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดวงจันทร์-วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดาวพระเคราะห์-วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดาวฤกษ์	182
บทที่ 9	การหาละติจูดและลองจิจูดโดยการตรวจวัตถุท้องฟ้า การหาละติจูดโดยดาวเหนือ-การหาละติจูดโดยสูงบนเมริเดียน-	194

	การหาเวลาเที่ยงจริง-สูงมากที่สุดหรือน้อยที่สุดไม่ใช่สูงบน เมริเดียน-การวัดสูงเพื่อหาลองจิจูด	หน้า
บทที่ 10	การหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ดวงอาทิตย์ตก และแสง เงินแสงทอง และดวงจันทร์ขึ้น ดวงจันทร์ตก การหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตก-การหาเวลา แสงเงินแสงทอง-การหาเวลาดวงจันทร์ขึ้นและดวงจันทร์ตก- การหาเวลาดวงอาทิตย์ดวงจันทร์ขึ้นหรือตก และเวลาแสงเงิน แสงทองในขณะเรือแล่น	213
บทที่ 11	การหาอัตราผิดเข็มทิศในทะเล การหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยวิธีแอมพลิจูด-การหาอัตราผิด ของเข็มทิศโดยแอดมิชชันเวลา-การหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยดาว เหนือ-การสร้างเส้นโค้งแอดมิชชันแม่เหล็กหรือเส้นโค้งแบริงแม่เหล็ก	227
บทที่ 12	การหาชื่อวัตถุท้องฟ้า การตั้งชื่อดาวฤกษ์ การหาชื่อดาวโดยใช้ Star Finder-การหา ชื่อดาวที่ไม่ทราบชื่อมาก่อนโดยมาตรา H.O. 214-การใช้แผนที่ ดาวในปฏิทินเดินเรือ-การดูดาว	239
บทที่ 13	การปฏิบัติการเดินเรือในทะเล การปฏิบัติงานประจำวัน-การวัดสูงระหว่างแสงเงินแสงทองใน ตอนเช้า-การตรวจในเวลากลางวัน-การวัดสูงระหว่างแสงเงิน แสงทองในตอนเย็น-การวัดสูงในเวลากลางคืน-ความถูกต้องของ เส้นตำบลที่และตำบลที่เรือแน่นอน-Bisector method or LOP bisectors-อัตราผิดของตำบลที่เรือเนื่องจากอินเตอร์เซปต์ยาวมาก- การรายงานตำบลที่เรือ-การปฏิบัติระหว่างเดินทางในทะเล- อัตราผิดของตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจ	258
บทที่ 14	การคำนวณสูงและแอดมิชชัน โดยใช้มาตรา H.O. 229 การหาเส้นตำบลที่ (LOP)-มาตรา Pub.No.229-สามเหลี่ยม เดินเรือที่เหมือนกัน-ตำบลที่เรือสมมติ-การเปิดมาตรา H.O. 229- มาตราแก้สูง-การแก้สูงขั้นตอนที่หนึ่ง-การแก้สูงขั้นตอนที่สอง-สรุป	282

บทที่ 1

ดาราศาสตร์ที่ใช้ในการเดินเรือ

Navigational Astronomy

1.1 ดาราศาสตร์

เป็นวิทยาศาสตร์เก่าแก่มากที่สุดที่มนุษย์เราให้ความสนใจตลอดจน ความเชื่อถือในเรื่องของดวงดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้ามาแต่โบราณกาล ความก้าวหน้าทางดาราศาสตร์มีความสัมพันธ์ร่วมกับประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติอยู่มาก ฉะนั้น ก่อนที่จะกล่าวถึงการนำเอาวัตถุท้องฟ้ามาใช้ประโยชน์ในการเดินเรือ จึงขอกล่าวถึงดาราศาสตร์ทั่ว ๆ ไป ที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือเสียก่อน

1.2 จักรวาลหรือเอกภพ (Universe)

เมื่อมองออกไปในท้องฟ้าด้วยตาเปล่าก็ดี หรือใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีกำลังขยายมากก็ดี จะเห็นได้ว่าในท้องฟ้านั้นมีอาณาเขตบริเวณ กว้างใหญ่ไพศาลจนไม่สามารถจะกำหนดขนาดได้ และมีดวงดาวเรียงรายกระจายอยู่ทั่วไป มีระยะห่างต่าง ๆ กัน

หน่วยที่ใช้วัดระยะทางในวิชาดาราศาสตร์นั้นมีอยู่ 3 อย่าง คือ.-

ปีแสง (Light - Year) 1 ปีแสง คือระยะทางที่แสงเดินทางไปในระยะเวลา 1 ปี ตามปกติแสงจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ 186,000 ไมล์ ในเวลา 1 วินาที ฉะนั้น 1 ปีแสงจะเป็นระยะทาง 5.88×10^{12} ไมล์ หรือ 9.463×10^{12} กิโลเมตร

หน่วยดาราศาสตร์ (Astronomical Unit) 1 หน่วยดาราศาสตร์ คือระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ซึ่งเท่ากับ 93 ล้านไมล์ เมื่อเปรียบเทียบกับ 1 ปีแสงแล้วจะเท่ากับ 63,224.7 หน่วยดาราศาสตร์

พาร์เซค (Parsec) มาจากคำเต็มว่า Parallax second 1 พาร์เซค คือระยะทาง ณ จุดใดจุดหนึ่งในท้องฟ้าซึ่งเมื่อมองจากโลกและมองจากดวงอาทิตย์ ไปยังจุดนั้นแล้วจะปรากฏเห็นว่าจุดนั้นมีตำแหน่งที่ต่างกันไปเป็นมุม 1 พิลิปดา หรือหมายความว่าเมื่อลากเส้นตรงจากโลกและจากดวงอาทิตย์ไปยังจุดนั้นแล้วจะกระทำมุมกัน 1 พิลิปดา ซึ่งคิดเป็นระยะทาง

ประมาณ 19.1×10^{12} ไมล์บก หรือเท่ากับ 3.26 ปีแสง หรือเท่ากับ 206,265 หน่วยดาราศาสตร์

แสงเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลกจะใช้เวลา 81/3 นาที จากดวงจันทร์มายังโลกใช้เวลา 11/4 วินาที มนุษย์เราสามารถมองเห็นวัตถุในท้องฟ้าด้วยตาเปล่าได้ไกล 2 ล้านปีแสง และมีความรู้ในจักรวาลได้ไกลถึง 2^+ ล้านล้านปีแสง หรือ 10^{22} ไมล์

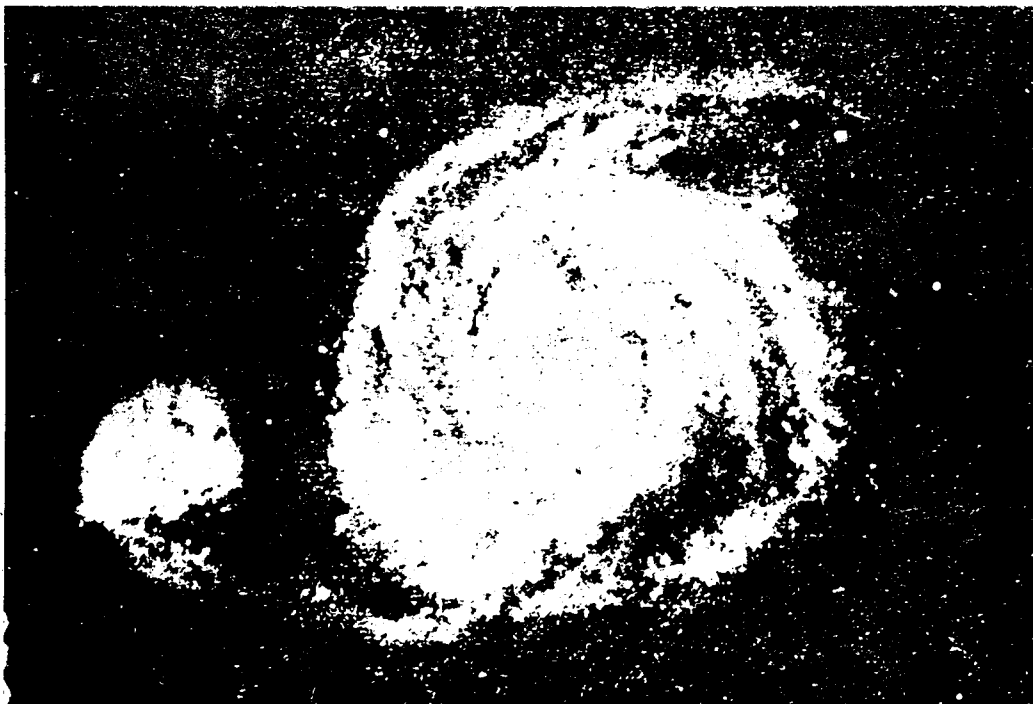
ดาวฤกษ์ที่ใช้ในการเดินเรือซึ่งอยู่ใกล้โลกที่สุดคือดาว Rigil Kentaurus ห่างจากโลกประมาณ 4.3 ปีแสง

ภายในจักรวาลประกอบได้ด้วยแกแล็กซี่ (Galaxy) จำนวนมากมาย ประมาณ 10,000 ล้านแกแล็กซี่ แกแล็กซี่หนึ่ง ๆ ประกอบไปด้วย ดาวฤกษ์ ฤๅลีต่าง ๆ และก๊าซเป็นจำนวนมากซึ่งรวมตัวกันอยู่ด้วยแรงดึงดูด มีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ กัน บ้างก็เป็นแบบรูปไข่ บ้างก็เป็นแบบรูปเลนส์หมุนทั้งสองข้าง ส่วนมากจะเป็นแบบรูปเลนส์หมุน ทั้งสองข้าง แกแล็กซี่แต่ละกลุ่มจะหมุนรอบจุดศูนย์กลางแห่งแรงดึงดูดของตนเอง คล้ายกังหันและเคลื่อนตัวไปในอวกาศด้วยความเร็วหน้าอัตราเร็ว ในแกแล็กซี่หนึ่งประมาณว่า มีดาวฤกษ์ 100 ล้านล้านดวง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง ตรงส่วนที่หนาที่สุดซึ่งอยู่ตรงกลางจะกว้างประมาณ 15,000 ปีแสง ส่วนที่บางซึ่งอยู่ที่ขอบริม ๆ จะกว้างประมาณ 5,000 ปีแสง

นอกจากนั้นแกแล็กซี่ยังรวมตัวกันเป็นหมู่ ๆ อีก ด้วยแรงดึงดูด ในหมู่หนึ่ง ๆ จะมีประมาณ 500 แกแล็กซี่ หมู่แกแล็กซี่ที่มนุษย์เราสนใจมากเป็นแกแล็กซี่หมู่เล็ก มีประมาณ 20 แกแล็กซี่ ในจำนวนนี้มีแกแล็กซี่หนึ่งเรียกว่าแกแล็กซี่ทางช้างเผือก (Milky Way galaxy) ซึ่งโลกของเราก็คืออยู่ในแกแล็กซี่ทางช้างเผือกนี้

1.3 ทางช้างเผือก (The Milky Way)

การที่มีชื่อว่าทางช้างเผือกนั้น ก็ด้วยเหตุว่าเมื่อเรามองออกไปในท้องฟ้า จะเห็นดาวในแกแล็กซี่ของเราเป็นแถบขาวสว่างเรือง ๆ พาดอยู่ในท้องฟ้า แกแล็กซี่ทางช้างเผือกของเรามีรูปร่างเป็นแบบเลนส์หมุนทั้งสองข้าง หมุนรอบตัวเองคล้ายกับกังหัน มีหางหรือแขนยื่น ตะหวัดออกมาสองข้างตรงข้ามกัน เรียกว่า Spiral galaxy ประกอบไปด้วยดาวฤกษ์ประมาณ 100 ล้านล้านดวง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 80,000 ปีแสง ส่วนที่หนาที่สุดกว้างประมาณ 10,000 ปีแสงระบบสุริยะจักรของเรานี้มีดาวฤกษ์ที่สำคัญคือ ดวงอาทิตย์นั้นจะอยู่ระหว่างศูนย์กลาง กับขอบของแกแล็กซี่ประมาณ 2 ใน 3 และจะเคลื่อนตัวหมุนไปรอบ ๆ ศูนย์กลาง หนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 200 ล้านปี



รูปที่ 1

แกแลกซีแบบ Spiral ซึ่งเชื่อว่าจะเป็นแบบเดียวกับแกแลกซีทางช้างเผือกหรือ Milky Way galaxy

ดาวฤกษ์ที่ใหญ่ที่สุดในแกแลกซีของเราคือดาว Antares มีสีแดงเรื่อ ๆ มีความร้อนที่ผิวประมาณ 6,000 องศาฟาเรนไฮต์ มีเส้นผ่าศูนย์กลางโต 428 เท่าของดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ที่เล็กที่สุดซึ่งค้นพบเมื่อเร็ว ๆ นี้ (ยังไม่มีชื่อ) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 864,400 ไมล์

ดาวฤกษ์ในแกแลกซีของเราที่นักเดินเรื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเดินเรือ นอกจากดวงอาทิตย์แล้ว มีทั้งหมด 173 ดวง ซึ่งปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือ แต่ดาวฤกษ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการเดินเรื่อนั้นมีเพียง 58 ดวง ในจำนวนนี้ยกเว้นดาวเหนือ (Polaris) เสียหนึ่งดวง คงเหลือ 57 ดวง เรียกว่า "Selected Stars" ดาวเหนือเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในตำแหน่งที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหาละติจูดในเมื่อเรือเดินทางอยู่ในซีกโลกฝ่ายเหนือ

นอกจากดาวฤกษ์แล้ว นักเดินเรือยังใช้ดาวพระเคราะห์และดวงจันทร์ ในระบบสุริยจักรสำหรับหาดำบลที่เรืออีกด้วย เพราะดาวเหล่านี้รวมทั้งดวงอาทิตย์ สามารถหาที่เรือในเวลากลางวันได้

1.4 แมกนิจูด (Magnitude)

ความสว่างสุกใสของวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวง กำหนดให้มีค่าเป็นแมกนิจูด เมื่อมองออกไปในท้องฟ้าด้วยตาเปล่าจะเห็นดวงดาวต่าง ๆ มีความสว่างสุกใสแตกต่างกันซึ่ง Ptolemy Argenlander & Schonfel ได้แบ่งชั้นของดาวฤกษ์ออกเป็น 6 ชั้นด้วยกัน โดยอาศัยระดับความสว่างสุกใสที่มองเห็นลดหลั่นกันลงไป และให้ดาวฤกษ์ชั้นที่ 1 มีความสว่างสุกใสกว่าดาวฤกษ์ชั้นที่ 6 ร้อยเท่า ฉะนั้นแมกนิจูดเรโซซึ่งเป็นค่าประจักษ์นั้นจะเท่ากับกรณีที่ 5 ของ 100 หรือเท่ากับ 2.512 หมายความว่าดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดที่ 0 จะสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดที่ 1, 2.512 เท่า ดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดที่ 1 จะสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดที่ 2, 2.512 เท่าและต่อ ๆ ไป

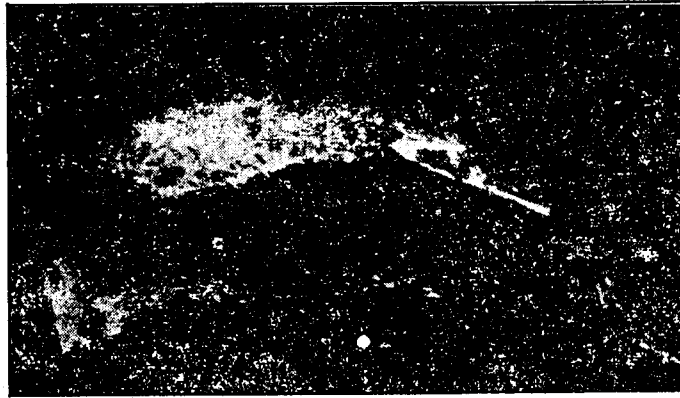
ต่อมา ศาสตราจารย์ Pickering ได้ประดิษฐ์เครื่องมือวัดความสว่างสุกใสของดาวในขณะที่ฝ่ายเมริเดียนขึ้น เรียกว่า Meridian Photometer โดยอาศัยดาวเหนือเป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบและมีสเกลอ่านได้ที่เดียว การสร้างเครื่องมือนี้ได้อาศัยหลักเกณฑ์แมกนิจูด เรโซดังกล่าวแล้ว ความสว่างสุกใสของดาวแต่ละดวง ที่อ่านได้จากสเกลก็จะเป็นค่าแมกนิจูดของดาวดวงนั้น ๆ ดาวที่มีความสว่างสุกใสมากจะอ่านค่าได้น้อย

ตามธรรมเนียมถือกันว่าดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดต่ำกว่า + 1.5 เป็นดาวฤกษ์ชั้นที่ 1 ดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดระหว่าง + 1.5 กับ + 2.5 เป็นดาวฤกษ์ชั้นที่ 2 ดาวฤกษ์ที่มีแมกนิจูดระหว่าง + 2.6 กับ + 3.5 เป็นดาวฤกษ์ชั้นที่ 3 และต่อ ๆ ไป

แมกนิจูดของดวงอาทิตย์เท่ากับ -26.7 ของดวงจันทร์ในวันขึ้น 15 ค่ำ เท่ากับ -12.6 ดาวฤกษ์สองดวงที่มีความสว่างสุกใสมากที่สุดคือ Sirius มีแมกนิจูด -1.6 และ Canopus มีแมกนิจูด -0.9

1.5 ดวงอาทิตย์ (The Sun)

เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของระบบสุริยจักรของเร ปรกอบไปด้วยมวลก๊าซต่าง ๆ ที่กำลังลุกไหม้ปั่นป่วนอยู่ และแผ่กระจายพลังงานออกมาเป็นจำนวนมากมายาวนานอย่างน่าอัศจรรย์ ทุก ๆ สองวินาที จะเปลี่ยนแปลงสารจำนวนล้าน ๆ ตันให้เป็นพลังงาน และได้มีการกระทำอย่างนี้ติดต่อกันมาประมาณ 5 ล้านล้านปีแล้ว ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 864,408 ไมล์ ที่ผิวของดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิประมาณ 10,000 องศาฟาเรนไฮท์ และมีก๊าซที่กำลังเผาไหม้ ระเบิดพุ่งออกมาสูงกว่า 100,000 ไมล์ ก่อนที่จะตกกลับลงไปสู่ผิวพื้น

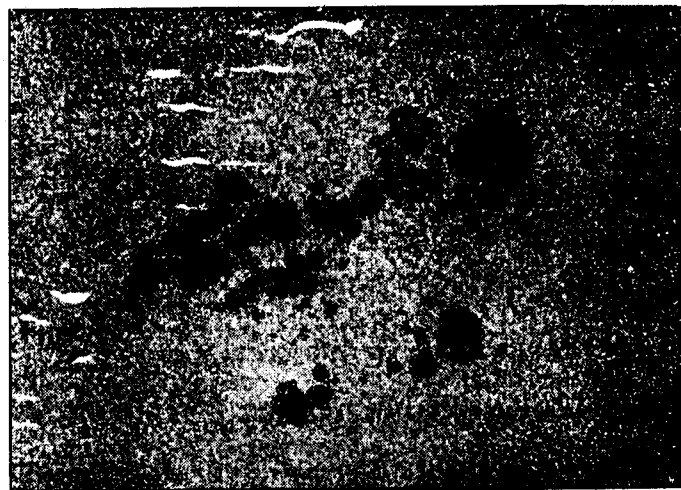


รูปที่ 2

เพลิงก๊าซพุ่งจากผิวดวงอาทิตย์สูงหลายแสนไมล์ จุดกลมสีขาวเป็นขนาด
ของโลกเมื่อเปรียบเทียบกับดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ หมุนรอบแกนตัวเอง แต่ดวงอาทิตย์ประกอบไปด้วยมวลก๊าซ จึงทำให้
บริเวณที่โอเคเตอร์หมุนเร็วกว่าคือ 25 วันต่อหนึ่งรอบ ส่วนที่บริเวณใกล้ ๆ ขอบจะหมุน 34 วัน
ต่อหนึ่งรอบ

ปรากฏการณ์ธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งก็คือจุดดับ หรือจุดดำของดวงอาทิตย์
(Sun Spots) ซึ่งจะเห็นเป็นสีดำปรากฏอยู่ที่ผิว จุดดำนี้เป็นมวลก๊าซที่เย็นกว่าที่อื่น ๆ ที่อยู่
รอบบริเวณนั้น บางจุดจะโตถึง 50,000 ไมล์



รูปที่ 3

จุดดำบนผิวของดวงอาทิตย์ (Sun spots)

พายุแม่เหล็ก (Magnetic storm) ที่ปรากฏอยู่บนโลก ซึ่งทำการรบกวนต่อการส่งและรับสัญญาณวิทยุ นั้น ก็สืบเนื่องมาจากจุดดับบนดวงอาทิตย์นี้ และจะปรากฏทุก ๆ รอบ 11 ปี

ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวไปในอวกาศพร้อมด้วยบริวารใหญ่น้อย จำนวนนับเป็นพัน ๆ ซึ่งเป็นวัตถุแข็ง บริวารเหล่านี้รวมทั้งดวงอาทิตย์ด้วยเรียกว่าระบบสุริยจักร

1.6 ระบบสุริยจักร (The solar system)

นอกจากดวงอาทิตย์แล้ว จะประกอบไปด้วยดาวพระเคราะห์ (Planets) ต่าง ๆ จำนวนมาก ซึ่งเป็นดาวที่ไม่มีแสงสว่างในตัวเองแต่จะได้รับแสงสว่างและความร้อนมาจากดวงอาทิตย์ ดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ เหล่านี้คือ ดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ (Major planets) 9 ดวง ซึ่งมีดาวพระเคราะห์ขนาดเล็กเป็นบริวารที่เรียกว่าดวงจันทร์ (Satellites of Moon) โคจรรอบ ๆ ดาวพระเคราะห์เหล่านี้เป็นบางดวงและยังมีดาวพระเคราะห์ขนาดเล็ก (Minor planets) จำนวนหลายพันดวงเรียกว่า Planetoids หรือ Asteroids นอกจากนี้ยังมีอุกกาบาต (Meteors) และดาวหาง (Comets) ดาวเหล่านี้โคจรไปรอบ ๆ ดวงอาทิตย์เป็นรูปอีลิปส์ (Elliptical) โดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัส (Focus) และดาวแต่ละดวงยังหมุนรอบแกนตนเองอีกด้วย

ดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้ง 9 ดวง อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ตามลำดับดังนี้ คือ ดาวพุธ (Mercury) ดาวศุกร์ (Venus) โลก (Earth) ดาวอังคาร (Mars) ดาวพฤหัสบดี (Jupiter) ดาวเสาร์ (Saturn) ดาวมฤตยู (Uranus) ดาวพระสมุทร (Neptune) และดาวพระยม (Pluto) ดาวพุธและดาวศุกร์เรียกว่าดาวพระเคราะห์ชั้นใน (Inferior Planets) ส่วนดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวมฤตยู ดาวพระสมุทร และดาวพระยมเรียกว่า ดาวพระเคราะห์ชั้นนอก (Superior Planets) ทั้งนี้โดยถือเอาโลกเราเป็นจุดแบ่ง

ดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในการเดินเรื่อนั้นมีเพียง 4 ดวงเท่านั้น คือ ดาวศุกร์ ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี และ ดาวเสาร์

ดาวพุธ (Mercury) เป็นดาวพระเคราะห์ที่เล็กที่สุดในบรรดาดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้งหลาย มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3,008 ไมล์ โคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบในเวลา 88 วัน ความเร็วที่เคลื่อนตัวไปบนวงโคจร 36 ไมล์ต่อ 1 วินาที และเชื่อว่าดาวพุธนี้หมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลา 60 วัน ซึ่งเกือบเท่ากับเวลาที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ก็เพราะว่าดาวพุธจะหันด้านหนึ่งเข้าหาดวงอาทิตย์เกือบประจำ อุณหภูมิบนด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์นั้นมีถึง 770 องศาฟาเรนไฮต์ (ร้อนพอที่จะทำให้ดีบุกและตะกั่วละลาย) ดาวพุธไม่มีดวงจันทร์เป็นบริวาร

ดาวศุกร์ (Venus) ห่างจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยประมาณ 67 ล้านไมล์ เป็นดาวพระเคราะห์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดกว่าดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้งหลาย มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7,700 ไมล์ ซึ่งน้อยกว่าโลกเราเพียงเล็กน้อย มวลและแรงดึงดูดที่ผิวคล้ายคลึงกันกับโลก ทั้งนี้ก็เนื่องด้วยปรากฏว่ามีเมฆอันหนาที่ปกคลุมอยู่โดยรอบ ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบไปยังผิวของดาวศุกร์ได้ ดาวศุกร์โคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบ ในเวลาประมาณ 225 วัน และหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลาประมาณ 247 วัน ดาวศุกร์ไม่มีดวงจันทร์เป็นบริวาร

โลก (Earth) เป็นดาวพระเคราะห์ดวงที่สามที่ห่างจากดวงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยประมาณ 93 ล้านไมล์ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7,918 ไมล์ มีดวงจันทร์เป็นบริวารหนึ่งดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบในเวลา $365 \frac{1}{4}$ วัน และหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที เรื่องรายละเอียดเกี่ยวกับโลกจะได้กล่าวต่อไปในภายหลัง

ดาวอังคาร (Mars) เป็นดาวพระเคราะห์ขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4,215 ไมล์ ห่างจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยประมาณ 142 ล้านไมล์ โคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบในเวลา 687 วัน และหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลา 24 ชั่วโมง 37 นาที ดาวอังคารมีดวงจันทร์ขนาดเล็กเป็นบริวารสองดวง ดวงหนึ่งจะโคจรรอบดาวอังคาร 2 รอบต่อหนึ่งวัน ดาวอังคารมีสีแดง ทั้งนี้อาจจะมิใช่ชั้นดำนหรืออาจจะไม่มีสิ่งมีชีวิต อยู่เลยก็ได้ อุณหภูมิสูงสุดที่ดาวดวงนี้ประมาณ 50 องศาฟาเรนไฮต์

ดาวพฤหัสบดี (Jupiter) เป็นดาวพระเคราะห์ที่ใหญ่ที่สุด มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 86,800 ไมล์ และมีมวลมากกว่าสองเท่าของดาวพระเคราะห์ทั้งหมดรวมกัน ห่างจากดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยประมาณ 484 ล้านไมล์ โคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบในเวลา 11.86 ปี หมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลา 9 ชั่วโมง 50 นาที (เร็วกว่าดาวพระเคราะห์ดวงอื่น ๆ ทั้งหมด) ดาวพฤหัสบดีมีดวงจันทร์เป็นบริวาร 12 ดวง 4 ดวงจะมองเห็นได้ ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก และ 2 ดวงจะมีขนาดโตเท่ากับดาวพุธ

ดาวเสาร์ (Saturn) เป็นดาวพระเคราะห์ที่อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยประมาณ 887 ล้านไมล์ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 71,500 ไมล์ มีดวงจันทร์เป็นบริวาร 10 ดวง แต่เมื่อใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดูจะเห็นลักษณะที่น่าสนใจที่สุด คือปรากฏเป็นแถบแสงสว่างบาง ๆ สามแถบล้อมรอบอยู่ วงแหวนของดาวเสาร์นี้เป็นรูสีแข็งจำนวนมาก เปรียบเสมือนหนึ่งเป็นดวงจันทร์ขนาดเล็กที่โคจรรอบ ๆ ดาวเสาร์นั่นเอง มีทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณสนับสนุนว่า วงแหวนทั้งสามนั้นก็คือรูสีของดวงจันทร์ดวงหนึ่ง หรือหลายดวงที่แตกสลายไป แต่ยังคงเดินโคจรรอบอยู่รอบ ๆ ตามเดิม ดาวเสาร์โคจรรอบดวงอาทิตย์ หนึ่งรอบเป็นเวลาประมาณ 29 ปี และหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบในเวลา 10 ชั่วโมง 14 นาที

ดาวมฤตยู ดาวพระสมุท และดาวพระยม (Uranus, Neptune and Pluto) ดาวพระเคราะห์ทั้งสามดวงนี้อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มาก คือดาวมฤตยูห่างจากดวงอาทิตย์ 1,783 ล้านไมล์ ดาวพระสมุทห่างจากดวงอาทิตย์ 2,794 ล้านไมล์ และดาวพระยมห่างจากดวงอาทิตย์ 3,666 ล้านไมล์ ฉะนั้น จึงมีประโยชน์แก่การเดินเรืออย่างมาก โดยเฉพาะดาวมฤตยูจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่ออากาศแจ่มใสดีที่สุด เท่านั้นดาวมฤตยูมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 31,700 ไมล์ ดาวพระสมุทมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 31,000 ไมล์ ดาวสองดวงนี้จัดว่าเป็นดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ ส่วนดาวพระยมนั้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณ 3,500 ไมล์ นับว่าเป็นดาวพระเคราะห์ที่เล็กเป็นที่สองรองจากดาวพุธ

ตารางข้างล่างนี้แสดงรายการบางอย่างของดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้ง 9 ดวง มีสิ่งที่น่าสนใจควรทราบก็คือ ดวงจันทร์ของดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ นั้น จะหมุนรอบตนเอง และโคจรรอบดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ นั้น ๆ ด้วย ซึ่งเปรียบเสมือนว่าดวงจันทร์ก็เป็นดาวพระเคราะห์ของดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ดวงนั้นนั่นเอง ดวงจันทร์ต่าง ๆ เป็นดวงดาวที่เย็นแล้ว แสงสว่างที่เรามองเห็นที่ดวงจันทร์ เป็นแสงสะท้อนที่ได้รับมาจากดวงอาทิตย์

ดาวพระเคราะห์	ระยะทางเฉลี่ย จากดวงอาทิตย์		เส้นผ่าศูนย์กลาง เฉลี่ยนับเป็นไมล์	เวลาที่ โคจรรอบ ดวงอาทิตย์	เวลาที่หมุน รอบตัวเอง	จำนวน ดวงจันทร์
	ล้านไมล์	หน่วย ดาราศาสตร์				
พุธ	36	0.4	3,008	88 วัน	60 วัน	ไม่มี
ศุกร์	67	0.7	7,700	224.7 วัน	247 วัน (+ 5)	ไม่มี
โลก	93	1.0	7,918	365.24 วัน	23 ม. 56 น.	1
อังคาร	142	1.5	4,215	687 วัน	24 ม. 37 น.	2
พฤหัสบดี	484	5.2	86,800	11.86 ปี	9 ม. 50 น.	12
เสาร์	887	9.5	71,500	29.46 ปี	10 ม. 14 น.	10
มฤตยู	1783	19.2	31,700	84.02 ปี	10 ม. 49 น.	5
พระสมุท	2794	30.1	31,000	164.8 ปี	15 ม. 40 น.	2
พระยม	3666	39.4	3,500 ±	248.4 ปี	? 6.4 วัน	ไม่มี

ดาวพระเคราะห์ขนาดเล็ก (Minor planets) บางทีก็เรียกว่า ดาวพระเคราะห์น้อยซึ่งเรียกว่า Asteroids เมื่อเปรียบเทียบกับดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่แล้วจะแตกต่างกันมาก ทั้งขนาดและจำนวน ดาวพระเคราะห์ขนาดเล็กที่ใหญ่ที่สุด มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 480 ไมล์ ที่ใหญ่รองลงมาเท่าที่ตรวจพบมีมากกว่า 3,000 ดวง นอกจากนี้เชื่อว่ายังมีอีกเป็นจำนวนหลายพันดวง แต่เป็นขนาดเล็กมาก

ดาวพระเคราะห์ขนาดเล็กทั้งหมดนี้โคจรรอบดวงอาทิตย์ อยู่ในระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดีเท่านั้น ทั้งนี้ตามทฤษฎีเชื่อกันว่าจะเป็นดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ ที่ได้แตกสลายไปกลายเป็นดาวดวงเล็ก ๆ และยังคงโคจรอยู่ในวิถีโคจรเดิม

อุกกาบาตและลูกอุกกาบาต (Meteors and Meteorites) อุกกาบาตที่มีชื่อที่รู้จักกันทั่ว ๆ ไปว่าดาวตกหรือผีพุ่งไต้ (Shooting stars) เป็นสะเก็ดดาวที่อยู่ในระบบสุริยจักรตามปกติจะมีขนาดเล็กเท่าเม็ดทราย เมื่อพุ่งผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลกด้วยความเร็วสูงจากการเสียดสีกับอากาศจะทำให้เกิดความร้อนมาก จนละลายกลายเป็นไฟสว่างจ้าเผาไหม้ไปหมดก่อนที่จะตกลงมาบนพื้นโลก อุกกาบาตจะตรวจพบได้ก็เฉพาะที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลกเท่านั้น มีเป็นจำนวนน้อยที่เผาไหม้ไม่หมดแล้วตกลงมาบนพื้นโลก เป็นวัตถุแข็งเรียกว่า ลูกอุกกาบาต (Meteorites) ส่วนมากที่พบจะเป็นพวกนิเกิลผสมกับเหล็ก นอกนั้นเป็นหินลูกอุกกาบาตโดยทั่วไปแล้วจะมีน้ำหนักน้อยมาก แต่บางก้อนก็มีน้ำหนักมาก ปรากฏว่ามีหลุม ๆ หนึ่ง ใกล้เมือง Winslow ในรัฐ Arizona เชื่อว่าเกิดจากลูกอุกกาบาตที่ตกลงมายัง พื้นโลก คาดว่าก่อนที่จะถึงพื้นโลกคงมีน้ำหนัก 50,000 ตัน

อุกกาบาตบางพวกก็เป็นดาวพระเคราะห์ขนาดเล็ก (Asteroids) ที่หลุดออกมาจากวิถีโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงดึงดูดของโลก บางพวกก็เป็นเศษของดาวหาง (Comet) ซึ่งเดินเป็นรูปพาราโบลารอบดวงอาทิตย์ เมื่อเข้าใกล้โลกก็จะพุ่งตกลงมาในบรรยากาศ ของห่าฝน (Showers of shooting stars) เรียกว่าฝนอุกกาบาต (Meteor showers)

อุกกาบาตที่พุ่งเข้ามาในบรรยากาศของโลกประมาณว่าในหนึ่งวันมีจำนวน 100 ล้านดวง ซึ่งจะเห็นได้ประมาณ 10 ดวงใน 1 ชั่วโมง แต่บางชั่วโมงอาจถึง 100 ดวงก็มี เวลาที่อันวยที่สุดในการตรวจอยู่ระหว่างเที่ยงคืนถึงรุ่งอรุณ

ดาวหาง (Comets) ปรากฏการณ์อย่างหนึ่งบนท้องฟ้าที่ก่อให้เกิดความสนใจและตื่นเต้นแก่ชาวโลกบ่อยครั้งก็คือดาวหาง

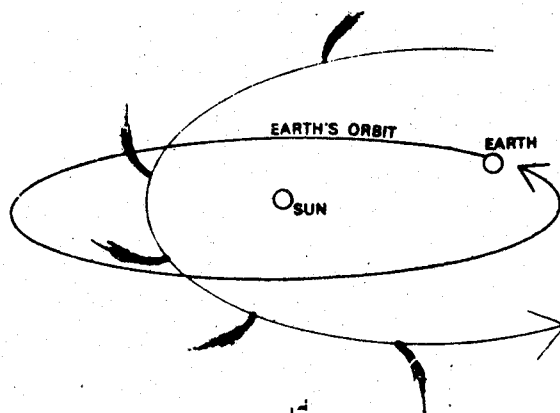
ดาวหางส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยก๊าซเมเทน แอมโมเนีย และน้ำที่เย็นจนแข็งและมีกลุ่มสะเก็ดดาวขนาดต่าง ๆ ตลอดจนฝุ่นธุลีรวมตัวกันอยู่ที่ใจกลาง วิถีโคจรของดาวหางรอบดวงอาทิตย์ บ้างก็เป็นแบบอีลิปส์ แบบพาราโบลารอบดวงอาทิตย์หรือแบบไฮเพอร์โบลารอบดวงอาทิตย์ ครั้งแรกที่แลเห็นเป็นแต่เพียงแสงที่สะท้อนจากดวงอาทิตย์เท่านั้น เมื่อเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์ความร้อนจากดวงอาทิตย์จะทำให้ก๊าซและน้ำที่แข็งตัวกลายเป็นไอ แยกตัวกระจายออกไปและเกิดแสงเรืองขึ้นในตัวเอง

ครั้นเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ประมาณ 100 ถึง 200 ล้านไมล์ ส่วนหางก็จะเกิดเป็นรูปร่างขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนและแสงของดวงอาทิตย์ผลักดันส่วนที่กลายเป็นก๊าซ ซึ่งเบามากให้เคลื่อนตัวออกไปต่อเนื่องกัน ปรากฏเป็นหางยาว ส่วนหางจะยาวมากถึง 100 ล้านไมล์เมื่อใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด เมื่อดาวหางห่างจากดวงอาทิตย์ออกไปส่วนหางก็จะค่อย ๆ สั้นลงด้วย ตามปกติส่วนหางจะชี้ห่างออกจากดวงอาทิตย์เสมอ ดังนั้น จึงทำให้เห็นส่วนหางก่อนเมื่อดาวหางถอยห่างออกจากดวงอาทิตย์ บางคราวดาวหางมีความสว่างพอ ที่จะเห็นได้ในเวลากลางวัน แม้ว่ามัน ๑ จะปรากฏขึ้นสักครั้งหนึ่งก็ตาม

ดาวหางเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในระบบสุริยจักร หลายคืนในปีหนึ่ง ๆ จะเห็นดาวหางอย่างน้อยก็ 1 ดวง ด้วยกล้องโทรทรรศน์ แต่ส่วนมากจะมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น นาน ๆ จึงจะแลเห็นด้วยตาเปล่าสักครั้งหนึ่ง ตามปกติแล้วดาวหางจะใช้เวลานานหลายปี จึงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดาวหาง แฮลลีย์ (Halley) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี เคยปรากฏให้เห็นมาแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2453 ในสมัยปลายรัชกาลที่ 5 ดาวหางดวงนี้เป็นดาวหางที่วนกลับมาเรื่อย ๆ มีระยะเวลาครบรอบ 76 ปี และจะกลับมาให้เห็นอีกในปี พ.ศ. 2529

บริวารของดาวพระเคราะห์ (Satellites of the planets) บริวาร หรือดวงจันทร์ของดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ เป็นวัตถุที่ยึดแล้วในระบบสุริยจักร เช่นเดียวกับดาวพระเคราะห์ แสงที่เปล่งออกมานั้นเป็นแสงที่สะท้อนมาจากดวงอาทิตย์ ในขณะที่ดาวพระเคราะห์โคจรไปรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ บริวารของดาวพระเคราะห์จะโคจรไปรอบ ๆ ดาวพระเคราะห์นั้น ๆ ด้วย

บริวารหรือดวงจันทร์ของดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่ทั้ง 9 ดวงนั้น เท่าที่ค้นพบมีทั้งสิ้น 32 ดวง ส่วนดาวพระเคราะห์ขนาดเล็กหรือดาวพระเคราะห์น้อย ไม่ปรากฏว่ามีบริวารเลย ส่วนประกอบของบริวารหรือดวงจันทร์ไม่ได้แตกต่างไปจากดาวพระเคราะห์เลย ฉะนั้น ดวงจันทร์ก็เสมือนหนึ่งเป็นดาวพระเคราะห์นั่นเอง



รูปที่ 4

วิถีโคจรของดาวหาง ส่วนหางจะชี้ห่างออกจากดวงอาทิตย์

1.7 ก่อนที่จะกล่าวถึงเรื่องอื่นต่อไป ใครจะทำความเข้าใจบางอย่างสำหรับนักเดินเรือ คือ.-

ดาวฤกษ์ (Stars) เป็นดาวที่มีความร้อนและแสงสว่างในตัวเอง อยู่ห่างไกลจากโลกมากมีได้อยู่ในระบบสุริยจักร การเคลื่อนไหวอันแท้จริง จึงมิได้ปรากฏให้เราสังเกตได้ แม้ว่าโลกเราจะเคลื่อนตัวไปรอบดวงอาทิตย์ก็ตาม ฉะนั้น เราจึงมองเห็นว่าดาวฤกษ์อยู่ประจำที่ ตำแหน่งของดาวฤกษ์แต่ละดวงเมื่อเปรียบเทียบกับดวงอื่น ๆ ที่อยู่รอบ ๆ แล้วจะมีระยะห่างคงที่ ด้วยเหตุนี้ภาษาอังกฤษจึงเรียกว่า Fix Stars หรือ Stars คง ๆ สำหรับดวงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าตาม ทฤษฎีจะจัดว่าเป็นดาวฤกษ์ แต่ก็มิเรียกว่าดาวฤกษ์เพราะดวงอาทิตย์มีชื่อเฉพาะอยู่แล้วประการหนึ่ง อีกประการหนึ่ง การเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์เราสามารถสังเกตเห็นได้

ดาวพระเคราะห์ (Planets) เป็นดาวในระบบสุริยจักร ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง แสงที่เห็นนั้นเป็นแสงที่สะท้อนมาจากดวงอาทิตย์ และสังเกตเห็นเคลื่อนที่ไป ในระหว่างหมู่ดาวฤกษ์ทั้งหลาย จึงได้ชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Planet ซึ่งมาจากรากศัพท์ว่า Planetes แปลว่า Wanderer คือ “ผู้ท่องเที่ยวไป”

เนื่องจากวัตถุท้องฟ้าที่ใช้ในการเดินเรื่อนั้นใช้ทั้ง ดาวฤกษ์ ดาวพระเคราะห์ ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ แต่การใช้วัตถุท้องฟ้าที่อยู่ในระบบสุริยจักรกับดาวฤกษ์ ซึ่งอยู่นอกสุริยจักรนั้นมีข้อแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ ทั้งนี้เนื่องด้วยระยะทางห่างจากโลก ต่างกันอยู่มากมาย

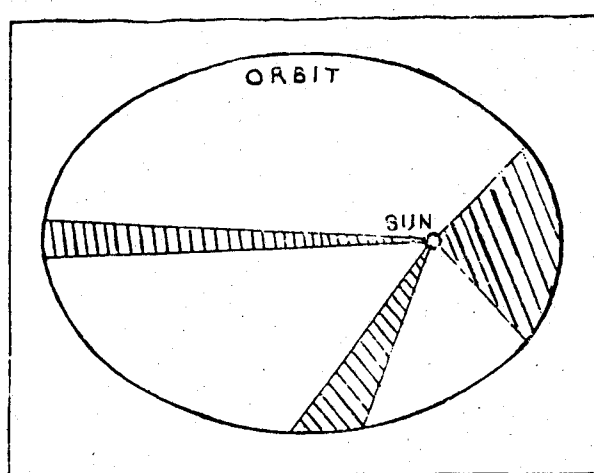
ประการที่หนึ่ง.- ในเรื่องของการเดินเรื่อนั้นถือว่าลำแสงที่ฉายจากดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งมายังระบบสุริยจักรเป็นเส้นตรงเส้นเดียวหรือขนานกัน ทั้งนี้เพราะดาวฤกษ์อยู่ไกลมาก เช่น ดาว Rigil Kentaurus ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกที่สุดประมาณ 4 ปีแสง หรือดาว Sirius ที่สว่างที่สุดและมีประโยชน์แก่การเดินเรือก็อยู่ห่างจากโลกไกลเป็นสองเท่าจากการวัดมุมดาว Rigil Kentaurus บนโลก ณ ตำแหน่งหนึ่ง กับอีกตำแหน่งซึ่งอยู่ตรงข้ามกันที่ห่างที่สุดบนวงโคจร ปรากฏว่ามุมจะต่างกันเพียง 1.5 มิลลิเดคาเท่านั้น ซึ่งเครื่องวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเดินเรือ ไม่สามารถจะวัดได้ละเอียด ถึงเพียงนั้น ฉะนั้น เมื่อคำนึงถึงอัตราแก้ Geocentric parallax หรือที่เรียกว่า Horizontal parallax คือผลต่างของมุมที่วัดบนผิวโลก กับที่วัดจุดศูนย์กลางโลกจึงตัดทิ้งเสียได้สำหรับดาวฤกษ์ โดยถือเสียว่าดาวฤกษ์อยู่ไกลมาก ไม่อาจจะนับระยะทางได้

ส่วนดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ นั้น อยู่ใกล้โลกสามารถนับระยะทางได้ จึงจำเป็นต้องมีการแก้ Parallax ด้วย

ประการที่สอง.- ในเรื่องการเดินทางเรื่อนั้นถือว่าดาวฤกษ์เป็นจุด เพราะเล็กมากไม่สามารถวัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ ส่วนดวงอาทิตย์และดวงจันทร์มีขนาดโตและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ ฉะนั้น จึงต้องมีอัตราแก้ของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางด้วย (Semidiameter)

1.8 การโคจรและการหมุนรอบตนเองของโลก (Revolution and rotation of the earth)

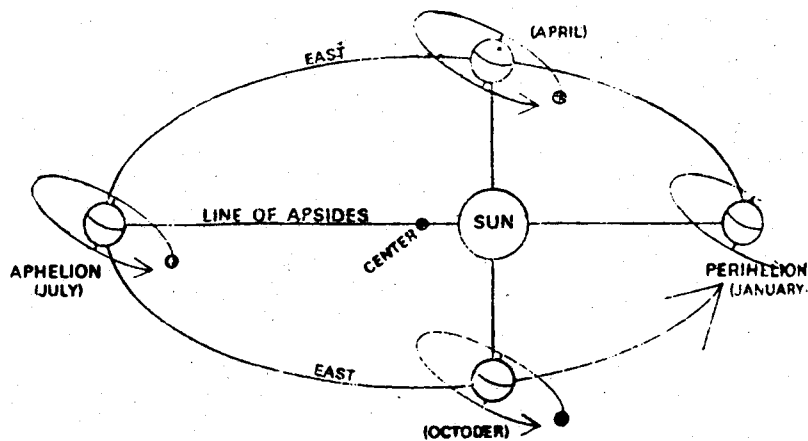
โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบในเวลา 1 ปี จากทิศตะวันตก ไปทางทิศตะวันออก วิถีโคจรของโลกคล้ายรูปรี โดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัส เนื่องด้วยโลกเคลื่อนตัวไปรอบดวงอาทิตย์และดำรงอยู่ในวงโคจรได้ด้วยอำนาจแห่งแรงดึงดูด ฉะนั้นความเร็วของโลกที่โคจรไปบนวิถีจึงเป็นไปตามกฎข้อ 2 ของท่านเคพเลอร์ (Kepler) ว่าด้วยกฎของเนื้อที่เท่ากัน (Law of equal areas) คือในเวลาเท่ากัน เส้นตรงซึ่งต่อจากโลกไปยังศูนย์กลางดวงอาทิตย์จะกวาดไปมีเนื้อที่เท่ากัน ดังในรูปที่ 5 แต่เมื่อเฉลี่ยแล้วโลกจะเคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจรด้วยความเร็ว 18.5 ไมล์ต่อวินาที



รูปที่ 5

วิถีโคจรของโลกโดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัส ในเวลาเท่ากัน
โลกจะเคลื่อนตัวกวาดไปมีเนื้อที่เท่ากัน

โลกจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด (91,400,000 ไมล์) ประมาณวันที่ 2 มกราคมของทุก ๆ ปี จุดที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดนี้เรียกว่า เปอริฮีเลียน และโลกจะอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ที่สุด (94,500,000 ไมล์) ประมาณวันที่ 2 กรกฎาคมของทุก ๆ ปีเช่นกัน จุดที่โลกอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ที่สุดเรียกว่า แอฟเฟเลียน (Aphelion) เส้นตรงที่ต่อระหว่างจุดเปอริฮีเลียนกับแอฟเฟเลียน เรียกว่า (line of apsides) ยาว 186,000,000 ไมล์ ที่จุดเปอริฮีเลียนจะเห็นเส้นผ่าศูนย์กลางปรากฏของดวงอาทิตย์โตประมาณ 32.6 ลิปดา และที่จุดแอฟเฟเลียนจะเห็นเส้นผ่าศูนย์กลางปรากฏของดวงอาทิตย์โตประมาณ 31.5 ลิปดา วิถีโคจรของโลกจะกระทำมุมกับเส้นนิเคเตอร์ของโลก 23.5 องศา ดังในรูปที่ 6



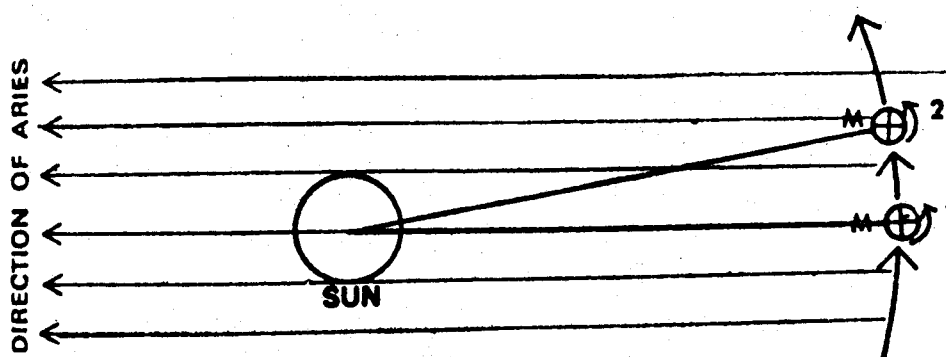
รูปที่ 6

โลกเคลื่อนตัวรอบดวงอาทิตย์
วิถีโคจรของโลกจะทำมุมกับอิกเวเตอร์ 23.5 องศา

โลกหมุนรอบแกนตนเองจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกครบรอบ 360 องศา ในระยะเวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที ซึ่งเรียกว่า หนึ่ง “วันไซเดอเรียล” (Sidereal day) คือเป็นระยะเวลาในระหว่างที่ดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้ง ถัดกันไป ระยะเวลาที่แน่นอนเท่ากันเสมอ ในทางใช้การใช้จุดราศีเมษ (First point of Aries) แทนดาวฤกษ์ (จุดราศีเมษจะกล่าวในภายหลัง)

วันไซเดอเรียลนี้ต่างกับวันดวงอาทิตย์ (Solar day) กล่าวคือวันดวงอาทิตย์เมื่อเฉลี่ยแล้วกำหนดให้หนึ่งวันมีระยะเวลาเท่ากับ 24 ชั่วโมงเต็ม ซึ่งเรียกว่าวันดวงอาทิตย์สมมติ (Mean solar day) หรือ “วันสมมติ” เจย ๆ หมายความว่า เป็นระยะเวลาในระหว่างที่ดวงอาทิตย์สมมติ (Mean sun) ผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้ง ถัดกันไป (ดวงอาทิตย์สมมติจะได้อีกกล่าวในภายหลัง)

สาเหตุของความแตกต่างระหว่างวันไซเดอเรียลกับดวงอาทิตย์นั้น มีดังต่อไปนี้

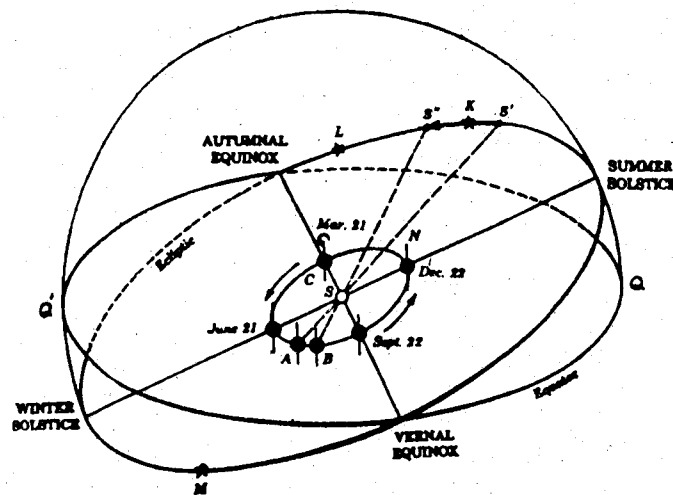


รูปที่ 7

วันไซเดอเรียลและวันดวงอาทิตย์

ในตำแหน่งที่ 1 จุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์จะตรงกับเมริเดียน M และตรงกับ ดาวฤกษ์ หรือจุดราศีเมษด้วย ครั้นโลกหมุนตัวเองไปได้หนึ่งรอบคือ 360 องศาพอดี และเคลื่อนตัวไปบน วิถีโคจรอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ปรากฏว่าเมริเดียน M ตรงกับดาวฤกษ์ หรือ จุดราศีเมษแล้ว แต่ ยังไม่ตรงกับจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ โลกจะต้องหมุนต่อไปอีกเป็นเวลาประมาณ 4 นาทีโดย เฉลี่ย เมริเดียน M จึงจะตรงกับจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ ช่วงระยะเวลานี้จะเปลี่ยนแปลง แตกต่างกันไปเล็ก ๆ น้อย ๆ ตลอดทั้งปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของโลกบนวิถีโคจร

1.9 ผลอันเนื่องมาจากโลกเคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจร (Effects of the earth's revoultion)



รูปที่ 8
ทางเดินของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในท้องฟ้า
และอิกเวเตอร์ของโลกที่ยืดออกไปในท้องฟ้า (อิกเวเตอร์ท้องฟ้า)

เมื่อมองออกไปในท้องฟ้ารอบ ๆ ตัว จะรู้สึกว่าท้องฟ้าเหมือนลูกกลมขนาดใหญ่ มี รัศมียาวไม่มีที่สิ้นสุด ห่มห่อโลกอยู่ มีดาวฤกษ์ทั้งหลายเรียงรายติดประจำที่ ในท้องฟ้า ตามใน รูปที่ 8 K, L, M, สมมติให้เป็นดาวฤกษ์แต่ละดวงในท้องฟ้า ABC เป็นวิถีโคจรของโลกรอบ ดวงอาทิตย์ S เมื่อโลกอยู่ที่ A จะเห็นดวงอาทิตย์ไปปรากฏบนท้องฟ้าที่ S' และเมื่อโลกอยู่ที่ B จะเห็นดวงอาทิตย์ไปปรากฏบนท้องฟ้าที่ S' ซึ่งจะผ่านดาวฤกษ์ K ไป ดังนั้นเมื่อโลกเคลื่อนตัว ไปหนึ่งรอบ ก็จะปรากฏเห็นว่าดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวไปบนท้องฟ้าเป็นวงกลมใหญ่คือ S' K S' L M วงใหญ่ในท้องฟ้าเรียกว่า “อีคลิพติก” (Ecliptic) และสำหรับอิกเวเตอร์ของโลกเมื่อยืด ออกไปในท้องฟ้าก็จะเป็นวงใหญ่เหมือนกัน คือ Q Q' เรียกว่า “อิกเวเตอร์ท้องฟ้า” (Celestial equator) ฉะนั้นอาจนิยามศัพท์ได้ดังนี้

อิกลิพติก (The ecliptic) คือวงใหญ่ในท้องฟ้าที่เกิดจากตำบลที่ต่อเนื่องของจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ตามที่มองเห็นตลอดปี หรือเป็นวงใหญ่ในท้องฟ้าที่เกิดจากการยี่ดวงโคจรของโลกออกไปในท้องฟ้านั่นเอง

อิกเวเตอร์ท้องฟ้า (Celestial equator) คือวงใหญ่ในท้องฟ้าที่ตั้งฉากกับเส้นแกนโลกที่ยื่นออกไปในท้องฟ้า หรือเป็นวงใหญ่ในท้องฟ้าที่เกิดจากการยี่อิกเวเตอร์ของโลกออกไปตัดกับท้องฟ้า มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “อิกวินอกเซียล” (The equinoctial)

เนื่องจากวิถีโคจรของโลกทำมุมกับอิกเวเตอร์ของโลกเป็นมุม $23\frac{1}{2}$ องศา ฉะนั้น อิกลิพติกก็ทำมุมกับอิกเวเตอร์ท้องฟ้า $23\frac{1}{2}$ องศาด้วย

จุดที่ดวงอาทิตย์อยู่บนอิกลิพติกห่างจากอิกเวเตอร์ท้องฟ้าไปทางเหนือมากที่สุดคือเป็นมุม $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือ หรือเรียกว่าดวงอาทิตย์มี ดิคลิเนชัน (Declination) $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือ นั้นเรียกว่าจุด “ซอลสติชฤดูร้อน” (Summer solstice) ซึ่งจะเป็นประมาณวันที่ 21 มิถุนายนของทุก ๆ ปี ส่วนจุดที่ดวงอาทิตย์มีดิคลิเนชัน $23\frac{1}{2}$ องศาใต้ นั้นเรียกว่าจุด “ซอลสติชฤดูหนาว” (Winter solstice) ซึ่งจะเป็นประมาณวันที่ 22 ธันวาคมของทุก ๆ ปี จุดทั้งสองนี้เรียกรวมกันว่า “จุดซอลสติชเซียล” (The solstitial points)

อิกลิพติกตัดกับอิกเวเตอร์ท้องฟ้าที่จุดสองจุดซึ่งอยู่ตรงข้ามกันเรียกว่า “จุดอิกวินอกเซียล” (The equinoctial points) จุดที่ดวงอาทิตย์บนอิกลิพติกเคลื่อนตัวผ่านจากใต้ไปเหนืออิกเวเตอร์ท้องฟ้าเรียกว่า “จุดราศีเมษ” (Vernal equinox หรือ The first point of Aries หรือ Aries เเฉ ๑) ซึ่งจะเป็นประมาณวันที่ 21 มีนาคม ของทุก ๆ ปี และจุดที่ดวงอาทิตย์บนอิกลิพติกเคลื่อนตัวผ่านจากเหนือไปใต้คืออิกเวเตอร์ท้องฟ้าเรียกว่า “จุดราศีตุล” (Autumnal equinox หรือ The first point of Libra) ซึ่งจะเป็นประมาณวันที่ 23 กันยายนของทุก ๆ ปี

เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวจากจุด ราศีเมษ ไปทางเหนือของอิกเวเตอร์ท้องฟ้า ดิคลิเนชันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดซอลสติชฤดูร้อน ดวงอาทิตย์จะหยุดนิ่งและแล้วดวงอาทิตย์จะค่อย ๆ มีดิคลิเนชันน้อยลง ๆ จนกระทั่งถึงจุดราศีตุล แล้วเปลี่ยนเป็นดิคลิเนชันได้จนกระทั่งถึงจุดซอลสติชฤดูหนาวดวงอาทิตย์จะหยุดนิ่งอีก หมายความว่าเมื่อดวงอาทิตย์มีดิคลิเนชันเหนือและใต้มากที่สุดดวงอาทิตย์จะหยุดนิ่ง ด้วยเหตุนี้จุดทั้งสองจึงได้ชื่อว่าจุดซอลสติช (Solstices) เพราะมีความหมายว่าดวงอาทิตย์หยุดนิ่ง (Sun standing still) (มาจากคำ Sol=The sun และ Stare = To stand still)

ขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดราศีเมษ และ ราศีตุล โลกจะมีระยะเวลากลางวันกลางคืนเท่ากัน ฉะนั้น จุดทั้งสองนี้จึงได้ชื่อว่าอิกวินอก (Equinoxes) ซึ่งมีความหมายว่ากลางวันกลางคืนเท่ากัน (Equal nights) (มาจากคำ Acquus = Equal และ Nox = A night)

1.10 การเปลี่ยนแปลงดิคลิเนชันของดวงอาทิตย์ในรอบปีหนึ่ง ๆ นั้น

ทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ในโลกขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากมุมของแสงที่ฉายจากดวงอาทิตย์กระทำกับโลกเป็นมุมต่าง ๆ กัน และทำให้ระยะเวลากลางวันกับกลางคืนนานแตกต่างกันด้วย เช่น ในขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดราศีเมษหรือราศีตุล ซึ่งมีดิคลิเนชันเป็น 0 องศา เพราะอยู่บนนิเคเตอร์ท้องฟ้า จะทำให้โลกมีระยะเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน เมื่ออยู่ที่จุดราศีเมษจะเป็นฤดูใบไม้ผลิ (Spring) และอยู่ที่จุดราศีตุล จะเป็นฤดูใบไม้ร่วง (Autumn) ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดซอลสติซฤดูร้อน (Summer solstice) ดิคลิเนชันจะมากที่สุดคือ 23 1/2 องศาเหนือ แสงจากดวงอาทิตย์จะทำมุมที่จุดศูนย์กลางโลก 23 1/2 องศาเหนือเช่นกัน ทำให้ซีกโลกฝ่ายเหนือได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มากระยะเวลากลางวันนานกว่ากลางคืน จึงเป็นฤดูร้อน ในทางตรงกันข้ามเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดซอลสติซฤดูหนาว (Winter solstice) ซีกโลกฝ่ายเหนือได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์น้อย ระยะเวลากลางวันน้อยกว่ากลางคืน จึงเป็นฤดูหนาว ตามที่กล่าวถึงฤดูกาลนี้หมายถึงฤดูกาลของซีกโลกฝ่ายเหนือเท่านั้น ถ้าจะกล่าวถึงฤดูกาลของซีกโลกฝ่ายใต้ ก็จะกลับตรงข้ามกัน

1.11 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ยังมีผลเกี่ยวกับตำบลที่ปรากฏของดวงฤกษ์ต่าง ๆ อีกด้วย

ตามปกติจะมองเห็นดาวฤกษ์ในท้องฟ้าได้ในเวลากลางคืนเท่านั้น เพราะดวงอาทิตย์ไปอยู่อีกด้านหนึ่งของโลก ในเวลากลางวันจะมองไม่เห็นดาวฤกษ์ เพราะแสงอาทิตย์กลบแสงสว่างของดาวฤกษ์เสียหมด ในคืนใดคืนหนึ่งของปี ถ้าสังเกตดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งไว้ว่าอยู่ในทิศใด คืบต่อไปในเวลาเดียวกันดาวฤกษ์ดวงนั้นจะเคลื่อนตัวเปลี่ยนตำบลที่ไปทางตะวันตกประมาณ 1 องศาต่อคืน เมื่อครบ 1 ปี ดาวฤกษ์ดวงนั้นก็กลับมาอยู่ที่เดิมอีก หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งโดยสมมติว่าในเวลากลางวันสามารถมองเห็นดาวฤกษ์ได้ ในวันใดวันหนึ่งก็ตามถ้าดวงอาทิตย์ตรงกับดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง วันต่อไปในเวลาเดียวกัน จะปรากฏว่าดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากดาวฤกษ์ดวงนั้นไปทางตะวันออกประมาณ 1 องศาต่อวัน เมื่อครบ 1 ปี ดวงอาทิตย์ก็จะมาตรงกับดาวฤกษ์ดวงนั้นอีก ทั้งนี้เพราะ 1 ปีโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ 360 องศา ในเวลา 365.2422 วัน

1.12 เนื่องด้วยพื้นวิถีโคจรของดาวพระเคราะห์ขนาดใหญ่กระทำมุมกับอิคลิพติกไม่เกิน 8 องศา (ดาวพุธ 7 องศา ดวงจันทร์ 5 องศา 40 ลิปดา)

ฉะนั้น เขตรอบ ๆ ท้องฟ้าห่างจากอิคลิพติกไปทางเหนือ 8 องศา และไปทางใต้ 8 องศา จึงเป็นเขตที่ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ เดินอยู่ภายในเขตนี้ เขตรอบ ๆ ท้องฟ้านี้เรียกว่า “จักรราศี” (Zodiac)

จักรราศีแบ่งออกเป็น 12 ส่วน ๆ ละ 30 องศา เรียกว่า “ราศี” (Signs of the Zodiac) เป็นบริเวณที่อยู่ของดาวฤกษ์ 12 หมู่ มีชื่อต่าง ๆ กัน ซึ่งได้ใช้ชื่อว่า หมู่ดาวฤกษ์เหล่านี้มาตั้งเป็นชื่อเดือนในทางสุริยคติ ดังตารางข้างล่างนี้

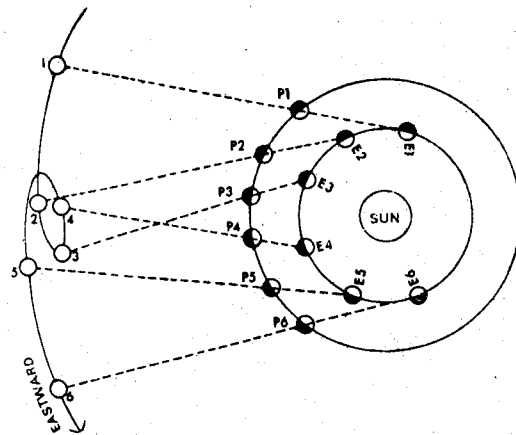
ชื่อหมู่ดาว	ฤดู	คำแปล	ชื่อเดือน
Aries	Spring	แกะ	เมษายน
Taurus	"	วัว	พฤษภาคม
Gemini	"	คนคู่	มิถุนายน
Cancer	Summer	ปู	กรกฎาคม
Leo	"	สิงห์โต	สิงหาคม
Virgo	"	นางงาม	กันยายน
Libra	Autumn	ตาชั่งหรือ ดราซู	ตุลาคม
Scorpio	"	แมลงป่อง	พฤศจิกายน
Sagittarius	"	ธนู	ธันวาคม
Capricornus	Winter	มังกร หรือแพะทะเล	มกราคม
Aquarius	"	น้ำ (หม้อน้ำ)	กุมภาพันธ์
Pisces	"	ปลา	มีนาคม

1.13 ดาวพระเคราะห์และโลกต่างก็โคจรไปทางตะวันออก

ตามความจริงปรากฏว่าดาวพระเคราะห์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์จะโคจรรอบดวงอาทิตย์เร็วกว่าดาวพระเคราะห์ที่อยู่ห่างกว่า ดังนั้น ดาวพระเคราะห์ชั้นนอก (Superior planets) ได้แก่ ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี และ ดาวเสาร์ เมื่อมองไปจากโลกโดยเปรียบเทียบกับดวงอาทิตย์แล้ว จะเคลื่อนตัวห่างจากดวงอาทิตย์ ไปทางตะวันตกมากขึ้นเรื่อย ๆ หมายความว่าผ่านเมริเดียนผู้ตรวจเร็วกว่าดวงอาทิตย์ เช่น ในวันหนึ่งดาวพฤหัสบดีกับดวงอาทิตย์ จะผ่านเมริเดียนผู้ตรวจพร้อมกัน คือ เวลา 11 นาฬิกา 53 นาที ครั้นต่อมาอีก 3 วัน ดาวพฤหัสบดีจะผ่านเมริเดียนเวลา 11 นาฬิกา 44 นาที ส่วนดวงอาทิตย์จะผ่านเมริเดียนเวลา 11 นาฬิกา 54 นาที ดังนั้นเป็นต้น ปรากฏการณ์อีกอย่างหนึ่งของดาวพระเคราะห์ชั้นนอกก็คือเป็นดาวในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้าและตอนเย็น เช่นในขณะที่มีแสงเงินแสงทองในตอนเช้า จะปรากฏเห็นดาวพระเคราะห์ดวงหนึ่งขึ้นจากขอบฟ้าก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเล็กน้อย ครั้นนานวันเข้าดาว

พระเคราะห์ดวงนั้น จะห่างจากดวงอาทิตย์ไปทางตะวันตกมากขึ้น ๆ จนกระทั่งจะไปขึ้นพร้อมดาวฤกษ์ในเวลากลางคืน และจะไปปรากฏเห็นอีกครั้งหนึ่งตอนที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้วทางทิศตะวันตกเพียงเล็กน้อย คือจะเห็นตอนมีแสงเงินแสงทองในตอนเย็น

ดาวพระเคราะห์ชั้นนอกนี้เมื่อเปรียบเทียบกับดาวฤกษ์ในเวลากลางคืนแล้วปรากฏว่าจะเคลื่อนตัวไปทางตะวันออกของดาวฤกษ์มากขึ้นประจำทุกคืน เว้นแต่เมื่อดาวพระเคราะห์ดวงนั้นจะอยู่ใกล้โลกที่สุด เพราะในระหว่างนี้จะปรากฏเห็นว่าดาวพระเคราะห์มีการเคลื่อนตัวถอยหลัง (Retrograde motion) คือจะเคลื่อนตัวกลับไปทางตะวันตกของดาวฤกษ์ชั่วระยะเวลาหนึ่งครั้นแล้วก็จะกลับเคลื่อนตัวไปตามทิศทางเดิม ดังในรูปที่ 9



รูปที่ 9

การเคลื่อนตัวถอยหลังของดาวพระเคราะห์ชั้นนอก

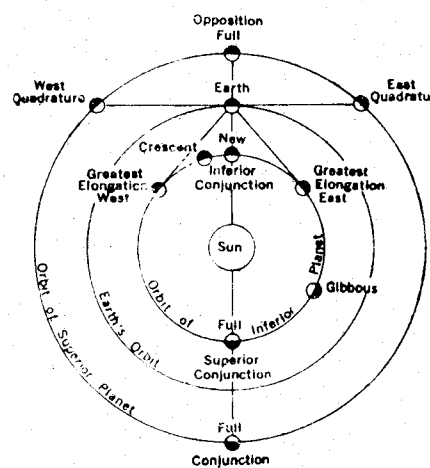
ในรูปที่ 9 $E_1, E_2, E_3 \dots$ เป็นโลกที่เคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจร $P_1, P_2, P_3 \dots$ เป็นดาวพระเคราะห์ชั้นนอกที่เคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจร เมื่อมองจากโลกจะเห็นดาวพระเคราะห์ไปปรากฏในท้องฟ้าที่ 1, 2, 3, 4, 5... ตำแหน่งที่ 3 และ 4 เป็นตำแหน่งที่เห็นว่าดาวพระเคราะห์ถอยหลังขณะที่อยู่ใกล้โลก

สำหรับดาวพุธและดาวศุกร์ซึ่งเป็นดาวพระเคราะห์ชั้นใน (Inferior planets) นั้น จะปรากฏว่าเคลื่อนที่ไปมาใกล้ๆ กับดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์จะปรากฏให้เห็นใกล้ดวงอาทิตย์อยู่เสมอ คือบางครั้งก็เป็นดาวที่ขึ้นในตอนเช้าก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น และบางครั้งก็เป็นดาวที่ขึ้นในตอนเย็นหลังจากดวงอาทิตย์ตกไปแล้ว หรือจะขึ้นก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น และจะขึ้นหลังจากดวงอาทิตย์ตกไปแล้ว ภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ดาวพุธเป็นดาวที่สว่างสุกใสก็จริง แต่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากจึงมองเห็นได้ยาก ดังนั้นในปฏิทินเดินเรือ (Nautical Almanac) จึงไม่กล่าวถึงดาวดวงนี้ไว้

1.14 ตำแหน่งต่าง ๆ ของดาวพระเคราะห์ที่สัมพันธ์กับโลกและดวงอาทิตย์ มีชื่อเรียกต่างกัันดังนี้.-

ถ้าดาวพระเคราะห์ดวงใดอยู่ในเส้นตรงที่ลากจากโลกไปยังดวงอาทิตย์แล้ว จะเรียกดาวพระเคราะห์นั้นว่าอยู่ใน “คอนจังก์ชัน” (Conjunction)

ดาวพระเคราะห์ชั้นในอยู่ในคอนจังก์ชันได้ 2 แห่ง คืออยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เรียกว่า “Inferior Conjunction” (New) และอยู่ในด้านนอกของดวงอาทิตย์โดยมีดวงอาทิตย์อยู่กลางเรียกว่า “Superior Conjunction” (Full)



รูปที่ 10

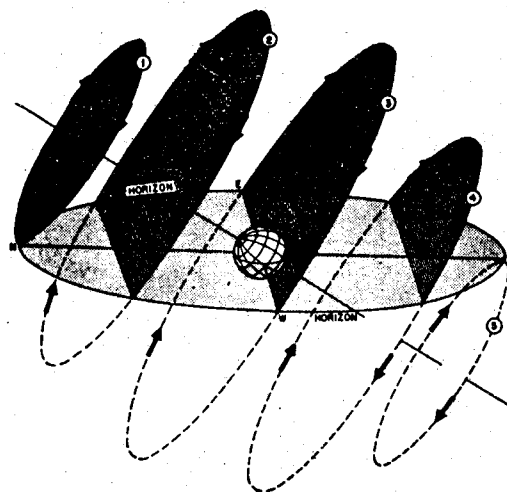
แสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของดาวพระเคราะห์
ที่สัมพันธ์กับโลกและดวงอาทิตย์

มุมที่โลกระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวพระเคราะห์เรียกว่า “อีลองเกชัน” (Elongation) ดาวพระเคราะห์ชั้นในมีอีลองเกชันมากที่สุด 2 แห่ง คือที่ “Greatest Elongation East” และที่ “Greatest Elongation West” ถ้าดาวพระเคราะห์ชั้นในนั้นเป็นดาวศุกร์เมื่ออยู่ที่ “Greatest Elongation West” จะปรากฏเห็นว่าดาวศุกร์ขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออก ก่อนที่ดวงอาทิตย์ จะขึ้น และเมื่ออยู่ที่ “Greatest Elongation East” จะปรากฏเห็นดาวศุกร์ในตอนเย็นทางทิศตะวันตก หลังจากที่ดินดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้ว ดาวพระเคราะห์ชั้นในเมื่อมองเห็นแสงสว่างเพียงค่อนดวงเรียกว่า “Gibbous” ถ้ามองเห็นเพียงเสี้ยวดวงเรียกว่า “Crescent”

ดาวพระเคราะห์ชั้นนอกอยู่ในคอนจังก์ชันได้แห่งเดียวเท่านั้นคือที่ “Conjunction” (Full) ส่วนอีกแห่งหนึ่งซึ่งอยู่ด้านนอกของโลก โดยมีโลกอยู่กลางเรียกว่า “Opposition” (Full) เมื่อดาวพระเคราะห์ชั้นนอกมีอิเลงเกชั่น 90 องศา เรียกว่า “Quadrature” ซึ่งมีอยู่ 2 แห่ง คือที่ “East Quadrature” และที่ “West Quadrature”

1.15 ผลอันเนื่องจากโลกหมุนรอบแกนตนเอง (Effects of the earth's rotation)

ในวันหนึ่ง ๆ โลกจะหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก จึงทำให้เรารู้สึกว่า วัตถุท้องฟ้าเคลื่อนตัวจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก การเคลื่อนตัวของวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงตามที่มองเห็นนี้จะเคลื่อนตัวขนานกับพื้นนิเคเวเตอร์ของโลกเป็นวงกลม โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่บนเส้นแแกนโลกหรือบนเส้นแแกนโลกที่ยืดออกไปในท้องฟ้าด้วยอัตราเร็วเกือบจะคงที่ วงกลมในท้องฟ้า เหล่านี้เรียกว่า “วงกลมประจำวัน” (Diurnal or Daily circles)



รูปที่ 11
การเคลื่อนตัวประจำวันของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ
เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูด 30 องศาเหนือ

ในรูปที่ 11 แสดงให้เห็นวงกลมประจำวันของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ที่จะปรากฏให้ผู้ตรวจซึ่งอยู่ที่ละติจูด 30 องศาเหนือเห็น ในขณะที่ใดก็ตามผู้ตรวจจะสามารถเห็นท้องฟ้าประมาณครึ่งหนึ่งเท่านั้น และเห็นวัตถุท้องฟ้าเฉพาะที่มีตำแหน่งอยู่บนวงกลมประจำวัน ส่วนที่โผล่จากขอบฟ้าในขณะนั้น

“ขอบฟ้าจริง” (Celestial or True Horizon) ของผู้ตรวจ คือวงกลมใหญ่ในท้องฟ้า ที่มีพื้นผ่านจุดศูนย์กลางโลกและตั้งฉากกับเส้นตรง ซึ่งลากจากตำบลที่ของผู้ตรวจไปยังจุดศูนย์กลางโลก ขอบฟ้าจริงจะเปลี่ยนไปตามตำบลที่ของผู้ตรวจตามรูปที่ 11 วงกลมประจำวันหมายเลข 1 เป็นทางเดินประจำวันของวัตถุท้องฟ้าที่มีดิกลิเนชัน 60 องศาเหนือ ซึ่งหมายความว่าจุดทุก ๆ จุดบนเส้นวงกลมนี้จะตรงกับจุดทุก ๆ จุดที่อยู่บนวงขนานละติจูด 60 องศาเหนือบนผิวโลก ฉะนั้นวงกลมประจำวันนี้จะโผล่จากขอบฟ้าทั้งวง เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูด 30 องศาเหนือ วัตถุท้องฟ้าที่อยู่บนวงกลมนี้ผู้ตรวจจะตรวจได้ตลอดเวลา กล่าวคือวัตถุท้องฟ้าจะเคลื่อนตัวจากจุดที่ต่ำที่สุดที่ขอบฟ้า ค่อย ๆ สูงขึ้นไปทางตะวันตกจนได้ครึ่งวงกลมซึ่งจะเป็นจุดที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตามก็ยังอยู่ทางทิศเหนือของผู้ตรวจตลอดเวลา ครั้นแล้ววัตถุท้องฟ้าก็จะค่อยต่ำลง โดยเคลื่อนตัวไปทางตะวันตก จนกระทั่งความสูงเป็น 0 องศา วงกลมประจำวันหมายเลข 2 เป็นทางเดินของวัตถุท้องฟ้าที่มีดิกลิเนชัน 30 องศาเหนือ ฉะนั้นส่วนของวงกลมนี้จะโผล่จากขอบฟ้าของผู้ตรวจมากกว่าครึ่ง และผู้ตรวจจะสามารถตรวจวัตถุท้องฟ้าได้นานมากกว่าครึ่งหนึ่งของเวลาโคจรทั้งหมด วัตถุท้องฟ้าจะขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออกก่อนไปทางเหนือ และสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมาอยู่ตรงศีรษะของผู้ตรวจ แล้วความสูงค่อยลดลงไปตกที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันตกก่อนไปทางเหนือ วงกลมประจำวันหมายเลข 3 เป็นทางเดินของวัตถุท้องฟ้าที่มีดิกลิเนชัน 0 องศา วัตถุท้องฟ้าจะขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออก และ ค่อย ๆ สูงขึ้นจนไปอยู่ทางทิศใต้ของผู้ตรวจ คือ จะมีความสูง 60 องศา และจะค่อย ๆ ลดต่ำลงไปตกที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันตก ครึ่งหนึ่งของวงกลมนี้จะโผล่เหนือขอบฟ้าของผู้ตรวจ ทั้งนี้ เพราะว่วงกลมประจำวันเป็นวงกลมอันเดียวกันกับอิกเวเตอร์ท้องฟ้า และตัดกับวงขอบฟ้าที่จุดตะวันออกและจุดตะวันตก ผู้ตรวจจะสามารถตรวจวัตถุท้องฟ้าได้นานครึ่งหนึ่งของเวลาโคจรทั้งหมด วงกลมประจำวันหมายเลข 4 เป็นทางเดินของวัตถุท้องฟ้าที่มีดิกลิเนชัน 30 องศาใต้ส่วนน้อยของวงกลมจะโผล่จากขอบฟ้า ส่วนใหญ่จะอยู่ใต้ขอบฟ้า วัตถุท้องฟ้าจะขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออกก่อนไปทางใต้ และจะสูงที่สุดเมื่ออยู่ทางใต้ของผู้ตรวจคือสูง 30 องศา และความสูงจะลดต่ำลงไปตกที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันตกก่อนไปทางใต้ วงกลมประจำวันหมายเลข 5 เป็นทางเดินของวัตถุท้องฟ้าที่มีดิกลิเนชัน 60 องศาใต้เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูด 30 องศาเหนือ จะไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของวงกลมโผล่จากขอบฟ้าเลย ผู้ตรวจจะไม่สามารถตรวจวัตถุท้องฟ้า ที่เคลื่อนตัวอยู่บนวงกลมนี้ได้เลย

ถ้าผู้ตรวจไปอยู่ที่ขั้วโลก ขอบฟ้าจริงจะเป็นพื้นเดียวกันกับอิกเวเตอร์ท้องฟ้าวงกลมประจำวันทีโผล่จากขอบฟ้าทุกวงจะโผล่ทั้งวง และขนานกับขอบฟ้า ส่วนวงกลมประจำวันที่อยู่ใต้ขอบฟ้าทุกวงก็จะอยู่ใต้ขอบฟ้าทั้งวงเหมือนกัน ถ้าผู้ตรวจไปอยู่ที่อิกเวเตอร์ ขอบฟ้าจริงจะตั้งฉากกับอิกเวเตอร์ท้องฟ้า วงกลมประจำวันทุกวงจะโผล่จากขอบฟ้าเพียงครึ่งวง อีกครึ่งวงจะอยู่ใต้ขอบฟ้า

เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดปานกลางดังในรูปที่ 11 นั้น ปรากฏว่าดาวบางดวงก็จะโผล่จากขอบฟ้าตลอดเวลา บางดวงก็ขึ้นแล้วตก บางดวงก็อยู่ใต้ขอบฟ้าตลอดเวลา ดาวฤกษ์ที่โผล่จากขอบฟ้าให้ผู้ตรวจเห็นได้ตลอดเวลาเรียกว่า “ดาวรอบยอด” (Circumpolar stars)

ดิลิเนชันของดาวฤกษ์เปลี่ยนช้ามาก หรือเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลง ฉะนั้น ถ้าผู้ตรวจอยู่ประจำที่หนึ่งที่ได้แล้วก็เห็นวงกลมประจำวันของดาวฤกษ์ดวงนั้นคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งต่างกับดาวพระเคราะห์ เพราะดิลิเนชันของดาวพระเคราะห์เปลี่ยนเร็วมาก

การที่โลกหมุนรอบแกนตนเองนี้ยังมีปรากฏการณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ทำให้เกิด “กลางวันและกลางคืน” (Day and Night) โลกมีรูปร่างเกือบจะเป็นทรงกลมฉะนั้นตลอดเวลาครึ่งหนึ่งจะได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์อีกครั้งหนึ่งจะมีมืด เมื่อโลกหมุนเอาผิวโลกส่วนใดไปรับแสงจากดวงอาทิตย์ส่วนนั้นก็จะเป็กลางวันส่วนที่ไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ก็จะเป็นกลางคืน ความนานของกลางวัน และกลางคืน นานไม่เท่ากัน แล้วแต่โลกจะอยู่ ณ ที่ใดบนวิถีโคจร ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

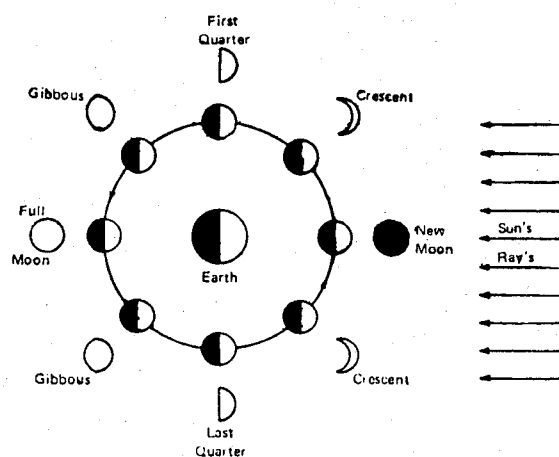
1.16 ดวงจันทร์ (The Moon)

โลกมีบริวารอยู่ดวงเดียวคือดวงจันทร์ อยู่ห่างจากโลกโดยเฉลี่ยประมาณ 239,000 ไมล์ วิถีโคจรของดวงจันทร์เป็นรูปอีลิปส์ โดยมีโลกเป็นจุดโฟกัส เช่นเดียวกับกับโลก หรือดาวพระเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ จุดที่ดวงจันทร์อยู่ใกล้โลกที่สุดเรียกว่า “Perigee” มีระยะทางห่างจากจุดศูนย์กลางโลกประมาณ 221,000 ไมล์ และจุดที่ดวงจันทร์อยู่ไกลโลกที่สุดเรียกว่า “Apogee” มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางโลกประมาณ 253,000 ไมล์ การที่ดวงจันทร์ห่างจากโลกไม่เท่ากัน เมื่อมองไปจากโลกแล้วจะปรากฏเห็นว่า เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์เปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์จะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 29.4 ถึง 33.4 ลิปดา เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์จริง ๆ ยาวประมาณ 2,160 ไมล์ ระยะเวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกหนึ่งรอบ คือ 27 วัน 7 ชั่วโมง 43 นาที 11.5 วินาที ทั้งนี้โดยถือเอาดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งเป็นหลักเรียกว่า “Sidereal period” หรือ “Sidereal month” ไทยเราเรียกว่า “เดือนดาราคติ” ระยะเวลาที่ดวงจันทร์หมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบนั้นเท่ากับระยะเวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกหนึ่งรอบพอดีคือเท่ากับ Sidereal period ทั้งนี้เพราะดวงจันทร์จะหันหน้าเข้าหาโลกด้านเดียวอยู่เป็นประจำตลอดเวลา

ดวงจันทร์ที่อยู่ Conjunction เมื่อมีอีลองเกชัน เป็น 0 องศา และอยู่ที่ Opposition เมื่อมีอีลองเกชันเป็น 180 องศา ดวงจันทร์อยู่ที่ Conjunction หรืออยู่ที่ Opposition ก็ตาม เรียกว่าอยู่ใน “Syzygy” และเมื่อมีอีลองเกชันเป็น 90 องศา หรือ 270 องศา เรียกว่าอยู่ใน “Quadrature”

ระยะเวลาที่ดวงจันทร์ผ่าน Conjunction สองครั้งติดกันไปเรียกว่า “Synodic period” หรือ “Synodic month” (Lunar month) ซึ่งไทยเราเรียกว่า “เดือนจันทรคติ” นั้นมีระยะเวลา 29 วัน 12 ชั่วโมง 44 นาที 2.8 วินาที

ดิถีดวงจันทร์ (Phases of the Moon) แสงสว่างที่ฉายมาจากดวงจันทร์เป็นแสงที่สะท้อนมาจากดวงอาทิตย์เช่นเดียวกับดาวพระเคราะห์ทั้งหลาย ด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์จะสว่าง และอีกด้านหนึ่งจะมีมืด รูปของดวงจันทร์ที่เห็นเป็นลักษณะต่าง ๆ กันในรอบหนึ่งเดือนจันทรคตินั้นเรียกว่า “ดิถีของดวงจันทร์”



รูปที่ 12
ดิถีของดวงจันทร์

ในรูปที่ 12 แสดงตำแหน่งที่ต่าง ๆ ของดวงจันทร์อันสัมพันธ์กับโลกและดวงอาทิตย์ในรอบหนึ่งเดือนจันทรคติ รูปของดวงจันทร์จะเห็นเป็นรูปต่าง ๆ กัน คือ เมื่อดวงจันทร์อยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ด้านที่ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์จะหันออกจากโลก เราจึงมองไม่เห็นดวงจันทร์เรียกว่า แรม 14 หรือ 15 ค่ำ (New moon) ประมาณ 3-4 วันต่อมาเราจะเห็นแสงเพียงเสี้ยวหนึ่งของแสงสว่างที่ดวงจันทร์ได้รับจากดวงอาทิตย์เรียกว่า Crescent จากนั้นจะค่อย ๆ โตขึ้นจนเห็นแสงสว่างครึ่งดวงเรียกว่า ขึ้น 8 ค่ำ (First Quarter) ซึ่งเป็นเวลาหลังจากแรม 15 ค่ำ ประมาณ 1 อาทิตย์จากขึ้น 8 ค่ำ จะเห็นแสงสว่างโตขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นรูปค่อนดวง (Gibbous) และเต็มดวง (Full moon) เรียกว่า ขึ้น 15 ค่ำ ซึ่งเป็นเวลาหลังจากแรม 15 ค่ำ (New moon) ประมาณ 15 วัน ในขณะนี้โลกจะอยู่ระหว่างดวงจันทร์กับดวงอาทิตย์

ถัดจากขึ้น 15 ค่ำ (Full moon) ไปแล้ว ก็จะเป็นข้างแรมคือก่อนดวง (Gibbous) ครึ่งดวง (Last Quarter) คือแรม 8 ค่ำ, เสี้ยว (Crescent) และแรม 15 ค่ำ (New moon) อีก แต่รูปที่มองเห็นจะกลับกันคือในระหว่าง New moon กับ Full moon ซึ่งเรียกว่าข้างขึ้น (Waxing) นั้น ขอบทางตะวันตกจะเป็นขอบที่แสงสว่างและดวงจันทร์จะผ่านเมริเดียนระหว่างเที่ยงวันกับเที่ยงคืน ในระหว่าง Full moon กับ New moon ซึ่งเรียกว่าข้างแรม (Waning) นั้น ขอบทางตะวันออกจะเป็นขอบที่เห็นแสงสว่าง และดวงจันทร์จะผ่านเมริเดียนระหว่างเที่ยงคืนกับเที่ยงวันของวันถัดไป

อายุของดวงจันทร์ (Age of the moon) อายุของดวงจันทร์ในขณะใดก็ตามนับเป็นจำนวนวัน โดยเริ่มต้นนับจาก New moon กับทั้งเป็นการแสดงถึงคติของดวงจันทร์ในขณะนั้นด้วย ดวงจันทร์จะเต็มดวงเมื่อดวงจันทร์อยู่ที่ Opposition และในวันนั้นทุกละติจูด ดวงจันทร์จะขึ้นในเวลาเดียวกันกับดวงอาทิตย์ตก และจะตกในเวลาเดียวกันกับดวงอาทิตย์ขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่อ New moon ดวงจันทร์จะขึ้นและตกพร้อมกับดวงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยทั่ว ๆ ไป ดวงจันทร์จะขึ้นช้าลงวันละประมาณ 50 นาที แต่ความจริงแล้วอัตรานี้จะเปลี่ยนแปลงไปได้ระหว่าง 38 ถึง 66 นาที ในกรณีพิเศษดวงจันทร์อาจจะขึ้นเร็วกว่าวันที่แล้วมาก็ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

1.17 สุริยุปราคาและจันทรุปราคา (Solar and Lunar eclipses)

มีปรากฏการณ์บางอย่างอันเนื่องมาจากดวงจันทร์โคจรรอบโลกคือ สุริยุปราคา และจันทรุปราคา

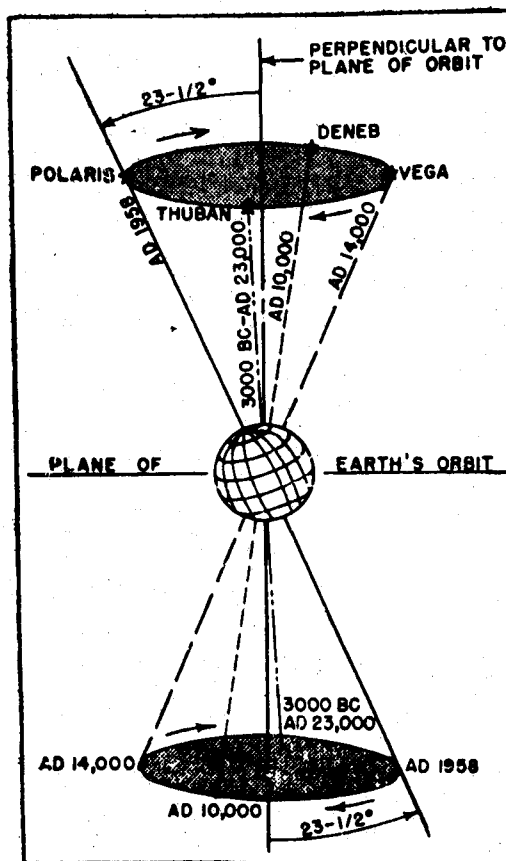
สุริยุปราคา (Solar eclipse) เกิดขึ้นเมื่อดวงจันทร์โคจรมาอยู่ระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกในแนวเส้นตรงอันเดียวกัน คือในลักษณะ New moon (การที่ไม่เกิดสุริยุปราคาทุก New moon นั้น ก็เพราะว่าดวงจันทร์อาจจะอยู่สูงหรือต่ำกว่าเส้นตรงที่ต่อระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ก็ได้ คืออยู่กันคนละฟากหรือคนละระนาบ) ดวงจันทร์จะเข้าบังดวงอาทิตย์ ทำให้ไม่เห็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์

จันทรุปราคา (Lunar eclipse) เกิดขึ้นเมื่อโลกอยู่ระหว่างดวงอาทิตย์กับดวงจันทร์ในแนวเส้นตรงอันเดียวกัน คือในลักษณะ Full moon โลกจะบังแสงของดวงอาทิตย์ที่ส่องไปยังดวงจันทร์ ทำให้ดวงจันทร์มืด หรือดวงจันทร์โคจรเข้าไปในเงามืดของโลก

อุปราคานี้จะเกิดเต็มดวง (Total) หรือบางส่วน (Partial) ขึ้นอยู่กับว่าจุดศูนย์กลางของโลก ดวงจันทร์ และ ดวงอาทิตย์ จะอยู่ในเส้นตรงอันเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโลกกับดวงจันทร์อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดสุริยุปราคาวงแหวน (Annular) ได้

1.18 การแกว่งของแกนโลก (Effects of the earth's precession)

โลกเสมือนเป็นไจโรขนาดใหญ่ ย่อมมีอาการเคลื่อนไหวไปตามกฎของไจโรสโคป โลกมิได้กลมอย่างลูกกลมทีเดียว คือโป่งที่อิกเวเตอร์ หมุนรอบแกนตนเองเส้นแกนทำมุม 23.5 องศา กับเส้นตั้งฉากของพื้นวิถีโคจรรอบดวงอาทิตย์ แรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ได้กระทำต่อโลกบริเวณอิกเวเตอร์ ถ้าโลกมิได้หมุนรอบแกนตนเอง แรงนี้จะพยายามโน้มให้แกนโลกตั้งฉากกับพื้นวิถีโคจรของโลก แต่โลกหมุนรอบแกนตนเองจึงเกิดแรงต้านขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งเหมือนกับไจโรที่มีแรงภายนอกมากกระทำ ก็จะทำให้เกิดอาการแกว่งหรือหันไปในทิศทางตั้งฉากกับพื้นวิถีโคจรของโลกอย่างช้า ๆ เป็นรูปกรวย แกนเหนือใต้ของโลกจะแกว่งหันไปตามเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากยอดเหนือจะครบรอบในช่วงระยะเวลาประมาณ 25,800 ปี ในช่วงระยะเวลานี้ถ้าสังเกตดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งแล้ว จะเห็นว่าดวงฤกษ์ดวงนั้นจะมีดคลิเนชันเปลี่ยนไปมากที่สุด 47 องศา คือแกนโลกจะแกว่งจากจุดหนึ่งไปยังจุดตรงข้ามเป็นมุม 47 องศา



รูปที่ 13
เส้นแกนโลกจะแกว่งรอบเส้นตรง
ที่ตั้งฉากกับพื้นวิถีโคจรของโลก
ในช่วงเวลา 25,800 ปี
การแกว่งของเส้นแกนโลก
จะแกว่งเป็นรูปกรวย

ปัจจุบันแกนเหนือของโลกชี้ไปใกล้กับดาวเหนือ (Polaris) ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่มีประโยชน์ต่อการเดินเรือ ต่อจากนี้ไปประมาณ 8,000 ปี หรือประมาณ ค.ศ. 10,000 แกนเหนือของโลกจะชี้ไปที่ดาว DENEK และต่อไปประมาณปี ค.ศ. 14,000 แกนเหนือของโลกจะชี้ไปที่ดาว VEGA เมื่อ 3,000 ปีก่อนคริสตศักราช แกนเหนือของโลกชี้อยู่ที่ดาว THUBAN และจะกลับมาชี้ที่ดาวดวงนี้อีกเมื่อประมาณปี ค.ศ. 23,000 ปัจจุบันแกนใต้ของโลกไม่ได้ชี้ไปที่ดาวฤกษ์ดวงใดที่จะเป็นประโยชน์ในการเดินเรือเลย แต่ในวันหนึ่งข้างหน้าจะชี้ไปที่ดาวฤกษ์ ดวงที่สุกใสดวงใดดวงหนึ่งก็ได้ และอาจจะเรียกว่า "South star"

Nutation แกนโลกแกว่งเคลื่อนที่ไป 360 องศาในเวลา 25,800 ปี เมื่อเฉลี่ยแล้วปีหนึ่งประมาณ 50.2 พิลิปดา แกนโลกที่แกว่งเคลื่อนตัวไปตามเข็มนาฬิกาหรือทางทิศตะวันตก เมื่อมองจากขั้วเหนือซึ่งเป็นทิศตรงกันข้ามกับที่โลกหมุนรอบตนเอง และทิศที่โลกโคจรไปบนวิถีโคจรนั้น ถ้าเปรียบเทียบระหว่างอิกเวเตอร์ท้องฟ้ากับอิกลิพติกก็จะเห็นว่าจุด Equinoxes ทั้งสอง คือจุดราศีเมษและราศีตุล ซึ่งเป็นจุดที่ดวงอาทิตย์มีดิคลิเนชันเป็น 0 องศา เคลื่อนตัวถอยหลังไปทางตะวันตกปีละ 50.2 พิลิปดา เช่นกัน ดังนั้นการแกว่งของแกนโลกนี้จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "Precession of the equinoxes"

การแกว่งและเคลื่อนตัวของแกนโลกนี้ไม่เป็นแบบที่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำบลที่ของดวงจันทร์ที่เปลี่ยนไปเมื่อมองจากโลก อาการแกว่งและเคลื่อนตัวของแกนโลกที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ เรียกว่า "Nutation"

1.19 การเคลื่อนไหวอื่น ๆ ของโลก (Effects of other motion of the earth)

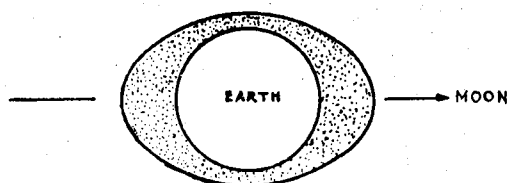
การเคลื่อนไหวของโลกดังกล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการเคลื่อนไหวที่มีความสำคัญมาก แต่ยังมี การเคลื่อนไหวในอันดับรองที่สำคัญอีกหลายอย่างเหมือนกัน เฉพาะที่มีความสำคัญต่อการเดินเรื่อนั้นมีอยู่สองอย่าง คือ.-

การเคลื่อนไหวของยอดโลก (Wandering of the terrestrial poles) ยอดเหนือและยอดใต้ของโลก หรือจุดทั้งสองที่แกนของโลกซึ่งโลกหมุนรอบอยู่ทะลุมายังผิวโลกนั้นมีได้อยู่ประจำที่จุดทั้งสองได้เปลี่ยนตำบลที่ไปเล็กน้อยค่อนข้างเป็นวงกลมการเคลื่อนที่นี้ เชื่อว่าส่วนหนึ่งเกิดจากผลของเรื่องอุตุนิยมวิทยา ยอดแต่ละยอดจะเปลี่ยนตำบลที่ไปในเนื้อที่เพียงเล็กน้อย ตามที่ปรากฏมาแล้วมากกว่า 40 ฟุต จากตำบลที่เฉลี่ย ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "การเปลี่ยนแปลงในละติจูด" (Variation in latitude)

การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการหมุนรอบตนเองของโลก (Variation in speed of rotation of the earth) โลกหมุนรอบแกนตนเองช้าลงเล็กน้อยอันเป็นผลให้มีความยาวนานแต่ละวันเพิ่มขึ้นในอัตราประมาณ 0.001 วินาทีในเวลาร้อยปีช่วงระยะเวลาการหมุนรอบตัวเองนี้มีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอบ้างเล็กน้อย สาเหตุนี้ยังไม่อาจทราบได้

1.20 ไทด์ (Tide)

อาการขึ้นลงของน้ำในมหาสมุทรที่หมุนเวียนเปลี่ยนแปลงระดับไปนั้นเรียกว่า “ไทด์” (Tide) เป็นผลเนื่องมาจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ แต่ส่วนใหญ่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ การที่ปรากฏการณ์น้ำขึ้น ลง ของแต่ละตำบลที่แตกต่างกันไปนั้นเนื่องจากลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นดินและเกาะต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้วแต่ละตำบลที่บนผิวโลกจะมีน้ำขึ้นสองครั้งและลงสองครั้งในหนึ่งวัน



รูปที่ 14
การขึ้นลงของน้ำ ส่วนที่โป่งนูนออกมาจะอยู่ตรงกับดวงจันทร์
และตรงข้ามกับดวงจันทร์

ในรูปที่ 14 แสดงอาการน้ำขึ้น ลง เนื่องจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์แต่อย่างเดียว ในเมื่อสมมติให้โลกเป็นลูกกลมโดยมีน้ำหุ้มห่อโลกอยู่ และโลกหยุดนิ่งไม่ได้หมุนรอบแกนตนเอง แรงดึงดูดของดวงจันทร์จะทำให้น้ำโป่งนูนออกสองแห่งตรงข้ามกันในทิศทางที่ตรงกับดวงจันทร์ที่สองแห่งนี้ระดับน้ำจะขึ้นสูงสุดเรียกว่า “น้ำขึ้นเต็มที” (High tide or High water) แล้วระดับน้ำจะค่อย ๆ ลดต่ำลงออกไปโดยรอบจนถึงวงใหญ่ที่ตั้งฉากกับที่สองแห่งที่น้ำขึ้นสูงสุด ณ ตำบลที่ต่าง ๆ บนวงใหญ่รอบโลกนี้ระดับน้ำจะลงต่ำสุดเรียกว่า “น้ำลงเต็มที” (Low tide or Low water) ครั้นเมื่อโลกหมุนรอบตนเองไปแต่ละวัน ความผิดของผิวโลกก็จะพาให้มวลน้ำเคลื่อนตัวไปด้วยจึงทำให้ตำบลที่น้ำขึ้นเต็มทีและลงเต็มทีเคลื่อนไปจากเส้นแนวที่ตรงกับดวงจันทร์หมายความว่าน้ำจะขึ้นเต็มทีภายหลังที่ดวงจันทร์ผ่านเมริเดียนไปแล้ว

ความสูงของน้ำแต่ละตำบลที่เปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับแกนหมุนของโลกว่าจะทำมุมเท่าใดกับเส้นตรงที่ลากไปยังตำบลที่ที่น้ำขึ้นเต็มที่ หรือเส้นตรงที่ลากไปยังดวงจันทร์นั่นเอง ถ้าหากดวงจันทร์อยู่ในพื้นที่เดียวกับอิกเวเตอร์แล้วบริเวณอิกเวเตอร์ก็จะมีน้ำสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ทั้งหมด น้ำขึ้นลงตามตำบลที่ต่าง ๆ ในหนึ่งวันนั้นมีชื่อเรียกดังนี้คือ “น้ำขึ้นเต็มที่ ยอดสูง” (Higher High Water) “น้ำขึ้นเต็มที่ ยอดต่ำ” (Lower High water) “น้ำลงเต็มที่ ยอดสูง” (Higher Low Water) และ “น้ำลงเต็มที่ ยอดต่ำ” (Lower Low Water)

สำหรับอาการน้ำขึ้นลงที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์นั้นมีน้อยกว่าแรงดึงดูดของดวงจันทร์ ทั้งนี้ เนื่องด้วยโลกซึ่งมีน้ำหุ้มห่ออยู่แล้วจนเป็นผลให้โลกโคจรรอบนวิติโคจรอันเป็นทิศทางของแรงรวม (แรงหนึ่งเป็นแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ อีกแรงหนึ่งคือน้ำหนักของโลกที่พยายามจะล่องลอยไปในอวกาศก็โดยอิสระ) ฉะนั้น ส่วนที่โป่งนูนของน้ำจึงเกิดจากส่วนประกอบของแรงดึงดูดจากดวงอาทิตย์ที่ทำให้โลกโคจรรอบนวิติโคจร ดังนั้น ส่วนโป่งนูนของน้ำจึงหันเข้าหาดวงอาทิตย์และอยู่ตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์มีกำลังไม่พอที่จะดึงให้น้ำหลุดออกไปจากโลกได้ เป็นแต่เพียงทำให้น้ำเคลื่อนตัวไหลไปยังตำบลที่อยู่ตรงกับดวงอาทิตย์และตรงข้ามกับดวงอาทิตย์เท่านั้น

อาการน้ำขึ้นจึงเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์มากกว่าแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ เหตุผลอีกประการหนึ่งก็คือดวงจันทร์อยู่ใกล้โลกมากกว่าดวงอาทิตย์

เมื่ออาการน้ำขึ้นลงเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์แล้ว (Lunar and Solar tidal effects) ถ้าดวงจันทร์และดวงอาทิตย์มาอยู่ในแนวเดียวกัน เช่นที่ New moon และ Full moon แรงดึงดูดก็จะรวมกันเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดน้ำขึ้นสูงที่สุด และน้ำลงต่ำที่สุด อาการน้ำขึ้น ลง ในลักษณะนี้เรียกว่า “น้ำเกิด หรือน้ำขึ้นเต็มที่ หรือน้ำน้ำเกิด” (Spring Tides) ถ้าดวงจันทร์กับดวงอาทิตย์ทำมุมกัน 90 องศาเช่นที่ First quarter และ Last quarter แรงดึงดูดจะแยกและต่อต้านกันทำให้เกิดน้ำขึ้นน้อย และน้ำลงน้อย อาการน้ำขึ้นลงในลักษณะนี้เรียกว่า “น้ำตายหรือน้ำขึ้นเต็มที่หรือน้ำน้ำตาย” (Neap Tides)

1.21 ผลอันเนื่องมาจากบรรยากาศของโลก (Effects of the earth's atmosphere)

โลกมีบรรยากาศหุ้มห่ออยู่ ส่วนประกอบของบรรยากาศที่สำคัญคือมี ไนโตรเจนประมาณร้อยละ 78 และออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 ครึ่งหนึ่งของบรรยากาศทั้งหมดจะรวมตัวหนาแน่นหุ้มห่อโลก ห่างจากผิวโลกประมาณ 2-3 ไมล์ ส่วนที่เหลือจะกระจายบางออกไปจนถึงความสูงประมาณ 1,000 ไมล์

ถ้าหากไม่มีบรรยากาศแล้วก็จะสามารถมองเห็นดาวต่าง ๆ พร้อม ๆ กับดวงอาทิตย์ในเวลาเดียวกัน แต่บรรยากาศประกอบไปด้วยอนุต่าง ๆ ที่จับอยู่กับละอองธุลี ซึ่งทำให้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์สะท้อนแผ่กระจายออกไปรอบทิศ เป็นเหตุให้ไม่สามารถมองเห็นดาวต่าง ๆ ในเวลากลางวันได้ แม้จะอยู่สูงจากผิวโลกประมาณ 100 ไมล์แล้วก็ตาม อนุต่าง ๆ ในบรรยากาศยังทำให้แสงสีน้ำเงินซึ่งมีช่วงคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์สะท้อนแผ่กระจายได้ดีกว่าและมากกว่าแสงสีอื่น ฉะนั้น จึงทำให้เห็นท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน

เมื่อดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์อยู่ใกล้ขอบฟ้าของผู้ตรวจ แสงจากวัตถุนั้นก็ต้องเดินทางผ่านทะลุบรรยากาศหนาแน่นกว่าเมื่อวัตถุนั้นอยู่ ตรงศีรษะผู้ตรวจ เหตุนี้แสงสีน้ำเงินจึงสะท้อนแผ่กระจายออกไปมากกว่าปกติ ผู้ตรวจจะเห็นแสงสีน้ำเงินเพียงเล็กน้อย คงเหลือแต่แสงสีแดงซึ่งมีช่วงคลื่นยาวเท่านั้นที่ผู้ตรวจจะเห็นได้ ฉะนั้น จึงทำให้เห็นดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์เป็นสีแดงเรื่ออมส้ม ในขณะที่กำลังขึ้นหรือกำลังตกจากขอบฟ้า

นอกจากนี้บรรยากาศยังทำให้ลำแสงจากวัตถุท้องฟ้าที่เข้ามาสู่บรรยากาศหักเหอีกด้วย แสงเงินแสงทองที่ปรากฏให้เห็นเป็นเวลานานเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใต้ขอบฟ้า ก็เนื่องด้วยแสงของดวงอาทิตย์มีการสะท้อนแผ่กระจายและหักเหอยู่รอบ ๆ ขอบฟ้า

การหักเหของลำแสงเนื่องจากบรรยากาศนี้มีความสำคัญต่อการเดินเรือมากเพราะจะทำให้ผู้ตรวจเห็นวัตถุท้องฟ้าอยู่สูงกว่าความเป็นจริง ยกเว้นเฉพาะเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ตรงศีรษะของผู้ตรวจเท่านั้น การหักเหของแสงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ต่ำลง ในสภาวะบรรยากาศมาตรฐานเมื่อวัตถุท้องฟ้ามีความสูง 0 องศา จะทำให้เห็นวัตถุท้องฟ้านั้นสูง 34.5 ลิปดา เช่นในขณะที่เห็นดวงอาทิตย์ทั้งดวงอยู่เหนือขอบฟ้าพอดี ความจริงนั้นขอบบนของดวงอาทิตย์จะอยู่ใต้ขอบฟ้าแล้ว

บรรยากาศยังลดความสว่างสุกใสของวัตถุท้องฟ้าอีกด้วย จะมีผลกระทบกระเทือนมากที่สุดเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่ขอบฟ้า แสงสว่างจะผ่านความหนาแน่นของบรรยากาศเป็นระยะทางมากที่สุด ความสว่างสุกใสที่สุดของดาวฤกษ์อาจจะลดลงจนถึงที่สุด เมื่อความสูงลดลงจาก 90 องศา ถึง 5 องศา หมายความว่าเมื่อดาวฤกษ์อยู่ตรงศีรษะจะสว่างสุกใสมากที่สุด เมื่อความสูงลดลงเหลือ 5 องศา ผู้ตรวจอาจมองไม่เห็นดาวดวงนั้นแล้ว

บรรยากาศเป็นอากาศที่แปรปรวนอยู่เสมอ จึงทำให้เห็นแสงที่มาจากดาวฤกษ์กระพริบ ส่วนแสงที่มาจากดาวพระเคราะห์จะกระพริบน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะดาวพระเคราะห์อยู่ใกล้โลกกว่าและมีขนาดโตกว่า ซึ่งทำให้ลำแสงมีขนาดโตกว่าดาวฤกษ์

มีปรากฏการณ์อีกอย่างหนึ่งในบรรยากาศคือสายธาร แสงสว่างอันโชติช่วงหลากสี เรียกว่า “ออโรรา” (Aurora) เกิดจากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในบรรยากาศวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กโลก ด้วยการเสียดสีอย่างแรงและการปล่อยกระแสไฟฟ้าจึงทำให้เกิดมีแสงขึ้น เมื่อเกิดทางซีกโลกเหนือเรียกว่า “Aurora Borealis” หรือ “Northern Lights” ถ้าเกิดทางซีกโลกใต้เรียกว่า “Aurora Australis” หรือ “Southern Lights”

1.22 สรุป

ตามที่ได้กล่าวมาในบทนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาดาราศาสตร์ที่นักเดินเรือจะต้องนำมาใช้โดยตรงเท่านั้น อันประกอบด้วยหลักการใหญ่ๆ ในการเคลื่อนตัวของวัตถุท้องฟ้าตามที่ปรากฏ การเคลื่อนตัวปรากฏของวัตถุท้องฟ้า นั้น เป็นการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ เพราะว่าการเคลื่อนตัวอันแท้จริงของวัตถุท้องฟ้า นั้นเป็นการเห็นจากโลกที่เคลื่อนตัวไปเหมือนกัน ตำบลที่ปรากฏในอวกาศของวัตถุท้องฟ้าอันสัมพันธ์กับโลกนี้นั้น ได้ทำเป็นมาตราอยู่ในปฏิทินเดินเรือแล้ว และนักเดินเรือสามารถนำไปใช้เกี่ยวกับการคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์หรือสามเหลี่ยมเดินเรือ (Navigational triangle)

บทที่ 2

เดินเรือดาราศาสตร์ (Celestial Navigation)

2.1 เดินเรือดาราศาสตร์

อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นศิลปะอย่างหนึ่งในการนำเอาวัตถุท้องฟ้า ต่าง ๆ อันได้แก่ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดวงพระเคราะห์ และดาวฤกษ์ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ แก่การเดินเรือ เช่นการคำนวณหาตำแหน่งที่เรือ การหาอัตราผิดของเข็มทิศ เป็นต้น ในเมื่อเรือเดินอยู่ในทะเลลึก ไม่เห็นฝั่งและเกาะเป็นเวลานานวัน โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว การหาตำแหน่งที่เรือโดยเดินเรือ ดาราศาสตร์ จะมีความถูกต้องน้อยกว่าการเดินเรือใกล้ฝั่ง การหาตำแหน่งที่เรือโดยเดินเรือ ดาราศาสตร์ ยอมให้ผิดได้ประมาณ 1 ไมล์ ส่วนการหาตำแหน่งที่เรือโดยเดินเรือใกล้ฝั่งนั้น ยอมให้ผิดได้เพียงเป็นเมตรเท่านั้น ทั้งนี้ เพื่อให้เรือได้รับความปลอดภัยจากสิ่งอันตรายได้น้ำ

เครื่องมือและบรรณสารที่สำคัญที่จะต้องใช้ในการเดินเรือดาราศาสตร์ ได้แก่ เครื่อง วัดแดด (Sextant) นาฬิกาโครโนเมตร (Chronometer) นาฬิกาเทียบ (Comparing Watch) ปฏิทินเดินเรือ (Nautical Almanac) และมาตราเดินเรือต่าง ๆ เช่น H.O. 214

แม้ว่าปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาตราเดินเรือและวิธีการต่าง ๆ ให้ทันสมัย สะดวกสบายยิ่งขึ้นกว่าแต่ก่อนก็ตาม นักเดินเรือก็ยังคงจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิชาตรีโกณมิติ ทรงกลมมาแล้วเป็นอย่างดี เพื่อใช้คำนวณและทำความเข้าใจในเรื่องของสามเหลี่ยมทรงกลม

2.2 โลกและทรงกลมท้องฟ้า (Earth and Celestial Sphere)

ในเรื่องเดินเรือดาราศาสตร์นี้ สมมติให้โลกมีลักษณะเป็นทรงกลมอย่างแท้จริงและ อยู่ที่จุดศูนย์กลางของจักรวาล

จักรวาลสมมติให้เป็นทรงกลมอีกลูกหนึ่ง หุ้มห่อโลกอยู่ มีรัศมีจากโลกออกไปยาว ไม่มีที่สิ้นสุด ทรงกลมนี้ เรียกว่า “ทรงกลมท้องฟ้า” (Celestial Sphere) และจุดศูนย์กลางของโลกก็เป็นจุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้าด้วยวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดจะอยู่ภายในทรงกลมท้องฟ้านี้ทั้งสิ้น

“ดาวฤกษ์” (Fixed stars) ที่ใกล้โลกที่สุดห่างจากโลกมากกว่า 6 ล้านล้านเท่า

ของรัศมีของโลก ฉะนั้น เมื่อนำเอาดาวฤกษ์มาใช้ในการเดินเรือดาราศาสตร์แล้ว รัศมีของโลกไม่จำเป็นต้องนำมาเกี่ยวข้องเลย

2.3 การหมุนรอบตนเองของโลก (Rotation of the earth)

ตามความจริงที่ได้ทราบมาแล้วว่าโลกหมุนรอบตนเองจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกวันละ 1 รอบ แต่ผู้ตรวจอยู่บนผิวโลก หารู้สึกว่าเป็นเช่นนั้นไม่ กลับกลายเป็นมีความรู้สึกเห็นว่า วัตถุท้องฟ้าที่อยู่ภายในทรงกลมท้องฟ้าเคลื่อนตัวจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกจากความรู้สึกนี้เอง จึงเป็นผลทำให้ผู้ตรวจเห็นปรากฏว่าวัตถุท้องฟ้าขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออก ผ่านเมริเดียนผู้ตรวจแล้วไปตกทางทิศตะวันตก

2.4 โคออดิเนตระบบอิกเวเตอร์ท้องฟ้า (Celestial equator system of coordinate)

แกนท้องฟ้า (The celestial axis) คือเส้นสมมติที่ยึดจากแกนโลก ออกไปในท้องฟ้าจนถึงทรงกลมท้องฟ้า และผู้ตรวจจะรู้สึกว่าการทรงกลมท้องฟ้าหมุนอยู่รอบแกนนี้ จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก

ขั้วท้องฟ้า (The celestial poles) คือจุดที่อยู่ปลายสุดทั้งสองข้าง ของแกนท้องฟ้า จุดที่ตรงกับขั้วเหนือของโลก เรียกว่า “ขั้วท้องฟ้าเหนือ” (North celestial pole) จุดที่ตรงกับขั้วใต้ เรียกว่า “ขั้วท้องฟ้าใต้” (South celestial pole)

เมริเดียนท้องฟ้า (The celestial meridians) คือวงใหญ่บนทรงกลม ท้องฟ้าที่เกิดจากการยึดเมริเดียนของโลกออกไปตัดกับทรงกลมท้องฟ้าวงใหญ่เหล่านี้จะผ่านขั้วท้องฟ้าทั้งสอง

อิกเวเตอร์ท้องฟ้า (The celestial equator or the equinoctial) คือวงใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้า ซึ่งเกิดจากการยึดอิกเวเตอร์ของโลกออกไปตัดกับทรงกลมท้องฟ้า หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่ง คือวงใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้า ซึ่งมีพื้นที่ตั้งได้ฉากกับแกนท้องฟ้า

ดิกลิเนชัน (The declination) เป็นระยะมุมอย่างเดียวกันกับละติจูด บนพื้นโลก คือเป็นมุมที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมท้องฟ้า (จุดศูนย์กลางโลก) นับจากอิกเวเตอร์ท้องฟ้า นับเป็นทางเหนือและทางใต้จนถึง 90 องศา ที่ขั้วท้องฟ้าทั้งสอง ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่เหนืออิกเวเตอร์ท้องฟ้า เรียกว่า มีดิกลิเนชันเหนือ (N) ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ใต้อิกเวเตอร์ท้องฟ้า เรียกว่ามีดิกลิเนชันใต้ (S) ดิกลิเนชันนี้จะไม่เรียกว่าละติจูดท้องฟ้า (Celestial latitude) เป็นอันขาด เพราะละติจูดท้องฟ้าเป็นอีกเรื่องหนึ่งต่างหาก

เมริเดียนท้องฟ้า เมื่อใช้วัดดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้าดังกล่าวแล้วนี้ มีชื่อเรียกพิเศษอีกอย่างหนึ่งว่า “วงดิกลิเนชัน” (Circles of declination)

วงขนาดดิกลิเนชัน (Parallels of declination) ได้ทราบมาแล้วว่า วงเล็กบนผิวโลก

ที่มีพื้นตั้งได้ฉากกับแกนโลก เรียกว่า “วงขนานละติจูด” (Parallels of latitude) ถ้ายืดวงขนานละติจูดออกไปบนทรงกลมท้องฟ้า ก็จะเรียกว่า “วงขนานดิคลิเนชัน” (Parallels of declination) กล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ เป็นวงเล็กบนทรงกลมท้องฟ้า ที่มีพื้นขนานกับอิเควเตอร์ท้องฟ้า วัตถุท้องฟ้าที่อยู่บนวงขนานดิคลิเนชัน เดียวกันจะมีดิคลิเนชันเท่ากัน

มุมเวลา (Hour angle) คือระยะมุมที่ขั้วท้องฟ้า หรือที่ขอบของอิเควเตอร์ท้องฟ้า (เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางท้องฟ้าหรือจุดศูนย์กลางโลก) ระหว่างเมริเดียนท้องฟ้าสองเส้น ถ้าเป็นระยะมุมระหว่างเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านผู้ตรวจกับเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า โดยนับจากเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านผู้ตรวจไปทางตะวันตกทางเดียวจนถึงเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้นจาก 0 องศา ถึง 360 องศา เรียกระยะมุมนี้ว่า “Local Hour Angle” หรือ “มุมเวลาดำบลที่” ใช้ตัวย่อ “LHA”

ถ้าเป็นระยะมุมระหว่างเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านเมืองกรีนวิช กับเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า โดยนับจากเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านเมืองกรีนวิชไปทางตะวันตกทางเดียว จนถึงเมริเดียนท้องฟ้าที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น จาก 0 องศา ถึง 360 องศา เรียกมุมนี้ว่า “Greenwich Hour Angle” หรือ “มุมเวลากรีนวิช” ใช้ตัวย่อ “GHA”

ผลต่างของ GHA กับ LHA ก็คือ ลองจิจูดของผู้ตรวจ

มุมเวลานี้จะนับเป็นชั่วโมงก็ได้ จาก 0 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง

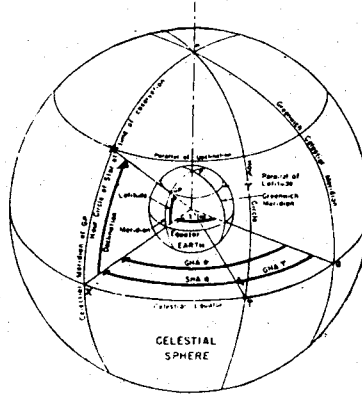
เมริเดียนท้องฟ้าที่ใช้นับมุมเวลานี้มีชื่อพิเศษเรียกว่า “วงเวลา” (Hour circle)

LHA นี้ในทางคำนวณจะใช้เป็นมุมเล็ก คือนับจากวงเวลาที่ผ่านผู้ตรวจจาก 0 องศาถึง 180 องศา ไปทางทิศตะวันออก หรือทางตะวันตกก็ได้จนถึงเวลาที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น มุมเล็กนี้เรียกว่า “Meridian angle” หรือ “มุมเมริเดียน” ใช้ตัวย่อ “ μ ” ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันออกของ ผู้ตรวจ ใช้ตัวย่อต่อท้ายค่าของมุมว่า “E” ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันตกของผู้ตรวจใช้ตัวย่อต่อท้ายค่าของมุมว่า “W” เช่นเดียวกับลองจิจูด มุม “ μ ” ถ้าใช้มาตรา H.O. 214 จะใช้ตัวย่อว่า “H.A.” แทน

มุมเวลาไซเดอเรียล (Sidereal hour angle) ใช้ตัวย่อว่า “SHA” ตามปกติ GHA ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ที่ใช้ในการเดินเรือ 4 ดวง คือ Venus, Mars, Jupiter และ Saturn จะให้ค่าไว้ในปฏิทินเดินเรือทุกชั่วโมง ตลอดทั้งปีแยกไว้โดยเฉพาะแต่ละดวง เพราะวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้มีอัตราเคลื่อนตัวผ่านไปมาในท้องฟ้า แตกต่างกันไปสำหรับดาวฤกษ์ซึ่งเป็น “Fixed stars” นั้น ในทางปฏิบัติถือว่า มีอัตราเคลื่อนตัวในท้องฟ้าคงที่ ฉะนั้น เพื่อความสะดวกในปฏิทินเดินเรือจึงให้ค่าเป็น “มุมเวลาไซเดอเรียล” (SHA) ไว้ต่างหากสำหรับดาวฤกษ์แต่ละดวง

SHA คือระยะมุมที่ขั้วท้องฟ้าหรือที่ขอบของอิเควเตอร์ท้องฟ้า ระหว่างวงเวลาที่ผ่าน

จตุราศีเมษ (r) กับวงเวลาที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า (ดาวฤกษ์) โดยนับจากจตุราศีเมษ ไปตามขอบของอีเควเตอร์ท้องฟ้า ไปทางตะวันตกทางเดียวจนถึงวงเวลาที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น นับจาก 0 องศา ถึง 360 องศา



รูปที่ 15

แสดงโคออดิเนตระบบอีเควเตอร์ท้องฟ้า และระบบบนโลกของวัตถุท้องฟ้า

จตุราศีเมษในปฏิทินเดินเรือเรียกสั้น ๆ ว่า “Aries” (r) แม้ว่าจตุราศีเมษจะเคลื่อนตัวถอยหลังปีละ 50.2 ฟลิปดา ก็ตาม แต่ก็อาจถือว่า SHA ของดาวฤกษ์ มีค่าคงที่ได้ในช่วงเวลานาน ๆ

อย่างไรก็ตามในการคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์จำเป็นต้องใช้ GHA ของดาวฤกษ์ ฉะนั้นในปฏิทินเดินเรือจึงให้ค่า GHA ของ Aries ไว้โดยเฉพาะอีกต่างหากทุกชั่วโมงตลอดทั้งปี เพื่อให้คำนวณหา GHA ของดาวฤกษ์ ได้ คือ.-

$$GHA_{\star} = GHA_r + SHA_{\star}$$

ไรต์แอสเซนชัน (Right ascension) นักดาราศาสตร์ไม่ค่อยใช้ SHA แต่จะใช้ไรต์แอสเซนชัน (RA) แทน ซึ่งเป็นระยะมุมกลับกับ SHA คือเป็นระยะมุมจากจตุราศีเมษ นับไปตามขอบของอีเควเตอร์ท้องฟ้า ไปทางตะวันออกจนถึง วงเวลา ที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น โดยนับเป็นเวลาจาก 0 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง

โคออดิเนตระบบอีเควเตอร์ท้องฟ้า นั้น ใช้บอกตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า บนทรงกลมท้องฟ้า ในขณะใดขณะหนึ่งได้ด้วย “Declination” (Dce.) และ “Greenwich hour angle” (GHA)

ถ้าจะกำหนดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าลงบนผิวโลกในขณะใดขณะหนึ่ง ก็ใช้ Declination เป็น Latitude และใช้ GHA เป็น Longitude แต่ต้องแปลง GHA เป็น Long เสียก่อน เพราะค่าของ Long นับจากกรีนิชไปทางตะวันออก และทางตะวันตกจาก 0 องศา ถึง 180 องศา

เนเดอร์ (Nadir) เป็นจุดบนทรงกลมท้องฟ้าที่อยู่ตรงกันข้ามกับจุดเซนิธ หรือเป็นจุดบนทรงกลมท้องฟ้า ที่อยู่ตรงดิ่งลงไปจากใต้เท้าของผู้ตรวจ ผ่านจุดศูนย์กลางโลกไปจดทรงกลมท้องฟ้า

ขอบฟ้าท้องฟ้า (Celestial horizon) เป็นวงใหญ่ของทรงกลมท้องฟ้า ที่มีพื้นผ่านจุดศูนย์กลางโลกและตั้งได้ฉากกับเส้นตรงที่ต่อระหว่างจุดเซนิธ และเนเดอร์จุดเซนิธและเนเดอร์จะห่างจากขอบท้องฟ้า 90 องศา เส้นตรงที่ต่อระหว่างจุดเซนิธและเนเดอร์ จะเป็นเส้นแกนโคออดิเนตระบบขอบฟ้า เส้นแกนนี้จะเปลี่ยนไปตามตำบลที่ของผู้ตรวจ

ขอบฟ้าจริง (The true horizon) คือวงเล็กของทรงกลมท้องฟ้า ที่มีพื้นสัมผัสกับนัยน์ตาของผู้ตรวจและขนานกับพื้นของขอบฟ้าท้องฟ้า เนื่องด้วยรัศมีของโลกสั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับทรงกลมท้องฟ้า ฉะนั้นในบางกรณีขอบฟ้าจริง อาจถือได้ว่าทับกับขอบฟ้าท้องฟ้า

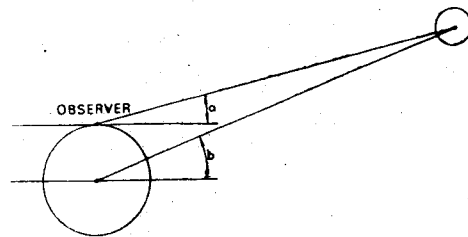
ขอบฟ้าเห็นหรือขอบฟ้าทะเล (The visible or sea horizon) เป็นวงเล็กที่ผู้ตรวจมองเห็นอยู่รอบตัว คือเป็นวงกลมที่เห็นน้ำกับฟ้าจดกัน ขอบฟ้าเห็นจะมีพื้นขนานกับพื้นของขอบฟ้าท้องฟ้า ขอบฟ้าเห็นนี้ขึ้นอยู่กับความสูงของนัยน์ตาผู้ตรวจ (สูงตา)ว่าจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าใด ถ้าสูงตาของผู้ตรวจอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมากเท่าใด ขอบฟ้าเห็นก็จะยิ่งอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าจริงมากยิ่งขึ้น จึงทำให้ความสูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดได้ ด้วยเครื่องวัดแดด แดกต่างกันไปตามสูงตาของผู้ตรวจ เพราะการวัดความสูงของวัตถุท้องฟ้าใช้วัดจากขอบฟ้าที่เห็นน้ำกับฟ้าจดกัน คือวัดจากขอบฟ้าเห็นไปยังวัตถุท้องฟ้า ฉะนั้นสูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดจากขอบฟ้าเห็นจึงมากกว่าสูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดจากขอบฟ้าจริง อัตราแก้สูงที่วัดได้นี้ เรียกว่า “Dip of the horizon” หรือ “Dip” (D) เฉย ๆ ดังนั้นอัตราแก้ Dip จึงขึ้นอยู่กับสูงตาของผู้ตรวจว่าจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าใด

ยังมีอัตราแก้สูงของวัตถุท้องฟ้าอีกอย่างหนึ่ง นอกจากแก้ Dip แล้ว ซึ่งเป็นอัตราแก้สำหรับวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าในระบบสุริยจักร อันได้แก่ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และ ดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ เพราะวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้ อยู่ใกล้โลกมากกว่าดาวฤกษ์มากมาย และแสงที่ส่องมายังโลกมิได้เป็นลำแสงที่ขนานกัน แต่จะเป็นแสงที่กระจายออกมาจากจุด ๆ หนึ่ง ณระยะทางอันหนึ่ง ฉะนั้นสูงของวัตถุท้องฟ้าจากขอบฟ้าท้องฟ้าที่วัดจากจุดศูนย์กลางโลก จะมากกว่าสูงของวัตถุท้องฟ้าจากขอบฟ้าจริงที่วัดจากผู้ตรวจบนผิวโลก เว้นแต่เมื่อวัตถุท้องฟ้าจะอยู่ตรงกับเซนิธเท่านั้น ผลต่างของสูงวัตถุท้องฟ้านี้เนื่องมาจากค่าที่เรียกว่า “Parallax” ซึ่งเป็นอัตราแก้ที่จะต้องนำเอาไปแก้สูงที่วัดจากขอบฟ้าเห็นด้วย

ในรูปที่ 17 ผู้ตรวจอยู่ที่ผิวโลก วัดมุมจากขอบฟ้าจริงไปยังจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ จะได้มุมเท่ากับ a ถ้าวัดที่จุดศูนย์กลางโลกจากขอบฟ้าท้องฟ้าจะได้มุมเท่ากับ b จะเห็นว่ามุม b โตกว่ามุม a ผลต่างของมุมทั้งสองนี้เนื่องจากค่าของ "Parallax"

อัตราแก้ Dip และ Parallax จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

วงสูงหรือวงดิ่ง (Circle of altitude of vertical circles) คือวงใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้าที่ผ่านจุดเซนิธและเนเดอร์ ดังนั้นพื้นของวงสูงจึงตั้งฉากกับพื้นของขอบฟ้าท้องฟ้า เมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจก็เป็นวงสูงเหมือนกัน

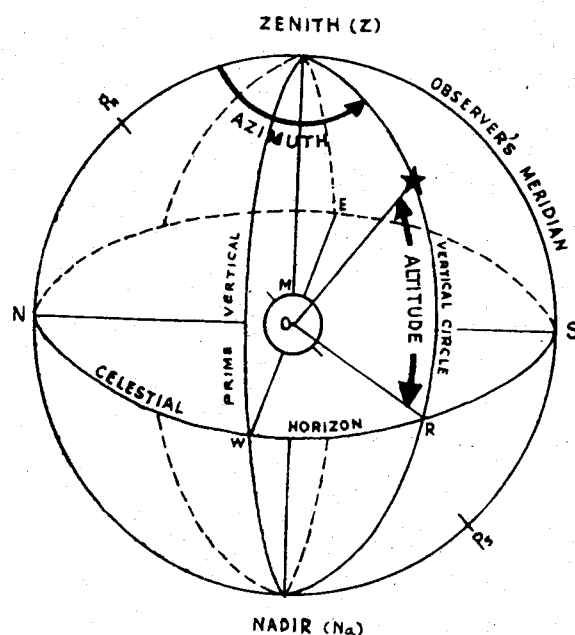


รูปที่ 17
มุม a และมุม b ต่างกันด้วยค่า Parallax

สูงของวัตถุท้องฟ้า (Altitudes of celestial bodies) คือมุมทางสูงที่วัดด้วยเครื่องวัดแดด จากขอบฟ้าเห็นไปตามวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า จนถึงวัตถุท้องฟ้า นั้น

ไพรม์เวอร์ติเกิล (The prime vertical) คือวงสูงที่มีพื้นตั้งฉาก กับพื้นเมริเดียนของผู้ตรวจ หรือคือวงสูงที่ผ่านจุดตะวันออกและจุดตะวันตกบนขอบฟ้าท้องฟ้าของผู้ตรวจ จุดตะวันออกและจุดตะวันตก คือจุดที่ไพรม์เวอร์ติเกิลตัดกับขอบฟ้าของผู้ตรวจ

จุดเหนือและจุดใต้ คือจุดที่เมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจตัดกับขอบฟ้าท้องฟ้าของผู้ตรวจ



รูปที่ 18
แสดงไดอะแกรม
ระบบขอบฟ้า

แอมซิมัท (Azimuth) ของวัตถุท้องฟ้า เป็นมุมที่เซนธิ์ โดยวัดจากเมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจไปจนถึงวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า การนับแอมซิมัทมีอยู่สองอย่างคือ

“มุมแอมซิมัท” (Azimuth angle) ใช้อักษรย่อว่า “Az” เป็นแอมซิมัท ที่นับจากจุดเหนือ (N) หรือจุดใต้ (S) ของผู้ตรวจ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าผู้ตรวจจะอยู่ละติจูดเหนือ หรือละติจูดใต้ ส่วนจะเป็นตะวันออก (E) หรือตะวันตก (W) ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุท้องฟ้า นั้นว่าจะอยู่ทางตะวันออกหรือทางตะวันตกของผู้ตรวจ มุมแอมซิมัทนี้ใช้ในรูปสามเหลี่ยมดาราศาสตร์

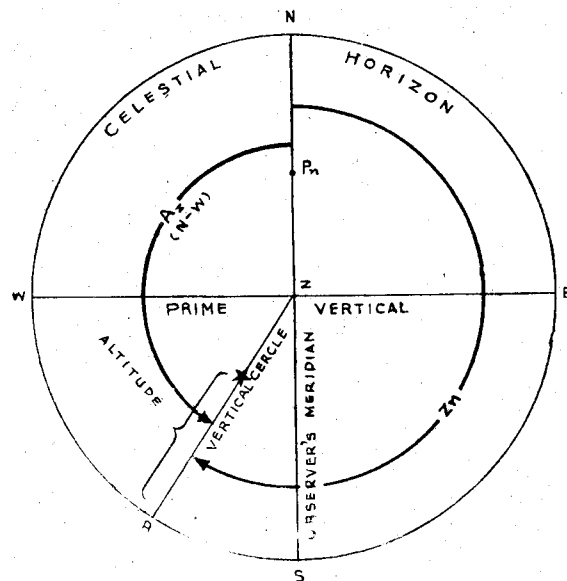
“แอมซิมัทจริง” (True azimuth) ใช้อักษรย่อว่า “Zn” เป็นแอมซิมัทที่นับจากจุดเหนือของผู้ตรวจไปทางตะวันออกทางเดียว จนถึงวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น จาก 0 องศา ถึง 360 องศา ไม่ว่าผู้ตรวจจะอยู่ละติจูดเหนือหรือใต้ก็ตาม

แอมพลิจูด (The amplitude) คือระยะขอบของขอบฟ้า ระหว่างจุดตะวันออกหรือจุดตะวันตก กับด้าบลที่ของวัตถุท้องฟ้าขณะที่ขึ้นหรือตกจากขอบฟ้า หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือเป็นมุมที่เซนธิ์ระหว่างไพรม์เวอร์ติเกิล กับวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้าขณะขึ้นหรือตกจากขอบฟ้า

มุมแอมพลิจูดที่ได้ ใช้เรียกชื่อดังนี้เช่น $E7^{\circ} N$, $E7^{\circ} S$, $W7^{\circ} N$ หรือ $W7^{\circ} S$ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าวัตถุท้องฟ้าจะอยู่ทางเหนือหรือทางใต้ของจุดตะวันออกหรือจุดตะวันตก

โคออติเนตระบบขอบฟ้า ใช้บอกด้าบลที่ของวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมท้องฟ้า ในขณะที่โดยขณะหนึ่งได้ด้วย สูงของวัตถุท้องฟ้า (Altitude) และมุมแอมซิมัท (Az) หรือแอมซิมัทจริง (Zn)

รูปบนพื้นขอบฟ้า (The plane of celestial horizon) เป็นรูปโคออติเนตระบบขอบฟ้าอีกแบบหนึ่ง ที่ใช้แสดงด้าบลที่ของวัตถุท้องฟ้าได้ตลอดเวลา ที่มีการเคลื่อนไหวนประจำวันโดยสมมติให้ผู้เขียนออกไปอยู่นอกทรงกลมท้องฟ้าในแนวเส้นตรง ที่ต่อจุดเซนธิ์และเนเตอร์ แล้วมองลงมายังจุดเซนธิ์ ดังในรูปที่ 19 ซึ่งเป็นรูปเดียวกันกับรูปที่ 18



รูปที่ 19
รูปบนพื้นขอบฟ้า
จากรูปที่ 18

2.6 โคออดิเนตระบบต่าง ๆ (The coordinate system)

นักเดินเรือ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจโคออดิเนตระบบต่าง ๆ บนทรงกลมท้องฟ้าและบนโลกเป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถนึกถึงภาพวงกลมต่าง ๆ และตำแหน่งที่ต่าง ๆ ที่ใช้อ้างถึงได้อย่างถูกต้อง จึงได้รวบรวมโคออดิเนตระบบต่าง ๆ ที่จำเป็นแก่การเดินเรือดาราศาสตร์มากล่าวไว้อีกครั้งหนึ่ง

Primary circles เป็นวงใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้าหรือบนผิวโลก เพื่อใช้อ้างถึงเป็นอันดับแรก เช่น อีควาเตอร์ท้องฟ้า อีควาเตอร์ของโลกและขอบฟ้า เป็นต้น

Secondary circles เป็นวงใหญ่บนทรงกลมท้องฟ้า หรือผิวโลก เพื่อใช้อ้างถึงเป็นอันดับรองเช่น วงเวลา เมริเดียน และวงสูง เป็นต้น

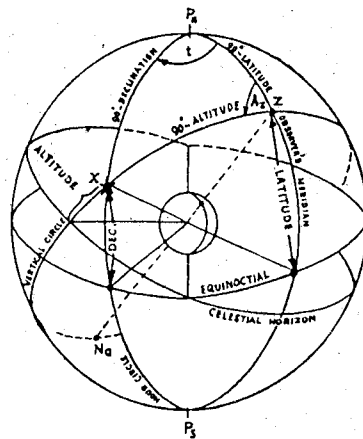
Earth		Celestial Sphere	
		Equator system	Horizon system
1. Primary circle coordinate	Equator Longitude	Equator Hour angle or Right ascension	Horizon Azimuth
2. Secondary circle coordinate	Meridians Latitude	Hour circles Declination	Vertical circle Altitude

2.7 สามเหลี่ยมดาราศาสตร์บนทรงกลมท้องฟ้า (The astronomical triangle on the celestial sphere)

สามเหลี่ยมดาราศาสตร์คือพื้นที่บนทรงกลมท้องฟ้า ประกอบไปด้วยเมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจ วงเวลาที่ผ่านวัตถุท้องฟ้าที่ทำการวัดและวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น ซึ่งเป็นการนำเอาโคออดิเนตระบบอีควาเตอร์ท้องฟ้ากับระบบขอบฟ้ามารวมกัน จุดที่มุมทั้งสามของสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ คือ ขั้วท้องฟ้า เซนิตของผู้ตรวจและจุดต่ำลที่ของวัตถุท้องฟ้าขณะนั้น

ในรูปที่ 20 สมมติให้ผู้ตรวจและวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางซีกโลกเหนือทั้งคู่ และต้องจำไว้ว่าด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมดาราศาสตร์เป็นระยะทางเชิงมุมทั้งสิ้น ด้านสองด้านของสามเหลี่ยมเกิดจากโคออดิเนตระบบอีควาเตอร์ท้องฟ้า ด้านหนึ่ง คือ $90^\circ - \text{Dec.}$ (Polar distance) อีกด้านหนึ่งคือ $90^\circ - \text{Lat.}$ (Colatitude) ด้านที่สามเกิดจากโคออดิเนตระบบขอบฟ้าคือ $90^\circ - \text{Altitude}$ (Zenith distance) มีมุมสองมุมในสามเหลี่ยมดาราศาสตร์เท่านั้นที่จะใช้ในเรื่องเดินเรือดาราศาสตร์ คือมุมเมริเดียน (t) และมุมแอซิมัท (Az) ส่วนอีกมุมหนึ่ง

คือมุมที่วัตถุท้องฟ้า ซึ่งไม่ได้ใช้อะไรเลยนั้นเรียกว่า “*Parallactic angle*” ตามในรูปที่ 20 สามเหลี่ยมดาราศาสตร์ คือ $P_n Z X$.



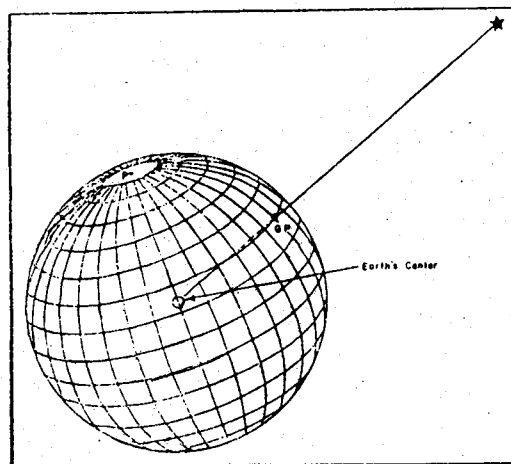
รูปที่ 20

แสดงรูปสามเหลี่ยมดาราศาสตร์

2.8 Geographic position (GP)

ถ้าหากนำเอาค่าบลที่ของวัตถุท้องฟ้า ที่ปรากฏอยู่บนทรงกลมท้องฟ้าในขณะใดขณะหนึ่งมากำหนดลงบนผิวโลกเสีย ก็จะทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องเดินเรือดาราศาสตร์ง่ายขึ้น

ในขณะใดขณะหนึ่งก็ตาม ถ้าลากเส้นตรงจากจุดศูนย์กลางของวัตถุท้องฟ้า ไปยังจุดศูนย์กลางโลก จุดที่เส้นตรงนี้ตัดกับผิวโลกเรียกว่า “*Geographic Position*” ของวัตถุท้องฟ้า นั้นใช้อักษรย่อว่า “*GP*”

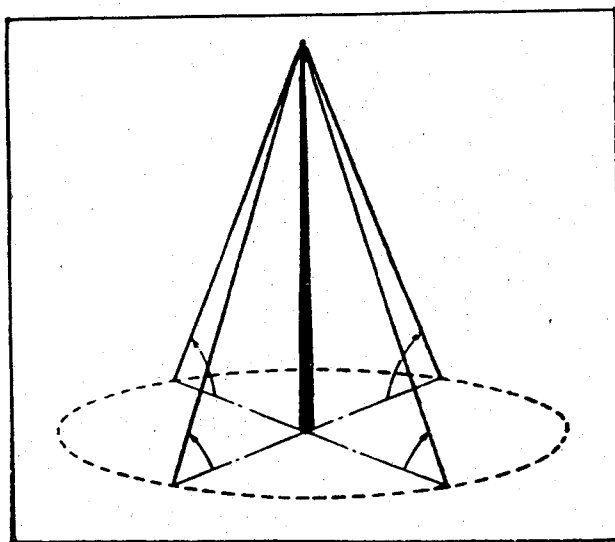


รูปที่ 21

ค่าบลที่ The geographic position (GP) ของวัตถุท้องฟ้า

เนื่องด้วยวัตถุท้องฟ้าเคลื่อนตัวไปทางตะวันตกตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตาม ทุกขณะที่วัตถุท้องฟ้าเคลื่อนตัวไปนั้น ก็อาจสามารถกำหนดตำบลที่ "GP" ของวัตถุท้องฟ้าได้ตลอดเวลาเหมือนกัน โดยใช้ Dec. และ GHA ที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือมาทำเป็น Lat. และ Long. แล้วกำหนดตำบลที่ลงไปในบนผิวโลกดังกล่าวแล้วในตอนต้น เมื่อทราบตำบลที่ "GP" ของวัตถุท้องฟ้าแน่นอนแล้ว นักเดินเรือก็อาจหา "เส้นตำบลที่" (Line of position) ได้ โดยใช้เครื่องวัดแดด วัดสูงของวัตถุท้องฟ้า นั้น เส้นตำบลที่ (Lop) นี้ ก็เหมือนกับเส้นตำบลที่ที่ได้จากการแบร็งเกาะ หรือที่หมายบนบกตามที่เรียนมาแล้ว ในเรื่องการเดินเรือใกล้ฝั่ง เรื่องของเส้นตำบลที่นี้จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

2.9 วงสูงเท่า (Circle of equal altitude)



รูปที่ 22
วงสูงเท่ารอบยอดเสา

เพื่อความเข้าใจง่าย ๆ สมมติว่ามีเสาต้นหนึ่งที่ทราบความสูงแล้ว ตั้งได้ฉากกับพื้นดินและที่ยอดของเสามีสายลวดที่มีความยาวเท่ากันติดอยู่ แล้วขึงลงมาให้ปลายล่างของลวดสัมผัสกับพื้นโดยรอบฐานของเสา ระยะห่างจากฐานของเสาถึงปลายลวดจะเท่ากันทุกเส้น จุดที่ฐานของเสาดังอยู่จะเป็นจุด GP ของยอดเสา มุมระหว่างพื้นดินกับเส้นลวด ที่จุดทุกจุดที่ปลายลวดจดพื้นดินจะเท่ากันทุกมุม เมื่อลากเส้นต่อจุดที่พื้นดินเหล่านั้น ก็จะเป็นวงกลมโดยมีจุดฐานของยอดเสาเป็นจุดศูนย์กลาง วงกลมนี้เรียกว่า "วงสูงเท่า" รอบยอดเสา

ถ้าทราบความสูงของเสาและทราบค่าของมุมที่ปลายลวดจดพื้นดินแล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาระยะทางจากจุดฐานของเสาไปยังจุดต่าง ๆ บนเส้นรอบวงได้ (รัศมี)

จากสมมติฐานนี้ก็จะสามารถนำไปใช้คำนวณหาระยะของเรือว่าอยู่ห่างจาก GP ของ

จะสัมผัสกับผิวโลกที่ผู้ตรวจอยู่เพียงจุดเดียวเท่านั้น ดังนั้นมุมระหว่างพื้นขอบฟ้าของผู้ตรวจกับเส้นตรงที่มองไปยังวัตถุท้องฟ้าจะเปลี่ยนไป เมื่อผู้ตรวจเคลื่อนตัวเข้าหา หรือออกจาก GP ของวัตถุท้องฟ้า นั้น

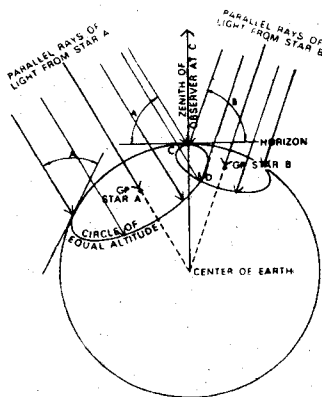
ตามในรูปที่ 23 แสดงให้เห็นเส้นลำแสงของวัตถุท้องฟ้าดวงหนึ่ง ที่ฉายลงมายังผิวโลก ณ ตำแหน่งที่สองแห่งซึ่งมีพื้นขอบฟ้าต่างกันในเวลาเดียวกัน ที่จุด A มุมสูงจะเล็กกว่าที่จุด B ซึ่งเป็นมุมสูงของวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันและในขณะเดียวกันวงสูงเท่าของจุด A จะห่างจาก GP ของวัตถุท้องฟ้า นั้นมากกว่าวงสูงเท่าของจุด B

สูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดได้จะผันแปรได้ส่วนกับระยะห่างจาก GP เพื่อความเข้าใจอันดีจงสังเกตจากรูปที่ 23 ถ้าผู้ตรวจไปอยู่ที่ GP สูงที่วัดได้จะเท่ากับ 90° เมื่อผู้ตรวจถอยห่างจาก GP ไปทางทิศใดก็ได้ เป็นระยะทาง 1 ของอาร์ควงใหญ่ คือเท่ากับระยะทาง 1 ไมล์ทะเลแล้ว สูงที่วัดได้จะเท่ากับ $89^\circ 59'$ และถ้าผู้ตรวจถอยห่างจาก GP ไป 90° ของอาร์ควงใหญ่ สูงที่วัดได้จะเท่ากับ 0° ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าระยะจาก GP ถึงผู้ตรวจจะเท่ากับ $90^\circ - \text{สูง}$ ($90^\circ - \text{Altitude}$) หรือ Coaltitude ดังนั้น การเขียนวงสูงเท่าบนพื้นโลกหรือบนแผนที่เดินเรือจึงง่ายมาก โดยใช้ GP เป็นจุดศูนย์กลางและใช้ Coaltitude เป็นรัศมี

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า วงสูงเท่าคือวงเล็กบนผิวโลก ซึ่งเมื่อผู้ตรวจอยู่บนเส้นรอบวง ณ จุดใดก็ตาม จะวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงใดดวงหนึ่งในเวลาเดียวกัน ได้สูงเท่ากัน

การเขียนเส้นวงสูงเท่าไม่จำเป็นต้องเขียนทั้งวง เขียนเพียงอาร์คสั้น ๆ ในบริเวณใกล้เคียงกับที่เรือรายงาน (DR) ก็พอ ถ้ารัศมีของวงสูงเท่ายาวมาก อาร์คสั้น ๆ ของวงสูงเท่าที่เขียนลงไปนั้น อาจถือว่าเป็นเส้นตรงได้

อาร์คสั้น ๆ ของวงสูงเท่าที่เขียนลงไปตามความต้องการนั้นเรียกว่า “เส้นตำแหน่งท้องฟ้า” (Celestial line of position)



รูปที่ 24

วงสูงเท่าสองวงจากดาวสองดวง

ในรูปที่ 24 แสดงวงสูงเท่าสองวงจากดาวสองดวงที่ผู้ตรวจทำการวัดสูง พร้อมกัน A เป็นสูงของดาว A ซึ่งผู้ตรวจจะอยู่ที่ใดก็ได้บนวงสูงเท่า B เป็นสูงของดาว B ซึ่งผู้ตรวจจะอยู่ที่ใดก็ได้บนวงสูงเท่า วงสูงเท่าสองวงจะตัดกันบนผิวโลกหรือบนแผนที่ ณ จุด C และ D ซึ่งจะ เป็นตำบลที่ที่แน่นอน (Fix) ของผู้ตรวจ หรือของเรือ แต่จุด D ห่างไกลจากที่เรือรายงาน (DR) มาก จึงเป็นไปได้ไม่ได้ ฉะนั้นตำบลที่เรือแน่นอนต้องอยู่ที่ C

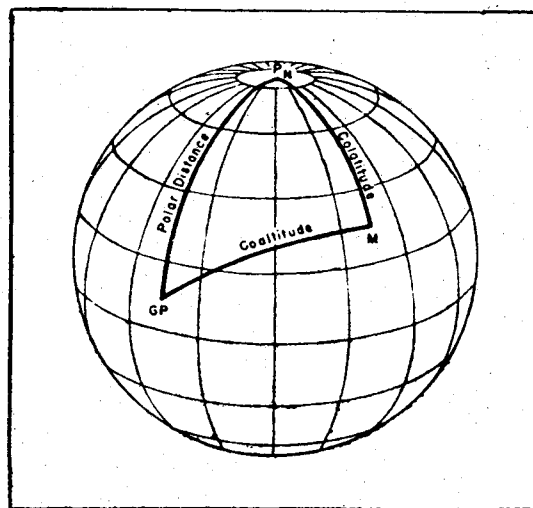
2.10 สามเหลี่ยมเดินเรือ (The navigational triangle)

สามเหลี่ยมเดินเรือ เป็นสิ่งสำคัญที่สุดในเรื่องเดินเรือดาราศาสตร์ ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจอย่างดีที่สุด สามเหลี่ยมเดินเรือก็เช่นเดียวกับสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ แต่เป็นสามเหลี่ยมที่อยู่บนผิวโลก

สามเหลี่ยมเดินเรือประกอบไปด้วยจุด 3 จุดบนผิวโลก ซึ่งเกิดจากอาร์คของวงใหญ่ต่าง ๆ มาเชื่อมต่อจุดทั้ง 3 นั้น จุด 3 จุดได้แก่ตำบลที่ของผู้ตรวจ (M) ตำบลที่บนผิวโลก ของวัตถุท้องฟ้าขณะทำการตรวจ (GP) และขั้วโลกที่อยู่ใกล้กับผู้ตรวจ (คือขั้วโลกที่โผล่จากขอบฟ้าของผู้ตรวจ เมื่อผู้ตรวจอยู่ละติจูดเหนือก็ใช้ขั้วเหนือ เมื่อผู้ตรวจอยู่ละติจูดใต้ก็ใช้ขั้วใต้) จุด GP อาจจะอยู่ซีกโลกเดียวกันกับผู้ตรวจหรืออยู่คนละซีกโลกก็ได้

เนื่องจากตำบลที่ที่แน่นอนของจุด M และจุด GP แทบจะเขียนลงไป ให้ถูกต้องไม่ได้ เพราะสามเหลี่ยมอาจมีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นในการเขียนสามเหลี่ยมเดินเรือ ในขณะใดก็ตาม ให้กำหนดจุด M ลงไปบนผิวโลกที่ใดก็ได้ โดยให้อยู่ทางขั้วโลกที่ใกล้ที่สุด และให้กำหนด GP ลงไปตามทิศทางที่เห็นวัตถุท้องฟ้า นั้น ทั้งนี้โดยประมาณให้ใกล้เคียงกับความจริง เมื่อเขียนสามเหลี่ยมได้แล้ว ก็จะสามารถคำนวณแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการเดินเรือดาราศาสตร์ได้เช่น สามารถหาดำบลที่เรือแน่นอนได้ ตรวจสอบความถูกต้องของเข็มทิศได้ ทำนายเวลาขึ้นและตกของวัตถุท้องฟ้าได้ คำนวณหาเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองได้ และหาดำบลที่ และชื่อของดาวต่าง ๆ ในท้องฟ้าได้ วิธีการคำนวณหาสิ่งต่าง ๆ จากสามเหลี่ยมเดินเรือนี้ เรียกว่า “เดินเรือดาราศาสตร์”

2.11 ด้านต่าง ๆ ของสามเหลี่ยมเดินเรือ (The sides of the navigational triangle)



รูปที่ 25

สามเหลี่ยมเดินเรือเมื่อผู้ตรวจอยู่ละติจูดเหนือและชื่อของด้านทั้งสาม

โคละติจูด (The colatitude) คือด้านของสามเหลี่ยมที่ต่อระหว่าง ดาบลที่ของผู้ตรวจ (M) กับขั้วโลกที่ใกล้ผู้ตรวจ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $90^\circ -$ ละติจูด วงใหญ่ที่มีอาร์คส่วนหนึ่งเป็นโคละติจูดนี้ คือเมริเดียนของผู้ตรวจ

ระยะยอด (The polar distance) คือด้านของสามเหลี่ยมที่ต่อระหว่างจุด GP กับ ขั้วโลกที่ใกล้ผู้ตรวจ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $90^\circ -$ ดิคลิเนชัน ในเมื่อผู้ตรวจกับวัตถุท้องฟ้าอยู่ในซีกโลกเดียวกัน คือละติจูดกับดิคลิเนชันมีชื่อเหมือนกันและจะมีค่าเท่ากับ $90^\circ +$ ดิคลิเนชัน ในเมื่อผู้ตรวจกับวัตถุท้องฟ้าอยู่ต่างซีกโลกกัน คือละติจูดกับดิคลิเนชันมีชื่อต่างกันวงใหญ่ที่มีอาร์คส่วนหนึ่งเป็นระยะยอดนี้คือ เเมริเดียนที่ผ่าน GP หรือวงดิคลิเนชันที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า

โคอัลติจูดหรือระยะเซนิธ (The coaltitude or zenith distance) คือด้านของสามเหลี่ยมที่ต่อระหว่างจุด GP กับ M ซึ่งมีค่าเท่ากับ $90^\circ -$ Altitude (สูง) วงใหญ่ที่มีอาร์คส่วนหนึ่งเป็นโคอัลติจูดนี้คือวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า

ด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมเดินเรือแต่ละด้านต่างก็เป็นอาร์คของวงใหญ่ด้วยกัน ทั้งสิ้นความยาวของด้านนับเป็นระยะทางเชิงมุม จากจุดศูนย์กลางโลก ซึ่งเมื่อคิดเป็นระยะทางบนผิวโลกแล้ว 1 ลิปดาเท่ากับ 1 ไมล์ทะเล (Nautical mile)

ในรูปที่ 25 เป็นรูปสามเหลี่ยมเดินเรือที่ผู้ตรวจอยู่ละติจูดเหนือ โดยมีวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันตกของผู้ตรวจ จงจำไว้ว่าด้านสองด้านของสามเหลี่ยมคือ “ระยะยอด” และ “โคละติจูด” เป็นด้านที่เกิดจากโคออติเนตระบบบิเควเตอร์ท้องฟ้า ส่วนด้านที่สามคือ “โคอัลติจูด” นั้นเป็นด้านที่เกิดจากโคออติเนตระบบขอบฟ้า (ดูรูปที่ 20 ประกอบด้วย)

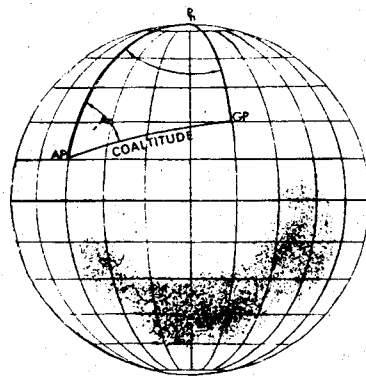
มุมที่ใช้ในสามเหลี่ยมเดินเรือ ก็คือ มุมเมริเดียน (t) กับมุมแอซิมัท (Az)

2.12 การใช้สามเหลี่ยมเดินเรือ (Use of the navigational triangle)

การหาที่เรือในทะเลนั้น จะต้องทำการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าพร้อมกับอ่านเวลาอย่างถูกต้องแล้วจดเอาไว้ เวลาที่จดไว้ก็นำเอาไปใช้หาดำบลที่ GP ของวัตถุท้องฟ้าได้อย่างถูกต้อง โดยการเปิดปฏิทินเดินเรือซึ่งได้ให้รายละเอียดไว้พร้อมแล้ว

สำหรับสูงที่วัดมาได้ก็กลับให้เป็น “โคอัลติจูด” เสีย ซึ่งก็จะเป็นรัศมีของวงสูงเท่า โดยมี GP เป็นจุดศูนย์กลางที่เรือก็จะอยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนวงสูงเท่านี้

ดำบลที่เรือที่แน่นอนไม่อาจหาได้โดยการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าเพียงครั้งเดียวหรืออย่างเดียวกัถ้าได้ทำการแบร้ง GP อย่างถูกต้องเช่นเดียวกับการวัดสูงพร้อม ๆ กับการวัดสูงแล้ว ก็ จะหาที่เรือที่แน่นอนในขณะนั้นได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์ แต่ในปัจจุบันไม่มีทางที่จะวัดแอซิมัท (แบร้ง) ให้มีความละเอียดถูกต้องได้ ดังนั้นวัดสูงเพียงครั้งเดียวนี้ก็ได้แต่เขียนวงสูงเท่า หรือเขียนเส้นดำบลที่สั้น ๆ เพียงเส้นเดียวลงในบริเวณที่คาดว่าเรือจะอยู่ ณ ที่นั้นเท่านั้น



รูปที่ 26

สามเหลี่ยมเดินเรือที่ทราบด้านสองด้านกับมุมหนึ่งมุม
สิ่งที่ต้องการหาคือแอซิมัท (Az) กับโคอัลติจูด

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงจำเป็นต้องใช้สามเหลี่ยมเดินเรือมาคำนวณหาตำบลที่เรือคือครั้งแรก ให้พิจารณาสมมติว่าเรืออยู่ ณ ที่ใดที่หนึ่ง ตำบลที่เรือนี้เรียกว่า “ที่เรือสมมติ” “(Assumed Position)” ใช้ตัวย่อว่า “AP” การพิจารณาเลือกที่เรือสมมตินี้ให้เลือกใกล้กับ “ที่เรือประมาณ” (Estimated position) ใช้ตัวย่อว่า “EP” หรือใกล้กับที่เรือ DR ที่สุด แต่ที่เรือสมมตินี้จะต้องมีค่าละติจูด และมุมเมริเดียน (t) เป็นองศาเต็ม ๆ

เมื่อเลือกตำบลที่เรือสมมติได้แล้วและทราบ GP ของวัตถุท้องฟ้า ในขณะที่ทำการวัดแล้ว โคละติจูด ระยะยอด และมุมเมริเดียน (t) ก็จะคำนวณหาได้โดยง่าย เมื่อทราบด้านสองด้านและมุมหนึ่งมุมในสามเหลี่ยมเดินเรือเช่นนี้แล้ว สิ่งที่จะต้องทำการคำนวณหา ก็คือ โคอัลติจูด และมุมแอซิมัท (Az) ดังในรูปที่ 26

การคำนวณหาโคอัลติจูด ก็คือการคำนวณหาสูง (Altitude) นั้นเอง เพราะ

$$\text{โคอัลติจูด} = 90^\circ - \text{สูง}$$

การคำนวณหาสูงใช้สูตร Cosines ของตรีโกณมิติทรงกลม คือ

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

เมื่อเปรียบเทียบกับสามเหลี่ยมเดินเรือแล้ว

$$a = 90^\circ - h \quad (h =$$

$$b = 90^\circ - L \quad (L =$$

$$C = 90^\circ - d \quad (d =$$

$$A = t \quad (t =$$

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้

$$\cos (90^\circ - h) = \cos (90^\circ - L) \cos (90^\circ - d) + \sin (90^\circ - L) \sin (90^\circ - d) \cos t$$

$$\sin h = \sin L \sin d + \cos L \cos d \cos t$$

ซึ่งสูตรนี้ใช้ได้เฉพาะเมื่อ L และ d มีชื่อเหมือนกัน

ถ้า L และ d มีชื่อต่างกัน $c = 90^\circ + d$

สูตรก็จะเป็น

$$\sin h = \sin L \sin d - \cos L \cos d \cos t$$

การคำนวณหาแอซิมัท (Az) ใช้สูตร Sines ของตรีโกณมิติทรงกลม คือ

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับสามเหลี่ยมเดินเรือแล้ว

$$A = t \quad (t =$$

$$a = 90^\circ - h \quad (h =$$

$$C = Z \quad (Z = Az)$$

$$c = 90^\circ - d \quad (d =$$

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้

$$\frac{\sin (90^\circ - h)}{\sin t} = \frac{\sin (90^\circ - d)}{\sin Z}$$

$$\sin Z = \frac{\cos d \sin t}{\cos h}$$

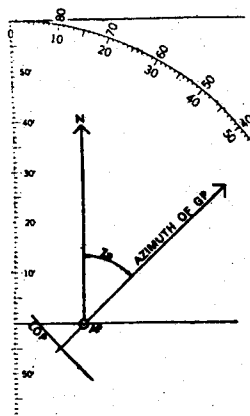
จากสูตรการคำนวณหาสูงและหาแอสิมัทรีนี้ เพื่อความสะดวกได้ทำเป็นมาตราสำเร็จไว้แล้วคือ H.O. 214 โดยใช้ L,d และ t (H.A.) ไปเปิดมาตราก็จะได้ทั้งสูง และแอสิมัทรีเลยทีเดียว

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าในครั้งแรกนี้ ใช้ที่เรือสมมติกับตำบลที่ GP ของวัตถุท้องฟ้า ไปเปิดมาตราหาสูงมาได้ สูงที่ได้นี้เรียกว่า “สูงคำนวณ” (Computed altitude) ซึ่งใช้อักษรย่อว่า “Hc”

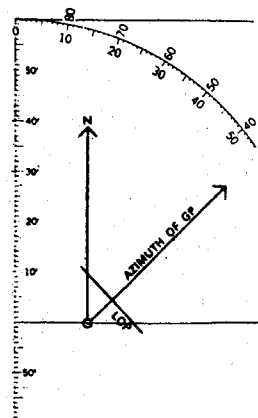
สำหรับสูงที่วัดได้จากเครื่องวัดแดดและแก้อัตราแตกต่างกันหมดแล้ว เรียกว่า “สูงจริง” หรือ “สูงวัด” (Observed altitude) ซึ่งใช้อักษรย่อว่า “Ho”

สูงอินเตอร์เซปต์ (Altitude intercept) ผลต่างระหว่าง Hc และ Ho ก็คือผลต่างของรัศมีของวงสูงเท่าสองวง โดยมี GP ของวัตถุท้องฟ้าเป็นจุดศูนย์กลาง วงสูงเท่าวงหนึ่งจะผ่านตำบลที่เรือสมมติ (AP) วงสูงเท่าอีกวงหนึ่งจะผ่านตำบลที่เรือจริง ที่ได้ทำการวัดสูงด้วยเครื่องวัดแดด ผลต่างระหว่าง Hc และ Ho นี้เรียกว่า “สูงอินเตอร์เซปต์” (Altitude intercept) หรือ “อินเตอร์เซปต์” (Intercept) เนย ๆ ใช้อักษรย่อว่า “a”

$$a = Hc - Ho$$



อินเตอร์เซปต์ “a” เมื่อ Hc มากกว่า Ho, “a” จะ “ออกห่าง” (AWAY) จาก GP ตามเส้นแอสิมัทรีของ GP โดยใช้ AP เป็นหลัก



รูปที่ 27

อินเตอร์เซปต์ “a” เมื่อ Hc น้อยกว่า Ho, “a” จะ “เข้าหา” (TOWARD) GP ตามเส้นแอสิมัทรีของ GP โดยใช้ AP เป็นหลัก

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเมื่อรัศมีของวงสูงเท่าจากจุด GP ยาวมาก อาร์คส่วนหนึ่งของวงสูงเท่าอาจถือเป็นเส้นตรงได้ เส้นตรงซึ่งเป็นอาร์คส่วนหนึ่งของวงสูงเท่าที่ผ่านตำบลที่เรือจริง ในขณะวัดสูงนั้น เรียกว่า “เส้นตำบลที่” (Line of position) ใช้อักษรย่อว่า “LOP”

ถ้า Hc คือสูงคำนวณจากที่เรือสมมติมากกว่า Ho คือสูงจริง ที่วัดได้จากที่เรือจริง LOP จะอยู่ห่างจาก GP ของวัตถุท้องฟ้า มากกว่า ที่เรือสมมติ (AP) ในทำนองเดียวกัน ถ้า Hc น้อยกว่า Ho LOP จะอยู่ห่างจาก GP ของวัตถุท้องฟ้าน้อยกว่า ที่เรือสมมติ (AP) ฉะนั้นระยะ “อินเตอร์เซปต์” (a) ของ LOP ก็ต้องใช้วัดจากจุด AP ที่ได้เขียนลงไว้แล้วไปตามเส้นแอมมิธของ GP ว่าจะ “ออกห่าง” (AWAY) หรือ “เข้าหา” (TOWARD) ตำบลที่ของ GP คำว่า “ออกห่าง” ใช้อักษรย่อว่า “A” คำว่า “เข้าหา” ใช้อักษรย่อว่า “T” ดังในรูปที่ 27 ระยะอินเตอร์เซปต์ที่ใช้วัดนั้น เพื่อความสะดวกให้แตกเป็นไมล์ทะเล (ลิปดา)

2.13 การหาที่เรือ (etermining the vessel's position)

การหาที่เรือโดยใช้เส้นตำบลที่ (Lop) นั้น ขอกล่าวเพิ่มเติมให้เข้าใจ คือ.-

มุมแอมมิธ (Az) และอินเตอร์เซปต์ (a) นั้น ได้คำนวณจากสามเหลี่ยมเดินเรือโดยการอาศัยสมมติ AP ขึ้น เมื่อเขียนจุด AP ลงไปบนแผนที่แล้ว ให้แปลงมุมแอมมิธ (Az) ของ GP เป็นแอมมิธจริง (Zn) ต่อจากนั้นให้เขียนเส้นแอมมิธจริงของ GP จากจุด AP เส้นแอมมิธจริงนี้จะชี้ไปในทิศทางที่ GP อยู่ ตามปกติจุด GP จะอยู่นอกแผนที่และไม่สามารถจะเขียนลงไปได้ แต่เนื่องจากอินเตอร์เซปต์ เป็นผลต่างของระยะทาง ระหว่างเส้นตำบลที่ที่ผ่านที่เรือจริง กับที่เรือสมมติ ฉะนั้นจึงใช้ระยะอินเตอร์เซปต์วัดจาก AP ไปตามเส้นแอมมิธจริง สุดแล้วแต่ว่าจะ “ออกห่าง” หรือ “เข้าหา” GP จงจำไว้ให้แม่นยำว่า ถ้าสูง “คำนวณมากกว่าออกห่าง” (Computed greater away) จุดบนเส้นแอมมิธจริง ที่ได้จากการกะระยะอินเตอร์เซปต์ ก็จะเป็นจุด ๆ หนึ่งบนเส้นวงสูงเท่าของเรือ (ผู้ตรวจ) ดังนั้น เส้นวงสูงเท่าของเรือหรือเส้น LOP ก็จะตั้งฉากกับเส้นแอมมิธจริง ณ จุดนั้น ดังในรูปที่ 27° แต่ว่าเส้น LOP ไม่ได้เป็นจุดตำบลที่เรือแน่นอนเป็นแต่เพียงแสดงว่า เรืออยู่บนเส้นนั้นเท่านั้นตำบลที่เรือแน่นอนจะต้องเกิดจากจุดที่เส้น LOP ตัดกันอย่างน้อยสองเส้น ถ้าหากสามารถหาเส้น LOP สักสี่หรือห้าเส้นจากดาวหลายดวงมาติดกันที่จุด ๆ เดียว จุดนั้นก็จะตำบลที่เรือที่แน่นอนมากยิ่งขึ้น ตามปกติในทางปฏิบัตินั้น เส้น LOP หลาย ๆ เส้น มิได้ตัดกันเป็นจุด ๆ เดียว ส่วนมากจะตัดกันเป็นรูปหลายเหลี่ยมเล็ก ๆ จุดศูนย์กลางของรูปหลายเหลี่ยมนั้นถือว่าเป็นที่เรือที่แน่นอนได้

โจทย์

1. จงหา Latitude (Lat.) หรือ Declination (Dec.) ของ GP ของวัตถุท้องฟ้าให้ถูกต้องดังต่อไปนี้.-

วัตถุท้องฟ้า	Lat. ของ GP.	Dec. ของวัตถุท้องฟ้า	คำตอบ
(ก) Sun	ให้หา	18° 17'.6 N.	L 18° 17'.6 N.
(ข) Moon	ให้หา	6° 52'.7 S.	L 6° 52'.7 S.
(ค) Venus	23° 18'.6 N.	ให้หา	Dec. 23° 18'.6 N.
(ง) Spica	10° 56'.5 S.	ให้หา	Dec. 10° 56'.5 S.

2. จงหา GHA ของวัตถุท้องฟ้า หรือ Longitude (λ) ของ GP ให้ถูกต้องดังต่อไปนี้.-

วัตถุท้องฟ้า	GHA ของวัตถุท้องฟ้า	λ ของ GP	คำตอบ
(ก) Sun	32° 43'.6	ให้หา	λ 32° 43'.6 W.
(ข) Moon	274° 35'.2	ให้หา	λ 85° 24'.8 E.
(ค) Venus	ให้หา	λ 67° 14'.1 E.	GHA 292° 45'.9
(ง) Spica	ให้หา	λ 176° 38'.7 W.	GHA 176° 38'.7

3. จงหา GHA หรือ Right ascension (ในนามของอาร์ค) ของดาวให้ถูกต้องดังต่อไปนี้.-

วัตถุท้องฟ้า	GHA γ	SHA*	GHA*
(ก) Vega	116° 32'.8	81° 07'.6	ให้หา
(ข) Regulus	323° 40'.1	208° 27'.6	ให้หา
คำตอบ (ก) GHA*	197° 40'.4	(ข) GHA*	81° 07'.7

วัตถุท้องฟ้า	SHA*	RA*	คำตอบ
(ค) Vega	81° 07'.6	ให้หา	RA* 278° 52'.4
(ง) Regulus	208° 27'.6	ให้หา	RA* 151° 32'.4

4. จงหา Latitude และ Longitude ของ GP ของดาวที่กำหนดให้ ดังต่อไปนี้.-

วัตถุท้องฟ้า	GHA γ	SHA*	DEC*
(ก) Rigel	250° 33'.0	281° 51'.8	8° 15'.1 S.
(ข) Altair	219° 29'.1	62° 49'.2	8° 45'.5 N.
(ค) Dubhe	8° 54'.5	194° 42'.5	61° 58'.3 N.

คำตอบ (ก) L 8° 15'.1 S. λ 172° 24'.8 W.

(ข) L 8° 45'.5 N. λ 77° 41'.7 E.

(ค) L 61° 58'.3 N. λ 156° 23'.0 E.

บทที่ 3

เวลา (Time)

3.1 เนื่องด้วยเวลา (Time)

เป็นสิ่งสำคัญที่สุดของนักเดินเรือที่จะต้องนำไปใช้ในการปฏิบัติงานประจำวัน ในการเดินเรือดาราศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อนำเอาเวลาไปหาดำบลที่ ของวัตถุท้องฟ้าในขณะที่ทำการวัดสูง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการเดินเรือต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับเวลา ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาเรื่องของเวลาให้เข้าใจ

3.2 การผ่านเมริเดียนเบื้องบนและเบื้องล่าง (Upper and Lower transit)

เนื่องด้วยโลกหมุนรอบแกนตนเองจากทิศทางตะวันตกไปทางทิศตะวันออก เป็นเหตุให้เห็นว่าวัตถุท้องฟ้าโคจรรอบโลก จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก วัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ที่โคจรรอบโลกรอบหนึ่งจะผ่านเมริเดียนสองครั้ง คือจะผ่านส่วนหนึ่งของเมริเดียนที่มีเชนิธของผู้ตรวจอยู่ครึ่งหนึ่ง และจะผ่านอีกส่วนหนึ่งของเมริเดียนที่มีเนเดอร์ของผู้ตรวจอยู่อีกครึ่งหนึ่ง เมริเดียนถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน โดยขั้วโลกทั้งสอง ส่วนที่มีเชนิธอยู่เรียกว่า “เมริเดียนเบื้องบน” (Upper branch of meridian) ส่วนที่มีเนเดอร์อยู่เรียกว่า “เมริเดียนเบื้องล่าง” (Lower branch of meridian) ถ้าวัตถุท้องฟ้าผ่านเมริเดียนทางส่วนที่มีเชนิธของผู้ตรวจเรียกว่า “ผ่านเบื้องบน” (The upper transit) ถ้าผ่านเมริเดียนทางส่วนที่มีเนเดอร์ของผู้ตรวจเรียกว่า “ผ่านเบื้องล่าง” (The Lower transit)

3.3 เวลา (Time)

คือความนานที่สามารถวัดได้ เวลาเกิดจากความนาน ที่โลกหมุนรอบแกนตนเอง โดยอาศัยวัตถุท้องฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เมื่อใช้วัตถุท้องฟ้าอย่างใดหรือใช้จุดใดบนทรงกลมท้องฟ้าเป็นหลัก ระบบของเวลาก็จะมีชื่อแตกต่างกันไป การที่โลกหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบโดยใช้วัตถุท้องฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือจุดใดจุดหนึ่งเป็นหลักเรียกว่าหนึ่ง “วัน” (Day)

3.4 วัน (Day)

คือระยะเวลาที่ล่วงไปหรือความนานในระหว่างที่วัตถุท้องฟ้าดวงใดดวงหนึ่งผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้งติดกันไป ซึ่งมีชื่อต่าง ๆ กันตามแต่จะใช้วัตถุใดเป็นที่หมาย ถ้าใช้

ดาวฤกษ์ก็เรียกว่า “วันไซเดอเรียล” (Sidereal day) ถ้าใช้ดวงอาทิตย์ก็เรียกว่า “วันดวงอาทิตย์” (Solar day) หรือถ้าใช้ดวงจันทร์ ก็เรียกว่า “วันดวงจันทร์” (Lunar day)

ระยะเวลาที่โลกหมุนรอบแกนตนเองบรรจบครบรอบหนึ่ง ๆ เท่ากันเสมอและถ้าวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ทุกดวงอยู่ประจำที่ไม่มี การเคลื่อนตัวแล้ว ระยะเวลาในหนึ่งวันของวันต่าง ๆ ก็จะมีค่านานเท่ากันหมด แต่โลกโคจรไปตามวิถีรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ ทำให้เห็นว่าดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวเปลี่ยนตำแหน่งไปทุกวัน ผ่านดาวฤกษ์ทั้งหลายในท้องฟ้า ฉะนั้น ความนานของวันดวงอาทิตย์กับของวันไซเดอเรียลจึงต่างกันและโดยที่ดวงจันทร์โคจรไปรอบโลก ตำแหน่งของดวงจันทร์ก็เปลี่ยนไปจากตำแหน่งของดาวฤกษ์และดวงอาทิตย์ ดังนั้นความนานของวันดวงจันทร์ จึงต่างกับวันไซเดอเรียล และวันดวงอาทิตย์

นอกจากนั้นดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ ตามที่ปรากฏให้เห็นยังโคจรด้วยความเร็ว ไม่เท่ากัน ฉะนั้นความนานของวันดวงอาทิตย์และวันดวงจันทร์ในวันหนึ่ง ๆ จึงเปลี่ยนแปลงและต่างกันเสมอ

วันไซเดอเรียล (Sidereal day) คือระยะเวลาที่ล่วงไปในระหว่าง ที่ดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่งผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้งติดกันไป คือเป็นระยะเวลาที่โลกหมุนรอบแกนตนเองหนึ่งรอบนั่นเอง ระยะเวลาที่ถือว่าจำกัดแน่นอนเท่ากันเสมอ ในทางปฏิบัติใช้จุดราศีเมษแทนดาวฤกษ์ ดังนั้นอาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า “วันไซเดอเรียล” คือระยะเวลาที่ล่วงไปในระหว่างที่จุดราศีเมษผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้งติดกันไป วันชนิดนี้เริ่มต้นวันเมื่อจุดราศีเมษอยู่บนเมริเดียนเบื้องบนหรือเรียกว่า “เที่ยงไซเดอเรียล” (Sidereal noon) ซึ่งเป็นเวลา 0^h ไซเดอเรียลแบ่งออกเป็น 24 ชั่วโมง ไซเดอเรียลและทุก ๆ ชั่วโมง ยังแบ่งออกเป็นนาทีและวินาทีไซเดอเรียล นาฬิกาที่ใช้ตั้งเวลาชนิดนี้เรียกว่า “นาฬิกาไซเดอเรียล” (Sidereal time) เวลาที่อ่านได้เรียกว่า “เวลาไซเดอเรียล”

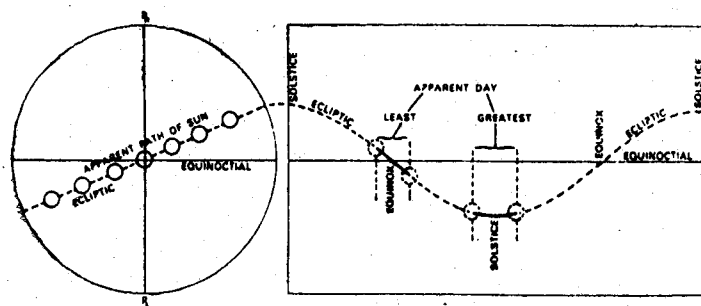
โดยที่จุดราศีเมษเคลื่อนตัวไปทางตะวันตกช้า ๆ เนื่องจากการแกว่งของแกนโลกประมาณปีละ 50".2 ทำให้ระยะเวลาอันแท้จริงในระหว่างที่จุดราศีเมษผ่านเมริเดียน ต่างกันไปประมาณ 0.01 วินาทีจากความนานที่โลกหมุนไปรอบแกนตนเองจริง ๆ ในรอบหนึ่ง ๆ

วันดวงอาทิตย์จริง (Apparent solar day) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า “วันจริง” คือระยะเวลาที่ล่วงไปในระหว่างที่จุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนเดียวกัน สองครั้งติดไป เริ่มต้นวันเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียนเบื้องล่างเรียกว่า “เที่ยงคืนจริง” (Apparent midnight) และแบ่งออกเป็น 24 ชั่วโมงจริง ใน 1 ชั่วโมงจริง ยังแบ่งออกเป็นนาทีและวินาทีจริง ขณะที่จุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียนเบื้องบนเรียกว่า “เที่ยงวันจริง” (Apparent noon) ซึ่งจะเป็นเวลา 12 นาฬิกาจริง นาฬิกาที่ใช้วัดเวลานี้คือ “นาฬิกาแดด” (Sundial) เวลาที่อ่านได้เรียกว่า “เวลาจริง” (Apparent solar time)

ความนานของวันจริงไม่เท่ากัน ความนานของวันจริงวันหนึ่ง ๆ ไม่เท่ากัน และเปลี่ยนแปลงไปเสมอ ด้วยเหตุหลายประการด้วยกัน คือ.-

ประการที่ 1 วิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์คล้ายรูปรี โดยที่ดวงอาทิตย์เป็นจุดโฟกัส เมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด โลกจะเคลื่อนตัวบนวิถีโคจรเร็วที่สุด ซึ่งทำให้เห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวไปเป็นระยะทางมากที่สุด ความนานที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน สองครั้ง ถัดกันไป จึงนานมากที่สุดเหมือนกัน ฉะนั้นความนานของวันจะมากที่สุด เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใกล้โลกที่สุด ในทางตรงข้าม เมื่อโลกอยู่ไกลดวงอาทิตย์ที่สุด โลกจะเคลื่อนตัวไปบนวิถีโคจรช้าที่สุด ฉะนั้นความนานของวันจึงน้อยที่สุดเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ไกลโลกที่สุด

ประการที่ 2 ตามที่ปรากฏแก่สายตา ดวงอาทิตย์เดินไปตามวงอิกลิพติก ซึ่งเอียงอยู่กับพื้นนิควินอคเซียล (อิควาเตอร์ท้องฟ้า) ประมาณ 23.5 องศา



รูปที่ 28

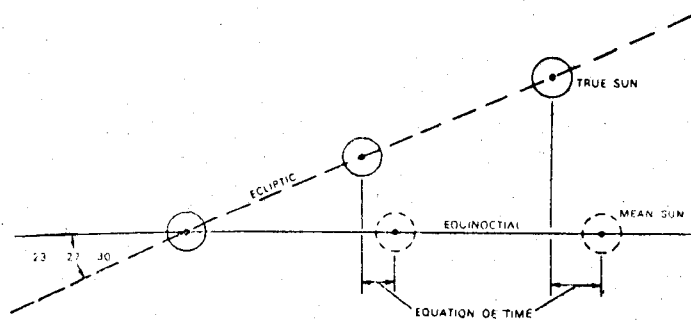
ความนานของวันดวงอาทิตย์จริงไม่เท่ากัน
เนื่องจากดวงอาทิตย์เดินไปตามอิกลิพติก

ตามรูปที่ 28 จะเห็นว่าเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดนิควินอค ความนานของวันจะน้อยที่สุด และเมื่ออยู่ที่จุดซอลสติซ ความนานของวันจะมากที่สุด

ประการที่ 3 เนื่องจากการแกว่งของแกนโลกในขณะที่โลกหมุนรอบตนเอง ดังกล่าวแล้วในข้อ 1.18

ประการที่ 4 เนื่องจากความผิดที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ ที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง

วันดวงอาทิตย์สมมติ (Mean solar day) เมื่อความนานของวันจริง แต่ละวันยาวไม่เท่ากันด้วยเหตุ 4 ประการดังกล่าวแล้ว จึงไม่สามารถที่จะสร้างเครื่องจักรกล ให้วัดความนานที่เปลี่ยนไปต่าง ๆ ทุก ๆ วันของวันจริงได้ ฉะนั้นจึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ของวันเสียใหม่ ให้มีความนานคงที่ เพื่อจะได้สร้างเครื่องจักรกล (นาฬิกา) สำหรับใช้วัดได้ วันที่กำหนดขึ้นใหม่นี้เรียกว่า “วันดวงอาทิตย์สมมติ” หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “วันสมมติ”



รูปที่ 29

ความสัมพันธ์ระหว่างวันจริงและวันสมมติ

หลักเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นใหม่นี้ก็คือสมมติให้มีจุด ๆ หนึ่งเรียกว่า “ดวงอาทิตย์สมมติ” (Mean sun) เคลื่อนไปตามอิกเวเตอร์ท้องฟ้า (อีควินอคเชียล) โดยให้ออกจากจุดราศีเมษพร้อมกับดวงอาทิตย์จริงแล้วกลับมาถึงจุดราศีเมษอีกครั้งพร้อมกัน ซึ่งเป็นเวลา 1 ปี ฉะนั้นความนานใน 1 ปี จึงเท่ากัน ดวงอาทิตย์จริงออกจากจุดราศีเมษแล้ว กลับมาถึงจุดราศีเมษอีกครั้งหนึ่งในเวลา 365.24224 วัน แต่ความนานของแต่ละวันไม่เท่ากัน ส่วนดวงอาทิตย์สมมติก็ออกจากจุดราศีเมษแล้วกลับมาถึงจุดราศีเมษอีกในเวลา 365.24224 วันเหมือนกัน แต่ความนานของแต่ละวันเท่ากัน หมายความว่านำเอาความนานของวันจริงแต่ละวันที่นานไม่เท่ากันตลอดทั้งปี มาเฉลี่ยให้แต่ละวันมีความนานคงที่เท่า ๆ กันทุกวัน

ในรูปที่ 29 จะทำให้เข้าใจง่ายขึ้น สมมติว่าดวงอาทิตย์จริงกับดวงอาทิตย์สมมติออกจากจุดราศีเมษพร้อมกันในวันแรก ความนานของวันจริงจะน้อยกว่าวันสมมติเพียงเล็กน้อย ในวันที่สองความนานของวันจริงจะยิ่งน้อยกว่าวันสมมติมากขึ้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า “วันสมมติ” คือระยะเวลาที่ล่วงไป ในระหว่างที่ดวงอาทิตย์สมมติผ่านเมริเดียนเดียวกันสองครั้งติดกันไป เริ่มต้นวันเมื่อดวงอาทิตย์สมมติอยู่บนเมริเดียนเบื้องล่าง เรียกว่า “เที่ยงคืนสมมติ” (Mean midnight) แบ่งออกเป็น 24 ชั่วโมงสมมติ ใน 1 ชั่วโมงสมมติ แบ่งออกเป็น 60 นาที ใน 1 นาทีแบ่งออกเป็น 60 วินาที ขณะที่ดวงอาทิตย์สมมติอยู่บนเมริเดียนเบื้องบน เรียกว่า “เที่ยงวันสมมติ” (Mean noon) นาฬิกาที่ใช้ตั้งเวลาชนิดนี้เรียกว่า “นาฬิกาสมมติ” (Mean solar clock) เวลาที่อ่านได้เรียกว่า “เวลาสมมติ” (Mean solar time or Meantime) เวลาใช้กันอยู่ทุกวันนี้เป็นเวลาสมมติทั้งสิ้น

เศษเวลา (Equation of time) คือผลต่างระหว่างเวลาสมมติกับเวลาจริง ในขณะใดขณะหนึ่ง ผลต่างนี้แต่ละวันไม่เท่ากันตลอดทั้งปี บางครั้งวันจริงก็นานกว่าวันสมมติ และบางครั้งวันจริงก็เร็วกว่าวันสมมติ ผลต่างนี้ได้ตั้งแต่ 0 วินาที ถึงประมาณ 17 นาที เศษเวลานี้ได้ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือแล้วทุกวันเมื่อเวลา 00^h และ 12^h

3.5 ปี (Year)

เนื่องจากใน 1 ปีมี 365.24224 วัน เป็นการไม่สะดวกในการนับวันเพราะมีเศษจึงได้วางหลักเกณฑ์กำหนดขึ้นใหม่เพื่อจัดทำเป็นปฏิทินขึ้นคือกำหนดให้ปีหนึ่งมี 365 วันถ้วนเรียกว่าปีธรรมดา หรือปกติสุรทิน (Common year) และในปีหนึ่ง กำหนดให้มี 12 เดือน ดังที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้ว แต่ความจริงใน 1 ปีมี 365.24224 วัน ฉะนั้นเพื่อแก้จำนวน 0.24224 วันที่หายไปจึงวางกฎไว้ว่า เมื่อใช้ปีธรรมดาไปได้ 3 ปีแล้ว ในปีที่ 4 ให้เพิ่มวันพิเศษ (Extra day) อีก 1 วันในเดือนกุมภาพันธ์ ฉะนั้นในปีที่ 4 จะมี 366 วัน โดยเรียกว่าปีอธิกสุรทิน (Leap year) ปีที่จะเป็นอธิกสุรทิน คือปีคริสต์ศักราชที่หารด้วย 4 ลงตัว เช่น ปี ค.ศ. 1968 และปี ค.ศ. 1972 เป็นต้น แต่เมื่อใช้ไป 400 ปี จะปรากฏว่ามีวันเกินความจริง ไป 3.104 วัน (0.00776×400) ดังนั้นทุก 400 ปี จึงให้งดเพิ่มวันพิเศษเสีย 3 วัน คือให้งดในปีคริสต์ศักราชที่ครบร้อย ซึ่งหารด้วย 400 ไม่ลงตัว ดังนั้นในปี ค.ศ. 1700, 1800 และ 1900 ซึ่งเป็นปีอธิกสุรทิน จึงต้องเป็นปี ปกติสุรทิน ส่วนปีคริสต์ศักราช ที่ครบร้อยแล้วหารด้วย 400 ลงตัว ก็คงเป็นปีอธิกสุรทิน

วิธีการและกฎเกณฑ์ดังกล่าวที่กำหนดขึ้นนี้ ก็เพื่อให้มีความถูกต้อง ตรงกับธรรมชาติที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่อย่างไรก็ตามกฎเกณฑ์นี้ก็ยังมีความผิดอยู่อีกเล็กน้อย คือจะผิดไปประมาณ 3 วัน ใน 10,000 ปี ซึ่งก็จะต้องหาวิธีแก้ไขกันต่อไป

3.6 เวลา กับ มุมเวลา

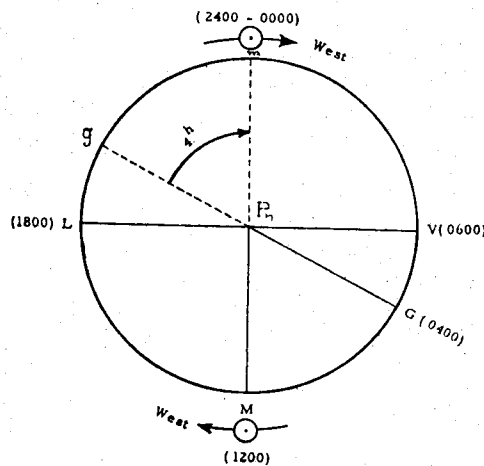
ดวงอาทิตย์สมมติเดินรอบโลกจากทางทิศตะวันออก ไปทางทิศตะวันตกผ่านเมริเดียนผู้ตรวจแล้วกลับมาผ่านเมริเดียนผู้ตรวจนั้นอีกครั้งหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือเมื่อคิดเป็นมุมเวลาแล้วเท่ากับ 360° ดังนั้นเวลาก็อาจเปลี่ยนเป็นมุมเวลา (อาร์ค) ได้ คือ

เวลา	อาร์ค
24 ^h	360°
1 ^h	15°
1 ^m	15'
4 ^s	1'
1 ^s	0.25

ซึ่งในปฏิทินเดินเรือได้ทำมาตราไว้ที่ท้ายเล่มแล้ว เรียกว่า “Conversion of arc to time”

ขอให้เข้าใจอีกครั้งหนึ่งว่า “เวลา” นั้นเริ่มต้น 00^h ที่เมริเดียนเบื้องล่าง ของผู้ตรวจ ส่วน “มุมเวลา” เริ่มต้น 00° ที่เมริเดียนเบื้องบน

สำหรับ “มุมเวลา” จะนับเป็นมุม (องศา) หรือจะนับเป็นเวลา (ชั่วโมง) ก็ได้ แต่ต้องนับจากเมริเดียนเบื้องบนของผู้ตรวจ



รูปที่ 30
รูปแสดงเวลาของตำบลที่ต่าง ๆ

3.7 เวลาของตำบลที่ต่าง ๆ

รูปที่ 30 นี้เป็นรูปแสดงเวลาของตำบลที่ต่าง ๆ อันสัมพันธ์กันเป็นรูปบนพื้นอิควาเตอร์ท้องฟ้า ซึ่งมองจากนอกทรงกลมท้องฟ้าตรงไปยังขั้วท้องฟ้าเหนือ และเป็นรูปที่ใช้มากที่สุดสำหรับแสดงให้เข้าใจเกี่ยวกับเวลาและมุมเวลา

P_nM เป็นเมริเดียนเบื้องบนของผู้ตรวจ ซึ่งมี $P_n - m$ เป็นเมริเดียนเบื้องล่าง

เมื่อดวงอาทิตย์สมมติอยู่ที่ M เวลาของผู้ตรวจก็จะเป็นเวลา 1200 ถ้าดวงอาทิตย์สมมติอยู่ที่ m เวลาของผู้ตรวจก็จะเป็นเวลา 2400 หรือ 0000 ของวันใหม่

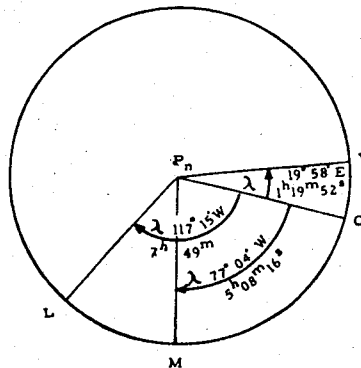
ในขณะที่ดวงอาทิตย์สมมติอยู่ที่ m เวลาของผู้ตรวจ (M) จะเป็นเวลา 2400 เพราะมุมเวลาของดวงอาทิตย์สมมติห่างจากเมริเดียนของผู้ตรวจ 180° คนที่อยู่ ที่ V ซึ่งห่างจาก M เป็นมุม 270° ก็จะมีเวลาต่างจาก M 18 ชั่วโมง และในขณะนั้นมุมเวลาของดวงอาทิตย์สมมติก็ห่างจากเมริเดียน V เท่ากับ 270° เหมือนกัน ฉะนั้นเวลาของคนที่อยู่ ที่ V ก็จะเป็น $2400 - 1800 = 0600$ คนอยู่ที่ G ซึ่งห่างจาก M เป็นมุม 300° ก็จะมีเวลาต่างจาก M 20 ชั่วโมง

เวลาของคนที่อยู่ G ก็จะเป็น $2400 - 2000 = 0400$ กรณีของ G นี้ จะเห็นว่าในขณะนั้นมุมเวลาของดวงอาทิตย์สมมติห่างจากเมริเดียน C เท่ากับ 240° เมื่อคิดเป็นเวลาจะเท่ากับ 16 ชั่วโมง หมายความว่าดวงอาทิตย์สมมติผ่านเมริเดียนเบื้องล่างของ G คือจุด g ไปแล้ว 4 ชั่วโมง ดังนั้นเวลา ที่ G จึงเป็น 0400 ในทำนองเดียวกันคนที่อยู่ที่ L ซึ่งห่างจาก M เป็นมุม 90° ก็จะมีเวลาเป็น $2400 - 0600 = 1800$ ดังที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าเวลาของตำบลที่ต่าง ๆ นั้นสัมพันธ์อยู่กับมุมเวลาของดวงอาทิตย์สมมติและผู้ที่อยู่ทางตะวันออกจะเห็นดวงอาทิตย์ก่อนผู้ที่อยู่ทางตะวันตก ซึ่งกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ ผู้ที่อยู่ทางตะวันออกจะมีเวลาเร็วกว่าผู้ที่อยู่ทางตะวันตก

3.8 เวลาทั้งสองจิต (Time and longitude)

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับสองจิตนั้น คือ ผลต่างของสองจิตระหว่างตำบลที่ต่าง ๆ ในขณะใดขณะหนึ่ง ก็จะเป็นผลต่างของเวลาระหว่างตำบลที่เหล่านั้นในขณะนั้น

ในทำนองเดียวกันผลต่างระหว่างเวลาตำบลที่ (Local solar time) ของสองตำบล ในขณะหนึ่งที่กำหนดให้ ก็จะเป็นผลต่างของ “สองจิตเป็นเวลา” (Long in Time) ของตำบลที่ทั้งสองนั้น



รูปที่ 31

ผลต่างระหว่างเวลาของตำบลที่ต่าง ๆ จะเท่ากับผลต่างของสองจิต เมื่อแตกเป็นหน่วยเวลา

ในรูปที่ 31 สมมติให้ PnG เป็นเมริเดียนของกรีนิช เรือลำหนึ่งอยู่บนเมริเดียน PnV มี Long. $19^\circ 58' E.$, PnM เป็นเมริเดียนที่ผ่านหอดูดาวมี Long $77^\circ 04' W.$, PnL เป็นเมริเดียนที่ผ่านกระโจมไฟ มี Long. $117^\circ 15' W.$ ผลต่างของ Long. ระหว่างเรือกับหอดูดาว คือ $19^\circ 58' + 77^\circ 04' = 97^\circ 02'$ และผลต่างของ Long. ระหว่างกระโจมไฟกับหอดูดาวคือ $117^\circ 15' - 77^\circ 04' = 40^\circ 11'$

เมื่อเปลี่ยนผลต่างของ Long. เป็นเวลาจะได้

$$97^{\circ} 02' = 06^h 28^m 08^s$$

$$40^{\circ} 11' = 02^h 40^m 44^s$$

ถ้าในขณะนั้นดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียนของหอดูดาว เวลาที่หอดูดาวก็จะ
เป็นเวลา $12^h 00^m 00^s$

$$\text{ฉะนั้น เวลาที่เรืออยู่ (V) ก็จะเป็น } 12^h 00^m 00^s + 06^h 28^m 08^s = 18^h 28^m 08^s$$

$$\text{เวลาที่กระโจมไฟ (L) ก็จะเป็น } 12^h 00^m 00^s - 02^h 40^m 44^s = 09^h 19^m 16^s$$

เวลาที่ได้นี้ถ้าจะมีการเปลี่ยนวันที่ไปด้วยก็ได้ ในกรณีที่ต้องเปลี่ยนวันที่ก็คือ ต้องนำ
เอา 24^h คือ 1 วัน มาเกี่ยวข้องด้วย

เช่น ถ้าเวลาที่ M เป็นเวลา $01^h 00^m 00^s$ ของวันที่ 8 เวลาที่ จะเป็น

$$01^h 00^m 00^s - 02^h 40^m 44^s$$

$$= 25^h 00^m 00^s - 02^h 40^m 44^s \text{ (ลบไม่พอต้องเอา } 24^h \text{ ไปบวก)}$$

$$= 22^h 19^m 16^s \text{ ของวันที่ 7}$$

และถ้าสมมติให้เวลา M เป็นเวลา $22^h 00^m 00^s$ ของวันที่ 8 เวลา V ก็จะเป็น
 $22^h 00^m 00^s + 06^h 28^m 08^s$

$$= 28^h 28^m 08^s - 24^h 00^m 00^s \text{ (เกินไป } 24^h \text{ ไปต้องเอา } 24^h \text{ ลบออก)}$$

$$= 04^h 28^m 08^s \text{ ของวันที่ 9}$$

ในทำนองเดียวกันตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ถ้าเวลาที่ M เป็น $12^h 00^m 00^s$ เวลาที่ V
จะเป็น $18^h 28^m 08^s$ ฉะนั้น ผลต่างของเวลาระหว่างที่ M กับที่ V

$$= 18^h 28^m 08^s - 12^h 00^m 00^s$$

$$= 06^h 28^m 08^s$$

คือเป็นผลต่างของลองจิจูดเป็นเวลา เมื่อเปลี่ยนเป็นผลต่างของ Long. ก็จะได้เท่ากับ

$$97^{\circ} 02'$$

สำหรับผลต่างของเวลาที่ M กับที่ L ก็จะได้เช่นเดียวกันคือ

$$= 12^h 00^m 00^s - 09^h 19^m 16^s$$

$$= 02^h 40^m 44^s$$

ซึ่งเป็นผลต่างของลองจิจูดเป็นเวลาและเมื่อเปลี่ยนเป็นผลต่างของ Long. ก็จะได้
เท่ากับ $40^{\circ} 11'$

3.9 เวลาสมมติกรีนิช (Greenwich mean time)

ใช้อักษรย่อว่า “GMT” เป็นเวลาสมมติที่เมริเดียนของกรีนิช ดวงอาทิตย์สมมติผ่านเมริเดียนเบื้องล่างของกรีนิชจะเป็นเวลา GMT 2400 หรือ 0000 ของแต่ละวัน และผ่านเมริเดียนเบื้องบนของกรีนิชจะเป็นเวลา GMT 1200 ของแต่ละวันเช่นกัน

เพราะว่าเวลาเปลี่ยนแปลงไปตามลองจิจูด (เช่นตำบลที่หนึ่งเป็นเวลา 2400 อีกตำบลที่หนึ่งเป็นเวลา 1200 ตำบลที่ทั้งสองก็จะมีลองจิจูดห่างจากกัน 180°) และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้เวลาของเมริเดียนใดเมริเดียนหนึ่งเป็นมาตรฐาน สำหรับคำนวณตำบลที่หรือโคออดิเนตของวัตถุท้องฟ้าลงในปฏิทินเดินเรือ

ได้ทำการตกลงและยอมรับกันโดยทั่วไปว่าให้ใช้เมริเดียนของกรีนิช เป็นเมริเดียนมาตรฐานสำหรับอ้างอิงเวลา หมายความว่าให้ใช้เวลาที่เมริเดียนของกรีนิช เป็นเวลามาตรฐานสากล (Universal Time) ซึ่งเรียกว่า Greenwich mean time หรือ GMT นอกจากนั้นเมริเดียนของกรีนิชยังใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับวัดมุมเวลาของวัตถุท้องฟ้าคือ GHA และใช้สำหรับคำนวณลองจิจูดอีกด้วย

ด้วยเหตุดังกล่าวนี้บรรดาโคออดิเนตและรายการอื่น ๆ ของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ในปฏิทินเดินเรือจึงใช้เวลา GMT ทั้งสิ้น ดังนั้นในขณะที่ผู้ตรวจวัตถุท้องฟ้า ไม่ว่าจะอยู่ ณ ที่ใดก็ตามจึง จำเป็นต้องทราบว่าเป็นวันใด และเวลา GMT เท่าใด

เวลา GMT ไม่สะดวกที่จะใช้ให้เหมือนกันทั่วทุกแห่งในโลกได้ ถ้านาฬิกาทุกเรือน ตั้งเป็นเวลา GMT เหมือนกันหมดทั่วโลกแล้ว เวลาของปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ณ ตำบลที่ต่าง ๆ บนโลกก็จะไม่ตรงกับความเป็นจริงเช่น เวลาดวงอาทิตย์ขึ้น เวลาที่ดวงอาทิตย์ตรงศีรษะ (เที่ยง) และเวลาดวงอาทิตย์ตก เป็นต้น กล่าวคือถ้าใช้เวลา GMT เหมือนกันทั่วโลกแล้ว ขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้นที่กรีนิชเป็นเวลา 0600 เวลาที่กรุงเทพฯ ก็จะเป็นเวลา 0600 ด้วย แต่คนที่กรุงเทพฯ จะเห็นว่า ดวงอาทิตย์ได้ขึ้นสูงเลยเมริเดียนไปแล้วตั้ง 15° (เลยเที่ยงไปแล้วตั้ง 1 ชั่วโมง) ดังนั้นเป็นต้น ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดเวลาดวงอาทิตย์ อีกชนิดหนึ่งขึ้นเพื่อให้คนทั่วโลกปฏิบัติงานต่าง ๆ ได้ตรงกับธรรมชาติ ณ ตำบลที่นั้น ๆ ทุก ๆ วัน

3.10 เวลาสมมติตำบลที่ (Local mean time)

ใช้อักษรย่อว่า “LMT” เป็นเวลาสมมติ ที่เมริเดียนของผู้ตรวจ ซึ่งจะอยู่ ณ ตำบลที่ใดก็ได้ ดวงอาทิตย์สมมติผ่านเมริเดียนเบื้องล่างของผู้ตรวจจะเป็นเวลา LMT 2400 หรือ 0000 ของแต่ละวันและผ่านเมริเดียนเบื้องบน ของผู้ตรวจจะเป็นเวลา LMT 1200 ของแต่ละวันเช่นกัน

เวลา GMT ก็ถือได้ว่าเป็นเวลา LMT ของผู้ตรวจที่อยู่บนเมริเดียนกรีนวิชเหมือนกัน

เวลา LMT ก็ยังใช้ไม่สะดวกทีเดียวนัก เพราะ LMT ขึ้นอยู่กับเมริเดียน ทุกเมริเดียน เช่น กองเรือซึ่งมีเรืออยู่ในกระบวนหลายลำเรือลำที่อยู่ทางตะวันออก สุดท้ายกระบวนกับเรือลำที่อยู่ทางตะวันตกของต้นกระบวน จะมีเวลา LMT ต่างกัน เพราะอยู่กันคนละเมริเดียน ในเมืองเมืองหนึ่ง คนที่อยู่ทางตะวันออกชายเขตแดนของเมือง กับคนที่อยู่ทางตะวันตกชายเขตแดนของเมือง จะมีเวลา LMT ต่างกัน เพราะอยู่กันคนละเมริเดียน เมื่อเวลาต่างกันเพราะเมริเดียนต่างกันเช่นนี้ จึงทำให้เรือในกระบวนเรือนั้น และคนในเมืองเดียวกันนั้นพูดจานัดหมายกันไม่เข้าใจ อาจนำไปสู่เหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันได้ ฉะนั้นเพื่อขจัดความเสียหายอันเกิดจากเวลา LMT จึงได้กำหนดให้มี “เวลาประจำภาค” (Zone Time) ขึ้น สำหรับใช้ควบคุมการปฏิบัติงานต่าง ๆ ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย สำหรับนักเดินเรือยังคงใช้เวลา LMT บ้างในกรณีพิเศษเท่านั้น

3.11 เวลาประจำภาค (Zone Time)

ใช้อักษรย่อว่า “ZT” แนวความคิดในการที่จะ ใช้เวลา LMT ให้ได้ประโยชน์แก่ส่วนรวม และให้สัมพันธ์กับเวลา GMT เพื่อใช้สำหรับอ้างอิง จึงได้วางหลักเกณฑ์ว่า ให้ผู้ที่อยู่ทางตะวันออกของเมริเดียนกรีนวิชเป็นผู้ที่เห็นดวงอาทิตย์ที่หลัง และเริ่มต้นเวลาที่หลังโดยใช้เวลา GMT เป็นหลักจากแนวความคิดนี้ จึงได้แบ่งพื้นโลกออกเป็นภาค ๆ รอบโลก ภาคละ 15° ไปตามขอบของอิกเวเตอร์รอบโลก จากขั้วเหนือถึงขั้วใต้เรียกว่า “ภาคเวลา” (Time Zone) และให้แต่ละภาคเวลาใช้เวลาเหมือนกันโดยใช้เวลา LMT ที่เมริเดียนกลางของแต่ละภาคเป็นเวลาประจำภาคนั้น ๆ เมื่อแบ่งภาคออกไปเช่นนี้แล้ว จะเห็นว่าแต่ละภาคไม่กว้างเกินไป เวลาประจำภาคของตำบลที่ต่าง ๆ ภายในภาคหนึ่ง ๆ ก็สามารถใช้เหมือนกันได้ และเหมาะสมกับการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ ตามที่ผู้ตรวจมองเห็นโดยไม่ผิดธรรมชาติไปมากนัก

เวลาประจำภาคแต่ละภาคเวลาจะต่างกัน 1 ชั่วโมง (15°) รอบโลกมีภาคเวลา 24 ภาค ถ้าเรือหรือคนเดินทางเปลี่ยนภาคไป ก็ต้องตั้งเวลาให้มีตามเวลาประจำภาคนั้น ๆ คือเมื่อข้ามภาคเวลาไปทางตะวันออก ก็ต้องเปลี่ยนเวลาให้เร็วขึ้น 1 ชั่วโมง และเมื่อข้ามภาคเวลาไปทางตะวันตก ก็ต้องเปลี่ยนเวลาให้ช้าลง 1 ชั่วโมง

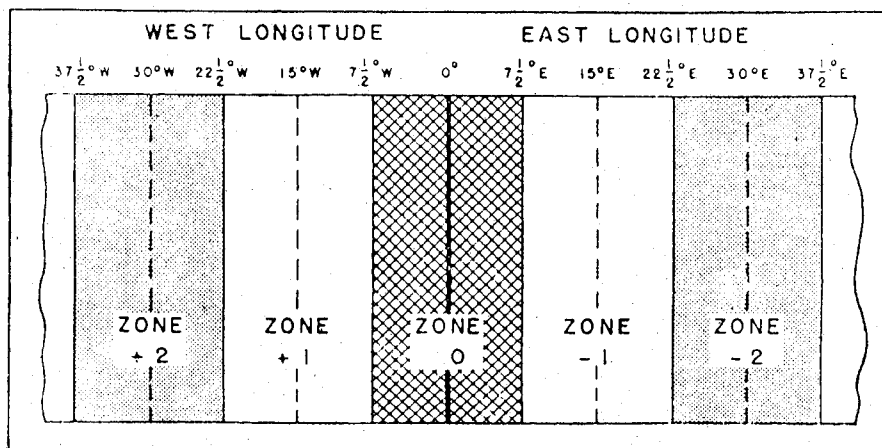
เมื่อเรืออยู่ในทะเลความกว้างของภาคเวลาก็คือ Long. เปลี่ยน 15° ส่วนเขตของภาคเวลาบนบกนั้นขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ อาจกำหนดให้ใช้เวลาของภาคใดก็ได้ แล้วแต่จะเห็นเหมาะสม

3.12 เลขประจำภาค (Zone description)

ใช้อักษรย่อว่า “ZD” คือตัวเลขเป็นจำนวนชั่วโมงประจำภาคเวลาแต่ละภาค จะเป็นบวก (+) หรือลบ (-) แล้วแต่ว่าภาคนั้น ๆ จะอยู่ทางตะวันตกหรือทางตะวันออกของกรีนิช ถ้าอยู่ทางตะวันตกเป็นบวก (+) ถ้าอยู่ทางตะวันออกเป็นลบ (-)

ภาคเวลาแรกใช้เมริเดียนกรีนิชเป็นเมริเดียนกลางมีเขตตั้งแต่ Long. 7° 30' W. ถึง Long. 7° 30' E. ใช้เลขประจำภาค 0 (ชั่วโมง)

ภาคเวลาถัดไปทางตะวันออกใช้เมริเดียนที่ Long. 15° E. เป็นเมริเดียนกลาง มีเขตตั้งแต่ Long. 7° 30' E. ถึง Long. 22° 30' E. ใช้เลขประจำภาค - 1 (ชั่วโมง)



รูปที่ 32
เขตของภาคเวลาต่าง ๆ

ภาคเวลาถัดไปทางตะวันตกใช้เมริเดียนที่ Long. 15° W. เป็นเมริเดียนกลาง มีเขตตั้งแต่ Long. $7^{\circ} 30'$ W ถึง Long. $22^{\circ} 30'$ W. ใช้เลขประจำภาค +1 (ชั่วโมง)

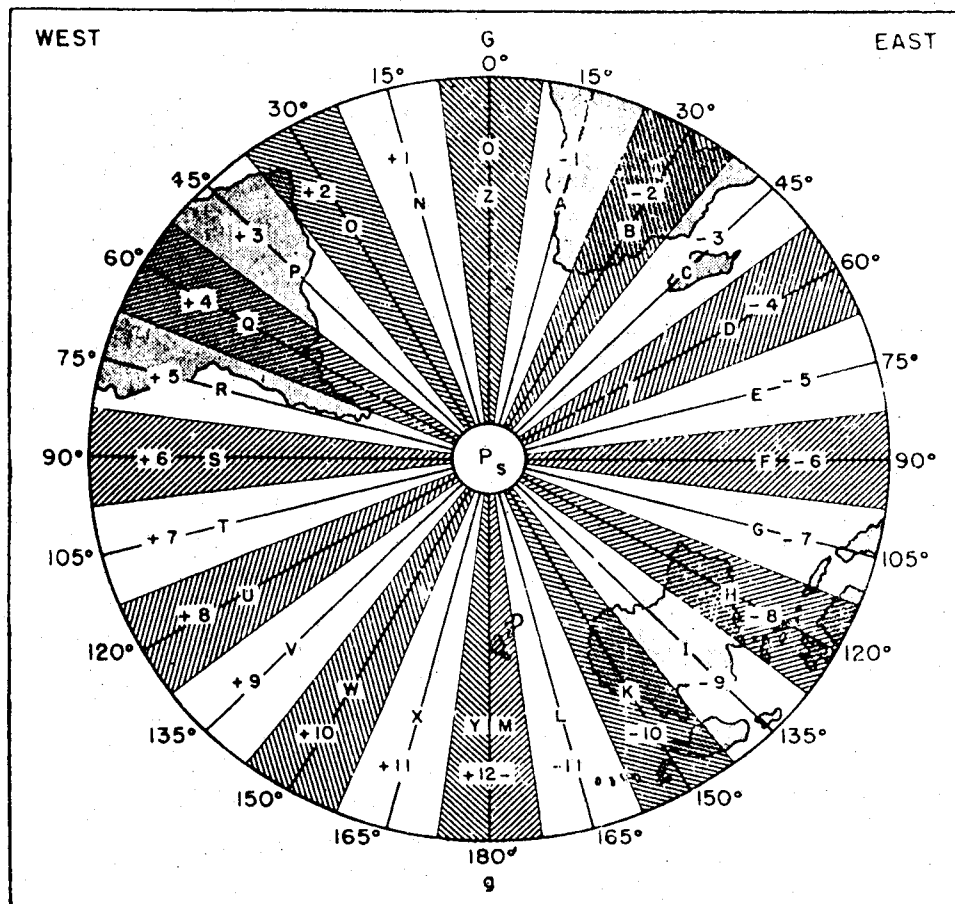
แบ่งภาคเวลาเช่นนี้จากเมริเดียนกรีนิชออกไปทางตะวันออกและทางตะวันตกทั้งสองข้างข้างละ 12 ภาค โดยให้เมริเดียนกลางของภาคเวลาอยู่ที่ทุก ๆ 15° ของลองจิจูด เช่น 15° E. หรือ W., 30° E. หรือ W., 45° E. หรือ W. เป็นต้น เมริเดียนกลางของภาคเวลาแต่ละภาคเรียกว่า เมริเดียนมาตรฐาน (Standard meridian) ของภาคเวลานั้น ๆ

เลขประจำภาค (ZD) ของตำบลที่ต่าง ๆ ที่อยู่ในภาคเวลานั้น ๆ เมื่อนำไปใช้ เป็นอัตราแก้ไขของเวลาประจำภาคในภาคนั้น ตามเครื่องหมายก็จะเป็นเวลา GMT เช่นตำบลที่ที่อยู่ในภาคเวลาระหว่าง Long. $22^{\circ} 30'$ E. กับ Long. $37^{\circ} 30'$ E ซึ่งมี ZD เป็น -2 ในขณะหนึ่งมีเวลาประจำภาค (ZT) เป็น 1200 ฉะนั้นเวลาที่กรีนิช (GMT) ในขณะนั้นจะเป็นเวลา $1200 - 200 = 1000$ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้ที่อยู่ทางตะวันออกของกรีนิชจะมีเวลาเร็วกว่ากรีนิช และผู้ที่อยู่ทางตะวันตกของกรีนิชจะมีเวลาช้ากว่ากรีนิช

ได้ทราบแล้วว่าเวลา LMT ของเมริเดียนมาตรฐานแต่ละภาคเวลา ใช้เป็นเวลาประจำภาคของภาคเวลานั้น ๆ และเวลา LMT ของเมริเดียนมาตรฐานจะต่างกับเวลา GMT ไป 1 ชั่วโมง ทุก ๆ 15° ของลองจิจูด ฉะนั้นการหาเลขประจำภาค (ZD) ของเมริเดียนมาตรฐานก็อาจหาได้โดยเอา 15° ไปหารเมริเดียนมาตรฐาน เช่น เมริเดียนมาตรฐานอยู่ที่ Long. 135° W. ก็จะมี $ZD = (+) 9$ (คือ $135^{\circ} \div 15^{\circ} = 9$) และที่เมริเดียนมาตรฐาน Long. 75° E. จะมี $ZD = (-) 5$ (คือ $75^{\circ} \div 15^{\circ} = 5$) ดังนี้ เป็นต้น

ขอบเขตของภาคเวลาที่ใช้เลขประจำภาค (ZD) เดียวกัน คือเมริเดียนที่มีลองจิจูดห่างจากเมริเดียนมาตรฐานไปทางตะวันออกหรือทางตะวันตกข้างละ $7^{\circ} 30'$ เมื่อเรือ อยู่ ณ ที่ใดก็ตามถ้าทราบลองจิจูดของตำบลที่เรือแล้ว ก็อาจหาเลขประจำภาค (ZD) ณ ที่นั้นได้ โดยเอา 15° ไปหารลองจิจูดเฉพาะที่ของศาเต็ม ๆ เมื่อเหลือเศษน้อยกว่า $7^{\circ} 30'$ ผลที่ได้ ซึ่งเป็นจำนวนเต็ม ก็จะเป็น ZD ที่ต้องการ ถ้าหารแล้วเหลือเศษมากกว่า $7^{\circ} 30'$ ผลที่ได้ซึ่งเป็นจำนวนเต็มต้องเอา 1 ชั่วโมงไปบวก จึงจะเป็น ZD ณ ที่นั้นตามต้องการเช่นเรืออยู่ที่ Long. $171^{\circ} 14'.5$ E., ZD จะ = $(-) 11$ คือ $171^{\circ} 14'.5 \div 15^{\circ} = 11$ เหลือเศษ $6^{\circ} 14'.5$ (น้อยกว่า $7^{\circ} 30'$) หรือถ้าเรืออยู่ที่ Long. $38^{\circ} 52'.4$ W. ZD จะ = $(+) 3$ คือ $38^{\circ} 52'.4 \div 15^{\circ} = 2$ เหลือเศษ $8^{\circ} 52'.4$ (มากกว่า $7^{\circ} 30'$ จึงต้องเอา 1 ชั่วโมงไปบวก) วิธีหา ZD อีกอย่าง

หนึ่งใช้วิธีเขียนเส้นเมริเดียนมาตรฐานของภาคเวลา ที่ใกล้เคียงกับที่เรือก็ได้ แล้วเขียนที่เรือลงไป ก็จะทำให้ทราบว่าในขณะนั้นใช้ ZD เท่าใด



รูปที่ 33
แผนผังภาคเวลา

ในรูปที่ 33 เป็นแผนผังภาคเวลาแสดง ZD ให้เห็นตลอดทั้งโลก โดยมองไปที่ขั้วโลก ได้ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวเดินไปทางทวนเข็มนาฬิกา ภาคเวลาแต่ละภาคกว้าง 15° มีภาคเวลาที่พิเศษและสำคัญอยู่ภาคหนึ่ง คือภาคเวลาที่เมริเดียนมาตรฐาน 180° เวลาประจำภาค (ZT) จะใช้ต่างกันไม่เหมือนกับภาคอื่น ๆ คือเวลาประจำภาคจะแบ่งออกเป็นสองส่วน จากเมริเดียนมาตรฐาน ส่วนของครึ่งภาคที่มีลองจิจูดเป็นตะวันออกเวลาประจำภาคจะใช้ ZD เป็น (-) 12 อีกครึ่งภาคที่มีลองจิจูดเป็นตะวันตก เวลาประจำภาคจะใช้ ZD เป็น (+) 12

เมริเดียนมาตรฐาน 180° นี้ จึงทำให้เกิดเส้นเปลี่ยนวันที่ หรือ “เส้นวันที่สากล” (The international date line) ขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

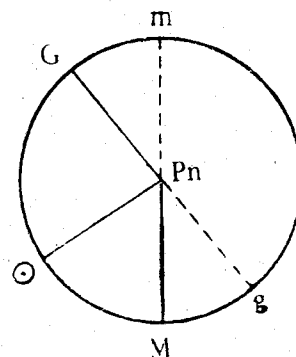
3.13 เวลาประจำภาคและเวลาสมมติกรีนิช (Zone time and Greenwich mean time)

เวลาประจำภาค (ZT) ที่ใช้อยู่ในภาคเวลาต่าง ๆ แตกต่างกับเวลาสมมติกรีนิช (GMT) ด้วยเลขประจำภาค (ZD) ดังนั้นการแก้เวลา ZT ที่ใช้อยู่ในขณะใดก็ตาม ให้เป็นเวลา GMT ก็ให้ใช้ ZD ไปกระทำกับ ZT ในขณะนั้น ตามเครื่องหมาย ถ้าจะแก้เวลา GMT ให้เป็นเวลา ZT ในขณะใดก็ตาม ให้ใช้ ZD ไปกระทำกับเวลา GMT ในขณะนั้นโดยกลับเครื่องหมาย

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 26 เม.ย. เรืออยู่ที่ ลอง. $156^\circ 19'.5$ อ. ทำการวัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลา ZT 16 - 36 - 14 จงหาเวลา GMT และวันที่ในขณะที่ทำกรวัดนั้น

วิธีทำ

Body	Sun
Date (Z)	26 April
ZT	16 - 36 - 14
ZD	(-) 10
GMT	06 - 36 - 14
Date (G)	26 April



ครั้งแรกให้เขียนชื่อวัตถุท้องฟ้าที่วัด, วันที่ตามเวลา ZT และเวลา ZT ในขณะทำการวัด แล้วเขียนแผนผังรูปบนพื้นนอเคเตอร์ท้องฟ้าพอเป็นสังเขปโดยมองที่ขั้วเหนือตามความสัมพันธ์ของเมริเดียนผู้ตรวจ, เมริเดียนกรีนิช และเมริเดียนที่ผ่านดวงอาทิตย์ เพื่อพิจารณาแก้ปัญหาให้ถูกต้องตามความเป็นจริง การเขียนแผนผังเพื่อความสะดวกให้แตกเวลาเป็นมุมเสียให้หมด

ต่อจากนั้นคำนวณ ZD โดยเอา 15° ไปหารลอง. คือ $156^\circ 19'.5 \div 15^\circ = 10$ เพราะเหลือเศษ $6^\circ 19'.5$ ฉะนั้น $ZD = (-) 10$ ที่เป็นลบ (-) เพราะมีลองเป็นตะวันออก ครั้นแล้วเอา

ZD ไปกระทำกับ ZT ตามเครื่องหมายก็จะได้เป็นเวลา GMT สุดท้ายให้พิจารณาวันที่ของ กรีนวิชว่าจะเป็นวันเดียวกันกับที่ ZT หรือไม่ ในกรณีนี้เป็นวันที่เดียวกัน

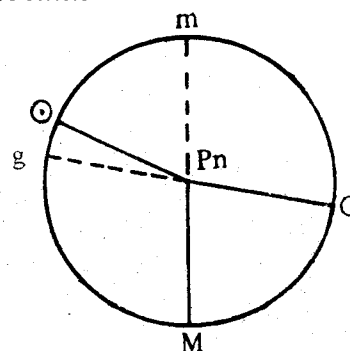
คำตอบก็คือ.- GMT 06 - 36 - 14 on 26 April

หมายเหตุ การเขียนตัวเลขแสดงเวลาไม่จำเป็นต้องเขียนบอกชั่วโมง (h) นาที (m) และวินาที (s) กำกับไว้ก็ได้ ให้ใช้ขีด (-) ระหว่างชั่วโมงกับนาทีและนาที กับ วินาทีแทน เพื่อให้เห็นได้ชัดเจน และตัวเลขต้องใช้ 2 ตำแหน่งเสมอเช่น 16 - 15 - 25, 06 - 05 - 25 และ 00 - 00 - 05

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 14 มิ.ย. เรืออยู่ที่ลอง. $83^{\circ} 17'.9$ ตก. วัดดวงดาว Arcturus ณ เวลา ZT 19 - 15 - 29 จงหาเวลา GMT และวันที่ในขณะที่ทำการวัดนั้น

วิธีทำ

Body	Arcturus
Date (Z)	14 June
ZT	19 - 15 - 29
ZD	(+) 6
GMT	01 - 15 - 29
Date	15 June



เมื่อเขียนชื่อวัตถุท้องฟ้า, วันที่, เวลา ZT และแผนผังเกี่ยวกับเวลาแล้วให้คำนวณ ZD คือ $83^{\circ} 17'.9 \div 15 = 5$ เหลือเศษ $8^{\circ} 17'.9$ ซึ่งเกิน $7^{\circ} 30'$ ฉะนั้น ZD จึง = (+) 6 ที่เป็นบวก (+) เพราะมีลอง. เป็นตะวันตก ครั้นแล้วเอาไปกระทำกับ ZT ตามเครื่องหมาย ก็จะได้เวลา GMT สำหรับวันกรีนวิชต้องมากกว่าวันที่ ZT หนึ่งวัน เพราะเกิน 24 ชั่วโมง

คำตอบ ก็คือ .- GMT 01 - 15 - 29 on 15 June

3.14 เวลาประจำภาคและเวลาสมมติตำบลที่ (Zone time and Local mean time)

ผลต่างระหว่างเวลาประจำภาค (ZT) ณ ที่ใดก็ตามกับเวลา LMT ณ ที่นั้น จะเท่ากับผลต่างระหว่างลองจิจูด ณ ที่นั้นกับลองจิจูดของเมริเดียนมาตรฐาน ซึ่งคิดเป็นหน่วยเวลา (Long in time)

ถ้าตำบลที่นั้นอยู่ทางตะวันออกของเมริเดียนมาตรฐานของภาค จะเห็นปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์ก่อนผู้ที่อยู่บนเมริเดียนมาตรฐาน - เช่น จะเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้าก่อนหรือดวงอาทิตย์จะผ่านเมริเดียนก่อนเป็นต้น ฉะนั้น เวลา LMT ณ ตำบลที่นั้นจึงจะต้องเร็วกว่าเวลา ZT

เมื่อเขียนรูปตามปรากฏการณ์ลงไปแล้ว จะเห็นว่าเมริเดียนมาตรฐานจะต้องอยู่ที่ลอง. 45 ° อ. ผลต่างระหว่างลองจิจูดของเมริเดียนผู้ตรวจกับเมริเดียนมาตรฐาน ($d\lambda$) จะเท่ากับ 6° 01' .5 เปลี่ยนเป็นเวลาจะได้เท่ากับ 24 นาที แต่ผู้ตรวจอยู่ทางตะวันตกของเมริเดียนมาตรฐาน ฉะนั้นจึงต้องเอาไปบวก (+) กับ LMT ตามที่คำนวณได้ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็น ZT ตามต้องการ แต่ในกรณีนี้วันที่ต้องมากกว่าวันที่ของ LMT หนึ่งวัน เพราะเกิน 24 ชั่วโมง

คำตอบ คือ.- ZT 0011 on 27 January

3.15 เวลาอัตราหรือเวลามาตรฐาน (Standard time)

เวลาประจำภาคที่ใช้ตามภาคเวลา ซึ่งได้แบ่งไว้ทุก ๆ 15 ° ลองจิจูดดังกล่าวแล้วนั้น เหมาะที่จะใช้ในทะเลเปิด ถ้าจะนำไปใช้บนบกด้วย ก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้น เพราะประเทศแต่ละประเทศส่วนมากมักจะมีอาณาเขตคร่อมเขตของภาคเวลา ถ้าหากจะนำเอา ZD ตามภาคเวลาไปใช้โดยเคร่งครัดแล้ว ก็จะทำให้เวลาแต่ละตำบลที่อยู่ในประเทศเดียวกันแตกต่างกันไป ยากที่จะควบคุมกิจการต่าง ๆ ภายในประเทศได้ ดังนั้นประเทศต่าง ๆ หลายประเทศจึงมีได้ถือตามกฎเกณฑ์ของภาคเวลาที่ได้กำหนดขึ้นไว้ กลับถือเวลาสมมติกรีนิชเป็นหลัก โดยกำหนดเอาเองว่าประเทศของตนจะใช้เวลาให้เร็วกว่าหรือช้ากว่าเวลาสมมติกรีนิชเท่าใด อาจจะถือเป็นชั่วโมงเต็มหรือมีเศษเป็นนาที วินาที ก็ได้ เวลาของแต่ละประเทศหรือแต่ละแคว้น กำหนดขึ้นเองให้เร็ว หรือช้ากว่าเวลาสมมติกรีนิชนี้ เรียกว่า “เวลาอัตราหรือเวลามาตรฐาน” (Standard time) ของประเทศหรือแคว้นนั้น ๆ เวลาอัตราแต่ละตำบลที่สำคัญ ๆ ได้ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือเหมือนกัน เช่นประเทศพม่าใช้เวลาอัตรา 06^h 30^m เร็วกว่าเวลาสมมติกรีนิช, ประเทศไทยใช้เวลาอัตรา 07^h เร็วกว่าเวลาสมมติกรีนิช, ประเทศมาเลเซียใช้เวลาอัตรา 07^h 30^m เร็วกว่าเวลาสมมติกรีนิช, ที่นิวยอร์กใช้เวลาอัตรา 05^h ช้ากว่าเวลาสมมติกรีนิชหรืออาจกล่าวว่าประเทศใดจะใช้เวลา LMT ที่เมริเดียนใดเป็นเวลา ZT ของตนก็ได้ และเวลาอัตราก็คือ ZD นั้นเอง

3.16 เวลาฤดูร้อน (Summer time) บางทีก็เรียกว่า Daylight saving time (DST)

มีหลายประเทศหลายแคว้นในฤดูร้อน ดวงอาทิตย์ จะขึ้นเวลาประมาณ 4 นาฬิกา หรือ 3 นาฬิกา และกว่าดวงอาทิตย์จะตกก็เป็นเวลาประมาณ 20 นาฬิกา จึงทำให้มีเวลากลางวัน

มาก หากจะถือเวลาปฏิบัติงานตามเวลาอัตราที่กำหนดไว้ ก็จะทำให้รู้สึกว่ไปทำงานสายมาก และอากาศก็ร้อน ดังนั้นในบางประเทศจึงได้ออกกฎหมายบัญญัติขึ้นใช้เกี่ยวกับเวลาเฉพาะฤดูร้อนให้เร็วกว่าเวลาอัตราที่กำหนดไว้ เช่นให้เร็วขึ้น 1 ชั่วโมง ดังนั้นเวลาอัตราตามปกติสมมติว่าเป็น 7 นาฬิกา ก็จะเป็นเวลา 8 นาฬิกาสำหรับฤดูร้อน หรือกำหนดให้นำเอาเวลาอัตราของภาคเวลาที่อยู่ติดกันทางตะวันออกมาใช้ เวลาชนิดนี้ไม่ได้นำมาใช้เกี่ยวกับเดินเรือดาราศาสตร์ และไม่ควรรู้บันทึกเหตุการณ์ใด ๆ ทั้งสิ้น

3.17 การเปลี่ยนเวลาและวันที่ในเรือ (Changing time and date aboard ship)

เมื่อเรือแล่นผ่านจากภาคเวลาหนึ่งไปยังอีกภาคเวลาหนึ่ง เวลา ZT ที่ใช้อยู่เดิม จำต้องเปลี่ยนไปตามเวลาประจำภาคของภาคนั้น ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อเรือแล่นไปทางตะวันออก และข้ามเขตภาคเวลาไป เวลา ZT ของภาคเวลาใหม่ จะเร็วกว่าเวลา ZT ของภาคเวลาเดิม 1 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องตั้งนาฬิกาใหม่ให้เร็วขึ้น 1 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกัน เมื่อเรือแล่นไปทางตะวันตก และข้ามเขตภาคเวลาไป ก็จำเป็นต้องตั้งนาฬิกาใหม่โดยให้ช้าลง 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตรงกับเวลาของตำบลที่ในภาคนั้น ๆ

เป็นหน้าที่ของต้นหนที่จะต้องแจ้งให้ผู้บังคับการเรือทราบ เมื่อเรือกำลังจะแล่นเข้าไปอยู่ในภาคเวลาใหม่ เพื่อผู้บังคับการเรือจะได้เป็นผู้พิจารณาสั่งการให้เปลี่ยนเวลาในเรือต่อไป ตามปกติการเปลี่ยนเวลานาฬิกามักเปลี่ยนในยามผลัดเที่ยงคืน หรือในยามผลัดเช้ามืด ทั้งนี้ เพื่อให้กระทบกระเทือนต่อกิจการในเรือน้อยที่สุดในทางปฏิบัติอาจเปลี่ยนเวลาที่ละครึ่งชั่วโมงก็ได้

เส้นวันที่ (Date line) สมมติว่าเรือลำหนึ่งแล่นไปทางตะวันตกจากจุด ๆ หนึ่งไปตลอดเวลา เมื่อเรือเปลี่ยนภาคเวลาไปก็ต้องตั้งนาฬิกาให้ช้าลงไปเรื่อย ๆ ทีละ 1 ชั่วโมง เมื่อเรือแล่นกลับมาถึงที่เก่าโดยแล่นรอบโลก 1 รอบ จะปรากฏว่าเวลาหายไป 24 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกัน ถ้าเรือแล่นไปทางตะวันออกตลอดเวลารอบโลก 1 รอบ ก็จะมีปรากฏว่าเวลาเพิ่มขึ้น 24 ชั่วโมง ปัญหาจึงเป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องพิจารณาและหาวิธีการที่จะปฏิบัติให้เป็นระเบียบเดียวกัน

วิธีการนั้นจึงพิจารณาดังต่อไปนี้ สมมติว่าเรืออยู่ที่ลอง. 180° ตะวันออกเวลาเรือจะเร็วกว่าเวลากรีนิช 12 ชั่วโมง ถ้าเรืออยู่ที่ลอง. 180° ตะวันตก เวลาเรือจะช้ากว่ากรีนนิช 12 ชั่วโมง ซึ่งความจริงก็อยู่ที่เดียวกันนั่นเอง แต่จะเป็นคนละวันกันไปทั้งนี้เพราะภาคเวลา

ที่มีเมริเดียน 180° เป็นเมริเดียนมาตรฐาน เป็นภาคเวลาพิเศษ คือครึ่งภาค ที่อยู่ทางตะวันออก ZD เป็น (-) 12 และครึ่งภาคที่อยู่ทางตะวันตก ZD เป็น (+) 12 ดังได้กล่าวมาแล้ว

เช่นในวันที่ 3 มกราคม เรืออยู่ที่ ลอง. $179^\circ 45'$ ตก. เป็นเวลา ZT 0900 ซึ่งมี ZD เป็น (+) 12 ชั่วโมง ฉะนั้น เวลา GMT ก็จะเป็นเวลา = $0900 + 12 = 2100$ นาฬิกา วันที่ 3 มกราคม ในขณะนั้น ถ้าเรือแล่นไปทางตะวันออกข้ามเส้นเมริเดียน 180° ไปอยู่ที่ลอง. $179^\circ 45'$ อ. ซึ่งสมมติให้ใช้เวลาเดินทาง 1 ชั่วโมง ดังนั้นเวลา GMT ก็จะเป็นเวลา 2200 นาฬิกา วันที่ 3 มกราคม แต่ในขณะนี้เรืออยู่ในภาคเวลาที่มี ZD เป็น (-) 12 ชั่วโมง ฉะนั้นเวลา ZT ของเรือก็จะเป็น = $2200 + 12 = 3400$ คือ 1000 นาฬิกา ของวันที่ 4 มกราคม ซึ่งน่าจะเป็น 1000 นาฬิกา ของวันที่ 3 มกราคม

เพราะฉะนั้น จึงจำได้ว่า “เมื่อเรือผ่าน เมริเดียน 180° จากตะวันตกไปตะวันออก ต้องเพิ่มวันที่ขึ้นอีก 1 วัน” และในทำนองเดียวกัน “เมื่อเรือผ่านเมริเดียน 180° จากตะวันออกไปตะวันตก ต้องลดวันที่ลง 1 วัน”

แต่เส้นเมริเดียน 180° ผ่านบนบก, เกาะ และหมู่เกาะต่าง ๆ หลายแห่งด้วยกัน เป็นการไม่สะดวกอีก เพราะจะทำให้คนที่อยู่บนบก บนเกาะและหมู่เกาะต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกัน ใช้วันที่ต่างกันไป ฉะนั้น เส้นเมริเดียน 180° ซึ่งเป็นเส้นเปลี่ยนวันที่จึงต้องกำหนดขึ้นใหม่โดยทำให้ทอดเคี้ยวลงไปทะเลเสีย เพื่อความสะดวกแก่การที่จะกำหนดให้เปลี่ยนวันที่ให้แน่นอน เส้นที่กล่าวนี้เรียกว่า “เส้นวันที่” (Date line) หรือ “เส้นวันที่สากล” (The international date line) (ดูแผนที่)

เมื่อกำหนดเส้นวันที่ขึ้นเป็นการแน่นอนอย่างนี้แล้ว ฉะนั้นข้อความที่ให้จำไว้ก็ต้องเปลี่ยนคำว่า “เมริเดียน 180° ” เป็น “เส้นวันที่” ไปด้วย

3.18 การเขียนเวลาและวันที่ในราชนาวิ (Recording time and date in the Navy)

การเขียนเวลาและวันที่ในราชนาวิที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นระบบที่ใช้ในราชนาวิอเมริกัน (ราชนาวิไทยก็ใช้อย่างเดียวกัน)

การเขียนเวลาให้เขียนเลข 3 ตัว สองตัวแรกเป็นชั่วโมงเริ่มจาก 00 ถึง 24, สองตัวหลังเป็นนาที เริ่มจาก 00 ถึง 59 การเขียนเวลาแต่ละวัน จึงเริ่มจาก 0000 ที่เวลาเที่ยงคืน

ไปจนถึง 2400 ซึ่งเป็นเวลาที่เที่ยงคืนของวันถัดไป เช่น 0930, 1637 และ 2103 เป็นต้น การอ่านเวลาเลขที่เป็นชั่วโมง และนาทีให้อ่านแบบหลักสิบ ยกเว้นถ้าไม่ถึงสิบให้อ่านแยกทีละตัว เช่น 0400 อ่านว่า “ศูนย์สี่ศูนย์ - ศูนย์” 2203 อ่านว่า “ยี่สิบสองศูนย์-สาม,” 2235 อ่านว่า “ยี่สิบสองสามสิบห้า”

การส่งโทรเลขและการเขียนรายงานก็ใช้เขียนแบบเดียวกัน แต่ถ้าเรืออยู่ห่างไกล จำเป็นต้องบอกภาคเวลาลงไปด้วย ก็ให้เขียนอักษรย่อของภาคเวลา (ดังแสดงในรูปที่ 33) ต่อท้าย เช่นเรืออยู่ใน ZD (+) 5 เวลา ZT เป็น 1715 ก็ให้เขียน 1715 R. เพราะ R เป็นอักษรย่อประจำภาคเวลา ZD (+) 5 เมื่อมีความจำเป็นจะต้องเขียนวันที่ ก็ให้เขียนเลขวันที่ด้วยเลขสองตัวเติมไปข้างหน้า และถ้าจะบอกเดือนก็ให้เขียนชื่อเดือนเติมไปข้างหน้าท้าย เช่น

“020830 R” คือวันที่ 2 ของเดือน (ที่เข้าใจกันแล้ว) เวลา 0830 ของ ZD (+) 5

“211725 Z April” คือวันที่ 21 เดือน เม.ย. เวลา 1725 ของ ZD 0 คือที่กรีนิช สำหรับชื่อเดือนที่ต่อท้าย ราชนาวิเรา ควรใช้ตัวย่อของเดือนภาษาไทยตามแบบราชการ

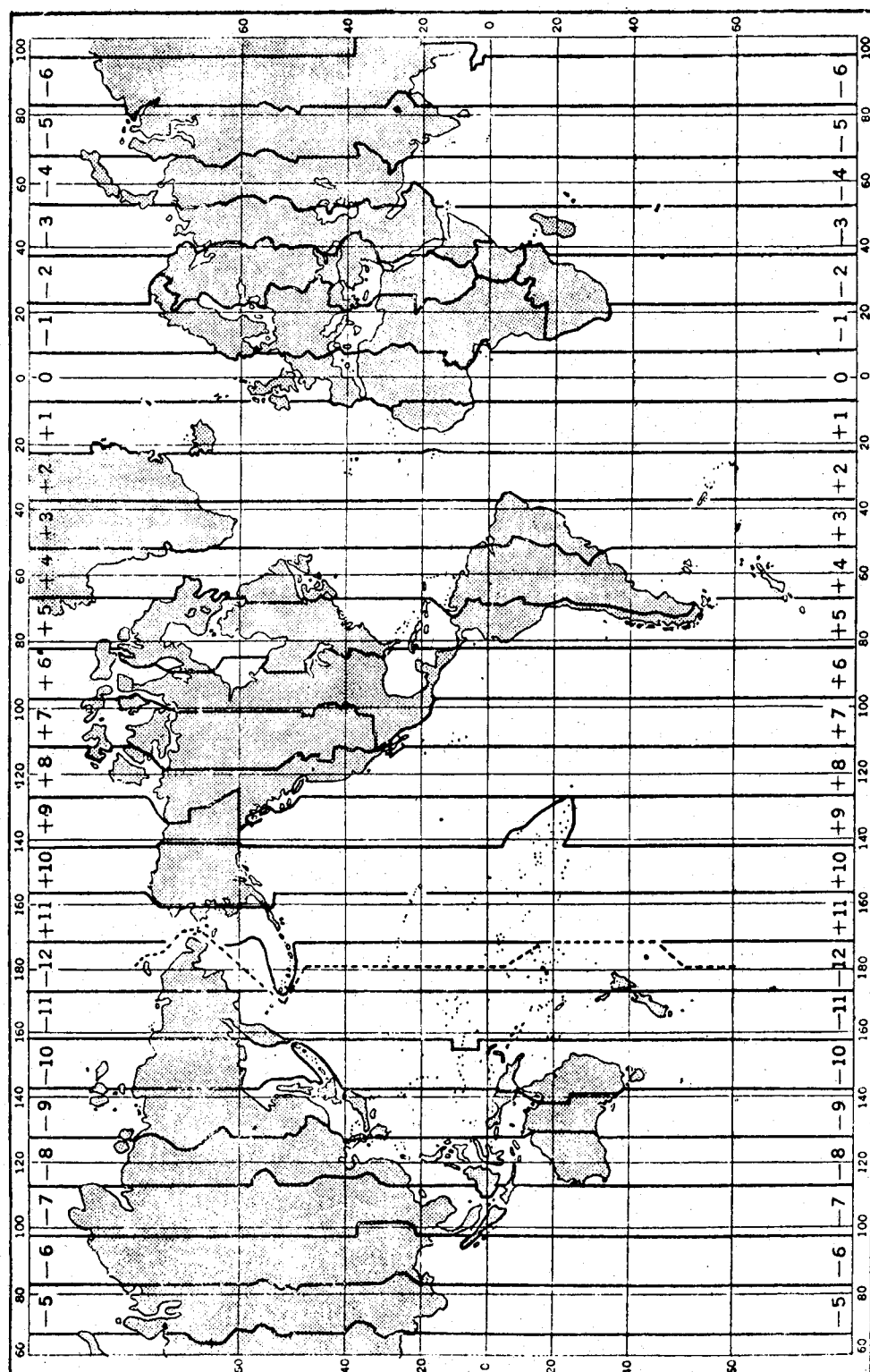
3.19 การหาเวลาในการตรวจวัตถุท้องฟ้า (Timing celestial observations)

เนื่องจากโคออดิเนตและสิ่งต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้าทั้งหลายที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือได้ให้ไว้เป็นเวลา GMT ทั้งสิ้น ดังนั้นในการตรวจหรือวัดสูงวัตถุท้องฟ้าในขณะใด ณ ที่ใดก็ตาม ก็ต้องหาว่าในขณะนั้นเป็นเวลาและวันที่ของ GMT ว่าเป็นเท่าใดเสียก่อนเพื่อนำไปทำการคำนวณหาสิ่งต่าง ๆ จากรูปสามเหลี่ยมเดินเรือ

วิธีที่ง่าย ๆ ก็คือต้องหานาฬิกาเรือนหนึ่ง ที่มีความเที่ยงตรงมาก ตั้งเวลาเป็นเวลากรีนิช (GMT) แล้วเอาไว้ประจำในเรือเสียเลย ครั้นทำการตรวจหรือวัดสูงวัตถุท้องฟ้าในขณะใดก็จดเวลาจากนาฬิกา ก็จะได้เวลาและวันที่ของ GMT เลยทีเดียว

แต่นาฬิกาที่ตั้งเวลา GMT เป็นนาฬิกาที่ต้องการให้รักษาเวลาอย่างเที่ยงตรง มีอัตราผิดน้อยที่สุด จึงต้องดูแลรักษาไว้เป็นอย่างดี และไม่ให้เคลื่อนย้ายไปไหนดังนั้นในขณะทำการตรวจหรือวัดสูงวัตถุท้องฟ้า จะอ่านเวลาจากนาฬิกานี้ก็ไม่สะดวกด้วยเหตุนี้ทางเรือจึงได้นาฬิกาใหม่อีกเรือนหนึ่ง เป็นนาฬิกาขนาดเล็กที่มีความเที่ยงตรงดี อ่านละเอียดได้ทุก 1 วินาที ยกไปไหนก็สะดวก แต่ตั้งเวลาเป็นเวลา ZT ทั้งนี้เพื่อใช้ตั้งเวลาของนาฬิกาต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเรือให้เที่ยงตรง นาฬิกานี้เรียกว่า “นาฬิกาเทียบ” (Comparing Watch) เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกานี้ ใช้ตัวย่อว่า “W” (Watch time) อัตราผิดของนาฬิกาเทียบ ใช้อักษร

Time zone chart of the world.



แผนที่แสดงภาคเวลาและเส้นวัน

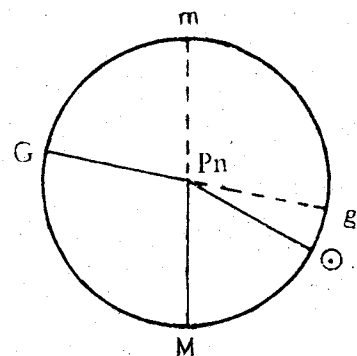
ย่อว่า "WE" (Watch error) เวลาที่อ่านจากนาฬิกานี้ต้องเอา WE ไปแก้เสียก่อน จึง จะเป็นเวลา ZT ถ้า WE เร็วกว่า (F) เวลา ZT อัตราก็คือลบ (-) ถ้า WE ช้ากว่า (S) เวลา ZT อัตราก็คือบวก (+)

นาฬิกาเทียบใช้เทียบเวลาและหาอัตราผิดจากนาฬิกาที่ตั้งเวลา GMT ดังกล่าวแล้ว ในการตรวจหรือวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ใช้อ่านเวลาจากนาฬิกาเทียบแล้วจึงแก้เวลาเป็นเวลาและวันที่ของ GMT

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 5 ก.ย. ที่เรือ ลอง. 94° 46'.7 อ. วัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลา นาฬิกาเทียบ 09 - 16 - 28 อัตราผิดของนาฬิกาเทียบ 1^m 17^s ช้ากว่า ZT จงหาเวลา GMT และวันที่ในขณะที่ทำการวัด

วิธีทำ

Body	Sun
Date (Z)	5 Sept.
W	09 - 16 - 28
WE	(S) 1 - 17
ZT	09 - 17 - 45
ZD (-)	6
GMT	03 - 17 - 45
Date (G)	5 Sept.

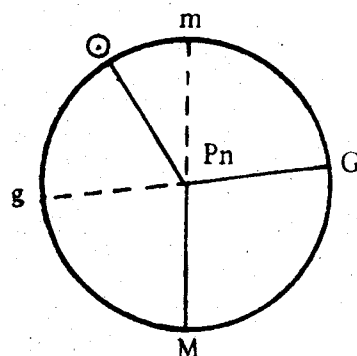


คำตอบคือ.- GMT 03 - 17 - 45 on 5 Sept.

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 28 เม.ย. ที่เรือ ลอง. 92° 40' ตก. วัดสูงดาว Saturn เมื่อเวลา นาฬิกาเทียบ 22 - 52 - 11 อัตราผิดของนาฬิกาเทียบ 0^m 21^s เร็วกว่า ZT จงหาเวลา GMT และวันที่ในขณะที่ทำการวัด

วิธีทำ

Body	Saturn
Date (Z)	28 April
W	22 - 52 - 11
WE	(F) 0 - 21



ZT	22 - 51 - 50
ZD	(+) 6
GMT	04 - 51 - 50
Date (G)	29 April

คำตอบคือ.- GMT 04-51-50 on 29 April.

หมายเหตุ แผนผังเวลาที่เขียนไว้ทางขวามือ ถ้าเข้าใจดีแล้วไม่จำเป็นต้องเขียนก็ได้

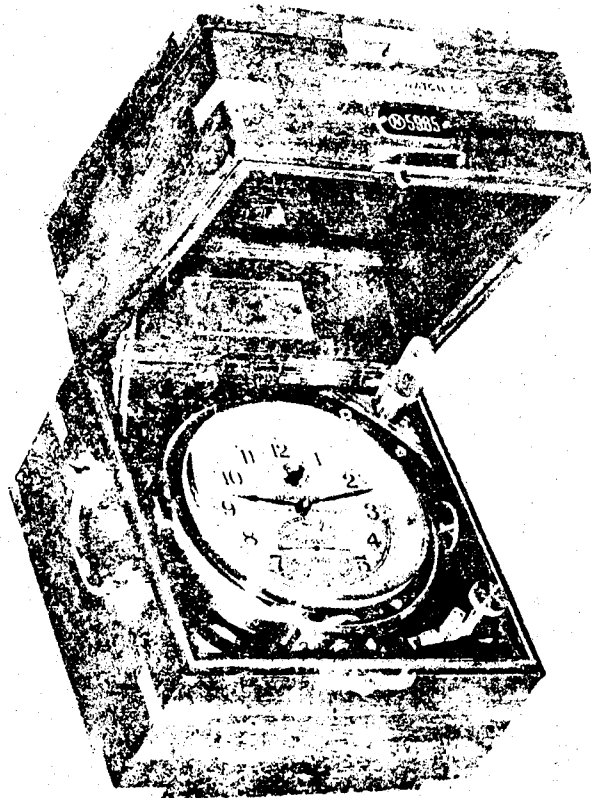
3.20 เครื่องมือรักษาเวลา (Timekeeping Instruments)

นาฬิกาที่ใช้ในการเดินเรือ (Navigational watches) นาฬิกาสำหรับใช้ในการเดินเรือ จะต้องเป็นนาฬิกาที่มีคุณภาพดี มีขนาดกะทัดรัด มีอัตราผิดในตัวเอง (Rate) น้อยและสม่ำเสมอ สะดวกในการอ่านเวลา และมีเข็มวินาที

การอ่านเวลาขณะทำการตรวจหรือวัดสูงให้อ่านเข็มวินาทีก่อน แล้วอ่านเข็มนาที่ สุดท้ายจึงอ่านเข็มชั่วโมง เข็มนาที่และเข็มวินาทีจะเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน การอ่านเข็มนาที่ จะต้องระวังอย่าอ่านให้ผิด เพราะว่าถ้าอ่านผิดไป 1 นาทีแล้ว จะเป็นผลให้เส้นตำบลที่ผิดไปมากถึง 15 ไมล์

นาฬิกาบางเรือนได้ทำให้ตั้งเข็มวินาทีได้ ฉะนั้นอัตราผิดก็จะมี เช่นนาฬิกาที่ตั้งให้ ตรงกับเวลา GMT แล้ว เวลาที่อ่านได้ก็ไม่ต้องมีอัตราแก้ เอาเวลานั้นไปเปิดปฏิทินได้เลยทีเดียว แต่ต้องระวังเกี่ยวกับเรื่องวันที่ของ GMT ด้วย

นาฬิกาโครโนเมตร (The chronometer) นาฬิกาชนิดนี้ได้สร้างขึ้นเป็นแบบพิเศษ วัตถุที่ใช้สร้างทุก ๆ ส่วนมีคุณสมบัติในการยืดหดตัวน้อยที่สุดในเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป มีราคาแพงมาก เป็นนาฬิกาที่รักษาเวลาได้เที่ยงตรงดีที่สุดในเรือ มีเข็มวินาทีเดินทุกครึ่งวินาที ส่วนเข็มนาที่และชั่วโมงเหมือนกับนาฬิกาธรรมดาทั่ว ๆ ไป ที่ไขลานอยู่ด้านล่าง เวลาจะไข ลานต้องพลิกนาฬิกาเอาด้านล่างขึ้นมาเมื่อไขลานแล้วที่หน้าปัดจะมีเข็มบอกให้ทราบว่า นาฬิกาจะเดินไปได้นานกี่ชั่วโมง



รูปที่ 34

นาฬิกาโครโนเมตร (A Chronometer)

นาฬิกาโครโนเมตร ติดอยู่ภายในวงกระดูกสองวง (Gimbal rings) เพื่อรักษาให้นาฬิกาอยู่ในระดับตลอดเวลา ไม่ว่าเรือจะโคลงหรือจะเอียงไปอย่างไรก็ตาม และติดอยู่อย่างแน่นหนาภายในหีบที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ หีบนี้ยังเก็บอยู่ในหีบที่มีเบาะรองรับล้อมรอบเป็นอย่างดีอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการกระแทกกระเทือนและป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอีกด้วย นาฬิกาที่ตั้งเวลาเป็นเวลากรีนิช (GMT) เวลาที่อ่านได้เรียกว่า “เวลานาฬิกาโครโนเมตร” (Chronometer time) ใช้อักษรย่อว่า “C”

นาฬิกาเทียบ (The comparing watch) เป็นนาฬิกาขนาดเล็ก ย่อม รักษาเวลาได้เที่ยงตรงดีพอสมควร มีเข็มวินาทีให้อ่านได้โดยสะดวก สามารถยกไปที่ใดก็ได้ นาฬิกาต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นด้วยความประณีต และมีเข็มวินาทีอ่านได้สะดวก ก็ใช้เป็นนาฬิกาเทียบได้เหมือนกัน

เนื่องด้วยนาฬิกาโครโนเมตรจะต้องดูแลและวังรักษาเป็นพิเศษ จึงห้ามไม่ให้ยกเคลื่อนย้ายออกไปจากที่ ฉะนั้นในการตรวจและวัดสูงวัดต่ำต้องพึ่งพา จึงไม่อาจอ่านเวลาจากนาฬิกาโครโนเมตรได้โดยสะดวก ดังนั้นจึงต้องใช้อ่านเวลาจากนาฬิกาเทียบแทน

นาฬิกาเทียบส่วนมากจะตั้งเวลาเป็นเวลา ZT เวลาที่อ่านได้ในขณะตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้า เรียกว่า “เวลานาฬิกาเทียบ” (Watch time) ใช้ตัวย่อว่า “W” ครั้นแล้วจึงแก้เวลาให้เป็นเวลา GMT

นาฬิกาถด (The stop watch) เป็นนาฬิกาที่สามารถกดให้เดินและหยุดได้ทุกขณะตามต้องการ สามารถอ่านได้ถึงเศษของวินาทีหรือ 1 ใน 10 วินาที นักเดินเรือมักชอบใช้นาฬิกาถดในขณะทำการตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้า

การใช้นาฬิกาถดสำหรับอ่านเวลาในขณะทำการตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้านั้นครั้งแรกกดนาฬิกาถดให้เดินพร้อมกับอ่านเวลาที่นาฬิกาโครโนเมตร ซึ่งเป็นเวลา GMT แล้วจดเวลาไว้ ต่อจากนั้นก็ให้นาฬิกาถดที่กำลังเดินอยู่ ไปทำการตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้า เมื่อตรวจวัดถูกต้องฟ้าได้ตามต้องการก็กดนาฬิกาถดให้หยุด แล้วอ่านเวลาที่นาฬิกาถด เหาะยะเวลาที่นาฬิกาถดเดินไป ไปบวกกับเวลานาฬิกาโครโนเมตรที่จดไว้ก็จะเป็นเวลา GMT ในขณะทำการตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้าตามต้องการ การกดนาฬิกาถดให้เดินในครั้งแรกนั้นอาจใช้กดให้เดินโดยฟังสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุก็ได้

นักเดินเรือบางท่านอาจใช้วิธีกลับกันก็ได้ โดยกดนาฬิกาถดให้เดินในขณะตรวจหรือวัดสูงวัดถูกต้องฟ้า แล้วไปกดนาฬิกาถดให้หยุด พร้อมกับอ่านเวลาที่นาฬิกาโครโนเมตร แต่ต้องเอาระยะเวลาที่ล่วงไปของนาฬิกาถด ลบจากเวลาที่นาฬิกาโครโนเมตร

ด้วยวิธีดังกล่าวแล้วนี้ อาจใช้นาฬิกาถดหาอัตราผิดของนาฬิกาเรือนอื่น ๆ ว่า มีอัตราผิดจากนาฬิกาโครโนเมตรเท่าใดก็ได้

3.21 การหาอัตราผิดของเครื่องมือรักษาเวลา (Errors in timekeeping instruments)

นาฬิกาที่รักษาเวลาทุกเรือนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาอัตราผิดที่ต่างไปจากเวลาที่ถูกต้องอยู่เสมอทุกโอกาส เพื่อให้ทราบว่านาฬิการักษาเวลาของแต่ละเรือนนั้นมีอัตราผิดช้าหรือ เร็วกว่าเวลาที่ถูกต้องเท่าใด

ถ้าอัตราผิด (E) เร็วไป ก็หมายความว่า เวลาของนาฬิกาเรือนนั้นมีเวลามากกว่าเวลาที่ถูกต้อง เมื่อเอาอัตราผิด (E) ไปลบออกจากเวลาของนาฬิกาเรือนนั้นก็จะเป็นเวลาที่ถูกต้อง ถ้าอัตราผิด (E) ช้าไป ก็หมายความว่าเวลาของนาฬิกาเรือนนั้นมีเวลาน้อยกว่าเวลาที่ถูกต้อง เมื่อเอาอัตราผิด (E) ไปบวกกับเวลาของนาฬิกาเรือนนั้นก็จะเป็นเวลาที่ถูกต้อง

การหาอัตราผิดของนาฬิกาเทียบ (Watch error) ใช้ตัวย่อว่า “WE” อัตราผิดของนาฬิกาเทียบ (WE) ก็คือเป็นผลต่างระหว่างเวลาของนาฬิกาเทียบเรือนนั้นกับเวลาที่ถูกต้องในขณะใดขณะหนึ่ง ส่วนอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาเทียบเอง (Rate) นั้น ก็คือผลต่างของอัตราผิดของนาฬิกาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วงเวลาที่กำหนดขึ้นเป็นประจำ ตามปกติจะใช้

ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าหากอัตราเปลี่ยนประจำของนาฬิกาเทียบมีน้อยมากก็ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง การหาอัตราเปลี่ยนประจำของนาฬิกาเทียบใช้เปรียบเทียบกับนาฬิกาโครโนเมตร

ส่วนการหาอัตราผิดของนาฬิกาเทียบ (WE) นั้น จะใช้หาโดยตรงจากสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุก็ได้ แต่ต้องระวังเรื่อง ZD ของสถานีส่งสัญญาณเทียบเวลากับ ZD ของนาฬิกาเทียบ ซึ่งอาจแตกต่างกันได้ หรือจะใช้หาอัตราผิด(WE) โดยเทียบกับเวลานาฬิกาโครโนเมตรก็ได้

การหาอัตราผิดของนาฬิกาเทียบโดยใช้เทียบเวลากับนาฬิกาโครโนเมตานั้นทำดังนี้ คือนำเอาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตร (CE) (ซึ่งจะกล่าวต่อไป) ไปแก้กับเวลานาฬิกาโครโนเมตรที่อ่านได้ ก็จะเป็นเวลา GMT ที่ถูกต้องและเมื่อเอา ZD ไปแก้อีกครั้งหนึ่ง โดยกลับเครื่องหมาย ก็จะเป็นเวลา ZT ที่ถูกต้อง เวลาที่แตกต่างกันระหว่างเวลา ZT กับเวลาของนาฬิกาเทียบ ก็จะเป็นอัตราผิดของนาฬิกาเทียบ (WE) ตามต้องการ

ตัวอย่าง ในตอนเช้าวันที่ 3 ต.ค. เรืออยู่ที่ ลอง. $55^{\circ} 18'.6$ อ. นำนานาฬิกาเทียบไปเทียบกับนาฬิกาโครโนเมตร อ่านเวลานาฬิกาเทียบได้ 9-43-28 เมื่ออ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 5-31-00 อัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร $12^m 56^s$ ช้ากว่าเวลา GMT จงหาอัตราผิดของนาฬิกาเทียบตามเวลา ZT ขณะนั้น

วิธีทำ

C	5 - 31 - 00	3 Oct
CE	(S) 12 - 56	
GMT	5 - 43 - 56	3 Oct.
ZD	(-) 4	(กลับเครื่องหมาย)
ZT	9 - 43 - 56	
W	9 - 43 - 28	
WE	(S) 28	

คำตอบ.- WE 28^s ช้ากว่าเวลา ZT

หมายเหตุ.- คำว่า "Error" น่าจะใช้ว่า "ความคลาดเคลื่อน" และคำว่า "Rate" น่าจะใช้ว่า "อัตราผิด" แต่เนื่องด้วยความเคยชินมานานแล้ว คำว่า "Error" จึงใช้คำว่า "อัตราผิด" ส่วนคำว่า "Rate" เคยใช้ทับศัพท์ คือ "เรทนาฬิกา" จึงขอใช้คำว่า "อัตราเปลี่ยนประจำของนาฬิกา"

การหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตร (Chronometer error) ใช้ตัวย่อว่า "CE" ผลต่างระหว่างเวลาของนาฬิกาโครโนเมตร (C) กับเวลา GMT ในขณะใดขณะหนึ่ง เรียกว่า "อัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร" (CE) ถ้าเวลานาฬิกาโครโนเมตรเร็วกว่าเวลา GMT ใช้ตัวย่อว่า "F" (Fast) ถ้าช้ากว่า ใช้ตัวย่อว่า "S" (Slow)

เมื่อไม่มีการตั้งนาฬิกาโครโนเมตรใหม่ในเรือ อัตราผิดจะสะสมไว้มาก ทั้งนี้เนื่องด้วยอัตราผิดประจำของนาฬิกา (Rate) ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราผิด (Error) ไว้แน่นอน

วิธีหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรใช้เทียบเวลากับสัญญาณเทียบเวลาจากสถานีวิทยุโดยตรง หรืออาจใช้นาฬิกาเทียบช่วยก็ได้ เมื่อนาฬิกาโครโนเมตรอยู่ห่างจากเครื่องรับวิทยุ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการยกนาฬิกาโครโนเมตรออกจากที่

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 31 ต.ค. เรืออยู่ที่ ลอง $138^{\circ} 36'.6$ ตก. ทำการเทียบเวลาเพื่อหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรจากสถานี Mare Island ซึ่งตั้งอยู่ที่ ลอง $122^{\circ} 16'.4$ ตก. สถานีได้ส่งสัญญาณเทียบเวลา เมื่อเวลา 1200 ตามเวลา ZT ในขณะนั้นอ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 7 - 46 - 27 จงหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรจากเวลา GMT

วิธีทำ

ZT	12 - 00 - 00	31 Oct.
ZD (+)	<u>8</u>	
GMT	20 - 00 - 00	31 Oct
C	<u>19 - 46 - 27</u>	
CE	(S) <u>13 - 33</u>	

คำตอบ.- อัตราผิวนาฬิกาโครโนเมตร $13^m 33^s$ ช้ากว่า GMT

สถานี Mare Island อยู่ที่ลอง. $122^{\circ} 16'.4$ ตก. จึงมี ZD เป็น (+) 8 ส่วนเวลาโครโนเมตรที่อ่านได้ 7 - 46 - 27 นั้น เนื่องด้วยหน้าปัดนาฬิกาแบ่งไว้เพียง 12 ชั่วโมงเท่านั้น เมื่อเวลา GMT เป็น 20 - 00 - 00 เวลานาฬิกาโครโนเมตร ซึ่งเป็นเวลา GMT เหมือนกัน จึงต้องเป็น 19 - 46 - 27 โดยเอา 12 ชั่วโมงไปบวก

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 10 ก.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $46^{\circ} 30'.4$ ตก. ทำการหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรจากสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุ โดยใช้นาฬิกาเทียบซึ่งตั้งเวลาตาม ZT ไปเทียบเวลาที่ห้องวิทยุ สัญญาณเทียบเวลาส่งมาจาก Washington D.C. ลอง. $77^{\circ} 03'.9$ ตก. เมื่อเวลา 1200 ตามเวลา ZT ในขณะนั้นอ่านเวลานาฬิกาเทียบได้ 14 - 01 - 30 ต่อจากนั้นนำนาฬิกาเทียบไปเทียบกับนาฬิกาโครโนเมตร ซึ่งอ่านเวลานาฬิกาเทียบได้ 14 - 04 - 20 อ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 4 - 38 - 00 จงหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตร จากเวลา GMT

วิธีทำ

ZTw	12 - 00 - 00	10 July	W	14 - 04 - 20
ZDw (+)	<u>5</u>		WE	(F) <u>01 - 30</u>
GMT	17 - 00 - 00	10 July	ZTs	14 - 02 - 50
ZDs (+)	<u>3</u>	(กลับเครื่องหมาย)	ZDs (+)	<u>3</u>

Zts	14 - 00 - 00	GMT	17 - 02 - 50
W	<u>14 - 01 - 30</u>	C	<u>16 - 38 - 00</u>
WE	<u>(F) 01 - 30</u>	CE	<u>(S) 24 - 50</u>

คำตอบ.- อัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร $24^m 50^s$ ช้ากว่า GMT

อัตราผิดนาฬิกาเทียบ $1^m 30^s$ เร็วกว่า ZT

จะเห็นว่าเมื่อใช้นาฬิกาเทียบเข้าช่วยในการเทียบเวลาแล้ว จะได้อัตราผิดของนาฬิกาเทียบ พร้อม ๆ กันไปด้วย นับว่าได้ประโยชน์ทั้งสองอย่าง

การหาอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร (Chronometer rate) อัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร คือผลต่างของอัตราผิดที่ “เพิ่มขึ้น” (Gaining) หรือ “ลดลง” (Losing) ของนาฬิกาโครโนเมตรแต่ละวัน (ตามปกติจะใช้ช่วงเวลาในหนึ่งวัน) อัตราเปลี่ยนแปลงประจำนี้ให้หาละเอียดถึงทศนิยม 1 ตำแหน่งของวินาทีส่วนมากอัตราเปลี่ยนแปลงประจำนี้ (Rate) มักจะคงที่ เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้ว จึงเป็นการสะดวกมากโดยไม่ต้องทำการเทียบเวลา เพื่อหาอัตราผิด (Error) ปอย ๆ

วิธีหาอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร ใช้เทียบเวลากับสถานีส่งสัญญาณเทียบเวลาที่มีความถูกต้องมากที่สุดโดยใช้เทียบในช่วงเวลาสองวันหรือหลาย ๆ วันเวลาเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 1 ได้ทำการหาอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร โดยเทียบเวลากับสถานีส่งสัญญาณเทียบเวลาที่ Washington D.C. ซึ่งส่งสัญญาณเป็นประจำในเวลา 1200 ตามเวลา ZT ทุกวัน วันที่ 6 เม.ย. อ่านนาฬิกาโครโนเมตรได้ 5 - 25 - 05 ในวันที่ 16 เม.ย. อ่านนาฬิกาโครโนเมตรได้ 5 - 25 - 51 จงหาอัตราผิด (Error) และอัตราเปลี่ยนแปลงประจำ (Rate) ของนาฬิกาโครโนเมตรแต่ละวัน

วิธีทำ

ZT	12 - 00 - 00	6 April
ZD	(+) <u>5</u>	
GMT	17 - 00 - 00	6 April
C	<u>17 - 25 - 05</u>	
CE	<u>(F) 25 - 05</u>	6 April
GMT	17 - 00 - 00	16 April
C	<u>17 - 25 - 51</u>	
CE	<u>(F) 25 - 51</u>	16 April
CE	<u>(F) 25 - 05</u>	6 April

diff 46 (10 days)
rate 4.6 gaining (เพิ่มขึ้น)

คำตอบ.- 6 เม.ย. CE $25^m 05^s$ เร็วกว่า GMT
16 เม.ย. CE $25^m 51^s$ เร็วกว่า GMT
อัตราเปลี่ยนประจำ 4.6^s เพิ่มขึ้นแต่ละวัน

อัตราเปลี่ยนประจำเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราผิดในช่วงระยะเวลาที่ทำการเทียบเวลานั้น
ตัวอย่างที่ 2 เมื่อวันที่ 20 พ.ย. ผู้ตรวจได้นำนาฬิกาเทียบไปเทียบเวลากับนาฬิกา
โครโนเมตร เมื่อเวลา ZT 1200 $147^\circ 40' 6''$ เรือใช้ ZD (+) 5 อัตราผิดโครโนเมตร $17^m 27^s$
เร็วกว่า GMT ครั้นวันที่ 2 ธ.ค. ผู้ตรวจวัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 16 - 20 - 00
เรืออยู่ที่ลอง. $147^\circ 46' 6''$ ตก. จงหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรในขณะที่ทำการตรวจ
นาฬิกาโครโนเมตรมีอัตราเปลี่ยนประจำ 0.7^s เพิ่มขึ้น

วิธีทำ

ZT	12 - 00 - 00	20 Nov.
ZD	(+) 5	
GMT	<u>17 - 00 - 00</u>	20 Nov.
ZT	16 - 20 - 00	2 Dec.
ZD	(+) 10	
GMT	<u>2 - 20 - 00</u>	3 Dec.
GMT	<u>17 - 00 - 00</u>	20 Nov.
Elapsed time	9 - 20 - 00	12 days.
	=	12.4 days.
CE	(F) 17 - 27	20 Nov.
corr.	(+) 9	(12.4 x 0.7^s)
CE	<u>(F) 17 - 36</u>	2 Dec.

คำตอบ.- 2 ธ.ค. CE $17^m 36^s$ เร็วกว่า GMT

3.22 การหาเวลา GMT ในขณะตรวจวัดสูงฟ้าด้วยนาฬิกาโครโนเมตร

ในเรือบางลำที่ไม่มีนาฬิกาเทียบสำหรับหาเวลา GMT ในขณะทำการตรวจหรือวัด
สูงวัตถุท้องฟ้า ก็จำเป็นต้องใช้วิธีอ่านเวลาจากนาฬิกาโครโนเมตรโดยตรง และใช้เวลาจาก
นาฬิกาที่ติดอยู่ประจำเรือหรือนาฬิกาข้อมือ ซึ่งตั้งเวลาตาม ZT สำหรับหาวันที่ และเวลาใกล้
เคียงที่กรีนิชเพื่อให้ทราบเวลาที่อ่านจากนาฬิกาโครโนเมตรในขณะที่ทำการตรวจวัดสูง

ท้องฟ้าเป็นวันและเวลากรีนิชเท่าใดทั้งนี้เพราะหน้าปัดนาฬิกาโครโนเมตรมีตัวเลขชั่วโมงเพียง 12 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งเมื่ออ่านเวลาจากนาฬิกาโครโนเมตรเป็นเวลา 2 นาฬิกา อาจจะเป็นเวลา 14 นาฬิกาก็ได้ หนึ่งขอให้เข้าใจว่า นาฬิกาที่ติดอยู่ประจำเรือไม่มีเข็มวินาที และอาจมีอัตราผิดจากเวลา ZT หลายนาทีก็ได้ วิธีนี้ราชนาวิไทยเคยใช้อยู่เสมอ

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 5 ก.ย. เวลาเรือ (ST) 1635 เรืออยู่ที่ลอง. $94^{\circ}46'7''$ อ. วัดสูงดวงอาทิตย์ เมื่ออ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตร 10 - 21 - 18 อัตราผิดโครโนเมตร $10^m 12^s$ ช้ากว่าเวลา GMT จงหาเวลาและวันที่ GMT ในขณะที่ทำการวัดสูงดวงอาทิตย์

วิธีทำ

Body	Sun
Date (S)	5 Sept.
ST	1635
ZD	(-) 6
Date (G) 5 Sept.	1035
C	10 - 21 - 18
CE	(S) 10 - 12
GMT	10 - 31 - 30
Date (G)	5 Sept.

คำตอบ.- GMT 10 - 31 - 30 on 5 Sept.

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 10 ส.ค. เวลาเรือ (ST) 2018 เรืออยู่ที่ลอง. $106^{\circ}10'5''$ อ. วัดสูง VENUS เมื่ออ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 01 - 20 - 12 อัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร $5^m 10^s$ เร็วกว่าเวลา GMT จงหาเวลาและวันที่ GMT ขณะทำการวัดสูง VENUS

วิธีทำ

Body	VENUS
Date (S)	10 Aug.
ST	2018
ZD	(-) 7
Date (G) 10 Sept.	1318
C	13 - 20 - 12
CE	(F) 5 - 10
GMT	13 - 15 - 02
Date (G)	10 Aug.

คำตอบ.- GMT 13 - 15 - 02 on 10 Aug.

ตัวอย่างที่ 3 วันที่ 2 มี.ค. เวลาเรือ (ST) 2215 เรืออยู่ที่ลอง. $104^{\circ} 10'.0$ ตก. วัดสูง MARS เมื่ออ่านเวลาหาพิกาโครโนเมตรได้ 05 - 20 - 15 อัตราผิดโครโนเมตร $3^m 28^s$ เร็วกว่าเวลา GMT จงหาเวลาและวันที่ GMT ขณะทำการวัดสูง MARS

วิธีทำ

Body	MARS
Date (S)	2 Mar.
ST	2215
ZD	(+) 7
Date (G) 3 Mar.	0515
C	05 - 20 - 15
CE	(F) 3 - 28
GMT	05 - 16 - 47
Date (G)	3 Mar.

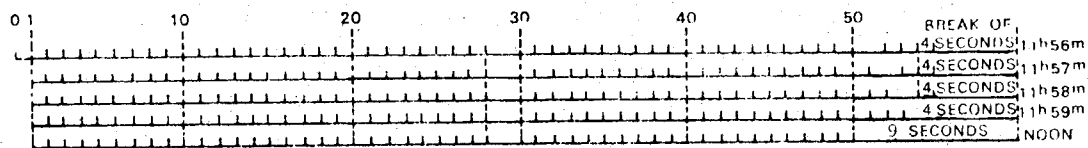
คำตอบ.- GMT 05 - 16 - 47 on 3 March.

3.23 สัญญาณเทียบเวลา (Time signals)

นาฬิกาโครโนเมตรใช้เทียบเวลากับสัญญาณเทียบเวลาที่ส่งมาจากสถานีวิทยุเทียบเวลาที่เชื่อถือได้ สัญญาณเทียบเวลาจะมีความถูกต้องประมาณ 0.01 วินาที

การตรวจสอบเวลา หอดาราศาสตร์ต่าง ๆ ได้ทำการตรวจสอบเวลาโดยทางดาราศาสตร์ แล้วส่งสัญญาณเทียบเวลาออกไปทั่วโลก ทางสถานีวิทยุกระจายเสียง ทางโทรเลข และทางโทรศัพท์ เพื่อบริการแก่ชาวเรือและประชาชน สัญญาณเทียบเวลามีหลายระบบด้วยกันแล้วแต่ประเทศต่าง ๆ จะใช้อย่างไร ระบบสัญญาณเทียบเวลาของแต่ละสถานีได้มีอยู่ในหนังสือ Radio Navigation Aids, H.O. 117 A และ 117 B และ Admiralty List of Radio Signal Vol. V

ระบบสัญญาณต่อไปนี้ เป็นระบบอเมริกัน คือ จะเริ่มต้นส่งสัญญาณเมื่อเวลา 5 นาที ก่อนชั่วโมงคู่ ติดต่อกันไป 5 นาที เป็นเวลา GMT หรือเวลา ZT ของแต่ละสถานี (ยกเว้นเวลา 0400, 1000, 1600 และ 2200) ในนาทีแรกจะส่งสัญญาณทุกวินาทีเว้นวินาทีที่ 51 ในนาทีที่สอง เว้นวินาทีที่ 52 ในนาทีที่สาม เว้นวินาทีที่ 53 ในนาทีที่สี่ เว้นวินาทีที่ 54 สำหรับวินาทีที่ 219 จะเว้นทุกนาที และสิ่วินาทีสุดท้ายของสัปดาห์จะเว้นเหมือนกัน ส่วนนาทีที่ห้าจะเว้น 9 วินาทีสุดท้าย แล้วจะส่งสัญญาณเสียงยาว ในวินาทีที่ 60 ซึ่งเป็นสัญญาณเริ่มต้นชั่วโมง สัญญาณเสียงยาวนั้น จุดเริ่มต้นของเสียงคือวินาทีที่ 60 ดังแผนผังสัญญาณข้างล่างนี้



รูปที่ 35
แผนผังสัญญาณเทียบเวลา

3.24 การจดประวัตินาฬิกาโครโนเมตร (Chronometer record)

สมุดประวัติของนาฬิกาโครโนเมตรมีไว้ประจำทุกเรือน สมุดประวัติเล่มหนึ่งอาจใช้จดรายละเอียดต่าง ๆ ได้ถึงสามเรือน การจดประวัติจะเริ่มจดเมื่อเริ่มใช้นาฬิกาเรือนนั้น ๆ ไปตลอดเวลา รายการในสมุดประวัติจะมีรายการ วัน เดือน ปี ที่เริ่มใช้นาฬิกา บริษัทผู้ผลิตแบบและหมายเลข นอกจากนั้นยังมีตารางสำหรับใช้จดอัตราผิด (Error) และอัตราเปลี่ยนประจำ (Rate) ไว้ทุกวัน

เมื่อเรือลำใดไปรับนาฬิกาโครโนเมตรจะต้องรับสมุดประวัติมาด้วย และเมื่อใช้ไปแล้ว 3 ปี ควรนำส่งคืนให้เจ้าหน้าที่ทำความสะอาดและตรวจซ่อม

ในบางเวลาอาจไม่สามารถตรวจสอบ หาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรได้หนทางที่ดีที่สุดควรมีนาฬิกาโครโนเมตรไว้ประจำเรือ 3 เรือ เพื่อตรวจสอบว่าเรือนใดผิดเรือนใดถูก ถ้าหากมีนาฬิกาโครโนเมตรไม่เพียงพอ อาจใช้นาฬิกาเทียบตรวจสอบก็ได้ การที่มีนาฬิกา 3 เรือนนั้น หมายความว่าถ้า 2 เรือนตรงกัน อีกเรือนหนึ่งก็ผิดใช้ไม่ได้ แต่ถ้ามีเพียง 2 เรือน เมื่อเกิดเวลาแตกต่างกันขึ้นก็ไม่สามารถรู้ได้ว่าเรือนใดผิดเรือนใดถูก

3.25 การระวังกษานาฬิกาโครโนเมตร (Care of Chronometer)

การระวังรักษานาฬิกาโครโนเมตรโดยละเอียดได้กล่าวไว้ในสมุดประวัติแล้ว ฉะนั้น
ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะที่สำคัญ ๆ เท่านั้น

นาฬิกาโครโนเมตรควรมีที่เก็บไว้โดยเฉพาะ ซึ่งจะต้องเป็นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิน้อย ห่างไกลจากการกระเทือนในขณะยิงปืน เป็นที่ที่เรือโคลงน้อยที่สุดปราศจาก ความชื้น ถ้ามีนาฬิกาหลายเรือนควรแยกกันเก็บ เพื่อป้องกันไม่ให้หายพร้อมกันในที่เมื่อเกิด เหตุอันคาดไม่ถึง เช่นการปฏิบัติการรบ แท่งแม่เหล็กสำหรับสอดกั๊กเข็มทิศแม่เหล็ก จะต้อง เก็บไว้ให้ห่างไกลจากนาฬิกา

การไหลานนาฬิกา ตามปกตินาฬิกาโครโนเมตร เมื่อไหลานเต็มที่จะเดินได้นาน 56 ชั่วโมง โดยไม่ต้องไขอีก และที่หน้าปัดนาฬิกาจะมีเข็มแสดงให้เห็นว่าเมื่อไหลานไปแล้ว

นาฬิกาจะเดินไปได้นานกี่ชั่วโมง เพื่อรักษาอัตราผิดปกติประจำของนาฬิกาให้คงที่เป็นระเบียบเดียวกันจะต้องไขลานทุกวันในเวลาเดียวกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้นาฬิกาหยุดด้วย ในการนี้ควรจะได้มอบหมายให้เป็นหน้าที่ของผู้นั่งผู้ใดโดยเฉพาะ เพื่อมิให้หลงลืม ถ้าลืมก็ต้องถือว่ามีความผิด

วิธีไขลานให้กระดกกันนาฬิกาขึ้น แล้วเอาลูกกุญแจสวมลงไปในห้อง ไขไปช้า ๆ ตามเข็มนาฬิกา ตามปกติจะไขเพียง 7 ครั้ง ๆ ละครั้งรอบ ขณะไขครั้งสุดท้ายให้ไขเบา ๆ ถ้าติดให้ถอดลูกกุญแจออกทันที อย่าไขต่อไป เมื่อไขลานแล้วให้ปิดช่องกุญแจ เอาลูกกุญแจเก็บเข้าที่ แล้วพลิกเอาหน้าปัดขึ้นตามเดิม เวลาที่จะไขลานนาฬิกานั้นควรเป็นเวลา 0900 หรือ 1130 ทุกวัน และเมื่อไขลานแล้วควรรายงานให้ ผบ. เรือทราบด้วย

ไม่ควรยกนาฬิกาโครโนเมตรออกมาจากหีบหรือที่เก็บเป็นอันขาด เว้นแต่เมื่อมีความจำเป็นหรือนำไปส่งคืน นาฬิกาโครโนเมตรเมื่ออยู่บนเรือจะไม่มี การตั้งเวลาใหม่

การเคลื่อนย้ายนาฬิกาโครโนเมตร ก่อนจะทำการเคลื่อนย้ายนาฬิกาให้ใส่เครื่องยึดวงกระดกทั้งสองวงให้แน่น ถ้าไม่ยึดไว้แล้วขณะยกไปนาฬิกาจะแกว่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายได้ การเคลื่อนย้ายในระยะทางไกล ๆ ให้ใช้มือหิ้วหรืออุ้มไปถ้าไปในระยะทางไกล ๆ ควรมีพาหนะเป็นพิเศษที่มีความกระเทือนน้อย เช่น รถไฟชั้นหนึ่ง เป็นต้น

แบบฝึกหัด

1. จงหาเวลาดำบลที่ (Local time) ของจุด B โดยกำหนดเวลาดำบลที่และลองจิจูดของจุด A กับลองจิจูดของจุด B ให้ดังต่อไปนี้-

เวลา	จุด A ลอง.	จุด B ลอง.	คำตอบ
04 - 13 - 56	116° 34'.2 W.	54° 43'.2 W.	08 - 21 - 20
17 - 24 - 07	67° 14'.2 W.	53° 18'.3 E.	01 - 26 - 17

2. จงหา ZD ของแต่ละลองจิจูด ต่อไปนี้-

ก. 37° 21' W.	(คำตอบ + 2)	ง. 173° 44' W.	(คำตอบ + 12)
ข. 6° 08' E.	(คำตอบ 0)	จ. 173° 44' E.	(คำตอบ - 12)
ค. 166° 17' E.	(คำตอบ - 11)	ฉ. 76° 30' W.	(คำตอบ + 5)

3. จงหาลองจิจูด ซึ่งเป็นเขตสิ้นสุดทางตะวันตกของภาคเวลาต่าง ๆ ซึ่งมี ZD ดังต่อไปนี้-

ก. ZD (+) 5	(คำตอบ 82° 30' W.)	ง. ZD (-) 11	(คำตอบ 157° 30' E.)
ข. ZD (-) 1	(คำตอบ 7° 30' E.)	จ. ZD (+) 12	(คำตอบ 180°)
ค. ZD (+) 10	(คำตอบ 157° 30' W.)	ฉ. ZD 0	(คำตอบ 7° 30' W.)

4. วันที่ 8 ม.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $152^{\circ} 27'.3$ ตก. วัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลา ZT 08-42 - 56 จงหาเวลา GMT และวันที่ขณะที่ทำการวัดสูง (คำตอบ.- GMT 18 -42 - 56 วันที่ 8 ม.ค.)

5. วันที่ 22 ต.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $52^{\circ} 37'.2$ อ. วัดสูงดาวฤกษ์ Regulus เมื่อเวลา ZT 20 - 32 - 16 จงหาเวลา GMT และวันที่ขณะที่ทำการวัดสูง (คำตอบ.- GMT 16 - 32 - 16 วันที่ 22 ต.ค.)

6. วันที่ 10 ม.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $142^{\circ} 38'.4$ ตก. วัดสูงดาว Jupiter เมื่อเวลา ZT 18 - 26 - 54 จงหาเวลา GMT และวันที่ขณะที่ทำการวัดสูง (คำตอบ.- GMT 04 - 26 - 54 วันที่ 11 ม.ค.)

7. วันที่ 23 ก.ย. เรืออยู่ที่ลอง. $114^{\circ} 27'.5$ ตก. คำนวณเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นจากปฏิทินเดินเรือได้เวลา LMT 0548 จงหาเวลา ZT และวันที่ขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้น (คำตอบ.- ZT 0526 วันที่ 23 ก.ย.)

8. วันที่ 3 พ.ย. เรืออยู่ที่ลอง. $54^{\circ} 17'.3$ อ. คำนวณเวลาดวงจันทร์ขึ้นจากปฏิทินเดินเรือได้เวลา LMT 2352 จงหาเวลา ZT และวันที่ขณะที่ดวงจันทร์ขึ้น (คำตอบ - ZT 0015 วันที่ 4 พ.ย.)

9. เรือเดินทางจาก Pearl Harbor (ลอง. ตก) ไปยัง Australia (ลอง. อ.) ได้ข้ามเส้นวันที่ เมื่อเวลา 1800 วันที่ 14 พ.ค. จงหาเวลาและวันที่ใหม่ของเรือในขณะข้ามเส้นวันที่ (คำตอบ.- เวลา 1800 วันที่ 15 พ.ค.)

10. วันที่ 6 ส.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $57^{\circ} 44'.2$ อ. วัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 10 - 32 -47 อัตราผิดนาฬิกาเทียบ $2^m 17^s$ เร็วกว่าเวลา ZT จงหาเวลา GMT และวันที่ขณะที่ทำการวัดสูง (คำตอบ.- GMT 06 - 30 - 30 วันที่ 6 ส.ค.)

11. วันที่ 4 ก.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $147^{\circ} 16'.7$ ตก. วัดสูงดวงจันทร์ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 19 - 22 - 54 อัตราผิดนาฬิกาเทียบ $1^m 18^s$ ช้ากว่าเวลา ZT จงหาเวลา GMT และวันที่ขณะที่ทำการวัดสูง (คำตอบ.- GMT - 05 - 24 - 12 วันที่ 5 ก.ค.)

12. จงหาอัตราผิดของนาฬิกาเทียบตามเวลา ZT ดังรายการที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้.-

At Comparison			Local		
C.	W.	CE.	Date	Long.	คำตอบ
ก. $11^h - 14^m - 00^s$	$15^h - 26^m - 14^s$	$11^m - 54^s$ ช้า	10 มิ.ย.	$125^{\circ} - 20$ W.	20^s เร็ว
ข. 3 - 26 - 00	5 - 17 - 22	9 - 41 เร็ว	10 มิ.ย.	25 - 20 E.	$1^m 03^s$ เร็ว
ค. 8 - 57 - 00	6 - 24 - 43	28 - 02 ช้า	10 มิ.ย.	140 - 30 E.	19^s ช้า
ง. 5 - 49 - 00	19 - 07 - 56	19 - 17 ช้า	10 มิ.ย.	161 - 40 W.	21^s ช้า
จ. 1 - 05 - 00	11 - 56 - 36	8 - 43 เร็ว	10 มิ.ย.	11 - 17 W.	15^s เร็ว
ฉ. 12 - 10 - 00	23 - 44 - 16	26 - 34 เร็ว	10 มิ.ย.	9 - 30 E.	50^s เร็ว

13. วันที่ 17 พ.ค. เรืออยู่ที่ลอง. $39^{\circ}46'.6$ ตก. ได้ทำการหาอัตราผิดนาฬิกา โครโนเมตร โดยเทียบจากสัญญาณเทียบเวลา ซึ่งส่งมาจากสถานีวิทยุ Washington D.C. ลอง $77^{\circ}03'.9$ ตก. ตามเวลา ZT 1600 ขณะนั้นอ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 9 - 11 - 26 จงหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรจากเวลา GMT (คำตอบ.- CE $11^m 26^s$ เร็วกว่า GMT)

14. วันที่ 3 มิ.ย. เรืออยู่ที่ลอง. $149^{\circ}46'.9$ ตก. ต้องการหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตรจากสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุ โดยนำนาฬิกาเทียบซึ่งตั้งเวลา ZT (+ 10) ไปเทียบเวลาในห้องวิทยุ สัญญาณเทียบเวลาส่งมาจาก Mare Island ลอง. $122^{\circ}16'.4$ ตก ตามเวลา ZT 2000 ขณะนั้นอ่านเวลานาฬิกาเทียบได้ 17 - 59 - 20 หลังจากนั้นเล็กน้อย อ่านเวลานาฬิกาเทียบได้ 18 - 02 - 50 เมื่อเวลานาฬิกาโครโนเมตร 4 - 10 - 28 จงหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตรจากเวลา GMT (คำตอบ.- CE $6^m 58^s$ เร็วกว่า GMT)

15. ดันหนได้ทำการเทียบเวลา จากสัญญาณเทียบเวลาทางวิทยุโดยตรงที่ส่งเป็นประจำมาจาก Mare Island, ลอง. $122^{\circ}16'.4$ ตก. ตามเวลา ZT 1200 คือในวันที่ 4 ก.ย. อ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 7 - 50 - 20 และในวันที่ 8 ก.ย. อ่านเวลานาฬิกาโครโนเมตรได้ 7 - 50 - 12 จงหาอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร (Rate) และอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตรในวันที่ 4 และ 8 ก.ย. จากเวลา GMT (คำตอบ.- อัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาลดลง $2^s.0$ และ CE วันที่ 4 ก.ย. $9^m 40^s$ ช้ากว่า GMT, CE วันที่ 8 ก.ย. $9^m 48^s$ ช้ากว่า GMT)

16. ในขณะที่เรือเดินทางจาก San Pedro ไปยัง Tokyo ได้ทำการหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตร โดยใช้นาฬิกาเทียบ เทียบเวลาจากสัญญาณเทียบเวลาที่ส่งมาจาก Mare Island, ลอง. $122^{\circ}16'.4$ ตก. ตามเวลา ZT 0900 และนาฬิกาเทียบได้ตั้งตามเวลา ZT ของตนอยู่ทุกขณะตามที่เรือเปลี่ยนภาคเวลาไปดังต่อไปนี้.-

Local Date	Long. at Signal	W. at Signal	W. at Comparison	C. at Comparison
9 พ.ค.	$131^{\circ}42'.6$ W.	7 - 59 - 54	8 - 12 - 17	5 - 24 - 01
17 พ.ค.	$162^{\circ}14'.4$ E.	4 - 00 - 13	4 - 05 - 02	5 - 15 - 59

จงหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร ในวันที่ 9 และ 17 พ.ค., และหาอัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาโครโนเมตร (คำตอบ.- CE วันที่ 9 พ.ค. $11^m 38^s$ เร็วกว่า GMT, CE วันที่ 17 พ.ค. $11^m 10^s$ เร็วกว่า GMT อัตราเปลี่ยนแปลงประจำของนาฬิกาลดลง $4^s.0$)

17. วันที่ 7 ก.พ. เวลา 1700 เรืออยู่ที่ลอง. $122^{\circ}39'.7$ อ. ดันหนต้องการหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร เพื่อวัดสูงของดาวในขณะนั้น โดยใช้นาฬิกาเทียบแต่เขาได้เทียบนาฬิกาเทียบกับนาฬิกาโครโนเมตรมาตั้งแต่ วันที่ 1 ก.พ. ซึ่งในวันนั้นเมื่อเวลา ZT 2200

(- 5) นาฬิกาโครโนเมตรมี CE $26^m 04^s$ ช้ากว่า GMT และอัตราเปลี่ยนประจำของนาฬิกาโครโนเมตรลดลง $1^s.2$ จงหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตรตามที่ต้นหนต้องการ (คำตอบ.- CE $26^m 11^s$ ช้ากว่า GMT)

18. จงหาอัตราผิดของนาฬิกาโครโนเมตร ตามรายการต่อไปนี้.-

GMT and Date		CE		C.Rate		is Required		When error		คำตอบ	
ก. 1700, 6 พ.ค.		$24^m - 15^s$	ช้า	$5^s.0$	เพิ่ม	0500, 10 พ.ค.		$23^m - 58^s$	ช้า		
ข. 0900, 9 พ.ค.		35 - 26	เร็ว	0.7	ลด	1500, 17 พ.ค.		35 - 20	เร็ว		
ค. 2300, 12 พ.ค.		16 - 24	ช้า	3.7	ลด	1700, 19 พ.ค.		16 - 49	ช้า		
ง. 1900, 15 พ.ค.		1 - 06	เร็ว	7.5	ลด	1500, 19 พ.ค.		0 - 38	เร็ว		
จ. 1200, 18 พ.ค.		0 - 11	ช้า	4.5	เพิ่ม	0700, 26 พ.ค.		0 - 24	เร็ว		
ฉ. 0300, 21 พ.ค.		41 - 19	เร็ว	0.9	เพิ่ม	1800, 30 พ.ค.		41 - 28	เร็ว		

CONVERSION OF ARC TO TIME

0°-59°	60°-119°	120°-179°	180°-239°	240°-299°	300°-359°	0° 00'	0° 25'	0° 50'	0° 75'
0 0 00	60 4 00	120 8 00	180 12 00	240 16 00	300 20 00	0 0 00	0 01	0 02	0 03
1 0 04	61 4 04	121 8 04	181 12 04	241 16 04	301 20 04	1 0 04	0 05	0 06	0 07
2 0 08	62 4 08	122 8 08	182 12 08	242 16 08	302 20 08	2 0 08	0 09	0 10	0 11
3 0 12	63 4 12	123 8 12	183 12 12	243 16 12	303 20 12	3 0 12	0 13	0 14	0 15
4 0 16	64 4 16	124 8 16	184 12 16	244 16 16	304 20 16	4 0 16	0 17	0 18	0 19
5 0 20	65 4 20	125 8 20	185 12 20	245 16 20	305 20 20	5 0 20	0 21	0 22	0 23
6 0 24	66 4 24	126 8 24	186 12 24	246 16 24	306 20 24	6 0 24	0 25	0 26	0 27
7 0 28	67 4 28	127 8 28	187 12 28	247 16 28	307 20 28	7 0 28	0 29	0 30	0 31
8 0 32	68 4 32	128 8 32	188 12 32	248 16 32	308 20 32	8 0 32	0 33	0 34	0 35
9 0 36	69 4 36	129 8 36	189 12 36	249 16 36	309 20 36	9 0 36	0 37	0 38	0 39
10 0 40	70 4 40	130 8 40	190 12 40	250 16 40	310 20 40	10 0 40	0 41	0 42	0 43
11 0 44	71 4 44	131 8 44	191 12 44	251 16 44	311 20 44	11 0 44	0 45	0 46	0 47
12 0 48	72 4 48	132 8 48	192 12 48	252 16 48	312 20 48	12 0 48	0 49	0 50	0 51
13 0 52	73 4 52	133 8 52	193 12 52	253 16 52	313 20 52	13 0 52	0 53	0 54	0 55
14 0 56	74 4 56	134 8 56	194 12 56	254 16 56	314 20 56	14 0 56	0 57	0 58	0 59
15 1 00	75 5 00	135 9 00	195 13 00	255 17 00	315 21 00	15 1 00	1 01	1 02	1 03
16 1 04	76 5 04	136 9 04	196 13 04	256 17 04	316 21 04	16 1 04	1 05	1 06	1 07
17 1 08	77 5 08	137 9 08	197 13 08	257 17 08	317 21 08	17 1 08	1 09	1 10	1 11
18 1 12	78 5 12	138 9 12	198 13 12	258 17 12	318 21 12	18 1 12	1 13	1 14	1 15
19 1 16	79 5 16	139 9 16	199 13 16	259 17 16	319 21 16	19 1 16	1 17	1 18	1 19
20 1 20	80 5 20	140 9 20	200 13 20	260 17 20	320 21 20	20 1 20	1 21	1 22	1 23
21 1 24	81 5 24	141 9 24	201 13 24	261 17 24	321 21 24	21 1 24	1 25	1 26	1 27
22 1 28	82 5 28	142 9 28	202 13 28	262 17 28	322 21 28	22 1 28	1 29	1 30	1 31
23 1 32	83 5 32	143 9 32	203 13 32	263 17 32	323 21 32	23 1 32	1 33	1 34	1 35
24 1 36	84 5 36	144 9 36	204 13 36	264 17 36	324 21 36	24 1 36	1 37	1 38	1 39
25 1 40	85 5 40	145 9 40	205 13 40	265 17 40	325 21 40	25 1 40	1 41	1 42	1 43
26 1 44	86 5 44	146 9 44	206 13 44	266 17 44	326 21 44	26 1 44	1 45	1 46	1 47
27 1 48	87 5 48	147 9 48	207 13 48	267 17 48	327 21 48	27 1 48	1 49	1 50	1 51
28 1 52	88 5 52	148 9 52	208 13 52	268 17 52	328 21 52	28 1 52	1 53	1 54	1 55
29 1 56	89 5 56	149 9 56	209 13 56	269 17 56	329 21 56	29 1 56	1 57	1 58	1 59
30 2 00	90 6 00	150 10 00	210 14 00	270 18 00	330 22 00	30 2 00	2 01	2 02	2 03
31 2 04	91 6 04	151 10 04	211 14 04	271 18 04	331 22 04	31 2 04	2 05	2 06	2 07
32 2 08	92 6 08	152 10 08	212 14 08	272 18 08	332 22 08	32 2 08	2 09	2 10	2 11
33 2 12	93 6 12	153 10 12	213 14 12	273 18 12	333 22 12	33 2 12	2 13	2 14	2 15
34 2 16	94 6 16	154 10 16	214 14 16	274 18 16	334 22 16	34 2 16	2 17	2 18	2 19
35 2 20	95 6 20	155 10 20	215 14 20	275 18 20	335 22 20	35 2 20	2 21	2 22	2 23
36 2 24	96 6 24	156 10 24	216 14 24	276 18 24	336 22 24	36 2 24	2 25	2 26	2 27
37 2 28	97 6 28	157 10 28	217 14 28	277 18 28	337 22 28	37 2 28	2 29	2 30	2 31
38 2 32	98 6 32	158 10 32	218 14 32	278 18 32	338 22 32	38 2 32	2 33	2 34	2 35
39 2 36	99 6 36	159 10 36	219 14 36	279 18 36	339 22 36	39 2 36	2 37	2 38	2 39
40 2 40	100 6 40	160 10 40	220 14 40	280 18 40	340 22 40	40 2 40	2 41	2 42	2 43
41 2 44	101 6 44	161 10 44	221 14 44	281 18 44	341 22 44	41 2 44	2 45	2 46	2 47
42 2 48	102 6 48	162 10 48	222 14 48	282 18 48	342 22 48	42 2 48	2 49	2 50	2 51
43 2 52	103 6 52	163 10 52	223 14 52	283 18 52	343 22 52	43 2 52	2 53	2 54	2 55
44 2 56	104 6 56	164 10 56	224 14 56	284 18 56	344 22 56	44 2 56	2 57	2 58	2 59
45 3 00	105 7 00	165 11 00	225 15 00	285 19 00	345 23 00	45 3 00	3 01	3 02	3 03
46 3 04	106 7 04	166 11 04	226 15 04	286 19 04	346 23 04	46 3 04	3 05	3 06	3 07
47 3 08	107 7 08	167 11 08	227 15 08	287 19 08	347 23 08	47 3 08	3 09	3 10	3 11
48 3 12	108 7 12	168 11 12	228 15 12	288 19 12	348 23 12	48 3 12	3 13	3 14	3 15
49 3 16	109 7 16	169 11 16	229 15 16	289 19 16	349 23 16	49 3 16	3 17	3 18	3 19
50 3 20	110 7 20	170 11 20	230 15 20	290 19 20	350 23 20	50 3 20	3 21	3 22	3 23
51 3 24	111 7 24	171 11 24	231 15 24	291 19 24	351 23 24	51 3 24	3 25	3 26	3 27
52 3 28	112 7 28	172 11 28	232 15 28	292 19 28	352 23 28	52 3 28	3 29	3 30	3 31
53 3 32	113 7 32	173 11 32	233 15 32	293 19 32	353 23 32	53 3 32	3 33	3 34	3 35
54 3 36	114 7 36	174 11 36	234 15 36	294 19 36	354 23 36	54 3 36	3 37	3 38	3 39
55 3 40	115 7 40	175 11 40	235 15 40	295 19 40	355 23 40	55 3 40	3 41	3 42	3 43
56 3 44	116 7 44	176 11 44	236 15 44	296 19 44	356 23 44	56 3 44	3 45	3 46	3 47
57 3 48	117 7 48	177 11 48	237 15 48	297 19 48	357 23 48	57 3 48	3 49	3 50	3 51
58 3 52	118 7 52	178 11 52	238 15 52	298 19 52	358 23 52	58 3 52	3 53	3 54	3 55
59 3 56	119 7 56	179 11 56	239 15 56	299 19 56	359 23 56	59 3 56	3 57	3 58	3 59

The above table is for converting expressions in arc to their equivalent in time; its main use in this Almanac is for the conversion of longitude for application to L.M.T. (added if west, subtracted if east) to give G.M.T. or vice versa, particularly in the case of sunrise, sunset, etc.

บทที่ 4

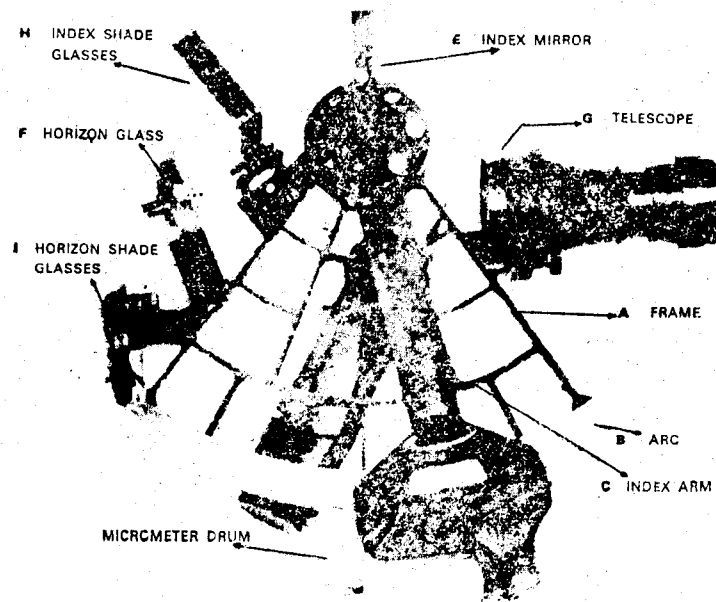
เครื่องวัดแดด และ การแก้สูงวัด (The sextant and Altitude corrections)

4.1 เครื่องวัดแดด (The sextant)

เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดมุมระหว่างวัตถุสองแห่งที่อยู่ห่างกันได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรง ชื่อของเครื่องวัดแดดตามทีภาษาอังกฤษเรียกว่า Sextant นั้น มาจากความจริงที่ได้สร้างขอบซึ่งเป็นส่วนโค้ง สำหรับอ่านค่าของมุมนั้นไว้เพียงประมาณ one - Sixth of a circle คือประมาณ 60° และเมื่อสร้างเครื่องประกอบในการวัดมุมเข้าไว้ด้วยแล้ว ก็จะสามารถอ่านมุมได้ประมาณ 120° คือเป็นสองเท่าของขอบ เครื่องวัดแดดมีอยู่หลายแบบซึ่งคล้ายคลึงกัน บางแบบอ่านได้ถึง 150°

4.2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดแดด (The marine sextant's components)

ในรูปที่ 36 เป็นรูปของเครื่องวัดแดด ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ติดตั้งอยู่



รูปที่ 36

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องวัดแดด

- A. เป็นโครง (Frame) สำหรับติดตั้งและยึดเครื่องประกอบต่าง ๆ
- B. เป็นขอบโค้งหรือส่วนโค้ง (Limb or Arc) ติดอยู่กับโครงและมีขีดแบ่งค่าของมุมให้อ่านได้เป็นองศา
- C. เป็นแขนดัชนี (Index arm) สำหรับอ่านค่าของมุม แขนดัชนีนี้ติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของขอบโค้ง และเลื่อนไปตามส่วนโค้งของขอบโค้งได้ ส่วนล่างของแขนมีขีดเป็นเครื่องหมาย สำหรับชี้ค่าของมุมที่แบ่งไว้บนขอบโค้ง ซึ่งอ่านเป็นองศาได้แขนมีสปริงกดอยู่ เมื่อป้อนสปริงจะสามารถเลื่อนแขนดัชนีไปอยู่ ณ ที่ใดบนขอบโค้งได้
- D. เป็นวงล้อเครื่องวัดชนิดเกลียวสัมผัส (Micrometer drum) สำหรับหมุนให้แขนดัชนีเลื่อนได้ที่ละเอียดละน้อย โดยมีแกนเป็นเกลียวติดอยู่ที่แขนดัชนีและสัมผัสอยู่กับขอบโค้ง ซึ่งมีร่องรับเกลียวไว้ แกนที่ทำเป็นเกลียวนี้เรียกว่า เกลียวสัมผัส (Tangent screw) วงล้อนี้เมื่อหมุนไปหนึ่งรอบ แขนดัชนีจะเลื่อนไปเป็นมุมหนึ่งองศา ($60'$) บนวงล้อจึงมีขีดแบ่งไว้ 60 ขีด เมื่อวงล้อเลื่อนไปขีดหนึ่งก็จะเป็นค่าของมุม $1'$ นอกจากนี้ยังมีสเกลเวอร์เนีย (Vernier scale) ติดอยู่ให้สามารถอ่านละเอียดลงไปได้ถึง $0'.1$ ($6''$) บางแบบอ่านละเอียดได้เพียง $12''$ หรือ $10''$ ฉะนั้น ก่อนใช้เครื่องวัดจะต้องพิจารณาดูเสียก่อนว่าอ่านละเอียดได้เท่าใด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการอ่านค่าของมุมที่วัดได้
- E. เป็นกระจกดัชนี (Index mirror) ตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของแขนดัชนี กระจกนี้เป็นกระจกเงา ซึ่งจะต้องตั้งได้ฉากกับพื้นของขอบโค้ง (Arc)
- F. เป็นกระจกขอบฟ้า (Horizon glass) ติดอยู่บนโครง กระจกขอบฟ้าเป็นกระจกเงาครึ่งหนึ่ง เป็นกระจกใสครึ่งหนึ่ง ส่วนที่เป็นกระจกเงาจะอยู่ด้านนอก กระจกขอบฟ้าจะตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง เมื่อแขนดัชนีอยู่ที่ 0° กระจกท้องฟ้าจะขนานกับกระจกดัชนี
- G. เป็นกล้องส่องทางไกล (Telescope) ติดอยู่กับโครง แกนของกล้องขนานกับพื้นของขอบโค้ง กล้องส่องทางไกลนี้สำหรับส่องดูให้ชัดเจนว่าวัตถุท้องฟ้าสัมผัสกับขอบฟ้าหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อต้องการความถูกต้องแน่นอนดีกว่ามองดูด้วยตาเปล่า และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมองเห็นเงาของดาวได้ดีกว่าตาเปล่า กล้องส่องทางไกลนี้สามารถแต่งให้ชัดเจนเหมาะสมกับสายตาได้
- H. เป็นกระจกบังแสงของกระจกดัชนี (Index shade glasses) ติดอยู่บนโครงระหว่างกระจกดัชนี กับกระจกขอบฟ้า กระจกบังแสงนี้เป็นกระจกธรรมดา มีหลายสี ความเข้มของสีต่าง ๆ กัน มีอยู่ 4 อัน แต่ละอันหมุนกระดกขึ้นลงได้ใช้สำหรับบังแสงเมื่อวัดสูงดวงอาทิตย์ หรือดวงดาวที่มีความสว่างมาก

ถ้า OF และ FD เป็นเส้น Normal ของกระจก M และ H ตามลำดับจากหลักของการสะท้อนแสงจะได้

$$n = n' \quad k = k'$$

จากสามเหลี่ยม FOD และ ODT

$$p' + k = n \text{ และ } 2k + x = 2n$$

เมื่อ x เป็นมุมที่ต้องการ คือมุม STS' และ p' เป็นมุมระหว่างเส้น Normal ทั้งสอง จากสมการทั้งสองทำให้ n หหมดไป ผลลัพธ์จะได้

$$p' = \frac{x}{2}$$

ถ้า p เป็นมุมที่เลื่อนแขนดัชนีไป ซึ่งก็คือเป็นมุมที่กระจกดัชนี หันไปจาก O° ดังนั้น $p = p'$ เพราะ OB ตั้งฉากกับ OF และเส้นระหว่าง O กับ O° ตั้งฉากกับ DF

$$\text{ฉะนั้น } P = \frac{x}{2}$$

จากที่ได้กล่าวมานี้ ก็ทำให้สามารถอ่านค่าของมุมระหว่างดาวกับขอบฟ้าได้โดยตรง ที่ขอบโค้งของเครื่องวัดแดด คือ ค่าบนขอบโค้งอันแท้จริงครึ่งองศา จะเป็นมุมที่วัดได้หนึ่งองศา ดังนั้นที่ขีดครึ่งองศาบนขอบโค้ง จึงเขียนว่าหนึ่งองศา และที่หนึ่งองศาบนขอบโค้ง ก็จะเขียนว่าสององศา เมื่อเป็นดังนี้ ถ้าสร้างขอบโค้ง 60° ก็จะสามารถวัดมุมได้ 120°

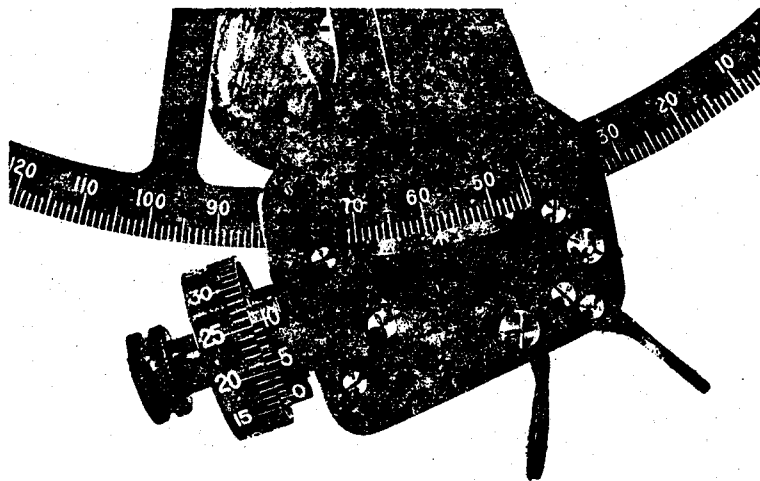
4.4 การอ่านมุมที่เครื่องวัดแดด (Reading the sextant angle)

เมื่อเลื่อนแขนดัชนีและหมุนวงล้อเกลียวสัผัส จนกระทั่งวัตถุท้องฟ้าทับกับเส้นขอบฟ้าแล้ว ให้อ่านความสูงตรงลูกศรบนแขนดัชนีขึ้นขอบโค้งก่อน ดังรูปที่ 38 จะเห็นว่าลูกศรชี้ระหว่าง 58° กับ 59° ฉะนั้น มุมที่ควรจะเป็นก็คือ 58° กับเศษ ซึ่งจะต้องอ่านที่วงล้อเกลียวสัผัสกับสเกลเวอร์เนียร์ต่อไปอีก

ขีดชี้สำหรับอ่านค่าที่วงล้อสัผัส คือขีดศูนย์บนสเกลเวอร์เนียร์ ตามในรูปขีดศูนย์บนสเกลเวอร์เนียร์ชี้ระหว่าง 16 กับ 17 บนวงล้อสัผัส ค่าที่อ่านได้ในขณะนี้จะเป็น $58^\circ 16'$ กับเศษที่จะต้องอ่านจากสเกลเวอร์เนียร์อีก

การอ่านค่าบนสเกลเวอร์เนียร์นั้น ให้อ่านขีดบนสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงหรือใกล้เคียงที่สุดกับขีดบนวงล้อสัผัสขีดใดขีดหนึ่ง ในที่นี้จะเห็นว่าขีดที่สามบนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีด 19 บนวงล้อสัผัส ฉะนั้น ค่าที่อ่านได้จริง ๆ ทั้งหมด คือ $58^\circ 16' + 0'.3 = 58^\circ 16'.3$

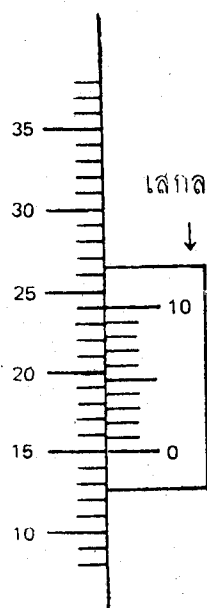
เพื่อให้มีให้อ่านค่าบนสเกลเวอร์เนียร์ผิด จะต้องดูขีดทั้งบนวงล้อสัมผัสและสเกลเวอร์เนียร์ให้ทั่วว่ามีขีดใดตรงกันบ้าง ถ้าขีดที่สามบนสเกลเวอร์เนียร์ตรง ขีดที่สองและขีดที่สี่จะไม่ตรง แต่จะอยู่เหลื่อมเข้ามาภายในของขีดบนวงล้อสัมผัสทั้งสองข้าง คือขีดที่สองจะอยู่เลยขีด 18 และขีดที่สี่จะอยู่ก่อนถึงขีด 20



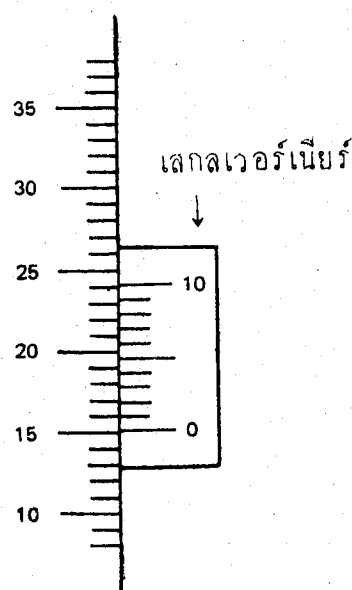
รูปที่ 38
เครื่องวัดแดดอ่านมุมได้ $58^{\circ} 16' 3''$

4.4.1 หลักการสร้างสเกลเวอร์เนียร์ สเกลเวอร์เนียร์ของเครื่องวัดแดดเป็นสเกลที่สร้างขึ้นเพื่อให้อ่านค่าของมุมได้ละเอียดยิ่งขึ้น ซึ่งมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน สุดแล้วแต่ว่าต้องการจะให้อ่านมุมได้น้อยที่สุดเท่าใด ในที่นี้จะขอล่าวพอให้เข้าใจสักเล็กน้อย

ในรูปที่ 38 นั้น เป็นเครื่องวัดแดดชนิดที่สร้างสเกลเวอร์เนียร์ให้อ่านละเอียดได้ทุก $0'.1$ คือทุก $6''$ เนื่องจากวงล้อสัมผัสได้แบ่งขีดไว้โดยรอบให้มี 60 ช่อง และเมื่อหมุนวงล้อสัมผัสไปหนึ่งรอบ ลูกศรบนแกนดัชนีที่ขบโค้งก็จะเลื่อนไป 1° ดังนั้นค่าของมุมบนวงล้อสัมผัสแต่ละขีดจะมีค่าเป็น $1'$ หลักในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์ก็คือเอาความยาวของช่องบนวงล้อสัมผัสมาแกว่งแล้วแบ่งออกเป็นสิบช่อง มาสร้างเป็นสเกลเวอร์เนียร์ไว้อีกด้านหนึ่งต่างหากดังในรูปที่ 38 ก.



รูปที่ 38 ก.



รูปที่ 38 ข.

จะเห็นว่าเกาช่องบนวงล้อสัณผัส มีค่า = $9 \times 1' = 9' = 540''$

เมื่อมาสร้างเป็นสเกลเวอร์เนียร์สิบช่อง หนึ่งช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{540''}{10} = 54'' \text{ แต่หนึ่งช่องของวงล้อสัณผัสมีค่า} = 60''$$

ฉะนั้น ผลต่าง ระหว่างค่าหนึ่งช่องของวงล้อสัณผัสกับหนึ่งช่องบนสเกลเวอร์เนียร์จะเท่ากับ $60'' - 54'' = 6'' = 0'.1$ ซึ่งเป็นค่าที่อ่านได้น้อยที่สุด

วิธีอ่านก็คือ ถ้าขีด 15' บนวงล้อสัณผัสตรงกับขีด 0 บนสเกลเวอร์เนียร์ เมื่อดูแล้วจะเห็นว่าไม่มีขีดใดบนสเกลเวอร์เนียร์ ตรงกับขีดบนวงล้อสัณผัสเลย นอกจากขีดสุดท้ายคือขีดที่ 10 เท่านั้น ที่ตรงกับขีด 24' ซึ่งเป็นขีดที่ 9 บนวงล้อสัณผัส นับจากขีด 15' ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะเป็น 15'.0 ดังในรูปที่ 38 ก.

ถ้าหมุนวงล้อสัณผัสไปให้ขีด 16' บนวงล้อสัณผัสตรงกับขีดที่ 1 บนสเกลเวอร์เนียร์ ค่าที่อ่านได้ก็ควรจะเป็น 15' กับเศษ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างค่าหนึ่งช่องบนวงล้อสัณผัสกับหนึ่ง

ช่องบนเสกลเวอร์เนียร์ คือเท่ากับ $60'' - 54'' = 6'' = 0'.1$ ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะเป็น $15'.1$ หรือ $15' 06''$ ดังในรูปที่ 38 ข.

ถ้าหมุนวงล้อสัมผัสให้ขีด 17' ตรงกับขีดที่ 2 บนเสกลเวอร์เนียร์ ค่าที่อ่านได้ก็ควรจะเป็น 15' กับเศษ ซึ่งเป็นผลต่าง ระหว่างค่าสองช่องบนวงล้อสัมผัสกับสองช่องบนเสกลเวอร์เนียร์ คือ เท่ากับ $120'' - 108'' = 12'' = 0'.2$ ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะเป็น $15'.2$ หรือ $15' 12''$

ในทำนองเดียวกันถ้าหมุนวงล้อสัมผัสให้ขีด 18' ตรงกับขีดที่ 3 บนเสกลเวอร์เนียร์ ค่าที่อ่านได้ก็เป็น $15'.3$ หรือ $15' 18''$

ฉะนั้น วิธีอ่าน จึงให้อ่านค่าลิปดาบนวงล้อสัมผัสก่อนโดยใช้ขีด 0 บนเสกลเวอร์เนียร์ เป็นหลัก แล้วอ่านเศษฟิลิปดาบนเสกลเวอร์เนียร์ที่ขีดซึ่งตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัส ถ้าขีดที่ 1 ตรงก็อ่านเศษเป็น 0'.1 ถ้าขีดที่ 2 ตรงก็อ่านเศษเป็น 0'.2 ถ้าขีดที่ 3 ตรง ก็อ่านเศษเป็น 0'.3 ถ้าขีดที่ 4 ตรงก็อ่านเศษเป็น 0'.4 ดังนี้ เป็นต้น

ถ้าต้องการสร้างเสกลเวอร์เนียร์ให้อ่านละเอียดได้ทุก 10" เขาก็จะเอาความยาวของช่องบนวงล้อสัมผัสมาห้าช่อง แล้วแบ่งเป็นหกช่อง มาสร้างเป็นเสกลเวอร์เนียร์

จะเห็นว่าห้าช่องบนวงล้อสัมผัส มีค่า $= 5 \times 60'' = 300''$

เมื่อมาสร้างเป็นเสกลเวอร์เนียร์หกช่อง หนึ่งช่องของเสกลเวอร์เนียร์จะมีค่าเท่ากับ $\frac{300''}{6} = 50''$ แต่หนึ่งช่องของวงล้อสัมผัสมีค่า $= 60''$

ฉะนั้น ผลต่างระหว่างค่าหนึ่งช่องของวงล้อสัมผัสกับหนึ่งช่องบนเสกลเวอร์เนียร์จะเท่ากับ $60'' - 50'' = 10''$ ซึ่งเป็นค่าที่อ่านได้น้อยที่สุด วิธีอ่านก็เช่นเดียวกันคือถ้าขีดที่ 1 บนเสกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 10" ถ้าขีดที่สองตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 20" ถ้าขีดที่ 3 บนเสกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสอ่านว่า 30" ดังนี้ เป็นต้น

ถ้าต้องการสร้างเสกลเวอร์เนียร์ให้อ่านละเอียดได้ทุก 12" คือ ทุก 0'.2 เขาก็จะเอาความยาวของช่องบนวงล้อสัมผัสสี่ช่อง แล้วแบ่งเป็นห้าช่อง มาสร้างเป็นเสกลเวอร์เนียร์

จะเห็นว่า สี่ช่องบนวงล้อสัมผัสมีค่า $= 4 \times 60'' = 240''$

เมื่อมาสร้างเป็นเสกลเวอร์เนียร์ห้าช่อง หนึ่งช่องของเสกลเวอร์เนียร์จะมีค่าเท่ากับ $\frac{240''}{5} = 48''$ แต่หนึ่งช่องของวงล้อสัมผัสมีค่า $= 60''$

ฉะนั้น ผลต่างระหว่างค่าหนึ่งช่องของวงล้อสัมผัสกับหนึ่งช่องบนเสกลเวอร์เนียร์ จะเท่ากับ $60'' - 48'' = 12'' = 0'.2$ ซึ่งเป็นค่าที่อ่านได้น้อยที่สุด วิธีอ่านก็เช่นเดียวกัน คือถ้าขีดที่ 1 บนเสกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 0'.2 ถ้าขีดที่ 2 บนเสกล-

เวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 0'.4 ถ้าขีดที่ 3 บนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 0'.6 ถ้าขีดที่ 4 บนสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนวงล้อสัมผัสก็อ่านว่า 0'.8 ดังนี้ เป็นต้น

เนื่องจากการสร้างวงล้อสัมผัสและสเกลเวอร์เนียร์มีหลายแบบด้วยกัน และอ่านละเอียดได้ต่างกัน ฉะนั้น ก่อนใช้เครื่องวัดแดดจะต้องตรวจสอบและทดลองอ่านดูให้ถูกต้องแน่นอนเสียก่อน

4.5 การระวังรักษาเครื่องวัดแดด (Care of the sextant)

เครื่องวัดแดดเป็นเครื่องมือที่ต้องการความถูกต้องเที่ยงตรงมาก จึงต้องดูแลรักษาอย่างพิถีพิถันตลอดเวลา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งชำรุดเสียหายได้ง่าย เมื่อไม่ได้ใช้ควรเก็บไว้ในหีบให้เรียบร้อย ระวังอย่าให้หีบเลื่อนตกหน้า หรือเลื่อนตกจากโต๊ะ ความชื้นและไอน้ำเค็ม ที่ติดอยู่ตามกระจก กล้องและที่อื่น ๆ จะต้องเช็ดออกให้สะอาดด้วยผ้าแห้งที่มีเนื้อนุ่ม หรือใช้กระดาษเช็ดเลนส์โดยเฉพาะ อย่าใช้ผ้าจำพวกไหมเป็นอันขาด เพราะจะทำให้กระจกเป็นรอย ถ้าจำเป็นจะใช้น้ำจืดล้างเสียก่อนก็ได้ เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ไขควงสำหรับปรับแต่งเครื่องวัดแดดที่มีอยู่ในหีบ ต้องระวังอย่าให้หาย ก่อนปิดหีบต้องตรวจดูให้เรียบร้อยเสียก่อน

เมื่อนำเอาเครื่องวัดแดดออกจากหีบหรือเก็บเข้าหีบก็ดี จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง อย่าให้ฝาหีบปิดลงกระทบกับเครื่องวัดแดดได้ การปรับแต่งเครื่องวัดแดด เมื่อได้รับความกระทบกระเทือน จะต้องกระทำด้วยบุคคลที่มีความรู้เท่านั้น และจะต้องกระทำด้วยความประณีต

4.6 เครื่องวัดแดดขอบฟ้าเทียม (Artificial horizon sextants)

เครื่องวัดแดดชนิดที่ใช้ฟองอากาศหรือเครื่องมืออย่างอื่นแทนขอบฟ้า ในเมื่อมองขอบฟ้าไม่เห็นหรือไม่ต้องการขอบฟ้าเลย เรียกว่า “เครื่องวัดแดดขอบฟ้าเทียม” ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป เรียกว่า “เครื่องวัดแดดฟองอากาศ” (Bubble sextant) ซึ่งใช้สำหรับวัดสูงวัตถุท้องฟ้าบนเครื่องบิน การวัดสูงก็คือตั้งเอาจุดศูนย์กลางของวัตถุท้องฟ้าให้มาทับกับจุดศูนย์กลางฟองอากาศที่ลอยตัวอยู่ และมีเครื่องอ่านมุมแบบธรรมดาติดอยู่ เพื่อสำหรับหาค่าเฉลี่ยของความสูงที่วัดติดต่อกันชั่วระยะเวลาหนึ่ง ตามปกติจะใช้ช่วงเวลา 2 นาที เครื่องแบบใหม่ไม่จำเป็นต้องวัดติดต่อกันไปก็ได้ คือจะวัดเมื่อใดก็ได้ หลังจากวัดครั้งแรกไปแล้ว 30 วินาที ความสูงเฉลี่ยก็จะหาออกมาได้ แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่ว ๆ ไป การวัดสูงจะต้องใช้ระยะเวลา

2 นาที่เต็ม ๆ เพื่อจะได้แก่การส่ายการโคลง และการยกตัวขึ้นลงของเครื่องบินให้ครบถ้วน คือต้องการความสูงเฉลี่ยที่แก่อาการต่าง ๆ ของเครื่องบินนั่นเอง

เครื่องวัดแดดที่ใช้บนเครื่องบินนี้ ยากแก่การที่จะนำไปใช้บนเรือที่แล่นอยู่บนผิวน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะกำลังเดินทางอยู่ในทะเล ทั้งนี้ เนื่องจากการโคลงและการถูกคลื่น กระแทกของเรือ แตกต่างกับเครื่องบินมาก แต่อย่างไรก็ตามก็อาจใช้ได้ในบางโอกาสบนเรือรบขนาดใหญ่ และเรือดำน้ำขณะที่โผล่ขึ้นมาบนผิวน้ำ ในปัจจุบันกองทัพเรือดำน้ำที่มีอาวุธนำวิถีได้ใช้เครื่องวัดแดดธรรมดา ที่มีระบบฟองอากาศพิเศษติดเข้าไว้ด้วย

ในระยะ 30 ปีที่ผ่านมาได้มีการสร้างเครื่องวัดแดด โดยมีระบบขอบฟ้าเทียมใจโร ติดเข้าไว้ด้วย เรียกว่า “Gyro-stabilized sextant” และได้มีการสร้างแบบ “Pendulum sextant” อีกด้วย แต่ไม่ได้มีการนำมาใช้บ่อยนัก

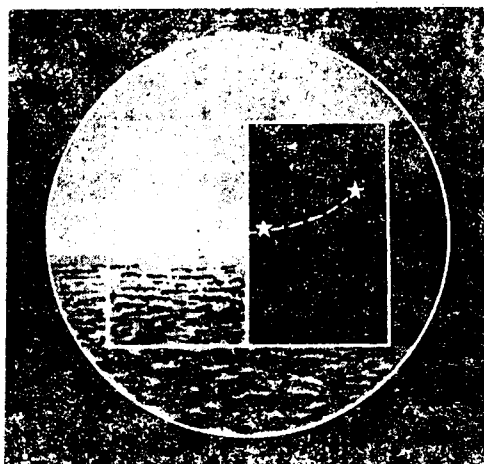
เครื่องวัดแดดขอบฟ้าเทียม ที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่ยอมให้ใช้วัดสูงของวัตถุท้องฟ้าในเรือได้ ในเมื่อไม่เห็นขอบฟ้า เช่นในเวลามีหมอก หรือในเวลากลางคืน แต่ความถูกต้องที่ได้รับมีค่าละเอียดเพียงลิปดาเท่านั้น

4.7 การวัดสูงด้วยเครื่องวัดแดด (Sextant observations)

การวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าจะต้องวัดไปบนพื้นที่ตั้งฉากกับขอบฟ้าตามวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า นั้น โดยวัดจากขอบฟ้าทะเลขึ้นไปถึงวัตถุท้องฟ้า นั้น ความสูงที่อ่านได้จากเครื่องวัดแดด โดยยังไม่ได้แก้อัตราผิดอย่างใดทั้งสิ้น เรียกว่า “Sextant altitude” ใช้อักษรย่อ “hs”

วิธีวัดสูง ผู้ตรวจจะต้องยืนหันหน้าไปทางวัตถุท้องฟ้า จับเครื่องวัดแดดด้วยมือขวา ยกขึ้นในแนวตั้ง มองไปในกล้องให้เห็นเส้นขอบฟ้าอยู่ที่กึ่งกลางกระจกขอบฟ้า มือซ้ายบีบสปริงที่แขนดัชนีแล้วค่อย ๆ เลื่อนออกไป จนกระทั่งเห็นเงาของวัตถุท้องฟ้ามาปรากฏในกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกเงา ปลดสปริงที่แขนดัชนี แล้วค่อย ๆ หมุนวงล้อเกลียวสัมผัส แต่งให้วัตถุท้องฟ้าทับกับเส้นขอบฟ้าพอดี

ครั้นแล้วให้แกว่งเครื่องวัดแดดไปมาช้า ๆ โดยให้ถือเส้นเล็งเป็นเส้นแกนในการแกว่ง ในขณะนี้จะเห็นวัตถุท้องฟ้าแกว่งไปมาเหมือนลูกตุ้มนาฬิกา ในกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกใสก็จะเห็นเงาของวัตถุท้องฟ้าด้วย ดังในรูปที่ 39



รูปที่ 39

ภาพในกระจกขอบฟ้าเมื่อแกว่งเครื่องวัดแดด

จุดที่วัตถุท้องฟ้าต่ำที่สุดบนส่วนโค้งที่แกว่งไปมานั้น คือจุดที่วัตถุท้องฟ้าอยู่บนวงสูงแล้ว ในขณะที่แกว่งเครื่องวัดแดดอยู่นี้ ให้แสงวงล้อเกลียวสัมผัสจนกระทั่งวัตถุท้องฟ้า แกว่งมาสัมผัสกับเส้นขอบฟ้าพอดี ทันใดนั้นให้จดเวลาและจดความสูงที่อ่านได้จากเครื่องวัดแดด

ความชำนาญในการวัดสูงจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติเป็นเวลานาน นักเดินเรือที่ดีจะต้องปฏิบัติการวัดสูงไม่น้อยกว่า 3,000 ครั้ง ในระหว่างฝึกหัดนั้น ก็จะได้กลเม็ดต่าง ๆ ด้วยตัวของตัวเอง ซึ่งยากที่จะชี้แจงให้คนอื่นเข้าใจได้ ในเวลา 3 นาที สามารถที่จะวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันได้มากกว่า 10 ครั้ง โดยฝึกหัดตั้งวัตถุท้องฟ้าขึ้น ๆ ลง ๆ

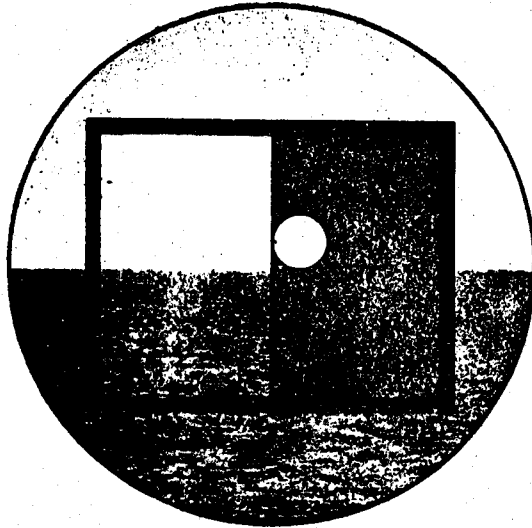
นักศึกษาควรหัดวัดสูงดวงอาทิตย์ในเวลาเที่ยงจริง เพราะว่าในขณะนั้น ไม่ว่าที่ละติจูดใด สูงของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนช้ามากเป็นเวลาหลายนาทีก่อนเที่ยงจริง และหลังเที่ยงจริง ซึ่งสามารถวัดสูงดวงอาทิตย์ได้ถึง 12 ครั้ง หรือมากกว่านั้น เมื่อวัดได้แล้วแต่ละครั้งให้จดสูงไว้ แล้วหมุนวงล้อเกลียวสัมผัสไปเล็กน้อย ก็จะเห็นว่าดวงอาทิตย์อาจจะอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้า หรือสูงกว่าขอบฟ้าก็ได้ ครั้นแล้วก็พยายามแต่งให้ดวงอาทิตย์อยู่ที่เส้นขอบฟ้า โดยการแกว่งเครื่องวัดแดดดังกล่าวแล้ว เมื่อหัดได้เช่นนี้ต่อไปก็จะสามารถวัดสูงดวงอาทิตย์เวลาใดก็ได้ตามต้องการ

4.8 การวัดสูงดวงอาทิตย์ (Sun observations)

เนื่องจากดวงอาทิตย์มีแสงสว่างมากก่อนทำการวัดสูงจึงต้องใช้กระจกบังแสงช่วยลดแสงสว่างของดวงอาทิตย์ ครั้งแรกให้เลือกกระจกบังแสงของกระจกดัชนี เพื่อลดแสงสว่างของเงาดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากกระจกดัชนีไปยังกระจกขอบฟ้า ครั้นแล้วให้เลือกกระจกบังแสงของกระจกขอบฟ้าเพื่อลดแสงสว่างของแสงดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากน้ำทะเลที่ขอบฟ้า

การเลือกกระจกบังแสงนั้น ให้ทดลองเลือกแผ่นที่มีแสงทึบก่อน โดยใช้ส่องกับดวงอาทิตย์โดยตรง จนเหมาะกับสายตาซึ่งอาจจะใช้สองแผ่นควบก็ได้ เมื่อเลือกได้พอใจแล้วให้หันกระจกบังแสงที่ต้องการเข้าที่

ในวันที่ทะเลสงบเรียบไม่มีคลื่น เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ต่ำใกล้ขอบฟ้า แสงอาทิตย์จะสะท้อนบาดตามาก ฉะนั้น จะต้องพิจารณาถึงเงาของเส้นขอบฟ้าด้วย การเลือกกระจกบังแสงจะต้องเลือกและทดลองดูให้ดี เพื่อป้องกันอันตรายผิดในการมองเห็นขอบฟ้า



รูปที่ 40
การวัดสูงดวงอาทิตย์

หลังจากนั้นให้ตั้งแขนดัชนีไว้ที่ 0° แล้วทำการวัดสูงตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งขอบล่าง (Lower limb) ของดวงอาทิตย์สัมผัสกับเส้นขอบฟ้า อย่าลืมว่าขณะวัดสูงนั้นจะต้องแกว่งเครื่องวัดแดดด้วย

ตามปกติการวัดสูงดวงอาทิตย์ จะใช้วัดที่ขอบล่างของดวงอาทิตย์เสมอ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด แต่ถ้าหากดวงอาทิตย์อยู่ต่ำประมาณ 5° ควรจะใช้วัดที่ขอบบน (Upper limb) ในกรณีนี้ จำต้องนำเอาอัตราแก้ของความสว่างดวงอาทิตย์ที่ทำให้เห็นโตกว่าความเป็นจริง (Irradiation effect) และอัตราแก้อื่น ๆ มาแก้กับสูงที่วัดได้เป็นกรณีพิเศษอีกด้วย การวัดดวงอาทิตย์ขอบบนนั้นกระทำอย่างเดียวกันกับวัดขอบล่างจะผิดกันก็แต่เพียงดวงอาทิตย์อยู่ใต้ขอบฟ้าเท่านั้น

4.9 การวัดสูงดวงจันทร์ (Moon observations)

การวัดสูงดวงจันทร์กระทำอย่างเดียวกันกับวัดสูงดวงอาทิตย์ เว้นแต่ถ้าวัดสูงดวงจันทร์ในเวลาที่ยังมีแสงสว่างของดวงอาทิตย์อยู่ กระຈบັງแสงก็ไม่ต้องใช้

เนื่องด้วยดวงจันทร์ไม่เต็มดวงตลอดเวลา ย่อมมีรูปร่างแหว่งเว้าอยู่เสมอตามมิติของดวงจันทร์ฉะนั้นการวัดสูงของดวงจันทร์จะวัดขอบบนหรือขอบล่างก็สุดแล้วแต่มิติของดวงจันทร์และตำบลที่ในท้องฟ้า คือแล้วแต่ว่าจะตั้งเอาขอบไหนมาสัมผัสกับเส้นขอบฟ้าได้ ตามปกติมักจะวัดขอบบนมากกว่าขอบล่าง

สิ่งที่ควรสนใจและระมัดระวังในการวัดสูงดวงจันทร์ก็คือ ถ้าวัดในขณะที่ยังมีแสงสว่างของดวงอาทิตย์จะวัดได้ดีมาก และจะได้เส้นตำบลที่ที่ถูกต้องที่สุด แต่ถ้าวัดในเวลากลางคืน จำต้องพิจารณาในการใช้กระຈบັງแสงด้วยว่าจะใช้อย่างไรดี ทั้งนี้เพื่อมิให้แสงสว่างจากดวงจันทร์ไปบังเส้นขอบฟ้า

4.10 การวัดสูงดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ (Star and planet observations)

การวัดสูงดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ กระทำในระหว่างที่มีแสงเงินแสงทอง เพราะจะเห็นขอบฟ้าได้ชัดเจน ฉะนั้น การวัดสูงจะต้องใช้ความชำนาญมากกว่าวัดสูงดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ เพราะว่าวัดดูท้องฟ้าเหล่านี้เล็กน้อย และมีจำนวนมาก นอกจากนั้นในระหว่างที่มีแสงเงินแสงทอง ดาวที่อยู่ทางซีกนั้นของขอบฟ้าจะสว่างน้อยลงด้วย จึงเป็นการยากที่จะเลือกวัดสูงของดวงดาวที่เหมาะสม พร้อม ๆ กับให้เห็นเส้นขอบฟ้าได้ชัดเจนในเวลาเดียวกัน ปัญหานี้อาจแก้ให้หมดไปได้ในเมื่อได้สร้างเครื่องวัดแดดชนิดที่มีกล้องแบบพิเศษติดไว้ด้วย เพื่อใช้วัดในเวลากลางคืน

การที่จะตั้งดาวลงมาให้สัมผัสกับเส้นขอบฟ้านั้นมีอยู่สามวิธี

วิธีที่หนึ่ง. - เป็นวิธีตั้งดาวลงมาหาเส้นขอบฟ้า วิธีนี้ให้ตั้งแชนดซ์นี้ไว้ใกล้ 0° ประมาณ $2'$ แล้วยกเครื่องวัดแดดส่องตรงไปที่ดาวดวงที่ต้องการ ในขณะนั้นจะเห็นดาวดวงนั้นสองดวงอยู่ใกล้กันที่สุด คือดวงหนึ่งเป็นดวงจริง อีกดวงหนึ่งจะเป็นเงาของดาวดวงนั้นซึ่งปรากฏอยู่ในกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกเงา เมื่อเลื่อนแชนดซ์นี้ไปข้างหน้าช้า ๆ เงาของดาวจะปรากฏว่าเลื่อนต่ำลง พยายามถือเครื่องวัดแดดให้อยู่ในพื้นวงสูงของดาวดวงนั้น แล้วเลื่อนแชนดซ์นี้ไปข้างหน้าต่อไปพร้อม ๆ กับลดเครื่องวัดแดดให้ต่ำลงตามเงาของดาวดวงนั้น อย่าให้เงาของดาวหลุดหายไปได้ เมื่อแชนดซ์นี้เลื่อนไปจนจะเท่ากับความสูงของดาวดวงนั้น เส้น

ขอบฟ้าจะปรากฏมาให้เห็นในกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกใส เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วให้หมุนวงล้อเกลียวสัมผัสช้า ๆ จนกระทั่งดาวสัมผัสกับเส้นขอบฟ้าพอดี

บางคนอาจใช้วิธีถอดกล้องออกก่อนก็ได้ โดยมองด้วยตาเปล่าขณะที่ตั้งดาวลงมา ครั้นจะวัดสูงจริง ๆ จึงสวมกล้องเข้าที่แล้วใช้วัดสูงด้วยกล้อง ทั้งนี้เพื่อความถูกต้อง

วิธีที่สอง.- เป็นวิธีตั้งเส้นขอบฟ้าไปหาดาว วิธีนี้มักใช้เมื่อเห็นเส้นขอบฟ้าชัดเจน แต่ดวงดาวมีความสว่างน้อยเห็นไม่ชัด การที่จะตั้งเส้นขอบฟ้าไปหาดาวนั้นให้ตั้งแชนดซ์นี้ไว้ที่ 0° และกลับเครื่องวัดแดดเอาขอบโค้งขึ้นข้างบนแล้วส่องกล้องไปหาดาวนั้น โดยให้เห็นดาวอยู่ที่กระจกขอบฟ้าด้านกระจกใส เลื่อนแชนดซ์นี้ไปข้างหน้าจนกระทั่งเงาของเส้นขอบฟ้ามาปรากฏบนกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกเงา ครั้นแล้วให้กลับเครื่องวัดแดดมาวัดอย่างเดิมตามวิธีที่หนึ่ง วิธีนี้ค่อนข้างยาก เพราะเมื่อกลับเครื่องวัดแดดมาอยู่อย่างเดิมแล้ว จะต้องค้นหาเงาของดาวดวงนั้นให้มาปรากฏอยู่ในกระจกขอบฟ้า ด้านที่เป็นกระจกเงา ฉะนั้น จึงต้องการความชำนาญ แต่ถ้าทราบทิศคือ แอซิมัทของดาวดวงนั้นแล้ว ก็จะเป็นการง่ายขึ้น

วิธีที่สาม.- เป็นวิธีที่คำนวณหาสูงและแอซิมัทของดาวที่ต้องการไว้ล่วงหน้าโดยประมาณ (การหาสูงและแอซิมัทของดาวโดยประมาณมักใช้ Star finder ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในภายหลัง) ครั้นแล้วให้ตั้งแชนดซ์นี้ไว้ตามความสูงที่คำนวณได้ และส่องกล้องไปในทิศทางของแอซิมัทที่คำนวณไว้ เงาของดวงดาวที่ต้องการก็จะมาปรากฏให้เห็นในกระจกขอบฟ้าด้านที่เป็นกระจกเงาใกล้กับเส้นขอบฟ้า ต่อจากนั้นก็วัดสูง ดังกล่าวแล้วในวิธีหนึ่ง

4.11 ข้อแนะนำบางประการเกี่ยวกับการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า

ดวงอาทิตย์ ในระหว่างที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมด้วยเมฆ หมอก เป็นเวลานาน ๆ โอกาสที่จะมองเห็นดวงอาทิตย์ได้เต็มดวงน้อยมาก และถึงแม้ดวงอาทิตย์จะโผล่ออกมา ก็เพียงชั่วระยะเวลาอันสั้น ในลักษณะอากาศเลวอย่างนี้ การวัดสูงดวงอาทิตย์จะต้องเตรียมการล่วงหน้าและกระทำโดยฉับไว กล่าวคือให้ตั้งมุมสูงของดวงอาทิตย์โดยประมาณไว้ที่เครื่องวัดแดด เตรียมนาฬิกาสำหรับจดเวลาในขณะวัดสูง จะเป็นนาฬิกาอะไรก็ได้ เช่น นาฬิกาข้อมือ นาฬิกาพก หรือนาฬิกาเทียบ ซึ่งได้เทียบเวลาไว้แน่นอนแล้ว แล้วยกเครื่องวัดแดดส่องไปที่ดวงอาทิตย์เตรียมตัวไว้ เมื่อดวงอาทิตย์โผล่ออกมาก็ให้ทำการวัดทันทีพร้อมกับจดเวลา การกระทำอย่างนี้แม้ว่าเงาของดวงอาทิตย์จะไม่ชัดเจนนักก็ดี เส้นขอบฟ้าอาจจะไม่ชัดเจนก็ดี แต่ก็

ยังทำให้หาเส้นด้ายได้ ดีกว่าที่จะไม่กระทำเสียเลย แม้ว่าจะไม่ถูกต้องนักก็ตาม

เมื่อดวงอาทิตย์มีสูงมาก ๆ เช่น ตอนใกล้เมรเดียนของผู้ตรวจในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง คือก่อนผ่านเมรเดียนและหลังผ่านเมรเดียนเล็กน้อย แอซิมัทของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนเร็วมาก (จะเปลี่ยนเร็วที่สุดเมื่ออยู่บนเมรเดียน) ฉะนั้นการวัดสูงหลาย ๆ ครั้ง ในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้ เพื่อให้ได้เส้นด้ายที่หลายเส้น แล้วทำการหาที่เรือโดยวิธี Running fixes นับว่าดีมาก วิธีการนั้นใช้วัดเป็นชุด ชุดแรกเริ่มวัดสูงเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากเมรเดียนทางตะวันออกเป็นมุมแบริงประมาณ 45° แล้ววัดต่อ ๆ ไป จนดวงอาทิตย์ผ่านเมรเดียน เมื่อผ่านเมรเดียนไปแล้วก็วัดชุดที่สองต่อไปจนกระทั่งดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากเมรเดียนทางตะวันตกเป็นมุมแบริงประมาณ 45° เช่นกัน

เมื่อดวงอาทิตย์มีความสูงต่ำมาก เช่น ประมาณ 5° หรือต่ำกว่านี้ การวัดสูงจะต้องกระทำด้วยความประณีต และในลักษณะเช่นนี้ความถูกต้องของเส้นด้ายที่จะมีอัตราผิดถึง 2 ไมล์ หรือน้อยกว่าเล็กน้อย แม้ว่าจะได้ทำการแก้สูงอย่างดีแล้วก็ตาม ฉะนั้น ในการวัดสูงควรวัดขอบบนของดวงอาทิตย์และการแก้สูงในกรณีพิเศษนี้จะต้องทำด้วยความละเอียดถี่ถ้วน ซึ่งได้ให้อัตราแก้ไขไว้ในปฏิทินเดินเรือเป็นพิเศษอยู่แล้ว

ในมาตรา H.O. No. 214 ไม่ได้ทำไว้สำหรับความสูงต่ำกว่า 5° ดังนั้น เมื่อวัดสูงต่ำกว่า 5° จะต้องทำการคำนวณหาสิ่งต่าง ๆ เอาเอง

ดวงจันทร์ การวัดสูงดวงจันทร์มีประโยชน์มากในการหาที่เรือแน่นอน (Fixes) ร่วมกับการวัดสูงดวงอาทิตย์บ่อยครั้ง ในเวลากลางวัน สำหรับการวัดสูงดวงจันทร์ในเวลากลางคืนนั้น ควรวัดขอบล่างของดวงจันทร์ ซึ่งจะทำให้มีอัตราผิดน้อย ทั้งนี้เพราะเงามืดของดวงจันทร์ขอบล่าง ขณะสัมผัสกับขอบฟ้าอาจจะต่ำกว่าขอบฟ้าเล็กน้อย และการอ่านความสูงจากเครื่องวัดแดด มักจะอ่านได้สูงกว่าความจริง จึงเป็นการหักกันไปในตัว

ดาวพระเคราะห์ ดาวศุกร์ (Venus) เป็นดาวพระเคราะห์ที่สว่างสุกใสที่สุดในบรรดาดาวพระเคราะห์ทั้งสี่ดวง และมักจะใช้วัดสูงบ่อย ๆ เมื่อมีโอกาสในตอนเช้าและตอนเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีสูงมากกว่าดวงอาทิตย์และมุมเวลาห่างจากดวงอาทิตย์

ถ้าเป็นไปได้ด้ายที่เรือที่แน่นอนอาจหาได้จากการวัดสูงดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวศุกร์ ในตอนเช้าหรือเย็น

สำหรับดาวพระเคราะห์ดวงอื่น ๆ นั้น มักใช้วัดสูงในเวลาแสงเงินแสงทองใน

ตอนเช้า หรือเย็นเท่านั้น

ดาวฤกษ์ การวัดสูงเพื่อหาดำบลที่เรือโดยดาวฤกษ์ในระหว่างเวลาแสงเงินแสงทองในตอนเช้า หรือตอนเย็นนั้น ควรเตรียมดาวฤกษ์ไว้ประมาณ 12 ดวง หรือมากกว่านั้น และมีความสูงมากกว่า 20° ดาวฤกษ์ที่เตรียมไว้ควรเป็นดาวที่มีความสว่างสุกใสมาก คือเป็นดาวชั้นที่ 1 หรือชั้นที่ 2 เพราะในระหว่างเวลาแสงเงินแสงทอง จะทำให้ความสว่างสุกใสน้อยลงจนจำได้ว่า ดาวที่มีค่าแมกนิจูดน้อยจะเป็นดาวที่มีความสว่างสุกใสมาก และในขณะที่ท้องฟ้าสว่างมาก ดาวที่มีค่าแมกนิจูดน้อย จะถูกแสงสว่างในท้องฟ้ากลบแสงมากกว่าดาวที่มีค่าแมกนิจูดมาก ดังนั้น จึงทำให้ความสว่างสุกใสน้อยลงมาก ถ้าดาวสองดวงมีค่าแมกนิจูดเท่ากัน และอยู่ในทิศเดียวกัน (แอดมิรัลเท่ากัน) ดวงที่อยู่สูงกว่าจะเห็นว่ามีแสงสว่างสุกใสมากกว่า และอีกอย่างหนึ่งถ้าดาวสองดวงมีค่าแมกนิจูดเท่ากัน และมีความสูงเท่ากัน ดวงที่มีแอดมิรัลต่างจากดวงอาทิตย์ 90° จะเห็นว่ามีแสงสว่างสุกใสมากกว่าดวงที่มีแอดมิรัลเท่ากับดวงอาทิตย์ หรือมีแอดมิรัลต่างจากดวงอาทิตย์ 180°

การหาดำบลที่ของดาวพระเคราะห์และดาวฤกษ์ในท้องฟ้า รวมทั้งชื่อของดาว เป็นการล่องหน้า เพื่อให้เหมาะสมตามเวลาที่ต้องการ ณ ดำบลที่เรือที่คาดว่าจะไปถึงตามเวลานั้นดังกล่าวข้างต้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดควรใช้หาด้วย “Star Finder” เพราะจะได้ทั้งสูง, แอดมิรัล และชื่อของดาวพร้อมกันไป

กล้องขยายที่ติดอยู่กับเครื่องวัดแดดบางชนิดสามารถเลื่อนให้ชิดหรือห่างจากโครงของเครื่องวัดแดดได้ ทั้งนี้เพื่อแต่งแสงสว่างที่ได้รับจากกระจกขอบฟ้า ทั้งทางที่เป็นกระจกเงาและกระจกใส คือ ถ้าเลื่อนกล้องให้ชิดโครงของของเครื่องวัดแดด จะได้รับแสงสว่างของวัตถุท้องฟ้าที่สะท้อนมาทางกระจกเงามาก ถ้าเลื่อนให้ห่างออกจะได้รับแสงที่มาจากขอบฟ้ามาก ฉะนั้นถ้าขอบฟ้ามืดเห็นไม่ชัดเจนก็ควรเลื่อนกล้องให้ห่างออกจากโครงของเครื่องกว่าปกติ อย่างไรก็ตามในการเลื่อนแต่งกล้องนี้จะต้องทดลองดูให้แสงที่ได้รับระหว่างขอบฟ้ากับวัตถุท้องฟ้าเท่า ๆ กัน และให้เห็นขอบฟ้าชัดเจนด้วย

ในขณะที่มีแสงเงินแสงทองตอนเช้าขอบฟ้าทางตะวันออกจะสว่างก่อน ขอบฟ้าทางตะวันตกจะมีมืดอยู่ จึงให้วัดสูงของดาวที่อยู่ทางตะวันออกก่อน ในทำนองเดียวกันในขณะที่มีแสงเงินแสงทองตอนเย็น ขอบฟ้าทางตะวันออกจะมีมืดก่อน จึงให้วัดสูงของดาวที่อยู่ทางตะวันออกก่อน แต่อย่างไรก็ตาม การพิจารณาที่จะวัดสูงดาวดวงใดและทางทิศไหนก่อน ก็ควรคำนึงถึงความ

สว่างไสวของดวงดาว ความสูงและความชัดเจนของขอบฟ้า

4.12 การวัดสูงในเวลากลางคืน

กล้องขยายของเครื่องวัดแดดที่ดีจะสามารถวัดสูงของดาวต่าง ๆ ได้ในเวลากลางคืน ทุกเวลาเมื่อท้องฟ้าแจ่มใส แต่ผู้ตรวจจะต้องอยู่ในที่มืด ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง เรือดำน้ำได้ใช้เครื่องวัดแดดที่มีกล้องขยายมีกำลัง 6 เท่า หาดำบลที่เรือที่แน่นอนได้ในตอนเที่ยงคืน ปัจจุบันมีกล้องขยายพิเศษ โดยใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ สามารถเห็นได้ในเวลา กลางคืน ซึ่งอาจนำมาใช้กับเครื่องวัดแดดได้

4.13 อัตราผิดของเครื่องวัดแดด (Errors in the sextant)

อัตราผิดของเครื่องวัดแดดเกิดขึ้นได้ด้วยสาเหตุ 7 ประการด้วยกัน 3 ประการแรก เป็นอัตราผิดที่ไม่สามารถจะปรับแต่งได้ ส่วนอีก 4 ประการเป็นอัตราผิดที่นักเดินเรือสามารถ จะปรับแต่งได้ด้วยตนเอง

อัตราผิดที่ไม่สามารถจะปรับแต่งได้ 3 ประการนั้น เป็นอัตราผิดเกี่ยวกับการสร้าง เครื่องจากโรงงาน คือ.-

1. เป็นอัตราผิดที่เกิดจากการสร้างแกนหมุนของแขนดัชนีที่เลื่อนไปตามขอบโค้งไม่ ตรงจุดศูนย์กลางอย่างแท้จริง ซึ่งเรียกว่า "Eccentric error"
2. เป็นอัตราผิดเนื่องจากการแบ่งขีดสำหรับอ่านค่าของมุมบนขอบโค้งและบนวงล้อ สัมผัสหรือบนสเกลเวอร์เนียร์ไม่ถูกต้องที่เดียว ซึ่งเรียกว่า "Errors in graduation"
3. เป็นอัตราผิดเนื่องจากการสร้างกระจกและกระจกเงาต่าง ๆ แต่ละแผ่นมีความ หนาไม่เท่ากัน ซึ่งเรียกว่า "Prismatic error"

อัตราผิดเหล่านี้บริษัทผู้สร้างได้ทำการหาไว้ทุกเครื่อง ซึ่งจะปรากฏอยู่ในใบรับรองที่ ติดประจำมาพร้อมกับเครื่องวัดแดดแต่ละเครื่อง ปัจจุบันอัตราผิดเหล่านี้น้อยมากอาจไม่ต้องคำนึงถึง ก็ได้

อัตราผิดอีก 4 ประการที่นักเดินเรือจะต้องปรับแต่งเอง คือ.-

1. อัตราผิดเนื่องจากการกระจกดัชนีไม่ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง
2. อัตราผิดเนื่องจากการกระจกขอบฟ้าไม่ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง
3. อัตราผิดเนื่องจากการกระจกขอบฟ้าไม่ขนานกับกระจกดัชนี เมื่อแขนดัชนีอยู่ที่ 0°

4. อัตราผิดเนื่องจากเส้นแกนของกล้องขยายไม่ขนานกับพื้นของขอบโค้ง

4.14 การปรับแต่งเครื่องวัดแดด (Adjusting the sextant)

1. การปรับกระจกดัชนีให้ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง ตั้งแขนดัชนีประมาณกึ่งกลางของขอบโค้ง ถือเครื่องวัดแดดด้วยมือซ้าย หันกระจกดัชนีเข้าหาตัว ขอบโค้งจะอยู่ด้านนอก ยกเครื่องวัดแดดให้ได้ระดับนัยน์ตา มองไปที่กระจกดัชนี หันเครื่องวัดแดดไปมาจนมองเห็นเงาของขอบโค้งในกระจกดัชนี และมองเห็นขอบจริงที่อยู่ด้านหลังของกระจกดัชนี แล้วทดลองเลื่อนแขนดัชนีไปมาเล็กน้อย ถ้าเงาของขอบโค้งกับขอบโค้งจริงต่อเป็นเส้นตรงอันเดียวกันสนิท แสดงว่ากระจกดัชนีตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้งแล้ว ถ้าไม่ต่อเป็นเส้นตรงอันเดียวกัน คือเงาของขอบโค้งในกระจกดัชนีอาจอยู่สูงหรือต่ำกว่าขอบโค้งจริงก็ได้ แสดงว่ากระจกดัชนีไม่ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง ให้แต่งเกลียวที่อยู่ด้านหลังกระจกดัชนี จนเงาของขอบโค้งต่อเป็นเส้นตรงอันเดียวกันกับขอบจริง การแต่งเกลียวนั้นให้คลายเกลียวก่อนที่จะไขเข้าไป

2. การปรับกระจกขอบฟ้าให้ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้งและให้ขนานกับกระจกดัชนี ตั้งแขนดัชนีไว้ที่ 0° แล้วส่องไปที่ดาวหรือดวงอาทิตย์ ถ้าส่องไปที่ดวงอาทิตย์จะต้องใช้กระจกกบังแสงช่วยลดแสงสว่างด้วย ในที่นี้สมมติว่าใช้ดวงอาทิตย์ ขณะที่มองไปนั้นจะเห็นดวงอาทิตย์จริงทางด้านกระจกใสและเห็นเงาของดวงอาทิตย์ทางกระจกเงา ถ้าเงาของดวงอาทิตย์ทับกับดวงอาทิตย์จริงสนิท ที่เส้นกึ่งกลางของกระจกขอบฟ้า แสดงว่ากระจกขอบฟ้าตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้งและขนานกับกระจกดัชนีแล้ว ถ้าเงาของดวงอาทิตย์อยู่สูงหรือต่ำกว่าดวงอาทิตย์จริง แสดงว่ากระจกขอบฟ้าไม่ขนานกับ กระจกดัชนี และถ้าเงาของดวงอาทิตย์อยู่ทางซ้ายหรือทางขวา แสดงว่ากระจกขอบฟ้าไม่ตั้งฉากกับพื้นของขอบโค้ง ถ้าเงาของดวงอาทิตย์ผิดไปดังกล่าวให้แต่งเกลียวที่อยู่ด้านหลังกระจกขอบฟ้าซึ่งมีอยู่ 2 ตัว ตัวหนึ่งสำหรับแต่งให้เงาของดวงอาทิตย์เลื่อนขึ้นลงในแนวดิ่งอีกตัวหนึ่งสำหรับแต่งให้เงาของดวงอาทิตย์เลื่อนไปทางซ้ายหรือทางขวา เครื่องวัดแดดบางชนิดมีเกลียว 4 ตัว ชนิดหัวสี่เหลี่ยมอยู่ใต้กระจกขอบฟ้า 2 ตัว สำหรับแต่งให้ดวงอาทิตย์เลื่อนขึ้นลงในแนวดิ่ง การแต่งให้คลายตัวหนึ่งแล้ว จึงกดตัวหนึ่งอีก 2 ตัวอยู่ใต้กระจกขอบฟ้าเหมือนกัน แต่อยู่ข้างหน้าเกลียวสองตัวแรก สำหรับแต่งให้ดวงอาทิตย์เลื่อน ไปทางซ้ายหรือทางขวา การแต่งเกลียวสองตัวนี้ กระทำเช่นเดียวกันกับสองตัวแรก

การแต่งเกลียวนี้ให้แต่งจนกระทั่งเงาของดวงอาทิตย์ทับกับดวงอาทิตย์จริงสนิท แล้วทดลองหมุนวงล้อเกลียวสัมผัสไปมา จะเห็นเงาของดวงอาทิตย์เลื่อนขึ้นลงในแนวดิ่ง ครั้นแล้วหมุนวงล้อเกลียวสัมผัสให้เงาของดวงอาทิตย์ทับกับดวงอาทิตย์จริงอีกครั้งหนึ่งและอ่านค่าของมุมดูว่าได้ 0° หรือไม่ ถ้ายังไม่ได้ 0° ก็ให้พยายามแต่งเกลียวใหม่จนได้ 0° หรือผิดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. การปรับเส้นแกนกล้องขยายให้ขนานกับพื้นของขอบโค้ง ตามปกติที่โครงเครื่องวัดแดดจะมีห่วงเกลียวติดอยู่ด้วยเกลียวสองตัว สำหรับสวมกล้องขยายโดยหมุนเกลียวเข้าไปกับห่วงเกลียวนั้น การปรับเส้นแกนกล้องขยายก็คือการปรับห่วงเกลียวนั่นเอง การปรับนี้เป็นการยากที่จะทำได้ในเรือ วิธีปรับต้องทำในห้องดังนี้ ให้ใช้กล้องขยายชนิดยาวที่มีเส้นหางม้าสองเส้นตัดกันเป็นมุมฉากอยู่ในกล้อง สวมเข้ากับห่วงเกลียวนั้น แล้ววางเครื่องวัดแดดลงบนโต๊ะให้ห่างจากฝาห้องประมาณ 20 ฟุต เล็งพื้นขอบโค้งให้ได้ระดับตรงไปยังฝาห้องแล้วขีดระดับของพื้นขอบโค้งไว้ วัดระยะจากเส้นแกนกล้องถึงพื้นขอบโค้ง แล้วนำระยะนั้นไปขีดที่ฝาห้องจากระดับของพื้นขอบโค้งที่ขีดไว้ แล้วมองดูในกล้องหมุน eyepiece ให้เส้นหางม้าได้ระดับ ถ้าเส้นหางม้าทับกับเส้นที่สองที่ขีดไว้ที่ฝาห้อง แสดงว่าเส้นแกนกล้องขนานกับพื้นของขอบโค้งแล้ว ถ้าไม่ทับกันให้แต่งเกลียวทั้งสองที่ยึดห่วงเกลียว จนกระทั่งเส้นหางม้าทับกับเส้นที่สองที่ขีดไว้ที่ฝาห้อง

4.15 อัตราแก้เครื่องวัดแดด (Index correction)

แม้ว่าจะได้ทำการปรับแต่งกระจกขอบฟ้าและกระจกดัชนีไว้อย่างดีแล้วก็ตาม ก็ยังอาจมีอัตราผิดเนื่องจากการขนานกันของกระจกทั้งสองได้ อัตราผิดนี้เรียกว่า Index error

ถ้าตั้งแนวดัชนีไว้ใกล้ 0° แล้วยกเครื่องวัดแดดส่งไปที่ขอบฟ้า หมุนวงล้อเกลียวสัมผัสจนกระทั่งเส้นขอบฟ้าจริงกับเงาของเส้นขอบฟ้าในกระจกขอบฟ้า เป็นเส้นตรงอันเดียวกันและอ่านมุมได้ 0° ก็แสดงว่ากระจกขอบฟ้าขนานกับกระจกดัชนีและไม่มี Index error ถ้าอ่านมุมไม่ได้ 0° แสดงว่าเครื่องวัดแดดมี Index error จำนวนค่าของมุมที่ผิดไปจาก 0° เรียกว่า อัตราแก้เครื่องวัดแดด (Index correction) ใช้อักษรย่อว่า "IC" ซึ่งจะต้องนำไปแก้กับสูงที่วัดได้ ถ้าขีดบนแนวดัชนีอยู่ทางซ้ายของ 0° เรียกว่า "ในขอบ" (On the arc) คืออ่านได้มากกว่า 0° อัตราแก้ของ IC มีค่าเป็นลบ (-) ถ้าขีดบนแนวดัชนีอยู่ทางขวาของ 0°

เรียกว่า “นอกขอบ” (Off the arc) คืออ่านได้น้อยกว่า 0° หรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อ่านได้น้อยกว่า 360° อัตราแก้ของ IC มีค่าเป็นบวก (+)

การหาอัตราแก้ของเครื่องวัดแดด มีอยู่หลายวิธีด้วยกันกล่าวคือ จะใช้หาโดยอาศัยเส้นขอบฟ้า, ดาว หรือดวงอาทิตย์ก็ได้

ถ้าใช้หาโดยอาศัยเส้นขอบฟ้าหรือดาว ให้ส่องกล้องไปที่เส้นขอบฟ้า หรือดาวแล้วหมุนวงล้อเกลียวสัมผัสให้เงาของเส้นขอบฟ้าเป็นเส้นตรงอันเดียวกัน หรือให้เงาของดาวทับกับดาวดวงจริงสนิท แล้วอ่านค่ามุม สมมติว่าได้ R ถ้าค่าของ R อยู่ “ในขอบ” คืออ่านได้มากกว่า 0°

$$IC = 0^\circ - R$$

ค่า IC จะเป็นลบ (-)

ถ้าค่าของ R อยู่ “นอกขอบ” คืออ่านได้น้อยกว่า 360° (0°)

$$IC = 360^\circ - R$$

ค่า IC จะเป็นบวก (+)

การหาให้กระทำหลาย ๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างที่ 1 จงหาอัตราแก้เครื่องวัดแดด จากการตรวจดาวหกดังต่อไปนี้

359° 57' 00"

359° 56' 40"

359° 57' 10"

359° 57' 10"

359° 56' 50"

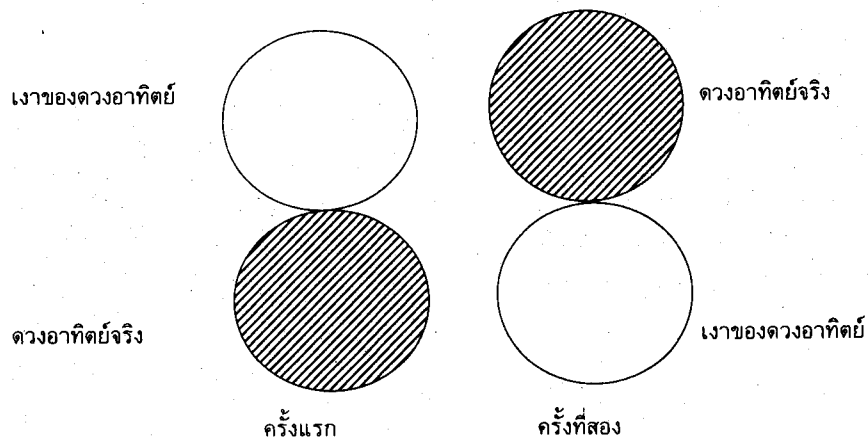
359° 57' 40"

ค่าเฉลี่ย R = 359° 57' 05"

ฉะนั้น IC = $360^\circ - 359^\circ 57' 05''$

$$IC = + 2'.9$$

แต่วิธีที่เหมาะสมที่สุดควรใช้หากับดวงอาทิตย์ คือ ส่องกล้องมองไปที่ดวงอาทิตย์ (อย่าลืมใช้กระจกกบังแสง) ครั้งแรกให้หมุนวงล้อเกลียวสัมผัสเลื่อนเงาของดวงอาทิตย์ขึ้นไปข้างบนให้ขอบล่างของเงาดวงอาทิตย์สัมผัสกับขอบบนของดวงอาทิตย์จริง ในลักษณะนี้ ขีดของแนวดัชนีจะอยู่ “ในขอบ” แล้วอ่านค่าของมุม



รูปที่ 41

แสดงการเลื่อนเงาของดวงอาทิตย์ในการหาอัตราแก่เครื่องวัดแดด

สมมติให้เส้นผ่าศูนย์กลางของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ D และค่าของมุมที่อ่านได้เท่ากับ R_1 อัตราแก่ของเครื่องวัดแดดเท่ากับ IC

$$\text{ฉะนั้น } D = R_1 + IC$$

ครั้งที่สองให้หมุนวงล้อเกลียวสัมผัส เลื่อนเงาของดวงอาทิตย์ลงมาข้างล่างให้ขอบบนของเงาดวงอาทิตย์สัมผัสกับขอบล่างของดวงอาทิตย์จริง ในลักษณะนี้ขีดของแนวดังนี้จะอยู่ “นอกขอบ” แล้วอ่านค่าของมุมสมมติว่าได้เท่ากับ R_2 (ค่าของ R_2 จะอ่านได้น้อยกว่า 360°)

$$\text{ฉะนั้น } D = 360^\circ - (R_2 + IC)$$

จากสมการทั้งสองจะได้

$$IC = 180^\circ - \frac{1}{2}(R_1 + R_2)$$

การหาอัตราแก่เครื่องวัดแดดนี้ให้ทำหลาย ๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างที่ 2 จงหาอัตราแก่เครื่องวัดแดดจากการตรวจดวงอาทิตย์ โดยอ่านค่าของมุมได้ดังต่อไปนี้

ในขอบ	นอกขอบ
$0^\circ 36' 10''$	$359^\circ 33' 20''$
$0^\circ 36' 20''$	$359^\circ 33' 40''$
<u>$0^\circ 36' 30''$</u>	<u>$359^\circ 33' 30''$</u>
ค่าเฉลี่ย $R_1 = 0^\circ 36' 20''$	$R_2 = 359^\circ 33' 30''$
ฉะนั้น $IC = 180^\circ - 180^\circ 04' 55''$	
$IC = -4'.9$	

จะเห็นว่าเมื่อได้ทำตามวิธีนี้แล้วค่าของ IC จะได้พร้อมทั้งเครื่องหมายบวกหรือลบด้วย

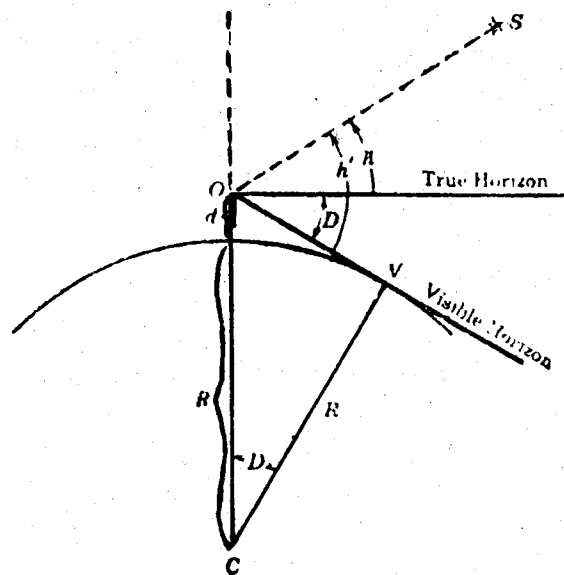
4.16 การแก้สูงวัดของเครื่องวัดแดด (Sextant altitude correction)

เนื่องด้วยมุมสูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดได้จากเครื่องวัดแดด (h_s) เป็นมุมระหว่างขอบฟ้าเห็นกับเส้นแนวทมองเห็นวัตถุท้องฟ้า แต่มุมสูงของวัตถุท้องฟ้าที่จะนำไปใช้จริง ๆ นั้น (H_o) เป็นมุมที่จุดศูนย์กลางโลก ระหว่างพื้นที่ตั้งฉากกับเส้นตรงที่ต่อระหว่างเซนธิสและเนเดอร์กับเส้นตรงที่ลากจากจุดศูนย์กลางโลกไปยังวัตถุท้องฟ้า นั้น ซึ่งเมื่อนำเอา H_o ไปเปรียบเทียบกับสูงคำนวณ (H_c) ผลต่างก็จะเป็น “อินเตอร์เซปท์” (a) เพื่อนำเอาไปใช้เขียนเส้นตำบลที่ (LOP)

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงอัตราแก้ต่าง ๆ ที่จะต้องนำไปแก้กับ h_s เพื่อให้เป็น H_o ตามต้องการ

1. อัตราแก้ IC เป็นอัตราแก้ของเครื่องวัดแดด ที่จะต้องนำไปแก้กับมุมที่วัดได้จากเครื่องวัดแดดโดยตรงก่อน ดังได้กล่าวมาแล้ว

2. อัตราแก้ดิพ (Dip) ใช้อักษรย่อ “D” เมื่อผู้ตรวจวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าในทะเล มุมที่วัดได้เป็นมุมระหว่างขอบฟ้าเห็น (Visible horizon) หรือจุดที่ฟ้ากับน้ำจกกันกับวัตถุท้องฟ้า นั้น แต่ความโค้งของโลกทำให้ขอบฟ้าเห็นอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าจริง (True horizon) มุมระหว่างขอบฟ้าเห็นกับขอบฟ้าจริง เรียกว่า “ดิพของขอบฟ้า” (Dip of the horizon) หรือ “ดิพ” (Dip) เฉย ๆ ค่าของดิพนี้ เมื่อนำไปแก้กับสูงที่วัดได้จะต้องเป็นลบ (-) เสมอ มุมดิพจะมีค่ามากหรือน้อยก็แล้วแต่ว่าผู้ตรวจจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าใด ด้วยเหตุนี้อัตราแก้ดิพนี้จึงมีชื่อเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า “อัตราแก้สูงตา” (Height of eye correction)



รูปที่ 42 ดิพของขอบฟ้า

ตามในรูปที่ 42 ให้ o เป็นผู้ตรวจอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล d ฟุต h' เป็นสูงที่วัดได้ของดาว S , h เป็นสูงที่แก้ติพแล้ว, R เป็นรัศมีของโลก และ D เป็นมุมตัพ ซึ่งจะเท่ากับมุม OCV จากสามเหลี่ยม OCV จะได้

$$\cos D = \frac{R}{R + d} = \frac{1}{1 + \frac{d}{R}} = \left(1 + \frac{d}{R}\right)^{-1}$$

$$\text{แต่ } \cos D = 1 - \frac{D^2}{2!} + \frac{D^4}{4!} \dots \text{และ } \left(1 + \frac{d}{R}\right)^{-1} = 1 - \frac{d}{R} + \frac{d^2}{R^2} - \dots$$

เนื่องด้วย D และ $\frac{d}{R}$ น้อยมาก

$$\text{ฉะนั้น } 1 - \frac{D^2}{2} = 1 - \frac{d}{R}$$

$$D \text{ (เรเดียน)} = \sqrt{\frac{2d}{R}}$$

แต่ 1 เรเดียน = 3,438' และ $R = 20,900,000$ ฟุต

$$D' = 1.064 \sqrt{d} \text{ (เมื่อค่าของ } d \text{ เป็นฟุต)}$$

ถ้ารัศมีของโลกนับเป็นเมตร $R = 6,378,000$ เมตร

$$D' = 1.925 \sqrt{d} \text{ (เมื่อค่าของ } d \text{ เป็นเมตร)}$$

สูตรที่กล่าวมานี้ยังไม่ได้คิดถึงการหักเหของแสง (Refraction) ผลกระทบกระเทือนจากการหักเหของแสงไม่คงที่ ย่อมขึ้นอยู่กับสภาพของบรรยากาศและทะเล ที่สำคัญที่สุดก็คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศที่ระดับนัยน์ตาของผู้ตรวจกับอุณหภูมิของอากาศที่ผิวน้ำในทิศทางที่ชี้วัดสูง ถ้าอากาศที่ระดับนัยน์ตาเย็นกว่า จะทำให้ขอบฟ้าลดต่ำลงเล็กน้อย ถ้าอากาศที่ระดับนัยน์ตา ร้อนกว่า ก็จะทำให้ขอบฟ้ายกสูงขึ้นเล็กน้อย

แต่ตามมาตรฐานทั่ว ๆ ไปแล้ว การหักเหของแสงจะทำให้ขอบฟ้าเห็นยกสูงขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นค่าของตัพจึงน้อยกว่าสูตรที่แสดงไว้ ซึ่งเมื่อคิดโดยประมาณจะได้

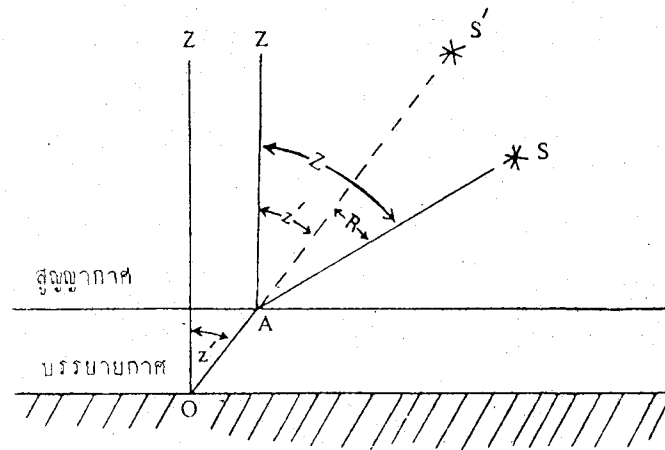
$$D' = 0.984 \sqrt{d} \text{ หรือ } D' = \sqrt{d} \text{ (เมื่อค่าของ } d \text{ เป็นฟุต)}$$

$$\text{และ } D' = 1.781 \sqrt{d} \text{ (เมื่อค่าของ } d \text{ เป็นเมตร)}$$

อัตราแก้ตัพนี้ได้ทำเป็นมาตราไว้อยู่ที่ด้านในปกหน้าและหน้าสุดท้ายของปฏิทินเดินเรือแล้วทุกปี

3. อัตราแก้การหักเหของแสง (Refraction) ใช้อักษรย่อ "R" ทางเดินของแสงเมื่อผ่านมัชฌิมหนึ่งไปยังอีกมัชฌิมหนึ่ง ที่มีความแน่นต่างกันย่อมเกิดการหักเหทางเดินของแสงจากวัตถุท้องฟ้า ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลก ซึ่งมีความแน่นมากกว่าย่อมหักเหเข้าหาเส้นตั้งฉาก ฉะนั้นเมื่อมองจากโลกผ่านบรรยากาศไปยังวัตถุท้องฟ้า จึงปรากฏเห็นว่าวัตถุท้องฟ้า นั้นอยู่สูงกว่าความเป็นจริง เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ตรงศีรษะ แสงจะฉายลงมาในแนวตั้งก็จะไม่มีการหักเหของแสง แต่ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่ขอบฟ้าการหักเหของแสงจะมีมากที่สุด ฉะนั้นการหักเหของแสงจะมีค่าเปลี่ยนจากศูนย์เมื่อวัตถุท้องฟ้ามีความสูง 90° (บนเซนธิ์) จนถึงมากที่สุดเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่ขอบฟ้า

อัตราหักเหของแสงจะเป็นลบ (-) เสมอ เมื่อนำไปแก้กับ hs. เมื่อแก้แล้วก็จะเป็นเส้นทางเดินของแสงจากผู้ตรวจบนผิวโลกตรงไปยังวัตถุท้องฟ้าที่เดียว



รูปที่ 43
อัตราหักเหของแสง

ในรูปที่ 43 สมมติให้ผู้ตรวจอยู่ที่ O และผิวโลกเป็นเส้นตรง SA เป็นทางเดินของแสงจากดาว S มาหักเหที่จุด A ตรงไปยังผู้ตรวจที่ O ผู้ตรวจจะเห็นดาว S ไปอยู่ที่ S' คือเป็นเส้นตรง OS' R เป็นอัตราหักเหของแสง มุม ZAS เป็นระยะเซนธิจริง (z) ของวัตถุท้องฟ้าและมุม ZAS' หรือ ZOS' เป็นระยะเซนธิที่วัดได้ด้วยเครื่องวัดแดด (z')

$$\text{ฉะนั้น } z = z' + R$$

จากกฎการหักเหของแสงจากสุญญากาศผ่านเข้ามาในบรรยากาศจะมีสมการคือ.-

$$\sin z = \mu \sin z'$$

ซึ่ง μ เป็นดัชนีของการหักเหของแสง เมื่ออุณหภูมิ 0°C . และความกดของบรรยากาศ 76 ซม. ค่าของ $\mu = 1.000294$

$$\text{ดังนั้น } \sin (z' + R) = \mu \sin z'$$

$$\text{หรือ } \sin z' \cos R + \cos z' \sin R = \mu \sin z'$$

แต่ค่าของ R น้อยมาก (คือจะมากที่สุดเมื่อวัตถุท้องฟ้าใกล้ขอบฟ้าไม่เกิน $35'$) ฉะนั้น $\cos R$ อาจใช้ 1 แทนได้และ $\sin R$ เมื่อ R นับเป็นเรเดียนอาจใช้ R แทนได้

$$\text{สมการก็จะเป็น } \sin z' + R \cos z' = \mu \sin z'$$

$$\text{หรือ } R = (\mu - 1) \tan z'$$

แทนค่า μ และทำค่าของ R ให้เป็นฟิลิปดา ($1 \text{ เรเดียน} = 206,265''$)

$$\text{จะได้ } R = 0.000294 \times 206,265 \tan z'$$

$$R = 60".6 \cot h' \quad (h' \text{ เป็นสูงวัด})$$

สูตรนี้เป็นสูตรมาตรฐาน คือเป็นสูตรอัตราแก่การหักเหของแสงสำหรับอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศที่ได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน และได้ทำเป็นมาตราไว้ในปฏิทินเดินเรือแล้ว ซึ่งปรากฏว่าเมื่อสูงลดลงอัตราแก่จะมากขึ้น

4. อัตราการหักเหของบรรยากาศ (Air temperature and atmospheric pressure) การหักเหของแสงย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาแน่นของบรรยากาศซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ ฉะนั้นค่าของ μ ซึ่งเป็นดัชนีของการหักเหของแสง จึงเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

ดังนั้น จากสูตรมาตรฐานของอัตราแก่การหักเหของแสงดังกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อต้องการให้มีความละเอียดถูกต้องยิ่งขึ้น ก็จะต้องนำเอาอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศมาเกี่ยวข้องด้วย

สูตรของอัตราแก่การหักเหของแสงที่ใกล้เคียง กับ ความจริงที่สุด ซึ่งท่าน Comstock ได้ตั้งไว้ให้ คือ

$$R = \frac{983 b}{460 + t} \cot h'$$

เมื่อ b เป็นความกดบรรยากาศจากบาโรเมตรนับเป็นนิ้ว t เป็นอุณหภูมิของบรรยากาศนับเป็นองศาฟาเรนไฮต์ h' เป็นสูงวัด และค่าของ R จะได้เป็นฟิลิปดาจะนั้น หากไม่ใช้สูตรมาตรฐานก็ต้องใช้สูตรนี้แทน

เพื่อความสะดวกเมื่อได้ทำมาตราของสูตรมาตรฐานอัตราแก่การหักเหของแสงไว้แล้ว ถ้าอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศผิดปกติไปจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หรือวัดสูงต่ำ ๆ (0° ถึง 10°) ก็จำเป็นต้องมีอัตราแก่เป็นพิเศษเพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ เพื่อให้ถูกต้องยิ่งขึ้น อัตราการหักเหพิเศษนี้ได้ทำไว้เป็นมาตราในปฏิทินเดินเรือเช่นกัน ซึ่งอาจจะเป็นบวก (+) หรือลบ (-) ก็ได้ โดยให้นำไปกระทำกับอัตราแก่มาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง

5. อัตราการหักเหเส้นผ่าศูนย์กลาง (Semidiameter) ใช้อักษรย่อ "SD" โคออดิเนตของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ คือ GHA หรือ SHA และ Dec. ที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือเป็นค่าลบที่ ณ จุดศูนย์กลางของวัตถุท้องฟ้า นั้น ๆ แต่สำหรับดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ นักเดินเรือไม่สามารถจะวัดสูงจากจุดศูนย์กลางได้ จึงใช้วัดสูงจากขอบบนหรือขอบล่าง ระยะเชิงมุมจากขอบบนหรือขอบล่างถึงจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ คือครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง (SD) ของวัตถุท้องฟ้า นั้น ๆ ดังนั้นถ้าวัดสูงขอบบนก็ต้องเอา SD ในขณะนั้นไปลบ (-) ออกจากสูงที่วัดได้ ถ้าวัดสูงขอบล่างก็ต้องเอา SD ในขณะนั้นไปบวก (+) กับสูงที่วัดได้ จึงจะเป็นสูงที่จุดศูนย์กลางตามต้องการ

ครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เปลี่ยนไปตามระยะห่างจากโลก ดวงจันทร์ใกล้โลกมากกว่าดวงอาทิตย์ ครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์ จึงเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วทุกวัน ส่วนดวงอาทิตย์นั้นเปลี่ยนแปลงช้ากว่าดวงจันทร์มาก SD ของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ได้ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรืออยู่ในหน้าประจำวันแล้ว

SD ใช้แก้สูงวัดสำหรับดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เท่านั้น ส่วนดาวพระเคราะห์และดาวฤกษ์ไม่ต้องแก้ เพราะเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กมาก ไม่แสดงให้เห็นได้ จึงไม่มีผลกระทบกระเทือนแต่อย่างใด

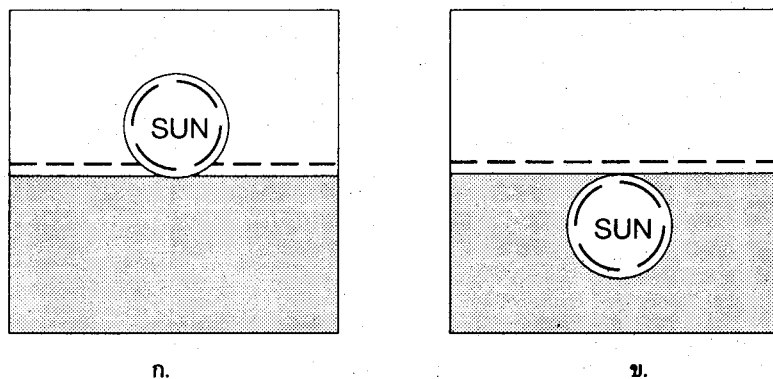
6. อัตราแก้การขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง (Augmentation) ใช้อักษรย่อว่า "A" ครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง (SD) ของวัตถุท้องฟ้าย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่างจากผู้ตรวจ จะเห็นได้ว่า เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่บนเส้น ระยะเวลาจากผู้ตรวจถึงวัตถุท้องฟ้าจะน้อยกว่าเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่ขอบฟ้า เท่ากับรัศมีของโลก

รัศมีของโลกเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจากผู้ตรวจถึงดวงอาทิตย์และดาวพระเคราะห์แล้วน้อยมาก ฉะนั้น ผลกระทบกระเทือนการขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับดวงอาทิตย์และดาวพระเคราะห์จึงมีน้อยอาจตัดทิ้งเสียได้

สำหรับดวงจันทร์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ใกล้โลกที่สุด การขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางจึงมีผลกระทบกระเทือนมาก กล่าวคือเมื่อดวงจันทร์อยู่บนเส้น ดวงจันทร์จะอยู่ใกล้กับผู้ตรวจมากที่สุด จึงมองเห็นว่าดวงจันทร์โตกว่าเมื่อดวงจันทร์อยู่ที่ขอบฟ้าจากการคำนวณโดยใช้ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงจันทร์ ปรากฏว่าการขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์ เมื่อดวงจันทร์อยู่บนเส้นมากกว่าเมื่อดวงจันทร์อยู่ที่ขอบฟ้า 18" ซึ่งเป็นอัตรามากที่สุด อัตราแก้การขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของดวงจันทร์นี้ ได้นำไปรวมอยู่ในมาตราการแก้สูงของดวงจันทร์ ที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือแล้ว

7. อัตราแก้การเปล่งแสง (Irradiation) ใช้อักษรย่อว่า "J" การเปล่งแสงทำให้เกิดภาพลวงตาขึ้นได้ คือ เมื่อนำเอาวัตถุที่มีแสงสว่างไปวางไว้ใกล้ ๆ กับวัตถุที่มีมืดจะทำให้มองเห็นว่าวัตถุที่มีแสงสว่างโตกว่าความเป็นจริง และจะทำให้มองเห็นวัตถุที่มีมืดเล็กกว่าความเป็นจริง

ในการเดินเรือเวลากลางวันท้องฟ้าจะมีแสงสว่างมากกว่าน้ำทะเล ผลของการเปล่งแสงของท้องฟ้าจะทำให้เห็นเส้นขอบฟ้าอยู่ต่ำกว่าความเป็นจริงไปเล็กน้อย ดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่เปล่งแสงมาก ก็จะทำให้มองเห็นว่าโตกว่าความเป็นจริง



รูปที่ 44

ผลจากการเปลี่ยนแปลงในการวัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างและขอบบน เส้นขาดเป็นดวงอาทิตย์จริง และขอบฟ้าจริง เส้นเต็มเป็นดวงอาทิตย์ และขอบฟ้าตามที่มองเห็น เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลง

ในรูปที่ 44 ก. เมื่อวัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่าง การขยายตัวของดวงอาทิตย์กับการลดระดับขอบฟ้าตามที่มองเห็น เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลง จะทำให้หักกลับกันไปหมด ไม่มีอัตราผิดแต่อย่างใด แต่ถ้าวัดสูงดวงอาทิตย์ขอบบนดังในรูปที่ 44 ข. จะปรากฏว่ามีอัตราผิดมาก อัตราผิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนี้ใช้แก้สำหรับดวงอาทิตย์เมื่อวัดสูงขอบบนเท่านั้น อัตราแก้นี้เป็นลบ (-) เสมอ สำหรับวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง

8. อัตราแก้ดิถี (Phase) ใช้อักษรย่อว่า “F” ดิถีของดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ ก็คล้ายคลึงกันกับดิถีของดวงจันทร์ ดิถีของดาวพระเคราะห์ไม่ปรากฏให้เห็นได้ชัดเจนเมื่อมองด้วยตาเปล่า แต่ก็จะเป็นผลกระทบกระเทือนแก่นักเดินเรือ ในการที่จะประมาณว่าจุดศูนย์กลางของดาวนั้น ๆ อยู่ที่ใดได้ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องวัดขอบบนหรือขอบล่างและการแก้ดิถีของดาวพระเคราะห์ก็เช่นเดียวกับการแก้ครึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์

อัตราแก้ดิถีจะเป็นบวก (+) หรือลบ (-) ก็ได้ และใช้แก้สำหรับดาวศุกร์ดาวอังคารเท่านั้น การแก้ก็แก้เฉพาะในการวัดสูงขณะแสงเงินแสงทองเท่านั้นส่วนดาวพระเคราะห์อื่น ๆ ไม่จำเป็นต้องแก้ เพราะไม่มีผลกระทบกระเทือนแต่อย่างใด

9. อัตราแก้ผลต่างของอุณหภูมิน้ำทะเลกับอากาศ (Sea - air temperature difference correction) ใช้อักษรย่อว่า “S” ตามที่กล่าวมาในเรื่องการแก้ดิถีได้กล่าวเฉพาะการแก้เกี่ยวกับสูงตาของผู้ตรวจ ที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลและการหักเหของแสง ในเมื่ออุณหภูมิและความกดของบรรยากาศลดลงตามอัตราเปลี่ยนมาตรฐานเท่านั้น แต่มิได้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำทะเลกับอากาศที่อยู่ใกล้กับผิวน้ำเลย อากาศที่ผิวน้ำจะร้อนหรือเย็นขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำด้วย ฉะนั้นอัตราแก้ดิถีโดยใช้อัตราเปลี่ยนอุณหภูมิ

มาตรฐาน จึงยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง

อัตราแก้ดิพพอาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้กล่าวคือ ถ้าน้ำทะเลร้อนกว่าอากาศ ขอบฟ้าจะลดต่ำลง ค่าของดิพจะเพิ่มขึ้น ทำให้มุมสูงที่วัดได้โตมากไป อัตราแก้จึงเป็นลบ (-) ในทางตรงข้ามถ้าอากาศร้อนกว่าน้ำทะเล อัตราแก้ก็จะเป็นบวก (+) ซึ่งเป็นที่ยอมรับใช้ในการปฏิบัติการเดินเรือเป็นประจำในทุกวันนี้

ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของอากาศใช้วัดที่สูงตาของผู้ตรวจ อุณหภูมิของน้ำทะเลใช้วัดจากน้ำตัวอย่างที่ตักขึ้นมา ตามปกติค่าของอุณหภูมิใช้ค่าใกล้เคียงเท่านั้น ความแตกต่างของอุณหภูมิที่วัดได้นี้จะเป็นผลทำให้ได้อัตราแก้ดิพแตกต่างกันไป จากการทดลองด้วยความชำนาญของญี่ปุ่นปรากฏว่า อัตราแก้ดิพจะเปลี่ยนแปลงไป $0'.11$ และบางครั้งจะมากขึ้นถึง $0'.21$ ในเมื่ออุณหภูมิต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์

ปัจจุบันราชนาวีสหรัฐยังไม่ได้รับใช้ อัตราแก้ผลต่างของอุณหภูมิ น้ำ ทะเล กับอากาศนี้เป็นทางการ แต่ญี่ปุ่นได้ใช้ค่า $0'.11$ เป็นอัตราแก้ในการวัดสูงในกรณีนี้แล้วทางฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกระหว่างเกาะ Virgin กับ New England ตลอดทั้งปีซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจมากถึงร้อยละ 98 ของการวัดสูง

10. อัตราแก้พารัลแลกซ์ (Parallax) ใช้อักษรย่อว่า "P" พารัลแลกซ์เป็นมุมที่วัตถุท้องฟ้า ระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ลากจากวัตถุท้องฟ้าไปยังผู้ตรวจเส้นหนึ่งกับลากไปยังจุดศูนย์กลางโลกอีกเส้นหนึ่ง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือเป็นผลต่างของทิศทางของวัตถุท้องฟ้าซึ่งอยู่ ณ ที่ใดที่หนึ่ง เมื่อมองไปจากผู้ตรวจกับเมื่อมองไปจากจุดศูนย์กลางโลก เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่ขอบฟ้ามุมพารัลแลกซ์จะมีมากที่สุด (เมื่อโลกเป็นทรงกลม) และเรียกมุมนี้ว่า "พารัลแลกซ์ขอบฟ้า" (Horizontal parallax) ใช้อักษรย่อ "HP" ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่บนเส้นรุ้งคือสูงเท่ากับ 90° พารัลแลกซ์จะเป็นศูนย์

จากในรูปที่ 45 จะเห็นว่า

$$z' = z + p$$

$$\text{ฉะนั้น } z = z' - 8.8 \sin z'$$

$$\text{หรือ } h = h' + 8.8 \cos h$$

เมื่อ h เป็นสูงจริงที่จุดศูนย์กลางโลกและ h' เป็นสูงวัดจากเครื่องวัดแดดสำหรับดวงจันทร์ การหา HP (φ) ก็อย่างเดียวกันคือ

$$\sin \varphi = \frac{R}{CS}$$

แต่ดวงจันทร์อยู่ใกล้โลกมาก ระยะ CS เปลี่ยนเร็วมาก ทำให้เปลี่ยนเร็วมากเช่นกัน ดังนั้นค่าของ HP จึงได้ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือทุกชั่วโมงตามเวลา GMT ทุกวัน ในช่องของดวงจันทร์ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาพาราลแลกซ์ตามสูง (p) ในขณะที่ทำการวัด ซึ่งสมการก็จะเหมือนกันกับดวงอาทิตย์ คือ

$$P = \varphi \cos h'$$

$$\text{และ } h = h' + \varphi \cos h'$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราแก้พาราลแลกซ์ตามสูงเป็นบวก (+) เสมอ เมื่อสูงลดต่ำลง พาราลแลกซ์จะมากขึ้น และเมื่อวัตถุท้องฟ้าใกล้โลกมากพาราลแลกซ์ก็จะมากขึ้นด้วย

พาราลแลกซ์มีผลกระทบกระเทือนต่อดวงอาทิตย์เพียงเล็กน้อยคือมีอัตราแก้พาราลแลกซ์ + 0.1 เมื่อความสูงระหว่าง 0° ถึง 65° ส่วนดาวพระเคราะห์ คือดาวศุกร์ และดาวอังคาร เมื่อโคจรใกล้โลกก็จะมีผลกระทบกระเทือนอันเกิดจากพาราลแลกซ์เหมือนกัน สำหรับดาวพระเคราะห์ที่ใช้ในการเดินเรือดวงอื่น ๆ และดาวฤกษ์นั้นอยู่ไกลจากโลกมาก จึงไม่จำเป็นต้องมีอัตราแก้พาราลแลกซ์

อัตราแก้พาราลแลกซ์นี้ใช้แก้สำหรับวัดสูง ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์และดาวอังคารเท่านั้น เมื่อแก้กับสูงที่วัดได้จากเครื่องวัดแดดแล้ว ก็จะเป็นสูงจริงที่วัด ณ จุดศูนย์กลางโลก

4.17 สรุปการแก้สูง

การแก้สูงที่วัดจากเครื่องวัดแดดดังกล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น อาจแบ่งออกได้เป็น 5 พวก คือ.-

1. การแก้ในการอ่านค่าของมุมไม่ถูกต้อง

อัตราผิดประจำเครื่อง (I) มีปรากฏอยู่ในใบรับรองประจำเครื่องทุกเครื่อง

อัตราผิดเครื่องวัดแดด (IC) เป็นอัตราผิดที่เกิดจากการแต่งแก้เครื่องวัดแดดที่ไม่สมบูรณ์ กับเป็นอัตราผิดส่วนบุคคล อัตราแก้นี้อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้

2. การแก้เกี่ยวกับระดับขอบฟ้า

อัตราแก้ดิฟ (D) เป็นอัตราผิดของขอบฟ้าเห็น คือเมื่อสูงตาของผู้ตรวจสูงขึ้น เส้นขอบฟ้าเห็นจะต่ำลง อัตราแก้กันจะเป็นลบเสมอ

3. การแก้การหักเหของแสงจากวัตถุท้องฟ้า และบรรยากาศ

อัตราแก้การหักเหของแสง (R) เป็นอัตราผิดเนื่องจากแสงผ่านเข้ามาใน บรรยากาศของโลก อัตราแก้กันจะเป็นลบเสมอ

อัตราแก้ผลต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศกับน้ำทะเล (S) อัตราแก้กันอาจ เป็นบวกหรือลบก็ได้

อัตราแก้อุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ (TB) เป็นอัตราแก้สำหรับ สภาพของบรรยากาศที่ผิดปกติ อัตราแก้กันอาจเป็นบวกหรือลบก็ได้

4. การแก้เข้าหาจุดศูนย์กลางของวัตถุท้องฟ้า

อัตราแก้ครึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง (SD) เป็นอัตราแก้เมื่อวัดสูงขอบบนหรือขอบล่าง ของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ถ้าวัดขอบล่างอัตราแก้เป็นบวก ถ้าวัดขอบบนอัตราแก้เป็นลบ

อัตราแก้การขยายตัวของครึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง(A)เป็นอัตราแก้สำหรับดวงจันทร์ เมื่อดวงจันทร์มีความสูงมากขึ้น อัตราแก้จะมากขึ้น อัตราแก้กันจะมีเครื่องหมายอย่างเดียวกัน กับอัตราแก้ของ SD

อัตราแก้การเปล่งแสง (J) เป็นอัตราแก้สำหรับการวัดขอบบนของดวงอาทิตย์ เท่านั้น อัตราแก้กันจะเป็นลบเสมอ

อัตราแก้ดิลี (F) เป็นอัตราแก้ผลต่างระหว่างจุดศูนย์กลางตามที่นิยน์ตามอง เห็นกับจุดศูนย์กลางจริงของดาวศุกร์และดาวอังคาร ในขณะที่มีแสงเงินแสงทองเฉพาะดาว สองดวงนี้ เท่านั้น อัตราแก้กันอาจเป็นบวกหรือลบก็ได้

5. การแก้เข้าหาจุดศูนย์กลางโลก

อัตราแก้พาแรลลิกซ์ (P) เป็นอัตราแก้จากการวัดสูงบนผิวโลกให้เป็นการวัดสูง ที่จุดศูนย์กลางโลก ใช้แก้กับการวัดสูงของดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์และดาวอังคาร เท่านั้น อัตราแก้กันจะเป็นบวกเสมอ

การแก้สูงโดยใช้ปฏิทินเดินเรือ

(Applying corrections from the nautical almanac)

4.18 การหาสูงปรากฏ (Determining apparent altitude)

สูงปรากฏ (Apparent altitude) ใช้อักษรย่อ "ha" คือเป็นความสูงที่ได้จาก เครื่องวัดแดด (hs) เมื่อนำเอาอัตราแก้ (ซึ่งปรากฏอยู่ในใบรับรองของผู้สร้างเครื่องวัดแดด) อัตราแก้ IC (ซึ่งได้ทำการหามาแล้วก่อนใช้เครื่อง) และอัตราแก้ Dip (D) ทั้งสามอย่างนี้ แก้เรียบร้อยแล้ว

4.19 อัตราแก้ดิพ (Dip)

มีปรากฏเป็นมาตราในปฏิทินเดินเรืออยู่ที่ด้านในของปกหน้า ดังในรูปที่ 46 โดยใช้สูงตา (Height of eye) จากระดับน้ำทะเลนับเป็นฟุตไปหาอัตราแก้ (สำหรับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 ได้ให้สูงตาเป็นเมตรไว้ด้วย) อัตราแก้ดิพในมาตราให้ใช้ได้ระหว่างเลขสูงตาดับบนกับตัวล่าง ถ้าสูงตาตรงกับเลขสูงตาในมาตราพอดี ให้ใช้อัตราแก้ดิพที่อยู่สูงกว่าเลขสูงตาดับนั้น

4.20 การแก้สูงดวงอาทิตย์ (Correction observations of the sun)

อัตราแก้สูงดวงอาทิตย์มีเป็นมาตราไว้แล้วในปฏิทินเดินเรือ ดังในรูปที่ 46 อัตราแก้มีทั้งวัดขอบล่าง (Lower limb, ☉) และวัดขอบบน (Upper limb, ☽) โดยแบ่งออกเป็นสองตอน ระหว่างเดือน Oct. - Mar. ตอนหนึ่ง กับระหว่างเดือน Apr. - Sept. อีกตอนหนึ่ง อัตราแก้นี้ใช้แก้เมื่อวัดสูงระหว่าง 10° ถึง 90° โดยได้รวมอัตราแก้ SD, อัตราแก้การหักเหของแสงและอัตราแก้พารัลแลกซ์ไว้เรียบร้อยแล้วตลอดทั้งปี เรียกว่าอัตราแก้สูงรวมของดวงอาทิตย์

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 22 ธ.ค. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $47^\circ 54'.8$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.5$ “ในขอบ” สูงตา 35 ฟุต จงหาสูงจริงในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	☉	-
IC			$1'.5$
D			$5'.7$
☉	$15'.4$		
sum	$15'.4$		$7'.2$
corr			$(+) 8'.2$
hs	47°		$54'.8$
Ho	48°		$03'.0$

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 15 ก.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบบนได้ $51^\circ 58'.4$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $2'.2$ “นอกขอบ” สูงตา 48 ฟุต จงหาสูงจริงในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	☽	-
IC	$2'.2$		
D			$6'.7$
☽			$16'.6$
sum	$2'.2$		$23'.3'$
corr.			$(-) 21'.1$

hs	51°	58'.4
Ho	51°	37'.3

ถ้าวัดสูงดวงอาทิตย์ (รวมทั้งดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ด้วย) ระหว่าง 0° ถึง 10° ให้ใช้มาตราอัตราแก้สูงในปฏิทินเดินเรือหน้าถัดไปดังในรูปที่ 47 ซึ่งไม่ได้รวมอัตราแก้การหักเหของแสงไว้ เพราะการหักเหของแสงเมื่อสูงต่ำ ๆ จะมีมากตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ จึงได้ทำมาตราแก้การหักเหของแสงไว้ต่างหาก ดังในรูปที่ 48 โดยใช้อุณหภูมิและความกดของบรรยากาศพร้อมทั้งสูงปรากฏไปเปิดหาอัตราแก้

วิธีแก้สูงนั้นให้นำเอา IC และ D แก่กับสูงวัดจากเครื่องวัดแดดก่อน ซึ่งเมื่อแก้แล้วจะเรียกว่าสูงปรากฏหรือสูงที่แก้ไขแล้ว (Rectified altitude) ใช้อักษรย่อ "hr" แล้วจึงนำเอาสูง "hr" ไปเปิดมาตราแก้ในรูปที่ 47 และในรูปที่ 48 ต่อไป วิธีนี้ใช้ได้ทั้งดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์

หมายเหตุ มาตราแก้การหักเหของแสงตามในรูปที่ 48 นั้น หากอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศผิดปกติไป ไม่ว่าสูงจะมากน้อยเท่าใด และวัตถุท้องฟ้าใดต้องนำเอาอัตราแก้นี้ไปแก้เพิ่มอีกด้วยเสมอ

ตัวอย่างที่ 3 วันที่ 5 ก.ค. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ 3°46'.6 อัตราผิดเครื่องวัดแดด 1'.0 "นอกขอบ" สูงตา 32 ฟุต อุณหภูมิของอากาศ 32° F ความกดของบรรยากาศ 29.78 นิ้ว จงหาสูงจริงในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	⊙	-
IC	1'.0		
D			5'.5
sum	1'.0		5'.5
corr.			(-)4'.5
hs	3°		46'.6
hr	3°		42'.1
⊙	3'.6		
TB			0'.7
sum	3'.6		0'.7
corr.			(+) 2'.9
hr	3°		42'.1
Ho	3°		45'.0

ตัวอย่างที่ 4 วันที่ 4 ม.ค. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $21^{\circ} 18'.5$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.2$ “นอกขอบ” สูงตา 18 ฟุต อุณหภูมิของอากาศ -3°C ความกดของบรรยากาศ 982 mb. จงหาสูงจริงในขณะนั้น

วิธีทำ

	+		-
IC	1'.2		
D			4'.1
sum	1'.2		4'.1
corr.		(-) 2'.9	
hs	21°		$18'.5$
hr	21°		$15'.6$
	13'.8		
TB			0'.1
sum	13'.8		0'.1
corr.		(+) 13'.7	
hr	21°		$15'.6$
Ho	21°		$29'.3$

การแก้สูง ดวงอาทิตย์ ถ้าต้องการแก้อย่างละเอียดเป็นพิเศษ ก็จะได้โดยใช้ SD ที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวัน ช่องของดวงอาทิตย์บรรทัดล่างสุด ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยใช้ได้ทั้งสามวัน ถ้าวัดขอบบนอัตราแก้เป็นลบ (-) ถ้าวัดขอบล่างอัตราแก้เป็นบวก (+) การแก้สูงให้แก้ตามลำดับดังนี้

แก้ I, IC, D ซึ่งผลลัพธ์จะเป็น h_a นำ h_a ไปหาอัตราแก้ของ R โดยใช้มาตราในช่อง “Stars and planets” ในตอนที่อยู่ทางซ้ายตามรูปที่ 46 ครั้นแล้วแก้ด้วยค่าของ SD และ P ก็จะได้ผลลัพธ์เป็น Ho. อัตราแก้พารัลแลกซ์ (P) เมื่อสูงวัดน้อยกว่า 65° ให้ใช้อัตราแก้ $+0'.1$ ถ้าวัดสูงมากกว่า 65° อัตราแก้เป็นศูนย์เพราะน้อยมาก

ตัวอย่างที่ 5 วันที่ 15 ก.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบบนได้ $51^{\circ} 58'.4$ อัตราแก้ I เท่ากับ $-0'.2$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $2'.2$ “นอกขอบ” สูงตา 48 ฟุต จงหาสูงจริงในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	⊙	-
I			0'.2
IC	2'.2		
D			6'.7
sum	2'.2		6'.9
corr.			(-)4'.7
hs	51°		58'.4
ha.	51°		53'.7
R			0'.8
SD			15'.9
P	0'.1		
sum	0'.1		16'.7
corr.			(-) 16'.6
ha,	51°		53'.7
Ho	51°		37'.1

4.21 การแก้สูงดาวฤกษ์ (Correcting star observations)

อัตราแก้สูงของดาวฤกษ์ นอกจากแก้ I, IC และ D แล้ว มีสิ่งที่จะต้องแก้เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียวคือการหักเหของแสง (R) ซึ่งได้ทำเป็นมาตราไว้ให้ในช่องที่มีชื่อว่า *Stars and Planets* ในตอนที่อยู่ทางซ้าย ดังในรูปที่ 46

ตัวอย่าง วันที่ 2 ส.ค. 1970 วัดสูงดาวฤกษ์ Zubenelgenubi ได้ 64° 52'.7 อัตราผิดเครื่องวัดแดด 1'.7 “นอกขอบ” สูงตา 40 ฟุต จงหาสูงจริงของดาวฤกษ์ในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	☆	-
IC	1'.7		
D			6'.1
☆ &P			0'.5
sum	1'.7		6'.6
corr.			(-)4'.9
hs	64°		52'.7
Ho	64°		47'.8

4.22 การแก้สูงของดาวพระเคราะห์ พฤหัส และเสาร์ (Correcting observations of Jupiter and Saturn)

เนื่องด้วยดาวพฤหัสและดาวเสาร์ เป็นดาวพระเคราะห์ที่อยู่ไกลจากโลกมาก ฉะนั้น การแก้สูงให้กระทำอย่างเดียวกันกับการแก้สูงดาวฤกษ์

ตัวอย่าง วันที่ 5 ก.ย. 1970 วัดสูงดาวพระเคราะห์ Jupiter ได้ $18^{\circ} 20'.2$ อัตราผิด เครื่องวัดแดด + $2'.2$ สูงตา 29 ฟุต จงหาสูงจริงของดาวพระเคราะห์ในขณะนั้น

	+	JUPITER	-
IC	2'.2		
D			5'.2
☆ &P			2'.9
sum	2'.2		8'.1
corr.			(-) 5'.9
hs	18°		20'.2
Ho	18°		14'.3

4.23 การแก้สูงของดาวพระเคราะห์ ศุกร์ และอังคาร (Correcting observations of Venus and Mars)

ในการแก้สูง สำหรับดาวศุกร์และดาวอังคาร ซึ่งเป็นดาวพระเคราะห์ที่อยู่ใกล้โลก ทั้งสองดวง นอกจากจะได้แก้ด้วยอัตราแก้ เช่นเดียวกับดาวพฤหัสและดาวเสาร์แล้ว จึงจำเป็นต้องแก้ดิถีและพาแรลลักซ์เพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะทำการวัดสูงระหว่างที่มีแสงเงินแสงทอง อัตราแก้ดิถีและพาแรลลักซ์ได้ทำเป็นอัตราแก้รวมกันไว้ต่างหาก สำหรับดาวพระเคราะห์สองดวงนี้ ซึ่งอยู่ในตอนทางขวาของมาตราในช่อง "Stars and Planets" อัตราแก้พิเศษที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า "Additional correction" ใช้อักษรย่อ "add'l"

ตัวอย่าง วันที่ 23 ธ.ค. 1970 วัดสูงดาวพระเคราะห์ Venus ได้ $41^{\circ} 17'.6$ อัตราผิด เครื่องวัดแดด - $0'.5$ สูงตา 53 ฟุต จงหาสูงจริงของดาวพระเคราะห์ในขณะนั้น

วิธีทำ

	+	VENUS	-
IC			0'.5
D			7'.1
☆ &P			1'.1
add'l	0'.3		
sum	0'.3		8'.7
corr.			(-) 8'.4

hs	41°	$17'.6$
Ho	41°	$09'.2$

4.24 การแก้สูงดวงจันทร์ (Correcting observations of the moon)

มาตราแก้สูงของดวงจันทร์มีปรากฏอยู่ด้านในปกหลังและหน้าถัดมาของปฏิทินเดินเรือ ดังในรูปที่ 49 และ 50 มาตรานี้ได้รวมอัตราแก้ของการหักเหของแสง (R), ครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง (SD), การขยายตัวของครึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง (A) และพาแรลลักซ์ (P) ไว้แล้ว การแก้สูงของดวงจันทร์ให้ถือปฏิบัติดังนี้-

1. แก้ I (ถ้ามี) IC และ D
2. แก่รวม R และอัตราแก้มาตรฐานของ SD, A และ P ซึ่งได้ทำเป็นอัตราแก้รวมไว้ตามความสูงต่าง ๆ ที่วัดได้ ซึ่งอยู่ตอนบนของมาตรา อัตราแก้นี้เป็นบวกเสมอ
3. การแก้ด้วยอัตราแก้ที่อยู่ตอนล่าง สุดแล้วแต่จะวัดขอบล่าง (L) หรือขอบบน (U) ของดวงจันทร์ ตามช่องความสูงต่าง ๆ ที่วัดได้ อัตราแก้เป็นอัตราแก้ของความเปลี่ยนแปลง SD, A และ P ที่ผิดไปจากมาตรฐาน ซึ่งขึ้นอยู่กับพาแรลลักซ์ขอบฟ้า (HP) ในขณะทำการวัด ค่าของ HP มีปรากฏอยู่ในหน้าประจำวัน ในช่องของดวงจันทร์ทุกชั่วโมงตามเวลา GMT ตลอดทั้งปี ฉะนั้นการหาอัตราแก้ นี้ นอกจากจะใช้ความสูงที่วัดได้แล้ว จะต้องใช้ค่า HP มาใช้เปิดอีกด้วย อัตราแก้เป็นบวกเสมอ

ถ้าวัดสูงขอบบน (U) ของดวงจันทร์ให้เอา $30'.0$ ลบออกจากอัตราแก้รวม (เพราะว่าเมื่อวัดสูงขอบบนอัตราแก้จะเป็นลบ จึงเอา $30'.0$ บวกเข้าไปเฉย ๆ เพื่อให้อัตราแก้เป็นบวกเสียทั้งหมด ฉะนั้น เมื่อแก้แล้วจึงต้องเอา $30'.0$ ลบออก)

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 26 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา CMT $06^h 31^m 12^s$ วัดสูงดวงจันทร์ขอบล่างได้ $56^{\circ} 39'.7$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $+ 1'.0$ สูงตา 25 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงจันทร์ในขณะนั้น

วิธีทำ เปิดหาค่า HP จากหน้าประจำวันตามวันและเวลา GMT ที่ทำการวัดสูง จะได้ค่า HP เท่ากับ $58'.7$

(HP = 58'.7)

	+		-
IC	1'.0		
D			4'.9
	41'.7		
L	5'.8		
sum	48'.5		4'.9
corr.			(+)43'.6
hs	56°		39'.7
Ho	57°		23'.3

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 25 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา GMT 18^h 40^m 11^s วัดสูง
ดวงจันทร์ขอบบนได้ 41° 16'.1" อัตราผิดเครื่องวัดแดด + 1'.7 สูงตา 14 ฟุตองหาสูงจริงของ
ดวงจันทร์ในขณะนั้น

วิธีทำ เปิดหาค่า HP จากหน้าประจำวันตามวันและเวลา GMT ที่ทำการวัดสูงจะได้
ค่า HP เท่ากับ 58'.6

(HP = 58'.6)

	+		-
IC	1'.7		
D			6'.2
	52'.9		
U	4'.0		
add'l			30'.0
sum	58'.6		36'.2
corr.			(+) 22'.4
hs	41°		16'.1
Ho	41°		38'.5

แบบฝึกหัด

1. วันที่ 26 เม.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $55^{\circ} 12'.1$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.0$ “นอกขอบ” สูงตา 65 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงอาทิตย์ (คำตอบ Ho. $55^{\circ} 20'.6$)
2. วันที่ 30 พ.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $20^{\circ} 44'.1$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.5$ “ในขอบ” สูงตา 22 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงอาทิตย์ (คำตอบ Ho. $20^{\circ} 51'.8$)
3. วันที่ 10 มิ.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบบนได้ $31^{\circ} 35'.0$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $+ 1'.2$ สูงตา 70 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงอาทิตย์ (คำตอบ Ho. $31^{\circ} 10'.7$)
4. วันที่ 25 มี.ค. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบบนได้ $57^{\circ} 42'.9$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $- 2'.0$ สูงตา 48 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงอาทิตย์ (คำตอบ Ho. $57^{\circ} 17'.5$)
5. วันที่ 26 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา CMT $04^h 12^m 47^s$ วัดสูงดวงจันทร์ขอบล่างได้ $47^{\circ} 59'.9$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.5$ “นอกขอบ” สูงตา 45 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงจันทร์ (คำตอบ Ho. $48^{\circ} 49'.2$)
6. วันที่ 25 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา GMT $14^h 37^m 53^s$ วัดสูงดวงจันทร์ขอบล่างได้ $33^{\circ} 11'.9$ อัตราผิดของเครื่องวัดแดด $-0'.8$ สูงตา 62 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงจันทร์ (คำตอบ Ho. $34^{\circ} 06'.8$)
7. วันที่ 27 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา GMT $18^h 14^m 47^s$ วัดสูงดวงจันทร์ขอบบนได้ $62^{\circ} 39'.9$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $-2'.0$ สูงตา 33 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงจันทร์ (คำตอบ Ho. $62^{\circ} 42'.8$)
8. วันที่ 25 เม.ย. 1970 เมื่อเวลา GMT $22^h 37^m 12^s$ วัดสูงดวงจันทร์ขอบบนได้ $49^{\circ} 12'.4$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $+ 1'.2$ สูงตา 47 ฟุต จงหาสูงจริงของดวงจันทร์ (คำตอบ Ho. $49^{\circ} 28'.5$)
9. วันที่ 30 ม.ค. 1970 วัดสูงดาวพระเคราะห์ Venus ได้ $20^{\circ} 14'.0$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $- 1'.2$ สูงตา 70 ฟุต จงหาสูงจริงของดาว Venus (คำตอบ Ho. $20^{\circ} 02'.2$)
10. วันที่ 10 ก.ย. 1970 วัดสูงดาว Jupiter ได้ $35^{\circ} 40'.0$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด $1'.0$ “นอกขอบ” สูงตา 26 ฟุต จงหาสูงจริงของดาว Jupiter (คำตอบ Ho. $35^{\circ} 34'.7$)

11. วันที่ 12 ธ.ค. 1970 วัดสูงดาว Mars ได้ $35^{\circ} 16'.6$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด + $2'.1$
 สูงตา 50 ฟุต จงหาสูงจริงของดาว Mars (คำตอบ Ho. $35^{\circ} 10'.5$)
12. วันที่ 16 ก.พ. 1970 วัดสูงดาว Saturn ได้ $22^{\circ} 44'.0$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด - $1'.5$
 สูงตา 42 ฟุต จงหาสูงจริงของดาว Saturn (คำตอบ Ho. $22^{\circ} 34'.8$)
13. วันที่ 27 เม.ย. 1970 วัดสูงดาว Alphecca ได้ $67^{\circ} 43'.9$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด + $1'.1$
 สูงตา 51 ฟุต จงหาสูงจริงของดาว Alphecca (คำตอบ Ho. $67^{\circ} 37'.7$)
14. วันที่ 9 ม.ค. 1970 วัดสูงดาว Sirius ได้ $3^{\circ} 39'.0$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด - $1'.5$ สูงตา 37 ฟุต อุณหภูมิอากาศ 60°F . ความกดของบรรยากาศ 29.72 นิ้ว จงหาสูงจริงของดาว Sirius (คำตอบ Ho. $3^{\circ} 19'.0$)
15. วันที่ 13 ก.ย. 1970 วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $4^{\circ} 41'.9$ อัตราผิดเครื่องวัดแดด + $2'.1$ สูงตา 64 ฟุต อุณหภูมิอากาศ -5°C ความกดของบรรยากาศ 29.83 นิ้ว จงหาสูงจริงของดวงอาทิตย์ (คำตอบ Ho. $4^{\circ} 40'.9$)

A2 ALTITUDE CORRECTION TABLES 10°-90°—SUN, STARS, PLANETS

OCT.—MAR. SUN			APR.—SEPT.			STARS AND PLANETS				DIP				
App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Corrn	App. Alt.	Additional Corrn	Ht. of Eye	Corrn	Ht. of Eye	Corrn	
9 34	+10.8	-21.5	9 39	+10.6	-21.2	9 56	-5.3	1970						ft.
9 45	+10.9	-21.4	9 51	+10.7	-21.1	10 08	-5.2	VENUS						ft.
9 56	+11.0	-21.3	10 03	+10.8	-21.0	10 20	-5.1	Jan. 1-July 22						1.1 -1.1
10 08	+11.1	-21.2	10 15	+10.9	-20.9	10 33	-5.0	0	+ 0.1	1.4 -1.2				
10 21	+11.2	-21.1	10 27	+11.0	-20.8	10 46	-4.9	42		1.6 -1.3				
10 34	+11.3	-21.0	10 40	+11.1	-20.7	11 00	-4.8	July 23-Sept. 5						1.9 -1.4
10 47	+11.4	-20.9	10 54	+11.2	-20.6	11 14	-4.7	0		2.2 -1.5				
11 01	+11.5	-20.8	11 08	+11.3	-20.5	11 29	-4.6	47	+ 0.2	2.5 -1.6				
11 15	+11.6	-20.7	11 23	+11.4	-20.4	11 45	-4.5	Sept. 6-Oct. 1						2.8 -1.7
11 30	+11.7	-20.6	11 38	+11.5	-20.3	12 01	-4.4	0		3.2 -1.8				
11 46	+11.8	-20.5	11 54	+11.6	-20.2	12 18	-4.3	46	+ 0.3	3.6 -1.9				
12 02	+11.9	-20.4	12 10	+11.7	-20.1	12 35	-4.2	Oct. 2-Oct. 16						4.0 -2.0
12 19	+12.0	-20.3	12 28	+11.8	-20.0	12 54	-4.1	0		4.4 -2.1				
12 37	+12.1	-20.2	12 46	+11.9	-19.9	13 13	-4.0	46		4.9 -2.2				
12 55	+12.2	-20.1	13 05	+12.0	-19.8	13 33	-3.9	0		5.3 -2.3				
13 14	+12.3	-20.0	13 24	+12.1	-19.7	13 54	-3.8	11	+ 0.4	5.8 -2.4				
13 35	+12.4	-19.9	13 45	+12.2	-19.6	14 16	-3.7	41	+ 0.5	6.3 -2.5				
13 56	+12.5	-19.8	14 07	+12.3	-19.5	14 40	-3.6	Oct. 17-Oct. 24						6.9 -2.6
14 18	+12.6	-19.7	14 30	+12.4	-19.4	15 04	-3.5	0		7.4 -2.7				
14 42	+12.7	-19.6	14 54	+12.5	-19.3	15 30	-3.4	6	+ 0.5	8.0 -2.8				
15 06	+12.8	-19.5	15 19	+12.6	-19.2	15 57	-3.3	20	+ 0.6	8.6 -2.9				
15 32	+12.9	-19.4	15 46	+12.7	-19.1	16 26	-3.2	31	+ 0.7	9.2 -3.0				
15 59	+13.0	-19.3	16 14	+12.8	-19.0	16 56	-3.1	Oct. 25-Nov. 28						9.8 -3.1
16 28	+13.1	-19.2	16 44	+12.9	-18.9	17 28	-3.0	0		10.5 -3.2				
16 59	+13.2	-19.1	17 15	+13.0	-18.8	18 02	-2.9	4	+ 0.6	11.2 -3.3				
17 32	+13.3	-19.0	17 48	+13.1	-18.7	18 38	-2.8	12	+ 0.7	11.9 -3.4				
18 06	+13.4	-18.9	18 24	+13.2	-18.6	19 17	-2.7	22	+ 0.8	12.6 -3.5				
18 42	+13.5	-18.8	19 01	+13.3	-18.5	19 58	-2.6	Nov. 29-Dec. 6						13.3 -3.6
19 21	+13.6	-18.7	19 42	+13.4	-18.4	20 42	-2.5	0		14.1 -3.7				
20 03	+13.7	-18.6	20 25	+13.5	-18.3	21 28	-2.4	6	+ 0.5	14.9 -3.8				
20 48	+13.8	-18.5	21 11	+13.6	-18.2	22 19	-2.3	20	+ 0.6	15.7 -3.9				
21 35	+13.9	-18.4	22 00	+13.7	-18.1	23 13	-2.2	31	+ 0.7	16.5 -4.0				
22 26	+14.0	-18.3	22 54	+13.8	-18.0	24 11	-2.1	Dec. 7-Dec. 21						17.4 -4.1
23 22	+14.1	-18.2	23 51	+13.9	-17.9	25 14	-2.0	0		18.3 -4.2				
24 21	+14.2	-18.1	24 53	+14.0	-17.8	26 22	-1.9	11	+ 0.4	19.1 -4.3				
25 26	+14.3	-18.0	26 00	+14.1	-17.7	27 36	-1.8	41	+ 0.5	20.1 -4.4				
26 36	+14.4	-17.9	27 13	+14.2	-17.6	28 56	-1.7	Dec. 22-Dec. 31						22.0 -4.5
27 52	+14.5	-17.8	28 33	+14.3	-17.5	30 24	-1.6	0		22.9 -4.6				
29 15	+14.6	-17.7	30 00	+14.4	-17.4	32 00	-1.5	46	+ 0.3	23.9 -4.7				
30 46	+14.7	-17.6	31 35	+14.5	-17.3	33 45	-1.4							24.9 -4.8
32 26	+14.8	-17.5	33 20	+14.6	-17.2	35 40	-1.3							26.0 -4.9
34 17	+14.9	-17.4	35 17	+14.7	-17.1	37 48	-1.2							27.1 -5.0
36 20	+15.0	-17.3	37 26	+14.8	-17.0	40 08	-1.1							28.1 -5.1
38 36	+15.1	-17.2	39 50	+14.9	-16.9	42 44	-1.0							28.1 -5.2
41 08	+15.2	-17.1	42 31	+15.0	-16.8	45 36	-0.9							29.2 -5.3
43 59	+15.3	-17.0	45 31	+15.1	-16.7	48 47	-0.8							30.4 -5.4
47 10	+15.4	-16.9	48 55	+15.2	-16.6	52 18	-0.7							31.5 -5.5
50 46	+15.5	-16.8	52 44	+15.3	-16.5	56 11	-0.6							32.7 -5.6
54 49	+15.6	-16.7	57 02	+15.4	-16.4	60 28	-0.5							33.9 -5.7
59 23	+15.7	-16.6	61 51	+15.5	-16.3	65 08	-0.4							35.1 -5.8
64 30	+15.8	-16.5	67 17	+15.6	-16.2	70 11	-0.3							36.3 -5.9
70 12	+15.9	-16.4	73 16	+15.7	-16.1	75 34	-0.2							37.6 -6.0
76 26	+16.0	-16.3	79 43	+15.8	-16.0	81 13	-0.1							38.9 -6.1
83 05	+16.1	-16.2	86 32	+15.9	-15.9	87 03	0.0							40.1 -6.2
90 00			90 00			90 00								41.5 -6.3
														42.8 -6.4
														44.2

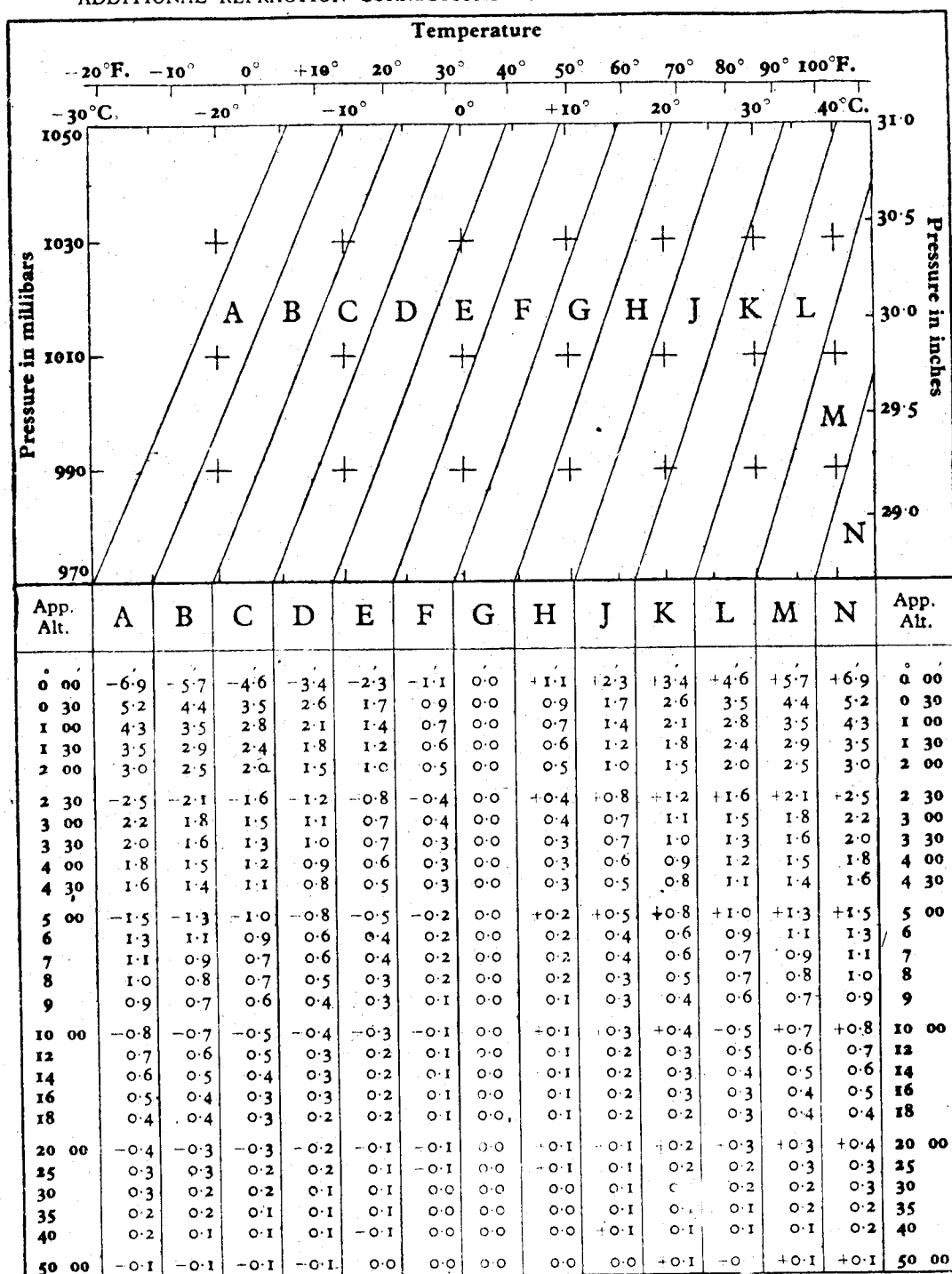
ALTITUDE CORRECTION TABLES 0°-10°-SUN, STARS, PLANETS A₃

App. Alt.	OCT.-MAR. SUN		APR.-SEPT.		STARS PLANETS	App. Alt.	OCT.-MAR. SUN		APR.-SEPT.		STARS PLANETS
	Lower Limb	Upper Limb	Lower Limb	Upper Limb			Lower Limb	Upper Limb	Lower Limb	Upper Limb	
0 00	-18.2	-50.5	-18.4	50.2	-34.5	3 30	+ 3.3	-29.0	+ 3.1	-28.7	-13.0
03	17.5	49.8	17.8	49.6	33.8	35	3.6	28.7	3.3	28.5	12.7
06	16.9	49.2	17.1	48.9	33.2	40	3.8	28.5	3.5	28.3	12.5
09	16.3	48.6	16.5	48.3	32.6	45	4.0	28.3	3.7	28.1	12.3
12	15.7	48.0	15.9	47.7	32.0	50	4.2	28.1	3.9	27.9	12.1
15	15.1	47.4	15.3	47.1	31.4	3 55	4.4	27.9	4.1	27.7	11.9
0 18	-14.5	-46.8	-14.8	-46.6	-30.8	4 00	+ 4.5	-27.8	+ 4.3	-27.5	-11.8
21	14.0	46.3	14.2	46.0	30.3	05	4.7	27.6	4.5	27.3	11.6
24	13.5	45.8	13.7	45.5	29.8	10	4.9	27.4	4.6	27.2	11.4
27	12.9	45.2	13.2	45.0	29.2	15	5.1	27.2	4.8	27.0	11.2
30	12.4	44.7	12.7	44.5	28.7	20	5.2	27.1	5.0	26.8	11.1
33	11.9	44.2	12.2	44.0	28.2	25	5.4	26.9	5.1	26.7	10.9
0 36	-11.5	-43.8	-11.7	-43.5	-27.8	4 30	+ 5.6	-26.7	+ 5.3	-26.5	-10.7
39	11.0	43.3	11.2	43.0	27.3	35	5.7	26.6	5.5	26.3	10.6
42	10.5	42.8	10.8	42.6	26.8	40	5.9	26.4	5.6	26.2	10.4
45	10.1	42.4	10.3	42.1	26.4	45	6.0	26.3	5.8	26.0	10.3
48	9.6	41.9	9.9	41.7	25.9	50	6.2	26.1	5.9	25.9	10.1
51	9.2	41.5	9.5	41.3	25.5	4 55	6.3	26.0	6.0	25.8	10.0
0 54	- 8.8	-41.1	- 9.1	-40.9	-25.1	5 00	+ 6.4	-25.9	+ 6.2	-25.6	- 9.9
0 57	8.4	40.7	8.7	40.5	24.7	05	6.6	25.7	6.3	25.5	9.7
1 00	8.0	40.3	8.3	40.1	24.3	10	6.7	25.6	6.4	25.4	9.6
03	7.7	40.0	7.9	39.7	24.0	15	6.8	25.5	6.6	25.3	9.5
06	7.3	39.6	7.5	39.3	23.6	20	6.9	25.4	6.7	25.1	9.4
09	6.9	39.2	7.2	39.0	23.2	25	7.1	25.2	6.8	25.0	9.2
1 12	- 6.6	-38.9	- 6.8	-38.6	-22.9	5 30	+ 7.2	-25.1	+ 6.9	-24.9	- 9.1
15	6.2	38.5	6.5	38.3	22.5	35	7.3	25.0	7.0	24.8	9.0
18	5.9	38.2	6.2	38.0	22.2	40	7.4	24.9	7.2	24.6	8.9
21	5.6	37.9	5.8	37.6	21.9	45	7.5	24.8	7.3	24.5	8.8
24	5.3	37.6	5.5	37.3	21.6	50	7.6	24.7	7.4	24.4	8.7
27	4.9	37.2	5.2	37.0	21.2	5 55	7.7	24.6	7.5	24.3	8.6
1 30	- 4.6	-36.9	- 4.9	-36.7	-20.9	6 00	+ 7.8	-24.5	+ 7.6	-24.2	- 8.5
35	4.2	36.5	4.4	36.2	20.5	10	8.0	24.3	7.8	24.0	8.3
40	3.7	36.0	4.0	35.8	20.0	20	8.2	24.1	8.0	23.8	8.1
45	3.2	35.5	3.5	35.3	19.5	30	8.4	23.9	8.1	23.7	7.9
50	2.8	35.1	3.1	34.9	19.1	40	8.6	23.7	8.3	23.5	7.7
1 55	2.4	34.7	2.6	34.4	18.7	6 50	8.7	23.6	8.5	23.3	7.6
2 00	- 2.0	-34.3	- 2.2	-34.0	-18.3	7 00	+ 8.9	-23.4	+ 8.6	-23.2	- 7.4
05	1.6	33.9	1.8	33.6	17.9	10	9.1	23.2	8.8	23.0	7.2
10	1.2	33.5	1.5	33.3	17.5	20	9.2	23.1	9.0	22.8	7.1
15	0.9	33.2	1.1	32.9	17.2	30	9.3	23.0	9.1	22.7	7.0
20	0.5	32.8	0.8	32.6	16.8	40	9.5	22.8	9.2	22.6	6.8
25	- 0.2	32.5	0.4	32.2	16.5	7 50	9.6	22.7	9.4	22.4	6.7
2 30	+ 0.2	-32.1	- 0.1	-31.9	-16.1	8 00	+ 9.7	-22.6	+ 9.5	-22.3	- 6.6
35	0.5	31.8	+ 0.2	31.6	15.8	10	9.9	22.4	9.6	22.2	6.4
40	0.8	31.5	0.5	31.3	15.5	20	10.0	22.3	9.7	22.1	6.3
45	1.1	31.2	0.8	31.0	15.2	30	10.1	22.2	9.8	22.0	6.2
50	1.4	30.9	1.1	30.7	14.9	40	10.2	22.1	10.0	21.8	6.1
2 55	1.6	30.7	1.4	30.4	14.7	8 50	10.3	22.0	10.1	21.7	6.0
3 00	+ 1.9	-30.4	+ 1.7	-30.1	-14.4	9 00	+ 10.4	-21.9	+ 10.2	-21.6	- 5.9
05	2.2	30.1	1.9	29.9	14.1	10	10.5	21.8	10.3	21.5	5.8
10	2.4	29.9	2.1	29.7	13.9	20	10.6	21.7	10.4	21.4	5.7
15	2.6	29.7	2.4	29.4	13.7	30	10.7	21.6	10.5	21.3	5.6
20	2.9	29.4	2.6	29.2	13.4	40	10.8	21.5	10.6	21.2	5.5
25	3.1	29.2	2.9	28.9	13.2	9 50	10.9	21.4	10.6	21.2	5.4
3 30	+ 3.3	-29.0	+ 3.1	-28.7	-13.0	10 00	+ 11.0	-21.3	+ 10.7	-21.1	- 5.3

Additional corrections for temperature and pressure are given on the following page.

For bubble sextant observations ignore dip and use the star corrections for Sun, planets, and stars.

A4 ALTITUDE CORRECTION TABLES—ADDITIONAL CORRECTIONS ADDITIONAL REFRACTION CORRECTIONS FOR NON-STANDARD CONDITIONS



The graph is entered with arguments temperature and pressure to find a zone letter; using as arguments this zone letter and apparent altitude (sextant altitude corrected for dip), a correction is taken from the table. This correction is to be applied to the sextant altitude in addition to the corrections for standard conditions (for the Sun, planets and stars from the inside front cover and for the Moon from the inside back cover).

ALTITUDE CORRECTION TABLES 0°-35°-MOON

App. Alt.	0°-4°	5°-9°	10°-14°	15°-19°	20°-24°	25°-29°	30°-34°	App. Alt.
	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	
00	0 33.8	5 58.2	10 62.1	15 62.8	20 62.2	25 60.8	30 58.9	00
10	35.9	58.5	62.2	62.8	62.1	60.8	58.8	10
20	37.8	58.7	62.2	62.8	62.1	60.7	58.8	20
30	39.6	58.9	62.3	62.8	62.1	60.7	58.7	30
40	41.2	59.1	62.3	62.8	62.0	60.6	58.6	40
50	42.6	59.3	62.4	62.7	62.0	60.6	58.5	50
00	1 44.0	6 59.5	11 62.4	16 62.7	21 62.0	26 60.5	31 58.5	00
10	45.2	59.7	62.4	62.7	61.9	60.4	58.4	10
20	46.3	59.9	62.5	62.7	61.9	60.4	58.3	20
30	47.3	60.0	62.5	62.7	61.9	60.3	58.2	30
40	48.3	60.2	62.5	62.7	61.8	60.3	58.2	40
50	49.2	60.3	62.6	62.7	61.8	60.2	58.1	50
00	2 50.0	7 60.5	12 62.6	17 62.7	22 61.7	27 60.1	32 58.0	00
10	50.8	60.6	62.6	62.6	61.7	60.1	57.9	10
20	51.4	60.7	62.6	62.6	61.6	60.0	57.8	20
30	52.1	60.9	62.7	62.6	61.6	59.9	57.8	30
40	52.7	61.0	62.7	62.6	61.5	59.9	57.7	40
50	53.3	61.1	62.7	62.6	61.5	59.8	57.6	50
00	3 53.8	8 61.2	13 62.7	18 62.5	23 61.5	28 59.7	33 57.5	00
10	54.3	61.3	62.7	62.5	61.4	59.7	57.4	10
20	54.8	61.4	62.7	62.5	61.4	59.6	57.4	20
30	55.2	61.5	62.8	62.5	61.3	59.6	57.3	30
40	55.6	61.6	62.8	62.4	61.3	59.5	57.2	40
50	56.0	61.6	62.8	62.4	61.2	59.4	57.1	50
00	4 56.4	9 61.7	14 62.8	19 62.4	24 61.2	29 59.3	34 57.0	00
10	56.7	61.8	62.8	62.3	61.1	59.3	56.9	10
20	57.1	61.9	62.8	62.3	61.1	59.2	56.9	20
30	57.4	61.9	62.8	62.3	61.0	59.1	56.8	30
40	57.7	62.0	62.8	62.2	60.9	59.1	56.7	40
50	57.9	62.1	62.8	62.2	60.9	59.0	56.6	50
H.P.	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	H.P.
54.0	0.3 0.9	0.3 0.9	0.4 1.0	0.5 1.1	0.6 1.2	0.7 1.3	0.9 1.5	54.0
54.3	0.7 1.1	0.7 1.2	0.7 1.2	0.8 1.3	0.9 1.4	1.1 1.5	1.2 1.7	54.3
54.6	1.1 1.4	1.1 1.4	1.1 1.4	1.2 1.5	1.3 1.6	1.4 1.7	1.5 1.8	54.6
54.9	1.4 1.6	1.5 1.6	1.5 1.6	1.6 1.7	1.6 1.8	1.8 1.9	1.9 2.0	54.9
55.2	1.8 1.8	1.8 1.8	1.9 1.9	1.9 1.9	2.0 2.0	2.1 2.1	2.2 2.2	55.2
55.5	2.2 2.0	2.2 2.0	2.3 2.1	2.3 2.1	2.4 2.2	2.4 2.3	2.5 2.4	55.5
55.8	2.6 2.2	2.6 2.2	2.6 2.3	2.7 2.3	2.7 2.4	2.8 2.4	2.9 2.5	55.8
56.1	3.0 2.4	3.0 2.5	3.0 2.5	3.0 2.5	3.1 2.6	3.1 2.6	3.2 2.7	56.1
56.4	3.4 2.7	3.4 2.7	3.4 2.7	3.4 2.7	3.4 2.8	3.5 2.8	3.5 2.9	56.4
56.7	3.7 2.9	3.7 2.9	3.8 2.9	3.8 2.9	3.8 3.0	3.8 3.0	3.9 3.0	56.7
57.0	4.1 3.1	4.1 3.1	4.1 3.1	4.1 3.1	4.2 3.1	4.2 3.2	4.2 3.2	57.0
57.3	4.5 3.3	4.5 3.3	4.5 3.3	4.5 3.3	4.5 3.3	4.5 3.4	4.6 3.4	57.3
57.6	4.9 3.5	4.9 3.5	4.9 3.5	4.9 3.5	4.9 3.5	4.9 3.5	4.9 3.6	57.6
57.9	5.3 3.8	5.3 3.8	5.2 3.8	5.2 3.7	5.2 3.7	5.2 3.7	5.2 3.7	57.9
58.2	5.6 4.0	5.6 4.0	5.6 4.0	5.6 4.0	5.6 3.9	5.6 3.9	5.6 3.9	58.2
58.5	6.0 4.2	6.0 4.2	6.0 4.2	6.0 4.2	6.0 4.1	5.9 4.1	5.9 4.1	58.5
58.8	6.4 4.4	6.4 4.4	6.4 4.4	6.3 4.4	6.3 4.3	6.3 4.3	6.2 4.2	58.8
59.1	6.8 4.6	6.8 4.6	6.7 4.6	6.7 4.6	6.7 4.5	6.6 4.5	6.6 4.4	59.1
59.4	7.2 4.8	7.1 4.8	7.1 4.8	7.1 4.8	7.0 4.7	7.0 4.7	6.9 4.6	59.4
59.7	7.5 5.1	7.5 5.0	7.5 5.0	7.5 5.0	7.4 4.9	7.3 4.8	7.2 4.7	59.7
60.0	7.9 5.3	7.9 5.3	7.9 5.2	7.8 5.2	7.8 5.1	7.7 5.0	7.6 4.9	60.0
60.3	8.3 5.5	8.3 5.5	8.2 5.4	8.1 5.4	8.1 5.3	8.0 5.2	7.9 5.1	60.3
60.6	8.7 5.7	8.7 5.7	8.6 5.6	8.6 5.6	8.5 5.5	8.4 5.4	8.2 5.3	60.6
60.9	9.1 5.9	9.0 5.9	9.0 5.9	8.9 5.8	8.8 5.7	8.7 5.6	8.6 5.4	60.9
61.2	9.5 6.2	9.4 6.1	9.4 6.1	9.3 6.0	9.2 5.9	9.1 5.8	8.9 5.6	61.2
61.5	9.8 6.4	9.8 6.3	9.7 6.3	9.7 6.2	9.5 6.1	9.4 5.9	9.2 5.8	61.5

DIP					
Ht. of Corr ⁿ		Ht. of Corr ⁿ		Ht. of Corr ⁿ	
Eye		Eye		Eye	
ft.		ft.		ft.	
4.0	-2.0	24	-4.9	63	-7.8
4.4	-2.1	26	-5.0	65	-7.9
4.9	-2.2	27	-5.1	67	-8.0
5.3	-2.3	28	-5.2	68	-8.1
5.8	-2.4	29	-5.3	70	-8.2
6.3	-2.5	30	-5.4	72	-8.3
6.9	-2.6	31	-5.5	74	-8.4
7.4	-2.7	32	-5.6	75	-8.5
8.0	-2.8	33	-5.7	77	-8.6
8.6	-2.9	35	-5.8	79	-8.7
9.2	-3.0	36	-5.9	81	-8.8
9.8	-3.1	37	-6.0	83	-8.9
10.5	-3.2	38	-6.1	85	-9.0
11.2	-3.3	40	-6.2	87	-9.1
11.9	-3.4	41	-6.3	88	-9.2
12.6	-3.5	42	-6.4	90	-9.3
13.3	-3.6	44	-6.5	92	-9.4
14.1	-3.7	45	-6.6	94	-9.5
14.9	-3.8	47	-6.7	96	-9.6
15.7	-3.9	48	-6.8	98	-9.7
16.5	-4.0	49	-6.9	101	-9.8
17.4	-4.1	51	-7.0	103	-9.9
18.3	-4.2	52	-7.1	105	-10.0
19.1	-4.3	54	-7.2	107	-10.1
20.1	-4.4	55	-7.3	109	-10.2
21.0	-4.5	57	-7.4	111	-10.3
22.0	-4.6	58	-7.5	113	-10.4
22.9	-4.7	60	-7.6	116	-10.5
23.9	-4.8	62	-7.7	118	-10.6
24.9	-4.8	63	-7.7	120	-10.6

MOON CORRECTION TABLE

The correction is in two parts; the first correction is taken from the upper part of the table with argument apparent altitude, and the second from the lower part, with argument H.P., in the same column as that from which the first correction was taken. Separate corrections are given in the lower part for lower (L) and upper (U) limbs. All corrections are to be added to apparent altitude, but 30' is to be subtracted from the altitude of the upper limb.

For corrections for pressure and temperature see page A4.

For bubble sextant observations ignore dip, take the mean of upper and lower limb corrections and subtract 15' from the altitude.

App. Alt. = Apparent altitude
= Sextant altitude corrected for index error and dip.

ALTITUDE CORRECTION TABLES 35°-90°-MOON

App. Alt.	35°-39°	40°-44°	45°-49°	50°-54°	55°-59°	60°-64°	65°-69°	70°-74°	75°-79°	80°-84°	85°-89°	App. Alt.
	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	Corr ⁿ	
00	35 56.5	40 53.7	45 50.5	50 46.9	55 43.1	60 38.9	65 34.6	70 30.1	75 25.3	80 20.5	85 15.6	00
10	56.4	53.6	50.4	46.8	42.9	38.8	34.4	29.9	25.2	20.4	15.5	10
20	55.3	53.5	50.2	46.7	42.8	38.7	34.3	29.7	25.0	20.2	15.3	20
30	56.2	53.4	50.1	46.5	42.7	38.5	34.1	29.6	24.9	20.0	15.1	30
40	56.2	53.3	50.0	46.4	42.5	38.4	34.0	29.4	24.7	19.9	15.0	40
50	56.1	53.2	49.9	46.3	42.4	38.2	33.8	29.3	24.5	19.7	14.8	50
00	36 56.0	41 53.1	46 49.8	51 46.2	56 42.3	61 38.1	66 33.7	71 29.1	76 24.4	81 19.6	86 14.6	00
10	55.9	53.0	49.7	46.0	42.1	37.9	33.5	29.0	24.2	19.4	14.5	10
20	55.8	52.8	49.5	45.9	42.0	37.8	33.4	28.8	24.1	19.2	14.3	20
30	55.7	52.7	49.4	45.8	41.8	37.7	33.2	28.7	23.9	19.1	14.1	30
40	55.6	52.6	49.3	45.7	41.7	37.5	33.1	28.5	23.8	18.9	14.0	40
50	55.5	52.5	49.2	45.5	41.6	37.4	32.9	28.3	23.6	18.7	13.8	50
00	37 55.4	42 52.4	47 49.1	52 45.4	57 41.4	62 37.2	67 32.8	72 28.2	77 23.4	82 18.6	87 13.7	00
10	55.3	52.3	49.0	45.3	41.3	37.1	32.6	28.0	23.3	18.4	13.5	10
20	55.2	52.2	48.8	45.2	41.2	36.9	32.5	27.9	23.1	18.2	13.3	20
30	55.1	52.1	48.7	45.0	41.0	36.8	32.3	27.7	22.9	18.1	13.2	30
40	55.0	52.0	48.6	44.9	40.9	36.6	32.2	27.6	22.8	17.9	13.0	40
50	55.0	51.9	48.5	44.8	40.8	36.5	32.0	27.4	22.6	17.8	12.8	50
00	38 54.9	43 51.8	48 48.4	53 44.6	58 40.6	63 36.4	68 31.9	73 27.2	78 22.5	83 17.6	88 12.7	00
10	54.8	51.7	48.2	44.5	40.5	36.2	31.7	27.1	22.3	17.4	12.5	10
20	54.7	51.6	48.1	44.4	40.3	36.1	31.6	26.9	22.1	17.3	12.3	20
30	54.6	51.5	48.0	44.2	40.2	35.9	31.4	26.8	22.0	17.1	12.2	30
40	54.5	51.4	47.9	44.1	40.1	35.8	31.3	26.6	21.8	16.9	12.0	40
50	54.4	51.2	47.8	44.0	39.9	35.6	31.1	26.5	21.7	16.8	11.8	50
00	39 54.3	44 51.1	49 47.6	54 43.9	59 39.8	64 35.5	69 31.0	74 26.3	79 21.5	84 16.6	89 11.7	00
10	54.2	51.0	47.5	43.7	39.6	35.3	30.8	26.1	21.3	16.5	11.5	10
20	54.1	50.9	47.4	43.6	39.5	35.2	30.7	26.0	21.2	16.3	11.4	20
30	54.0	50.8	47.3	43.5	39.4	35.0	30.5	25.8	21.0	16.1	11.2	30
40	53.9	50.7	47.2	43.3	39.2	34.9	30.4	25.7	20.9	16.0	11.0	40
50	53.8	50.6	47.0	43.2	39.1	34.7	30.2	25.5	20.7	15.8	10.9	50
H.P.	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	H.P.
54.0	1.1 1.7	1.3 1.9	1.5 2.1	1.7 2.4	2.0 2.6	2.3 2.9	2.6 3.2	2.9 3.5	3.2 3.8	3.5 4.1	3.8 4.5	54.0
54.3	1.4 1.8	1.6 2.0	1.8 2.2	2.0 2.5	2.3 2.7	2.5 3.0	2.8 3.2	3.0 3.5	3.3 3.8	3.6 4.1	3.9 4.4	54.3
54.6	1.7 2.0	1.9 2.2	2.1 2.4	2.3 2.6	2.5 2.8	2.7 3.0	3.0 3.3	3.2 3.5	3.5 3.8	3.7 4.1	4.0 4.3	54.6
54.9	2.0 2.2	2.2 2.3	2.3 2.5	2.5 2.7	2.7 2.9	2.9 3.1	3.2 3.3	3.4 3.5	3.6 3.8	3.9 4.0	4.1 4.3	54.9
55.2	2.3 2.3	2.5 2.4	2.6 2.6	2.8 2.8	3.0 2.9	3.2 3.1	3.4 3.3	3.6 3.5	3.8 3.7	4.0 4.0	4.2 4.2	55.2
55.5	2.7 2.5	2.8 2.6	2.9 2.7	3.1 2.9	3.2 3.0	3.4 3.2	3.6 3.4	3.7 3.5	3.9 3.7	4.1 3.9	4.3 4.1	55.5
55.8	3.0 2.6	3.1 2.7	3.2 2.8	3.3 3.0	3.5 3.1	3.6 3.3	3.8 3.4	3.9 3.6	4.1 3.7	4.2 3.9	4.4 4.0	55.8
56.1	3.3 2.8	3.4 2.9	3.5 3.0	3.6 3.1	3.7 3.2	3.8 3.3	4.0 3.4	4.1 3.6	4.2 3.7	4.4 3.8	4.5 4.0	56.1
56.4	3.6 2.9	3.7 3.0	3.8 3.1	3.9 3.2	3.9 3.3	4.0 3.4	4.1 3.5	4.3 3.6	4.4 3.7	4.5 3.8	4.6 3.9	56.4
56.7	3.9 3.1	4.0 3.1	4.1 3.2	4.1 3.3	4.2 3.3	4.3 3.4	4.3 3.5	4.4 3.6	4.5 3.7	4.6 3.8	4.7 3.8	56.7
57.0	4.3 3.2	4.3 3.3	4.3 3.3	4.4 3.4	4.4 3.4	4.5 3.5	4.5 3.5	4.6 3.6	4.7 3.6	4.7 3.7	4.8 3.8	57.0
57.3	4.6 3.4	4.6 3.4	4.6 3.4	4.6 3.5	4.7 3.5	4.7 3.5	4.7 3.6	4.8 3.6	4.8 3.6	4.8 3.7	4.9 3.7	57.3
57.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	4.9 3.6	5.0 3.6	5.0 3.6	5.0 3.6	57.6
57.9	5.2 3.7	5.2 3.7	5.2 3.7	5.2 3.7	5.2 3.7	5.1 3.6	5.1 3.6	5.1 3.6	5.1 3.6	5.1 3.6	5.1 3.6	57.9
58.2	5.5 3.9	5.5 3.8	5.5 3.8	5.4 3.8	5.4 3.7	5.4 3.7	5.3 3.7	5.3 3.6	5.2 3.6	5.2 3.5	5.2 3.5	58.2
58.5	5.9 4.0	5.8 4.0	5.8 3.9	5.7 3.9	5.6 3.8	5.6 3.8	5.5 3.7	5.5 3.6	5.4 3.6	5.3 3.5	5.3 3.4	58.5
58.8	6.2 4.2	6.1 4.1	6.0 4.1	6.0 4.0	5.9 3.9	5.8 3.8	5.7 3.7	5.6 3.6	5.5 3.5	5.4 3.5	5.3 3.4	58.8
59.1	6.5 4.3	6.4 4.3	6.3 4.2	6.2 4.1	6.1 4.0	6.0 3.9	5.9 3.8	5.8 3.6	5.7 3.5	5.6 3.4	5.4 3.3	59.1
59.4	6.8 4.5	6.7 4.4	6.6 4.3	6.5 4.2	6.4 4.1	6.2 3.9	6.1 3.8	6.0 3.7	5.8 3.5	5.7 3.4	5.5 3.2	59.4
59.7	7.1 4.6	7.0 4.5	6.9 4.4	6.8 4.3	6.6 4.1	6.5 4.0	6.3 3.8	6.2 3.7	6.0 3.5	5.8 3.3	5.6 3.2	59.7
60.0	7.5 4.8	7.3 4.7	7.2 4.5	7.0 4.4	6.9 4.2	6.7 4.0	6.5 3.9	6.3 3.7	6.1 3.5	5.9 3.3	5.7 3.1	60.0
60.3	7.8 5.0	7.6 4.8	7.5 4.7	7.3 4.5	7.1 4.3	6.9 4.1	6.7 3.9	6.5 3.7	6.3 3.5	6.0 3.2	5.8 3.0	60.3
60.6	8.1 5.1	7.9 5.0	7.7 4.8	7.6 4.6	7.3 4.4	7.1 4.2	6.9 3.9	6.7 3.7	6.4 3.4	6.2 3.2	5.9 2.9	60.6
60.9	8.4 5.3	8.2 5.1	8.0 4.9	7.8 4.7	7.6 4.5	7.3 4.2	7.1 4.0	6.8 3.7	6.6 3.4	6.3 3.2	6.0 2.9	60.9
61.2	8.7 5.4	8.5 5.2	8.3 5.0	8.1 4.8	7.8 4.5	7.6 4.3	7.3 4.0	7.0 3.7	6.7 3.4	6.4 3.1	6.1 2.8	61.2
61.5	9.1 5.6	8.8 5.4	8.6 5.1	8.3 4.9	8.1 4.6	7.8 4.3	7.5 4.0	7.2 3.7	6.9 3.4	6.5 3.1	6.2 2.7	61.5

บทที่ 5

การหา GHA และ Dec. จากปฏิทินเดินเรือ (Determining GHA and Dec. from the Nautical Almanac)

5.1 ปฏิทินเดินเรือ (Nautical Almanac)

เป็นหนังสือมาตราที่บอกค่าของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้ในการเดินเรือด้วยระบบอิกัวเตอร์ท้องฟ้า มีผู้พิมพ์อยู่หลายประเทศซึ่งส่วนมากจะคล้ายคลึงกัน สำหรับของสหรัฐอเมริกาทำของอังกฤษนั้นเหมือนกันทุกประการ ของสหรัฐอเมริกาคัดพิมพ์โดย Nautical Almanac office, U.S. Naval Observatory ของอังกฤษจัดพิมพ์โดย Her Majesty's Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory ปฏิทินเดินเรือนี้ได้พิมพ์ออกเป็นประจำปี

5.2 สิ่งที่มีปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือ (Contents of the Nautical Almanac)

ในปฏิทินเดินเรือนอกจากมีมาตราแก่งของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ดังได้กล่าวในบทที่ 4 แล้วยังมีมาตรารอบค่าของวัตถุท้องฟ้า คือ GHA และ Dec. ที่ใช้ในการเดินเรือและรายละเอียดอื่น ๆ ที่จำเป็นแก่การเดินเรือ เช่น เวลาขึ้น - ตก ของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ เวลาที่มีแสงเงินแสงทองเป็นต้น สิ่งเหล่านี้ได้มีปรากฏอยู่ในหน้าประจำวัน คือหน้าซ้ายมือและหน้าขวามือ ในหน้าหนึ่ง ๆ มีอยู่สามวัน ซึ่งบอกไว้เป็นวันและ เวลา GMT ทั้งสิ้น ดังในรูปที่ 51 และ 52

ในการหาที่เรือบนผิวโลก โดยการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ นั้น จำเป็นต้องใช้ค่าของวัตถุท้องฟ้าในขณะที่ทำการวัดสูงมาประกอบการคำนวณ ค่าของวัตถุท้องฟ้าที่ปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือ GHA และ Dec. การหา GHA และ Dec. นั้น หาละเอียดได้ถึงทุกวินาที ผลของ GHA และ Dec. จะได้ละเอียดถึง $0'.1$

การหามุมเวลาตำบลที่ คือ "LHA" นั้น หาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$LHA = GHA - \text{West Longitude}$$

และ

$$LHA = GHA + \text{East Longitude}$$

แต่ต้องจำไว้ว่าในบางครั้งอาจจะต้องใช้ 360° บวกหรือลบก็ได้ เพราะ GHA และ

LHA นั้น นับไปทางตะวันตกเสมอ สำหรับในการคำนวณของรูปสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ได้ใช้ “มุมเมริเดียน” คือมุม “t” มาทำการคำนวณ

มุม “t” คือมุมทางตะวันออกหรือทางตะวันตก จากเมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจจนถึงวัตถุท้องฟ้า นั้น มุม “t” จะไม่เกิน 180° การหามุม “t” จะได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$t = \text{LHA}$ เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันตกของเมริเดียนผู้ตรวจ แต่ต้องไม่เกิน 180°

$t = 360^\circ - \text{LHA}$ เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันออกของเมริเดียนผู้ตรวจแต่ต้องไม่เกิน 180°

สำหรับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ทั้ง 4 ดวง จะเปิดหา GHA และ Dec. ได้โดยตรงตามวันและเวลา GMT ตลอดทั้งปี ส่วน GHA ของจุดราศีเมษ (GHA of Aries) ที่ให้ไว้ นั้น สำหรับนำไปใช้คำนวณหา GHA ของ ดาวฤกษ์ เพราะดาวฤกษ์ได้ให้ค่าของมุมเวลาเป็น SHA ซึ่งจะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{GHA}_* = \text{GHAY} + \text{SHA}_*$$

ถ้ามากกว่า 360° ให้เอา 360° ลบออก

เนื่องด้วย SHA และ Dec. ของดาวฤกษ์เปลี่ยนช้ามาก เกือบจะคงที่ ฉะนั้นค่าที่ให้ไว้ในหน้าประจำวันจึงใช้ได้ทั้งสามวัน

การหา GHA และ Dec. โดยละเอียดตามเวลา GMT ที่กำหนดให้ถึง 1 วินาที นั้น ได้ทำเป็นมาตราไว้ที่หน้าเหลืองท้ายเล่มแล้วเรียกว่า “Increments and correction” ตั้งในรูปที่ 53 ตั้งแต่ 0^m ถึง 60^m

5.3 หน้าประจำวันด้านซ้ายมือ

ได้ให้ค่า GHA ของจุดราศีเมษ GHA และ Dec. ของดาวพระเคราะห์ที่ใช้ในการเดินเรือทั้ง 4 ดวงตามเวลา GMT ทุกชั่วโมง ความสว่างสูงสุดของดาวพระเคราะห์ทั้ง 4 ดวง เวลาผ่านเมริเดียนของจุดราศีเมษและดาวพระเคราะห์เหล่านั้นเป็นเวลา GMT นอกจากนี้ยังได้ให้ SHA และ Dec. ของดาวฤกษ์ 57 ดวง เรียงชื่อตามตัวอักษร ชื่อเหล่านี้เป็นชื่อที่เรียกกันทั่ว ๆ ไปแต่ละดวง (ดูรูปที่ 51)

5.4 หน้าประจำวันด้านขวามือ

เป็นรายละเอียดต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ประกอบไปด้วยค่าของ GHA และ Dec. ตามเวลา GMT ทุกชั่วโมง เวลาขึ้น - ตกของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ตามเวลา GMT ที่ Lat. ต่าง ๆ เวลาแสงเงินแสงทองทั้งตอนเช้าและตอนเย็นที่ Lat. ต่าง ๆ เศษเวลาและเวลาผ่านเมริเดียนของดวงอาทิตย์เวลาผ่านเมริเดียนเบื้องต้นและเบื้องล่าง พร้อมทั้งอายุของดวงจันทร์ ค่าครึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง (SD) ของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ (ดูรูปที่ 52)

ในช่องของดวงจันทร์ได้ให้ค่าพาราลแลกซ์ขอบฟ้า (H.P.) ค่าของ “v” และ “d” ไว้ทุกชั่วโมงอีกด้วย ค่าของ H.P. ได้นำเอาไปใช้ในการแก้สูงดวงจันทร์ดังกล่าวแล้วในบทที่ 4

5.5 ค่าของ “v” และ “d”

ในขณะที่ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า เวลา GMT ในขณะนั้นมักจะอ่านเวลาเป็นพิเศษถึงวินาทีเสมอ มิได้อ่านเวลาได้เป็นชั่วโมงเต็ม ดังนั้นค่าของ GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าก็ต้องเป็นค่าตามเวลา GMT ในขณะที่วัดสูงด้วยการหา GHA และ Dec. ตามเวลา GMT จึงต้องใช้การคำนวณโดยการเปรียบเทียบจากอัตราเปลี่ยนของ GHA และ Dec. แต่ละชั่วโมงและอัตราเปลี่ยน GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ส่วนมากไม่คงที่ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการหา GHA และ Dec. ตามเวลา GMT ในขณะวัดสูง จึงได้สร้างมาตราที่เรียกว่า “Increments and corrections” ซึ่งอยู่ที่หน้าเหลืองท้ายเล่มของปฏิทินเดินเรือขึ้นโดยกำหนดให้อัตราเปลี่ยนแปลงของ GHA ใน 1 ชั่วโมงของวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงมีอัตราเปลี่ยนคงที่ แล้วทำเป็นมาตราไว้ทุกนาทีและวินาที ถ้าวัตถุท้องฟ้าใดมีอัตราเปลี่ยนแต่ละชั่วโมง เกินกว่าอัตราเปลี่ยนคงที่ตามที่ได้กำหนดไว้ จะเรียกค่านั้นว่า “v” ส่วนค่าของ “d” คืออัตราเปลี่ยนของ Dec. ใน 1 ชั่วโมง อัตราเปลี่ยนนี้อาจเปลี่ยนในทางบวกหรือลบก็ได้ อัตราแก้ค่าของ “v” และ “d” ก็อยู่ในหน้าเหลืองช่องทางขวามือเช่นเดียวกัน ซึ่งทำเป็นมาตราไว้ทุกนาทีเท่านั้น เพราะค่าของ “v” และ “d” ใน 1 ชั่วโมง มีค่าน้อยมาก (ดูรูปที่ 53)

ค่าของ “v” เนื่องด้วย GHA ของดวงจันทร์แต่ละชั่วโมงเปลี่ยนเร็วมากและไม่คงที่ คือจะเปลี่ยนตั้งแต่ $14^{\circ} 19'$ ถึง $14^{\circ} 37'$ ในหนึ่งชั่วโมง ดังนั้นมาตราในหน้าเหลืองจึงทำไว้โดยกำหนดให้อัตราเปลี่ยนใน 1 ชั่วโมงคงที่ คือ ใช้ค่า $14^{\circ} 19'$ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด ส่วนอัตราเปลี่ยนชั่วโมงใดที่มีค่าเกินกว่า $14^{\circ} 19'$ เรียกค่าที่เกินนั้นว่า “v” ซึ่งได้ให้ไว้ทุกชั่วโมง และมีค่าเป็นบวก (+) โดยตลอด

GHA ของดวงอาทิตย์ใน 1 ชั่วโมง มีอัตราเปลี่ยนคงที่เป็นประจำ คือ เท่ากับ 15° ฉะนั้นจึงไม่มีค่า “v”

GHA ของจตุราศีเมษใน 1 ชั่วโมง ก็มีอัตราเปลี่ยนคงที่เป็นประจำเช่นกันคือเท่ากับ $15^{\circ} 02'.5$ ฉะนั้นจึงไม่มีค่า “v”

GHA ของดาวพระเคราะห์ทั้ง 4 ดวง ใน 1 ชั่วโมง มีอัตราเปลี่ยนใกล้เคียงกับ ดวงอาทิตย์ จะแตกต่างกันก็เพียงเล็กน้อย ฉะนั้นจึงกำหนดให้ดาวพระเคราะห์ทั้ง 4 ดวง มีอัตราเปลี่ยนใน 1 ชั่วโมงคงที่ คือเท่ากับ 15° เท่ากับดวงอาทิตย์ ส่วนค่าที่เกินกว่า 15° เรียกว่า “v” และมีค่าเป็นบวก (+) ถ้าเปลี่ยนน้อยกว่า 15° ค่าของ “v” มีค่าเป็นลบ (-) ค่า “v” ของดาวพระเคราะห์เปลี่ยนช้ามาก จึงใช้ได้ทั้งสามวัน

ค่าของ “ d ” เป็นผลต่างของ Dec. ใน 1 ชั่วโมง ของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ สำหรับ ดวงจันทร์ Dec. เปลี่ยนเร็วมากและไม่คงที่ จึงให้ผลต่างไว้ทุกชั่วโมง ส่วนดวงอาทิตย์และดาว พระเคราะห์ทั้ง 4 ดวง Dec. เปลี่ยนช้าและค่อนข้างคงที่จึงให้ใช้ค่าของ “ d ” ได้ตลอดทั้งสามวัน ค่าของ “ d ” เป็นได้ทั้งบวกและลบต้องพิจารณาดูเอาเอง

สำหรับดาวฤกษ์ SHA และ Dec. คงที่อยู่หลายวันและเปลี่ยนช้ามากจึงไม่มี ค่า “ v ” และ “ d ” แต่อย่างใด

5.6 การหา GHA ของดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์และดาวพระเคราะห์

ก่อนอื่นให้เปลี่ยนเวลาในขณะทำการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้า นั้น เป็นวันที่และเวลา GMT ให้ถูกต้องแล้วไปเปิดปฏิทินเดินเรือที่หน้าประจำวัน ตามวันที่และเวลา GMT ซึ่งจะได้ ค่าของ GHA ที่ชั่วโมงเต็มและค่าของ “ v ” (ถ้ามี) ต่อจากนั้นเอาเศษนาฬิกาและวินาทีของเวลา GMT ไปเปิดค่าที่หน้าเหลืองท้ายเล่ม พร้อมทั้งค่า “ v ” ผลรวมทั้งหมดก็จะเป็น GHA ตาม วันและเวลาตามความต้องการ

ตัวอย่างที่ 1 สำหรับดวงอาทิตย์ จงหา GHA ของดวงอาทิตย์ เมื่อ GMT 14 - 56 - 35 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

วิธีทำ

		SUN	
Date	GMT	14 - 56 - 35	
	(G)	26 April	
v		—	
56 ^m	14 ^h	30°	33'.1
	35 ^s	14°	08'.8
$v.corr.$		—	
GHA		44°	41'.9

ตัวอย่างที่ 2 สำหรับดวงจันทร์ จงหา GHA ของดวงจันทร์ เมื่อ GMT 17 - 57 - 04 ในวันที่ 27 เม.ย. 1970

วิธีทำ

		MOON	
Date	GMT	17 - 57 - 04	
	(G)	27 April	
v		5'.8	
17 ^h		173°	59'.3

57 ^m 04 ^s	13°	37'.0
v.corr.		5'.6
GHA	187°	41 '.9

ตัวอย่างที่ 3 สำหรับดาวพระเคราะห์ จงหา GHA ของดาว Venus เมื่อ GMT 09-57-07 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	VENUS	
GMT	09 - 57 - 07	
Date (G)	26	April
v	(-)	0'.7
09 ^h	293°	06'.2
57 ^m 07 ^s	14°	16'.8
v.corr.	(-)	0'.7
GHA	307°	22.3

5.7 การหา GHA ของดาวฤกษ์

เมื่อเปลี่ยนเวลาทำการวัดสูงดาวฤกษ์ให้เป็นวันที่และเวลา GMT แล้ว ให้เปิดหน้าประจำวันตามวันที่และเวลา GMT ซึ่งจะได้ GHA ของจตุราศีเมฆที่ชั่วโมงเต็ม และได้ SHA ของดาวฤกษ์ดวงนั้น จากนั้นเอาเศษนาทิจและวินาทีของเวลา GMT ไปเปิดค่าที่หน้าเหลืองสำหรับ GHA ของจตุราศีเมฆผลรวมของ GHA ของจตุราศีเมฆกับ SHA ของดาวฤกษ์ ก็จะเป็น GHA ของดาวฤกษ์ดวงนั้นตามต้องการ

ตัวอย่าง จงหา GHA ของดาวฤกษ์ Canopus เมื่อ CMT 16-56-05 ในวันที่ 25 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	Canopus	
GMT	16-56-05	
Date (G)	25 April	
v	—	
16 ^h	93°	15'.1
56 ^m 05 ^s	14°	03'.6
SHA	264°	10'.9
GHA	11°	29'.6

5.8 การหา Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ

เมื่อเปลี่ยนเวลาทำการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ให้เป็นวันที่และเวลา GMT แล้ว ให้เปิดหน้าประจำวันตามวันที่และเวลา GMT ซึ่งจะได้ค่าของ Dec. ที่ชั่วโมงเต็มและค่าของ "d" อัตราเปลี่ยนของ "d" อาจเปลี่ยนไปทางบวก (+) หรือลบ (-) ก็ได้ โดยให้ดูที่ชั่วโมงถัดไป แล้วเขียนเครื่องหมายกำกับไว้ด้วย ต่อจากนั้นเอาเศษนาฬิกาของเวลา GMT ไปเปิดหาอัตราเปลี่ยนของ "d" ที่หน้าเหลือ ผลรวมตามเครื่องหมายก็จะเป็น Dec. ของวัตถุท้องฟ้า นั้น ๆ ตามต้องการ สำหรับดาวฤกษ์ค่าของ Dec. ในหน้าประจำวันใช้ได้เลยทั้งสามวัน ไม่จำเป็นต้องใช้เวลา GMT ใช้แต่วันที่เท่านั้น

ตัวอย่างที่ 1 สำหรับดวงอาทิตย์ จงหา Dec. ของดวงอาทิตย์เมื่อ GMT 14-56-35 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	SUN		
GMT	14-56-35		
Dat (G)	26 April		
d	(+)	0'.8	
14 ^h	13°	29'.8	N.
d.corr.	(+)	0'.8	
Dec.	13°	30'.6	N.

ตัวอย่างที่ 2 สำหรับดวงจันทร์ จงหา Dec. ของดวงจันทร์เมื่อ GMT 17-57-04 ในวันที่ 27 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	MOON		
GMT	17-57-04		
Date (G)	27 April		
d	(-)	8'.4	
17 ^h	25°	00'.6	S.
d.corr.	(-)	8'.1	
Dec.	✓ 24°	52'.5	S.

ตัวอย่างที่ 3 สำหรับดาวพระเคราะห์ จงหา Dec. ของดาว Mars เมื่อ GMT 13-56-39 ในวันที่ 25 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	MARS	
GMT	13-56-39	
Date (G)	25 April	
d	(+)	0'.3
13 ^h	21°	44'.6 N.
d.corr.	(+)	0'.3
Dec.	21°	44'.9 N.

ตัวอย่างที่ 4 สำหรับดาวฤกษ์ จงหา Dec. ของดาว Canopus เมื่อ GMT 16-56-05 ในวันที่ 27 เม.ย. 1970

วิธีทำ

	CANOPUS	
GMT	16-56-05	
Date (G)	27 April	
d	---	
16 ^h	---	
d.corr.	---	
Dec.	52°	40'.9 S.

แบบฝึกหัด

1. จงหา GHA ของดวงอาทิตย์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

GMT	Date	คำตอบ
(ก) 12-00-00	25 April 1970	0° 30'.3
(ข) 02-56-30	27 April 1970	224° 41'.8
(ค) 23-57-53	26 April 1970	180° 02'.3
(ง) 14-56-03	26 April 1970	44° 33'.9

2. จงหา GHA ของดวงอาทิตย์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) 13-56-21	(+) 5	27 April 1970	104° 41'.2
(ข) 03-57-42	(-) 7	27 April 1970	134° 59'.2

3. จงหา GHA ของดวงจันทร์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

GMT	Date	คำตอบ
(ก) 01-56-16	25 April 1970	346° 26'.9
(ข) 07-57-09	26 April 1970	58° 15'.4
(ค) 17-57-59	25 April 1970	217° 04'.8
(ง) 13-56-14	27 April 1970	129° 51'.3

4. จงหา GHA ของดวงจันทร์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) 13-56-51	(-) 8	27 April 1970	14° 46.
(ข) 23-57-12	(+) 10	25 April 1970	87° 02'.2

5. จงหา GHA ของดาวพระเคราะห์ต่อไปนี้เมื่อ GMT 11 - 57-03 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

	Body	คำตอบ
(ก)	Venus	337° 19'.9
(ข)	Mars	330° 06'.9
(ค)	Jupiter	184° 26'.4
(ง)	Saturn	353° 47'.7

6. จงหา GHA ของดาวพระเคราะห์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

Body	ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) Venus	14-57-33	(+) 8	27 April 1970	142° 03'.3
(ข) Mars	01-56-48	(-) 2	26 April 1970	149° 55'.2
(ค) Jupiter	04-56-27	(+) 3	25 April 1970	122° 59'.8
(ง) Saturn	18-57-0	(-) 11	26 April 1970	293° 38'.6

7. จงหา GHA ของ Aries ตามเวลาและวันต่อไปนี้

GMT	Date	คำตอบ
(ก) 14-56-23	25 April 1970	77° 18'.3
(ข) 01-57-03	27 April 1970	243° 54'.5

(ค) 09-56-00	26 April 1970	2° 59'.3
(ง) 23-57-59	25 April 1970	213° 04'.4

8. จงหา SHA ของดาวฤกษ์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

Body	GMT	Date	คำตอบ
(ก) Aldebaran	13-57-57	27 April 1970	291° 27'.0
(ข) Spica	20-56-43	25 April 1970	159° 05'.2
(ค) Procyon	03-57-13	25 April 1970	245° 33'.8
(ง) Dubhe	08-56-22	26 April 1970	194° 30'.6

9. จงหา GHA ของดาวฤกษ์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

Body	GMT	Date	คำตอบ
(ก) Deneb	09-56-00	26 April 1970	52° 53'.1
(ข) Arcturus	23-57-59	25 April 1970	359° 26'.4
(ค) Altair	01-57-03	27 April 1970	306° 34'.4
(ง) Sirius	14-56-23	25 April 1970	336° 20'.8

10. จงหา GHA ของดาวฤกษ์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

Body	ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) Pollux	18-56-45	(+) 7	24 April 1970	125° 59'.1
(ข) Denebola	10-57-13	(-) 11	27 April 1970	36° 58'.5

11. จงหา Dec. ของดวงอาทิตย์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

GMT	Date	คำตอบ
(ก) 06-57-27	26 April 1970	13° 24'.2 N.
(ข) 23-57-59	27 April 1970	13° 57'.0 N.
(ค) 12-56-08	25 April 1970	13° 09'.5 N.
(ง) 15-57-41	26 April 1970	13° 31'.4 N.

12. จงหา Dec ของดวงอาทิตย์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) 11-56-23	(+) 2	26 April 1970	13° 29'.8 N.
(ข) 02-57-31	(-) 8	28 April 1970	13° 53'.0 N.

13. จงหา Dec. ของดวงจันทร์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้.

GMT	Date	คำตอบ
(ก) 11-56-08	25 April 1970	$28^{\circ} 13'.1 \text{ S.}$
(ข) 21-57-34	26 April 1970	$27^{\circ} 08'.7 \text{ S.}$
(ค) 23-56-01	27 April 1970	$23^{\circ} 59'.0 \text{ S.}$
(ง) 08-57-27	25 April 1970	$28^{\circ} 08'.4 \text{ S.}$

14. จงหา Dec. ของดวงจันทร์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้.

ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) 10-56-29	(-) 8	27 April 1970	$26^{\circ} 41'.2 \text{ S.}$
(ข) 20-57-45	(+) 2	25 April 1970	$28^{\circ} 16'.1 \text{ S.}$

15. จงหา Dec. ของดาวพระเคราะห์ต่อไปนี้เมื่อ GMT 22 - 57 - 14 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

Body	คำตอบ
(ก) Venus	$20^{\circ} 19'.4 \text{ N.}$
(ข) Mars	$21^{\circ} 55'.7 \text{ N.}$
(ค) Jupiter	$10^{\circ} 13'.5 \text{ S.}$
(ง) Saturn	$13^{\circ} 13'.0 \text{ N.}$

16. จงหา Dec. ของดาวพระเคราะห์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้

Body	ZT	ZD	Local Date	คำตอบ
(ก) Mars	13-56-27	(-) 7	25 April 1970	$21^{\circ} 42'.6 \text{ N.}$
(ข) Jupiter	22-57-57	(+) 2	26 April 1970	$10^{\circ} 13'.3 \text{ S.}$
(ค) Saturn	03-56-10	(-) 6	27 April 1970	$13^{\circ} 12'.9 \text{ N.}$
(ง) Venus	14-57-23	(+) 4	26 April 1970	$20^{\circ} 16'.3 \text{ N.}$

17. จงหา Dec. ของดาวฤกษ์ ตามเวลาและวันต่อไปนี้.

Body	GMT	Date	คำตอบ
(ก) Alioth	04-57-23	25 April 1970	$56^{\circ} 07'.2 \text{ N.}$
(ข) Betelgeuse	10-56-48	27 April 1970	$7^{\circ} 24'.2 \text{ N.}$
(ค) Rigel	00-57-32	25 April 1970	$8^{\circ} 14'.1 \text{ S.}$
(ง) Fomalhaut	23-57-13	26 April 1970	$29^{\circ} 46'.8 \text{ S.}$

18. จงหา GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่อไปนี้เมื่อ GMT 13-57-39 ใน วันที่ 27 เม.ย. 1970

คำตอบ

Body	GHA	Dec.
(ก) Sun	30° 00'.2	13° 49'.1 N.
(ข) Moon	130° 11'.7	25° 25'.2 S.

19. จงหา GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่อไปนี้เมื่อ GMT 22-56-13 ใน วันที่ 26 เม.ย. 1970

คำตอบ

Body	GHA	Dec.
(ก) Venus	141° 59'.9	20° 193'.4 N.
(ข) Mars	135° 01'.7	21° 55'.7 N.
(ค) Jupiter	349° 44'.2	10° 13'.5 S.
(ง) Saturn	158° 58'.9	13° 13'.0 N.

20. จงหา GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าต่อไปนี้เมื่อ GMT 12-56-01 ใน วันที่ 25 เม.ย. 1970

คำตอบ

Body	GHA	Dec.
(ก) Vega	128° 08'.6	38° 44'.9 N.
(ข) Regulus	225° 25'.7	12° 06'.8 N.
(ค) Alpheratz	45° 25'.3	28° 55'.4 N.
(ง) Antares	160° 13'.6	26° 22'.2 S.

21. จงหา GHA และ Dec. ของดวงอาทิตย์ตามเวลาและวันที่ต่อไปนี้.

คำตอบ

ZT	ZD	Local Date	GHA	Dec.
14-56-20	(+) 10	26 April 1970	194° 39'.1	13° 38'.7 N.

22. จงหาดำบลที่ของ GP ของดวงอาทิตย์เมื่อ GMT 05-56-18 ในวันที่ 26 เม.ย. 1970

คำตอบ.- GP L 13° 23'.3 N., λ 90° 23'.4 E.

1970 APRIL 25, 26, 27 (SAT., SUN., MON.)

G.M.T.	ARIES			VENUS -3.3			MARS +1.8			JUPITER -2.0			SATURN +0.5			STARS		
d h	G.H.A.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	G.H.A.	Dec.	Name	S.H.A.	Dec.				
25	00	212 35.7	158 28.3	N19 41.8	150 27.3	N21 40.3	3 31.0	S10 18.6	173 14.5	N13 08.2	Acamar	315 43.3	S 40 25.4					
	01	227 38.1	173 27.7	42.6	165 28.0	40.6	18 33.8	18.4	188 16.6	08.3	Achernar	335 51.2	S 57 23.1					
	02	242 40.6	188 27.0	43.5	180 28.7	40.9	33 36.6	18.3	203 18.8	08.5	Acrux	173 45.5	S 62 56.3					
	03	257 43.1	203 26.3	44.3	195 29.3	41.3	48 39.3	18.2	218 20.9	08.6	Adhara	255 38.2	S 28 56.0					
	04	272 45.5	218 25.7	45.1	210 30.0	41.6	63 42.1	18.1	233 23.1	08.7	Aldebaran	291 27.0	N 16 27.1					
	05	287 48.0	233 25.0	45.9	225 30.7	42.0	78 44.9	18.0	248 25.2	08.8								
	06	302 50.5	248 24.3	N19 46.7	240 31.3	N21 42.3	93 47.6	S10 17.9	263 27.4	N13 08.9	Alloth	166 48.3	N 56 07.2					
	07	317 52.9	263 23.7	47.5	255 32.0	42.6	108 50.4	17.8	278 29.5	09.0	Alkaid	153 23.7	N 49 27.5					
	08	332 55.4	278 23.0	48.4	270 32.6	43.0	123 53.2	17.7	293 31.7	09.1	Al Na'ir	28 24.4	S 47 06.2					
	09	347 57.8	293 22.3	49.2	285 33.3	43.3	138 55.9	17.6	308 33.8	09.2	Alnilam	276 19.6	S 1 13.1					
SATURDAY	10	3 00.3	308 21.7	50.0	300 34.0	43.6	153 58.7	17.5	323 36.0	09.3	Alphard	218 27.9	S 8 31.8					
	11	19 02.8	323 21.0	50.8	315 34.6	44.0	169 01.5	17.4	338 38.1	09.4								
	12	33 05.2	338 20.3	N19 51.6	330 35.3	N21 44.3	184 04.2	S10 17.3	353 40.3	N13 09.5	Alphecca	126 38.1	N 26 48.6					
	13	48 07.7	353 19.6	52.4	345 35.9	44.6	199 07.0	17.1	8 42.4	09.6	Alpheratz	358 17.6	N 28 55.4					
	14	63 10.2	8 19.0	53.2	0 36.5	45.0	214 09.8	17.0	23 44.6	09.7	Altair	-62 39.9	N 8 47.1					
	15	78 12.6	23 18.3	54.0	15 37.3	45.3	229 12.5	16.9	38 46.7	09.8	Ankaa	353 47.9	S 42 27.9					
	16	93 15.1	38 17.6	54.8	30 37.9	45.6	244 15.3	16.8	53 48.9	09.9	Antares	113 05.9	S 26 22.2					
	17	108 17.6	53 17.0	55.6	45 35.6	46.0	259 18.1	16.7	68 51.0	10.0								
	18	123 20.0	68 16.3	N19 56.4	60 39.2	N21 46.3	274 20.3	S10 16.6	83 53.2	N13 10.1	Arcturus	146 25.0	N 19 20.0					
	19	138 22.5	83 15.6	57.3	75 39.9	46.6	289 23.6	16.5	98 55.3	10.2	Atria	108 36.6	S 68 58.6					
26	20	153 24.9	98 14.9	58.1	90 40.6	46.9	304 26.4	16.4	113 57.5	10.3	Avior	234 31.5	S 59 25.0					
	21	168 27.4	113 14.3	58.9	105 41.2	47.3	319 29.2	16.3	128 59.7	10.4	Bellatrix	279 07.1	N 6 19.5					
	22	183 29.9	128 13.6	19 59.7	120 41.9	47.6	334 31.9	16.2	144 01.8	10.5	Betelgeuse	271 36.7	N 7 24.2					
	23	198 32.3	143 12.9	20 00.5	135 42.5	47.9	349 34.7	16.1	159 04.0	10.6								
	00	213 34.8	158 12.2	N20 01.3	150 43.2	N21 48.3	4 37.5	S10 16.0	174 06.1	N13 10.7	Canopus	264 10.9	S 52 40.9					
	01	228 37.3	173 11.6	02.1	165 43.9	48.6	19 40.2	15.9	189 08.3	10.8	Capella	281 22.9	N 45 58.4					
	02	243 39.7	188 10.9	02.9	180 44.5	48.9	34 43.0	15.7	204 10.4	10.9	Deneb	49 53.8	N 45 10.0					
	03	258 42.2	203 10.2	03.6	195 45.2	49.2	49 45.8	15.6	219 12.6	11.0	Denebola	183 06.4	N 14 44.2					
	04	273 44.7	218 09.5	04.4	210 45.8	49.6	64 48.5	15.5	234 14.7	11.1	Diphda	349 28.7	S 18 09.0					
	05	288 47.1	233 08.9	05.2	225 46.5	49.9	79 51.3	15.4	249 16.9	11.2								
SUNDAY	06	303 49.6	248 08.2	N20 06.0	240 47.2	N21 50.2	94 54.1	S10 15.3	264 19.0	N13 11.3	Dubhe	194 30.6	N 61 54.9					
	07	318 52.1	263 07.5	06.8	255 47.8	50.6	109 56.8	15.2	279 21.2	11.4	Elnath	278 54.0	N 28 35.2					
	08	333 54.5	278 06.8	07.6	270 48.5	50.9	124 59.6	15.1	294 23.3	11.5	Elnath	91 00.9	N 51 29.1					
	09	348 57.0	293 06.2	08.4	285 49.1	51.2	140 02.4	15.0	309 25.5	11.6	Enif	34 19.1	N 9 44.1					
	10	3 59.4	308 05.5	09.2	300 49.8	51.5	155 05.1	14.9	324 27.6	11.7	Fomalhaut	15 59.9	S 29 46.8					
	11	19 01.9	323 04.8	10.0	315 50.4	51.9	170 07.9	14.8	339 29.8	11.8								
	12	34 04.4	338 04.1	N20 10.8	330 51.1	N21 52.2	185 10.7	S10 14.7	354 31.9	N13 11.9	Gacrux	172 37.0	S 56 57.1					
	13	49 05.8	353 03.4	11.6	345 51.8	52.5	200 13.4	14.6	9 34.1	12.0	Gienah	176 25.5	S 17 22.8					
	14	64 09.3	8 02.7	12.3	0 52.4	52.8	215 16.2	14.4	24 36.2	12.1	Hadar	149 33.8	S 60 14.0					
	15	79 11.8	23 02.1	13.1	15 53.1	53.2	230 19.0	14.3	39 38.4	12.2	Hamal	328 37.9	N 23 19.4					
27	16	94 14.2	38 01.4	13.9	30 53.7	53.5	245 21.7	14.2	54 40.5	12.3	Kaus Aust.	84 26.7	S 34 24.1					
	17	109 16.7	53 00.7	14.7	45 54.4	53.8	260 24.5	14.1	69 42.7	12.4								
	18	124 19.2	68 00.0	N20 15.5	60 55.1	N21 54.1	275 27.3	S10 14.0	84 44.8	N13 12.5	Kochab	137 16.9	N 74 16.4					
	19	139 21.6	82 59.3	16.3	75 55.7	54.5	290 30.0	13.9	99 47.0	12.6	Markab	14 11.0	N 15 02.5					
	20	154 24.1	97 58.6	17.0	90 56.4	54.3	305 32.8	13.8	114 49.2	12.7	Menkar	314 49.4	N 3 58.5					
	21	169 26.6	112 58.0	17.8	105 57.0	55.1	320 35.6	13.7	129 51.3	12.8	Menkent	148 45.7	S 36 13.7					
	22	184 29.0	127 57.3	18.6	120 57.7	55.4	335 38.3	13.6	144 53.5	12.9	Miaplacidus	221 46.9	S 69 35.9					
	23	199 31.5	142 56.6	19.4	135 58.3	55.7	350 41.1	13.5	159 55.6	13.0								
	00	214 33.9	157 55.9	N20 20.2	150 59.0	N21 56.1	5 43.9	S10 13.4	174 57.8	N13 13.1	Mirfak	309 27.6	N 49 45.5					
	01	229 36.4	172 55.2	20.9	165 59.7	56.4	20 46.6	13.3	189 59.9	13.2	Nunki	76 38.4	S 26 20.2					
02	244 38.9	187 54.5	21.7	181 00.3	56.7	35 49.4	13.2	205 02.1	13.3	Pearcock	54 10.1	S 56 49.8						
03	259 41.3	202 53.8	22.5	196 01.0	57.0	50 52.2	13.0	220 04.2	13.4	Pollux	244 07.4	N 28 06.1						
04	274 43.8	217 53.2	23.3	211 01.6	57.3	65 54.9	12.9	235 06.4	13.5	Procyon	245 33.8	N 5 18.2						
05	289 46.3	232 52.5	24.0	226 02.3	57.7	80 57.7	12.8	250 08.5	13.6									
MONDAY	06	304 48.7	247 51.8	N20 24.8	241 03.0	N21 58.0	96 00.5	S10 12.7	265 10.7	N13 13.7	Rasalhague	96 36.4	N 12 34.5					
	07	319 51.2	262 51.1	25.6	256 03.6	58.3	111 03.2	12.6	280 12.8	13.8	Regulus	208 17.9	N 12 06.8					
	08	334 53.7	277 50.4	26.3	271 04.3	58.6	126 06.0	12.5	295 15.0	13.9	Rigel	281 43.5	S 8 14.1					
	09	349 56.1	292 49.7	27.1	286 04.9	58.9	141 08.6	12.4	310 17.1	14.0	Rigel Kent.	140 35.8	S 60 42.9					
	10	4 58.6	307 49.0	27.9	301 05.6	59.3	156 11.5	12.3	325 19.3	14.1	Sabik	102 49.6	S 15 41.6					
	11	20 01.1	322 48.3	28.6	316 06.2	59.6	171 14.3	12.2	340 21.4	14.2								
	12	35 03.5	337 47.6	N20 29.4	331 06.9	N21 59.9	186 17.1	S10 12.1	355 23.6	N13 14.3	Schedar	250 18.5	N 56 22.4					
	13	50 06.0	352 46.7	30.2	346 07.6	22 00.2	201 19.5	12.0	10 25.7	14.4	Shaula	97 05.8	S 37 05.1					
	14	65 08.4	7 46.3	30.9	1 08.2	00.5	216 22.6	11.9	25 27.9	14.5	Sirius	259 02.5	S 16 40.5					
	15	80 10.9	22 45.6	31.7	16 08.9	00.8	231 25.4	11.8	40 30.0	14.6	Spica	159 05.2	S 11 00.6					
16	95 13.4	37 44.9	32.5	31 09.5	01.2	246 28.1	11.7	55 32.2	14.7	Suhail	223 16.4	S 43 18.9						
17	110 15.8	52 44.2	33.2	46 10.2	01.5	261 30.9	11.5	70 34.3	14.8									
18	125 18.3	67 43.5	N20 34.0	61 10.8	N22 01.8	276 33.7	S10 11.4	85 36.5	N13 14.9	Vega	81 00.8	N 38 44.9						
19	140 20.8	82 42.8	34.7	76 11.5	02.1	291 36.4	11.3	100 38.6	15.0	Zuben'ubi	137 41.1	S 15 55.4						
20	155 23.2	97 42.1	35.5	91 12.2	02.4	306 39.2	11.2	115 40.8	15.1									
21	170 25.7	112 41.4	36.3	106 12.8	02.7	321 42.0	11.1	130 42.9	15.2									
22	185 28.2	127 40.7	37.0	121 13.5	03.0	336 44.7	11.0	145 45.1	15.3	Venus	304 37.4	13 28						
23	200 30.6	142 40.0	37.8	136 14.1	03.4	351 47.5	10.9	160 47.2	15.4	Mars	297 08.4	13 57						
										Jupiter	151 02.7	23 37						
										Saturn	320 31.3	12 22						
Mer. Pass.	9 44.1	7 0.7	d 0.8	7 0.7	d 0.3	7 2.8	d 0.1	7 2.2	d 0.1									

G.M.T.	SUN				MOON				Lat.	Twilight		Sun-rise	Moonrise					
	G.H.A.		Dec.	v	Dec.		d	H.P.		Naut.	Civil		25	26	27	28		
	d	h			d	d											h m	h m
25 00	180	29-0	N 12	58-9	318	33-1	4-8	S 27	44-4	3-4	58-3	N 70	01 00	03 02				
01	195	29-1	12	59-7	332	56-9	4-7	27	47-8	3-2	58-3	68	01 55	03 23				
02	210	29-2	13	00-6	347	20-6	4-7	27	51-0	3-1	58-3	66	02 27	03 39				04 54
03	225	29-3	01-4	1 44-3	4-6	27	54-1	2-8	58-3	64	00 52	02 50	03 52				04 01	
04	240	29-4	02-2	16 07-9	4-5	27	56-9	2-7	58-4	62	01 41	03 08	04 04			03 38	03 29	
05	255	29-5	03-0	30 31-4	4-5	27	59-6	2-5	58-4	60	02 11	03 23	04 13	01 16	02 27	02 55	03 05	
06	270	29-6	N 13	03-8	44	54-9	4-4	S 28	02-1	2-3	58-4	N 58	02 32	03 36	04 22	00 39	01 48	02 26
07	285	29-7	04-6	59 18-3	4-4	28	04-4	2-1	58-4	56	02 49	03 46	04 29	00 13	01 21	02 04	02 29	
S 08	300	29-9	05-5	73 41-7	4-4	28	06-5	2-0	58-4	54	03 04	03 55	04 35	24 59	00 59	01 45	02 15	
A 09	315	30-0	06-3	88 05-1	4-3	28	08-5	1-7	58-4	52	03 16	04 04	04 41	24 41	00 41	01 30	02 03	
T 10	330	30-1	07-1	102 28-4	4-3	28	10-2	1-6	58-5	50	03 26	04 11	04 47	24 26	00 26	01 16	01 52	
U 11	345	30-2	07-9	116 51-7	4-3	28	11-8	1-4	58-5	45	03 47	04 26	04 58	23 55	24 48	00 48	01 29	
R 12	0	30-3	N 13	08-7	131	15-0	4-2	S 28	13-2	1-2	58-5	N 40	04 04	04 39	05 07	23 32	24 26	00 26
D 13	15	30-4	09-5	145 38-2	4-2	28	14-4	1-0	58-5	35	04 17	04 49	05 15	23 12	24 08	00 08	00 55	
A 14	30	30-5	10-4	160 01-4	4-1	28	15-4	0-8	58-5	30	04 28	04 57	05 22	22 55	23 52	24 42	00 42	
Y 15	45	30-6	11-2	174 24-5	4-2	28	16-2	0-7	58-5	20	04 45	05 12	05 34	22 27	23 26	24 19	00 19	
16	60	30-7	12-0	188 47-7	4-1	28	16-9	0-4	58-5	N 10	04 58	05 23	05 45	22 02	23 02	23 59	24 51	
17	75	30-8	12-8	203 10-8	4-1	28	17-3	0-3	58-6	0	05 09	05 33	05 55	21 39	22 41	23 40	24 36	
18	90	30-9	N 13	13-6	217	33-9	4-0	S 28	17-6	0-1	58-6	S 10	05 18	05 42	06 04	21 17	22 19	23 21
19	105	31-1	14-4	231 56-9	4-1	28	17-7	0-1	58-6	20	05 25	05 51	06 14	20 52	21 56	23 01	24 06	
20	120	31-2	15-2	246 20-0	4-0	28	17-6	0-3	58-6	30	05 33	06 01	06 25	20 24	21 29	22 38	23 47	
21	135	31-3	16-1	260 43-0	4-1	28	17-3	0-5	58-6	35	05 36	06 06	06 32	20 07	21 13	22 24	23 36	
22	150	31-4	16-9	275 06-1	4-0	28	16-8	0-7	58-6	40	05 40	06 11	06 39	19 48	20 54	22 08	23 24	
23	165	31-5	17-7	289 29-1	4-0	28	16-1	0-9	58-6	45	05 43	06 18	06 48	19 24	20 32	21 49	23 09	
26 00	180	31-6	N 13	18-5	303	52-1	4-0	S 28	15-2	1-0	58-7	S 50	05 47	06 25	06 58	18 54	20 03	21 25
01	195	31-7	19-3	318 15-1	4-0	28	14-2	1-3	58-7	52	05 48	06 28	07 03	18 39	19 49	21 13	22 43	
02	210	31-8	20-1	332 38-1	4-1	28	12-9	1-4	58-7	54	05 50	06 31	07 08	18 21	19 33	21 00	22 33	
03	225	31-9	20-9	347 01-2	4-0	28	11-5	1-6	58-7	56	05 51	06 35	07 14	18 00	19 13	20 45	22 23	
04	240	32-0	21-7	1 24-2	4-0	28	09-9	1-9	58-7	58	05 53	06 39	07 21	17 33	18 49	20 26	22 10	
05	255	32-1	22-5	15 47-2	4-0	28	08-0	2-0	58-7	S 60	05 54	06 43	07 28	16 56	18 16	20 04	21 55	
06	270	32-2	N 13	23-4	30	10-2	4-1	S 28	06-0	2-2	58-7	Moonset						
07	285	32-3	24-2	44 33-3	4-1	28	03-8	2-3	58-7	Lat.		Sun-set		Twilight				
08	300	32-4	25-0	58 56-4	4-0	28	01-5	2-6	58-8			Civil		Naut.				
S 09	315	32-6	25-8	73 19-4	4-1	27	58-9	2-8	58-8									
U 10	330	32-7	26-6	87 42-5	4-1	27	56-1	2-9	58-8									
N 11	345	32-8	27-4	102 05-6	4-2	27	53-2	3-1	58-8									
D 12	0	32-9	N 13	28-2	116	28-8	4-2	S 27	50-1	3-4	58-8	N 72	21 27	02 58	03 11	03 11	03 11	
A 13	15	33-0	29-0	130 52-0	4-1	27	46-7	3-5	58-8	N 70	20 58	23 11	03 11	03 11	03 11	03 11	03 11	
Y 14	30	33-1	29-8	145 15-1	4-3	27	43-2	3-7	58-8	66	20 19	21 33	03 11	03 11	03 11	03 11	07 09	
15	45	33-2	30-6	159 38-4	4-2	27	39-5	3-8	58-8	64	20 06	21 09	23 17	03 11	03 11	03 11	08 01	
16	60	33-3	31-4	174 01-6	4-3	27	35-7	4-1	58-8	62	19 54	20 50	22 20	03 11	03 11	06 20	08 32	
17	75	33-4	32-2	188 24-9	4-3	27	31-6	4-3	58-9	60	19 44	20 35	21 49	04 26	05 23	07 03	08 56	
18	90	33-5	N 13	33-0	202	48-2	4-4	S 27	27-3	4-4	58-9	N 58	19 36	20 22	21 27	05 03	06 02	07 32
19	105	33-6	33-8	217 11-6	4-4	27	22-9	4-6	58-9	56	19 28	20 11	21 09	05 29	06 29	07 54	09 30	
20	120	33-7	34-6	231 35-0	4-5	27	18-3	4-8	58-9	54	19 22	20 02	20 54	05 50	06 51	08 12	09 44	
21	135	33-8	35-4	245 58-5	4-5	27	13-5	5-0	58-9	52	19 16	19 53	20 42	06 07	07 09	08 27	09 55	
22	150	33-9	36-3	260 22-0	4-5	27	08-5	5-1	58-9	50	19 10	19 46	20 31	06 22	07 24	08 40	10 05	
23	165	34-0	37-1	274 45-5	4-6	27	03-4	5-4	58-9	45	18 59	19 30	20 10	06 52	07 54	09 07	10 27	
27 00	180	34-1	N 13	37-9	289	09-1	4-6	S 26	58-0	5-5	58-9	N 40	18 49	19 18	19 53	07 16	08 18	09 29
01	195	34-2	38-7	303 32-7	4-7	26	52-5	5-7	58-9	35	18 41	19 08	19 40	07 36	08 37	09 46	10 59	
02	210	34-3	39-5	317 56-4	4-8	26	46-8	5-9	59-0	30	18 34	18 59	19 29	07 52	08 54	10 02	11 11	
03	225	34-4	40-3	332 20-2	4-8	26	40-9	6-0	59-0	20	18 22	18 44	19 11	08 20	09 22	10 27	11 32	
04	240	34-5	41-1	346 44-0	4-9	26	34-9	6-2	59-0	N 10	18 11	18 33	18 58	08 45	09 46	10 49	11 50	
05	255	34-6	41-9	1 07-9	4-9	26	28-7	6-4	59-0	3	18 01	18 23	18 47	09 07	10 09	11 10	12 07	
06	270	34-7	N 13	42-7	15	31-8	5-0	S 26	22-3	6-6	59-0	S 10	17 52	18 13	18 38	09 30	10 31	11 30
07	285	34-8	43-5	29 55-8	5-0	26	15-7	6-8	59-0	20	17 41	18 04	18 30	09 54	10 55	11 52	12 42	
08	300	34-9	44-3	44 19-8	5-1	26	08-9	6-9	59-0	30	17 30	17 54	18 23	10 22	11 23	12 16	13 03	
M 09	315	35-0	45-1	58 43-9	5-2	26	02-0	7-1	59-0	35	17 23	17 49	18 19	10 39	11 39	12 31	13 14	
10	330	35-1	45-9	73 08-1	5-2	25	54-9	7-2	59-0	40	17 16	17 44	18 15	10 58	11 58	12 48	13 28	
N 11	345	35-2	46-7	87 32-3	5-4	25	47-7	7-4	59-0	45	17 07	17 37	18 12	11 22	12 21	13 08	13 44	
D 12	0	35-3	N 13	47-5	101	56-7	5-3	S 25	40-3	7-6	59-1	S 50	16 57	17 30	18 08	11 52	12 50	13 33
A 13	15	35-4	48-3	116 21-0	5-5	25	32-7	7-8	59-1	52	16 52	17 27	18 07	12 07	13 05	13 45	14 13	
Y 14	30	35-5	49-0	130 45-5	5-5	25	24-9	7-9	59-1	54	16 47	17 24	18 05	12 25	13 21	13 59	14 23	
15	45	35-6	49-8	145 10-0	5-6	25	17-0	8-1	59-1	56	16 41	17 20	18 04	12 46	13 41	14 15	14 34	
16	60	35-7	50-5	159 34-6	5-7	25	08-9	8-3	59-1	58	16 34	17 16	18 02	13 13	14 06	14 33	14 48	
17	75	35-8	51-4	173 59-3	5-8	25	00-6	8-4	59-1	S 60	16 27	17 11	18 00	13 50	14 39	14 57	15 03	
18	90	35-9	N 13	52-2	188	24-1	5-8	S 24	52-2	8-5	59-1	MOON						
19	105	36-0	53-0	202 48-9	5-9	24	43-7	8-8	59-1	Day		SUN		Mer. Pass.		Age		
20	120	36-1	53-8	217 13-8	6-0	24	34-9	8-9	59-1			Eqn. of Time		Upper		Phase		
21	135	36-2	54-6	231 38-8	6-0	24	26-0	9-0	59-1			00 ^h		Lower				
22	150	36-3	55-4	246 03-8	6-2	24	17-0	9-2	59-1			m s		h m		d		
23	165	36-4	56-2	260 29-0	6-2	24	07-8	9-										

56^m

INCREMENTS AND CORRECTIONS

57^m

56	SUN PLANETS	ARIES	MOON	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ	57	SUN PLANETS	ARIES	MOON	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ	$\frac{v}{d}$ or Corr ⁿ
00	14 00-0	14 02-3	13 21-7	0-0 0-0	6-0 5-7	12-0 11-3	00	14 15-0	14 17-3	13 36-1	0-0 0-0	6-0 5-8	12-0 11-5
01	14 00-3	14 02-6	13 22-0	0-1 0-1	6-1 5-7	12-1 11-4	01	14 15-3	14 17-6	13 36-3	0-1 0-1	6-1 5-8	12-1 11-6
02	14 00-5	14 02-8	13 22-2	0-2 0-2	6-2 5-8	12-2 11-5	02	14 15-5	14 17-8	13 36-5	0-2 0-2	6-2 5-9	12-2 11-7
03	14 00-8	14 03-1	13 22-4	0-3 0-3	6-3 5-9	12-3 11-6	03	14 15-8	14 18-1	13 36-8	0-3 0-3	6-3 6-0	12-3 11-8
04	14 01-0	14 03-3	13 22-7	0-4 0-4	6-4 6-0	12-4 11-7	04	14 16-0	14 18-3	13 37-0	0-4 0-4	6-4 6-1	12-4 11-9
05	14 01-3	14 03-6	13 22-9	0-5 0-5	6-5 6-1	12-5 11-8	05	14 16-3	14 18-6	13 37-2	0-5 0-5	6-5 6-2	12-5 12-0
06	14 01-5	14 03-8	13 23-2	0-6 0-6	6-6 6-2	12-6 11-9	06	14 16-5	14 18-8	13 37-5	0-6 0-6	6-6 6-3	12-6 12-1
07	14 01-8	14 04-1	13 23-4	0-7 0-7	6-7 6-3	12-7 12-0	07	14 16-8	14 19-1	13 37-7	0-7 0-7	6-7 6-4	12-7 12-2
08	14 02-0	14 04-3	13 23-6	0-8 0-8	6-8 6-4	12-8 12-1	08	14 17-0	14 19-3	13 38-0	0-8 0-8	6-8 6-5	12-8 12-3
09	14 02-3	14 04-6	13 23-9	0-9 0-8	6-9 6-5	12-9 12-1	09	14 17-3	14 19-6	13 38-2	0-9 0-9	6-9 6-6	12-9 12-4
10	14 02-5	14 04-8	13 24-1	1-0 0-9	7-0 6-6	13-0 12-2	10	14 17-5	14 19-8	13 38-4	1-0 1-0	7-0 6-7	13-0 12-5
11	14 02-8	14 05-1	13 24-4	1-1 1-0	7-1 6-7	13-1 12-3	11	14 17-8	14 20-1	13 38-7	1-1 1-1	7-1 6-8	13-1 12-6
12	14 03-0	14 05-3	13 24-6	1-2 1-1	7-2 6-8	13-2 12-4	12	14 18-0	14 20-3	13 38-9	1-2 1-2	7-2 6-9	13-2 12-7
13	14 03-3	14 05-6	13 24-8	1-3 1-2	7-3 6-9	13-3 12-5	13	14 18-3	14 20-6	13 39-2	1-3 1-2	7-3 7-0	13-3 12-7
14	14 03-5	14 05-8	13 25-1	1-4 1-3	7-4 7-0	13-4 12-6	14	14 18-5	14 20-9	13 39-4	1-4 1-3	7-4 7-1	13-4 12-8
15	14 03-8	14 06-1	13 25-3	1-5 1-4	7-5 7-1	13-5 12-7	15	14 18-8	14 21-1	13 39-6	1-5 1-4	7-5 7-2	13-5 12-9
16	14 04-0	14 06-3	13 25-6	1-6 1-5	7-6 7-2	13-6 12-8	16	14 19-0	14 21-4	13 39-9	1-6 1-5	7-6 7-3	13-6 13-0
17	14 04-3	14 06-6	13 25-8	1-7 1-6	7-7 7-3	13-7 12-9	17	14 19-3	14 21-6	13 40-1	1-7 1-6	7-7 7-4	13-7 13-1
18	14 04-5	14 06-8	13 26-0	1-8 1-7	7-8 7-3	13-8 13-0	18	14 19-5	14 21-9	13 40-3	1-8 1-7	7-8 7-5	13-8 13-2
19	14 04-8	14 07-1	13 26-3	1-9 1-8	7-9 7-4	13-9 13-1	19	14 19-8	14 22-1	13 40-6	1-9 1-8	7-9 7-6	13-9 13-3
20	14 05-0	14 07-3	13 26-5	2-0 1-9	8-0 7-5	14-0 13-2	20	14 20-0	14 22-4	13 40-8	2-0 1-9	8-0 7-7	14-0 13-4
21	14 05-3	14 07-6	13 26-7	2-1 2-0	8-1 7-6	14-1 13-3	21	14 20-3	14 22-6	13 41-1	2-1 2-0	8-1 7-8	14-1 13-5
22	14 05-5	14 07-8	13 27-0	2-2 2-1	8-2 7-7	14-2 13-4	22	14 20-5	14 22-9	13 41-3	2-2 2-1	8-2 7-9	14-2 13-6
23	14 05-8	14 08-1	13 27-2	2-3 2-2	8-3 7-8	14-3 13-5	23	14 20-8	14 23-1	13 41-5	2-3 2-2	8-3 8-0	14-3 13-7
24	14 06-0	14 08-3	13 27-5	2-4 2-3	8-4 7-9	14-4 13-6	24	14 21-0	14 23-4	13 41-8	2-4 2-3	8-4 8-1	14-4 13-8
25	14 06-3	14 08-6	13 27-7	2-5 2-4	8-5 8-0	14-5 13-7	25	14 21-3	14 23-6	13 42-0	2-5 2-4	8-5 8-1	14-5 13-9
26	14 06-5	14 08-8	13 27-9	2-6 2-4	8-6 8-1	14-6 13-7	26	14 21-5	14 23-9	13 42-3	2-6 2-5	8-6 8-2	14-6 14-0
27	14 06-8	14 09-1	13 28-2	2-7 2-5	8-7 8-2	14-7 13-8	27	14 21-8	14 24-1	13 42-5	2-7 2-6	8-7 8-3	14-7 14-1
28	14 07-0	14 09-3	13 28-4	2-8 2-6	8-8 8-3	14-8 13-9	28	14 22-0	14 24-4	13 42-7	2-8 2-7	8-8 8-4	14-8 14-2
29	14 07-3	14 09-6	13 28-7	2-9 2-7	8-9 8-4	14-9 14-0	29	14 22-3	14 24-6	13 43-0	2-9 2-8	8-9 8-5	14-9 14-3
30	14 07-5	14 09-8	13 28-9	3-0 2-8	9-0 8-5	15-0 14-1	30	14 22-5	14 24-9	13 43-2	3-0 2-9	9-0 8-6	15-0 14-4
31	14 07-8	14 10-1	13 29-1	3-1 2-9	9-1 8-6	15-1 14-2	31	14 22-8	14 25-1	13 43-4	3-1 3-0	9-1 8-7	15-1 14-5
32	14 08-0	14 10-3	13 29-4	3-2 3-0	9-2 8-7	15-2 14-3	32	14 23-0	14 25-4	13 43-7	3-2 3-1	9-2 8-8	15-2 14-6
33	14 08-3	14 10-6	13 29-6	3-3 3-1	9-3 8-8	15-3 14-4	33	14 23-3	14 25-6	13 43-9	3-3 3-2	9-3 8-9	15-3 14-7
34	14 08-5	14 10-8	13 29-8	3-4 3-2	9-4 8-9	15-4 14-5	34	14 23-5	14 25-9	13 44-2	3-4 3-3	9-4 9-0	15-4 14-8
35	14 08-8	14 11-1	13 30-1	3-5 3-3	9-5 8-9	15-5 14-6	35	14 23-8	14 26-1	13 44-4	3-5 3-4	9-5 9-1	15-5 14-9
36	14 09-0	14 11-3	13 30-3	3-6 3-4	9-6 9-0	15-6 14-7	36	14 24-0	14 26-4	13 44-6	3-6 3-5	9-6 9-2	15-6 15-0
37	14 09-3	14 11-6	13 30-6	3-7 3-5	9-7 9-1	15-7 14-8	37	14 24-3	14 26-6	13 44-9	3-7 3-5	9-7 9-3	15-7 15-0
38	14 09-5	14 11-8	13 30-8	3-8 3-6	9-8 9-2	15-8 14-9	38	14 24-5	14 26-9	13 45-1	3-8 3-6	9-8 9-4	15-8 15-1
39	14 09-8	14 12-1	13 31-0	3-9 3-7	9-9 9-3	15-9 15-0	39	14 24-8	14 27-1	13 45-4	3-9 3-7	9-9 9-5	15-9 15-2
40	14 10-0	14 12-3	13 31-3	4-0 3-8	10-0 9-4	16-0 15-1	40	14 25-0	14 27-4	13 45-6	4-0 3-8	10-0 9-6	16-0 15-3
41	14 10-3	14 12-6	13 31-5	4-1 3-9	10-1 9-5	16-1 15-2	41	14 25-3	14 27-6	13 45-8	4-1 3-9	10-1 9-7	16-1 15-4
42	14 10-5	14 12-8	13 31-8	4-2 4-0	10-2 9-6	16-2 15-3	42	14 25-5	14 27-9	13 46-1	4-2 4-0	10-2 9-8	16-2 15-5
43	14 10-8	14 13-1	13 32-0	4-3 4-0	10-3 9-7	16-3 15-3	43	14 25-8	14 28-1	13 46-3	4-3 4-1	10-3 9-9	16-3 15-6
44	14 11-0	14 13-3	13 32-2	4-4 4-1	10-4 9-8	16-4 15-4	44	14 26-0	14 28-4	13 46-5	4-4 4-2	10-4 10-0	16-4 15-7
45	14 11-3	14 13-6	13 32-5	4-5 4-2	10-5 9-9	16-5 15-5	45	14 26-3	14 28-6	13 46-8	4-5 4-3	10-5 10-1	16-5 15-8
46	14 11-5	14 13-8	13 32-7	4-6 4-3	10-6 10-0	16-6 15-6	46	14 26-5	14 28-9	13 47-0	4-6 4-4	10-6 10-2	16-6 15-9
47	14 11-8	14 14-1	13 32-9	4-7 4-4	10-7 10-1	16-7 15-7	47	14 26-8	14 29-1	13 47-3	4-7 4-5	10-7 10-3	16-7 16-0
48	14 12-0	14 14-3	13 33-2	4-8 4-5	10-8 10-2	16-8 15-8	48	14 27-0	14 29-4	13 47-5	4-8 4-6	10-8 10-4	16-8 16-1
49	14 12-3	14 14-6	13 33-4	4-9 4-6	10-9 10-3	16-9 15-9	49	14 27-3	14 29-6	13 47-7	4-9 4-7	10-9 10-4	16-9 16-2
50	14 12-5	14 14-8	13 33-7	5-0 4-7	11-0 10-4	17-0 16-0	50	14 27-5	14 29-9	13 48-0	5-0 4-8	11-0 10-5	17-0 16-3
51	14 12-8	14 15-1	13 33-9	5-1 4-8	11-1 10-5	17-1 16-1	51	14 27-8	14 30-1	13 48-2	5-1 4-9	11-1 10-6	17-1 16-4
52	14 13-0	14 15-3	13 34-1	5-2 4-9	11-2 10-5	17-2 16-2	52	14 28-0	14 30-4	13 48-5	5-2 5-0	11-2 10-7	17-2 16-5
53	14 13-3	14 15-6	13 34-4	5-3 5-0	11-3 10-6	17-3 16-3	53	14 28-3	14 30-6	13 48-7	5-3 5-1	11-3 10-8	17-3 16-6
54	14 13-5	14 15-8	13 34-6	5-4 5-1	11-4 10-7	17-4 16-4	54	14 28-5	14 30-9	13 48-9	5-4 5-2	11-4 10-9	17-4 16-7
55	14 13-8	14 16-1	13 34-9	5-5 5-2	11-5 10-8	17-5 16-5	55	14 28-8	14 31-1	13 49-2	5-5 5-3	11-5 11-0	17-5 16-8
56	14 14-0	14 16-3	13 35-1	5-6 5-3	11-6 10-9	17-6 16-6	56	14 29-0	14 31-4	13 49-4	5-6 5-4	11-6 11-1	17-6 16-9
57	14 14-3	14 16-6	13 35-3	5-7 5-4	11-7 11-0	17-7 16-7	57	14 29-3	14 31-6	13 49-7	5-7 5-5	11-7 11-2	17-7 17-0
58	14 14-5	14 16-8	13 35-6	5-8 5-5	11-8 11-1	17-8 16-8	58	14 29-5	14 31-9	13 49-9	5-8 5-6	11-8 11-3	17-8 17-1
59	14 14-8	14 17-1	13 35-8	5-9 5-6	11-9 11-2	17-9 16-9	59	14 29-8	14 32-1	13 50-1	5-9 5-7	11-9 11-4	17-9 17-2
60	14 15-0	14 17-3	13 36-1	6-0 5-7	12-0 11-3	18-0 17-0	60	14 30-0	14 32-4	13 50-4	6-0 5-8	12-0 11-5	18-0 17-3

xxx

บทที่ 6

การคำนวณสูงและแอสิมัท โดยใช้มาตรา H.O. 214

6.1 จากบทที่ 2 ได้กล่าวมาแล้วว่าเส้นตำบลที่ (LOP)

ในขณะที่ใดขณะหนึ่งที่ทำกรวัดสูงของวัตถุท้องฟ้า นั้น คือเส้นตรงสั้น ๆ ที่ตั้งฉากกับ แอสิมัทจริง (Zn) ของวัตถุท้องฟ้าที่ลากผ่านตำบลที่เรือสมมติ (AP) ณ จุดที่มีระยะห่างจากจุด AP เท่ากับอินเตอร์เซปต์ (a) ส่วนตำบลที่จะห่างจาก AP ไปทางใด คือ “ออกห่าง” หรือ “เข้าหา” ตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้า (GP) ก็สุดแล้วแต่ว่าสูงจริง (Ho) ที่วัดได้ กับสูงคำนวณ (Hc) ที่คำนวณจากตำบลที่เรือสมมติใครจะมากกว่าใคร

อินเตอร์เซปต์ (a) คือผลต่างระหว่าง Ho กับ Hc

ฉะนั้น ความสำคัญในการหาเส้นตำบลที่ในขณะที่ใดก็ตาม หลังจากวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ได้แล้ว จะต้องคำนวณหาสูงคำนวณ (Hc) และแอสิมัทจริง (Zn) โดยการกำหนดตำบลที่เรือสมมติ (AP) ขึ้น สามเหลี่ยมดาราศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณนี้ประกอบไปด้วยด้านสามด้าน คือ โคละติจูด (เป็นด้านที่ต่อระหว่างจุด AP กับขั้วท้องฟ้าหรือขั้วโลกที่ใกล้ที่สุด) ระยะยอด (เป็นด้านที่ต่อระหว่างขั้วท้องฟ้าหรือขั้วโลกนั้นกับจุด GP) และระยะเซนิธหรือโคอัลติจูด (เป็นด้านที่ต่อระหว่างจุด AP กับจุด GP)

ด้านของสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณก็คือ โคละติจูด ซึ่งจะเท่ากับ $90^\circ - \text{Lat.}$ กับระยะยอดซึ่งจะเท่ากับ $90^\circ \pm \text{Dec.}$ มุมที่ใช้ในการคำนวณคือมุมเมริเดียน (t) สิ่งที่ต้องการคำนวณหา ก็คือ โคอัลติจูด ซึ่งจะเท่ากับ $90^\circ - Hc$ และมุม Az ซึ่งสามารถทำให้เป็น Zn ได้ (ดูรูปที่ 26)

จากสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ดังกล่าวจะคำนวณสูงและมุม Az ได้จากสูตรต่อไปนี้-

$$\sin H = \sin L \sin d + \cos L \cos d \cos t$$

$$\text{และ} \quad \sin Az = \frac{\cos d \cdot \sin t}{\cos H}$$

$$\cos H$$

ในสมการแรกมีกฎสำหรับการใช้เครื่องหมายดังนี้-

1. ถ้า t น้อยกว่า 90°
 - (ก) L และ d มีชื่อเหมือนกัน ใช้บวก (+)
 - (ข) L และ d มีชื่อต่างก็ใช้ผลต่าง (จำนวนน้อยลบออกจากจำนวนที่มากกว่า)
2. ถ้า t มากกว่า 90°
 - (ก) L และ d มีชื่อเหมือนกันใช้ผลต่าง (จำนวนน้อยลบออกจากจำนวนที่มากกว่า)
 - (ข) L และ d มีชื่อต่างกัน ใช้บวก (+)

6.2 มาตรฐานสำเร็จ H.O. Pub. No. 214

เพื่อความสะดวกในการคำนวณหาสูงและมุม Az จึงได้ทำมาตรฐานสำเร็จขึ้นโดยใช้สูตรทั้งสอง ดังกล่าวข้างต้น เรียกว่า “*Tables of Computed Altitude and Azimuth*”, H.O. Pub. No. 214 ซึ่งเรียกสั้น ๆ ว่า “*H.O. 214*” มาตรฐานสำเร็จนี้ได้คำนวณขึ้นสำหรับใช้กับที่เรือ สมมติ (AP) ดังจะได้กล่าวถึงวิธีใช้ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้กับที่เรือรายงาน (DR) หรือที่เรือโดยประมาณ (EP) ก็ได้ ซึ่งในมาตรฐาน H.O. 214 แต่ละเล่มได้มีคำอธิบายไว้แล้วทุกเล่ม

มาตรฐาน H.O. 214 มีทั้งหมด 9 เล่ม เล่มที่หนึ่งตั้งแต่ละติจูด 0° ถึง 9° เล่มที่สองตั้งแต่ละติจูด 10° ถึง 19° และต่อ ๆ ไปจนถึงเล่มที่เก้า ซึ่งเป็นเล่มสุดท้าย คือ ตั้งแต่ละติจูด 80° ถึง 89°

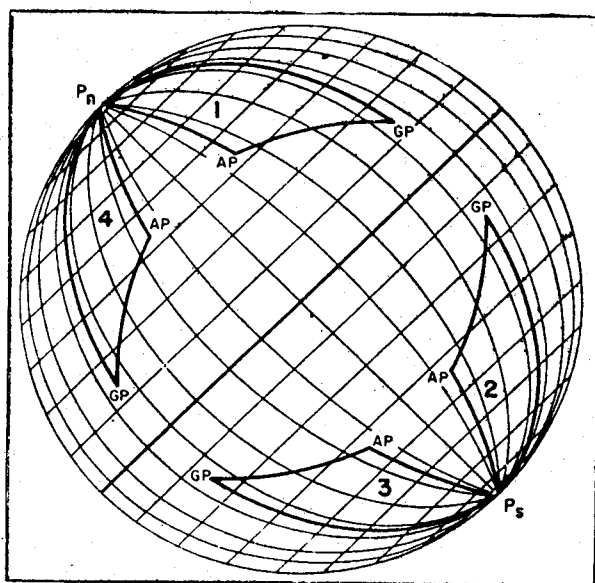
ผลลัพธ์ของสูงและมุม Az แต่ละเล่มได้คำนวณจากทุก ๆ 1° ละติจูด, ทุก $30'$ ของดิกลิเนชัน จาก 0° ถึง 29° เมื่อดิกลิเนชันมากกว่า 29° ทำไว้ทุก 1° แต่บางตอนก็ทำไว้ทุก $30'$ ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมสำหรับดาวฤกษ์ทั้ง 57 ดวง และจากมุมเมริเดียน “ t ” (H.A.) ทุก 1° จาก 0° ถึงประมาณ 85°

ในแต่ละหน้าของแต่ละ 1° ละติจูด บรรทัดบนสุดจากซ้ายไปขวา เป็นค่าของดิกลิเนชัน ชองซ้ายมือสุดและขวามือสุด จากบนลงล่างเป็นค่าของมุมเมริเดียน “ t ” (H.A.) หน้าซ้ายจะใช้สำหรับละติจูด และดิกลิเนชันมีชื่อเหมือนกัน (SAME NAME) หน้าขวาจะใช้สำหรับละติจูด และดิกลิเนชันมีชื่อต่างกัน (CONTRARY NAME) เว้นเฉพาะที่ละติจูด 0° เท่านั้น ซึ่งทั้งสองหน้าจะใช้ได้ไม่ว่าละติจูดกับดิกลิเนชันจะมีชื่อเหมือนกันหรือต่างกันก็ตาม ผลลัพธ์ของสูงจะทำไว้อย่างน้อยเพียงประมาณ 5°

หมายเหตุ ในรูปที่ 55 และ 56 ท้ายบทนี้ เป็นส่วนหนึ่งจาก H.O. 214 VOL.IV. (ระหว่างละติจูด 30° ถึง 39°) และเฉพาะส่วนหนึ่งของละติจูด 33° สำหรับดิกลิเนชันก็นำมาแสดงไว้เพียง 5 ช่อง ซึ่งความจริงในหน้าหนึ่ง ๆ จะมี 8 ช่อง ส่วนมุมเมริเดียนก็นำมาเป็นตอน ๆ มิได้ติดต่อกัน

6.3 สามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกัน

จะต้องระลึกไว้เสมอว่า ค่าของ L, Dec. และ t ที่ปรากฏอยู่ในมาตรา H.O. 214 ไม่ได้กำหนดลงไปว่า เป็นเหนือ ใต้ หรือตะวันออก ตะวันตก ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผล คือ.-



รูปที่ 54
รูปสามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกันสี่รูป

ในรูปที่ 54 เป็นรูปสามเหลี่ยมเดินเรือสี่รูปที่ปรากฏอยู่บนผิวโลก แต่ละรูปนั้น ละติจูดของ AP มีค่าเท่ากัน แต่เป็นเหนือกับใต้ ถ้าสมมติให้ละติจูดของ AP มีค่าเท่ากับ 33° ด้านสามเหลี่ยมระหว่าง AP กับยอดโลกคือโคละติจูด จะมีค่าเท่ากับ 57° ในทำนองเดียวกัน ถ้า GP มีค่าละติจูดเท่ากันทั้งสี่รูปไม่ว่าเหนือหรือใต้ คือ มี Dec. 14° ระยะยอดจะเท่ากับ 76° ดังนั้น มุมเมริเดียนก็จะเท่ากันทั้งสี่รูปและเมื่อคำนวณหาสูงและมุม Az แล้วก็จะมีค่าเท่ากันทั้งสี่รูป

สมมติให้ $L = 33^\circ \text{ Dec.} = 14^\circ$ และสมมติว่า $t = 34^\circ$ จากการคำนวณหรือจากมาตรา H.O. 214 จะได้สูง (Alt.) $= 53^\circ 44'.7$ และ $Az = 113^\circ.4$ ทั้งนี้เพราะ L และ Dec. อยู่ในซีกโลกข้างเดียวกัน คือมีชื่อเหมือนกัน แต่ค่าของ Az จะมีชื่อต่างกัน คือในสามเหลี่ยมที่หนึ่ง Az จะเป็น N กับ E ค่า Zn จะเท่ากับ Az ในสามเหลี่ยมที่สอง Az จะเป็น S กับ E ค่า Zn จะเท่ากับ $180^\circ - Az$ ในสามเหลี่ยมที่สี่ Az จะเป็น N กับ W ค่า Zn จะเท่ากับ $180^\circ + Az$ ในสามเหลี่ยมที่สี่ Az จะเป็น N กับ W ค่า Zn จะเท่ากับ $360^\circ - Az$ ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ชื่อของ Az จะมีชื่อตามละติจูดของ AP และตามมุมเมริเดียนว่าจะอยู่ทางตะวันออกหรือทางตะวันตกของเมริเดียนผู้ตรวจ

เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วในสามเหลี่ยมทั้งสี่รูป จึงคำนวณหรือเปิดมาตราเพียงรูปเดียวก็พอ ซึ่งจะมีผลเท่ากัน ดังนั้นในกรณีนี้ คือเมื่อ L และ Dec. มีชื่อเหมือนกัน จึงให้ใช้เปิดมาตรา H.O. 214 ในหน้า SAME NAME

คราวนี้สมมติว่ามีสามเหลี่ยมเดินเรืออีกรูป แต่จุด AP ซึ่งมี $L = 33^\circ$ เช่นกัน กำหนดให้อยู่ต่างซีกโลกกับจุด GP ซึ่งมี $\text{Dec.} = 14^\circ$ เหมือนกัน แล้วสมมติให้ $t = 34^\circ$ ตามเดิม สามเหลี่ยมทั้งสี่นี้ก็เหมือนกันทุกประการ จากการคำนวณหรือจากการเปิดมาตรา H.O. 214 ก็จะได้สูง (Alt.) $= 32^\circ 52'.8$ และ $Az = 139^\circ.8$ ทั้งนี้เพราะ L และ Dec. มีชื่อต่างกัน ส่วนชื่อของ Az ก็จะเป็นไปตามกฎเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว ในกรณีที่ L และ Dec. มีชื่อต่างกัน จึงให้เปิดมาตรา H.O. 214 ในหน้า CONTRARY NAME

มาตรา H.O. 214 ที่ได้ทำขึ้นนี้ได้อาศัยเหตุผลและหลักเกณฑ์ตามที่ได้อธิบายมาแล้ว ฉะนั้นค่า L , Dec. และ t จึงมิได้บอกไว้ว่าเป็น เหนือ ได้ หรือ ตะวันออก ตะวันตก แต่อย่างไร โดยละไว้ในฐานที่เข้าใจกัน ซึ่งนักเดินเรือจะต้องทำความเข้าใจให้ดี ในการใช้มาตรานี้

6.4 การใช้มาตรา H.O. 214

ในการเปิดมาตรา H.O. 214 เพื่อหาสูงคำนวณ (H_c) และ Az นั้น ใช้ค่า L เป็นองศาเต็ม ๆ ใช้ค่า Dec. เป็นองศาเต็ม ๆ หรือครึ่งองศา ($30'$) ก็ได้ และใช้ค่า t เป็นองศาเต็ม ๆ

ค่า L ที่เป็นองศาเต็ม ๆ นั้นใช้สมมติขึ้นโดยให้ใกล้เคียงกับละติจูดของที่เรือรายงาน (DR) หรือละติจูดของที่เรือโดยประมาณ (EP) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ L ที่เลือกแล้วนี้เรียกว่า "Assumed Latitude" (aL)

ค่า Dec. ก็เช่นเดียวกันให้เลือกใช้ค่าที่ใกล้เคียงกับ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าในขณะนั้น ซึ่งได้ค่ามาจากปฏิทินเดินเรือ

ค่า t ที่เป็นองศาเต็ม ๆ ก็คือค่าของ LHA ที่เป็นองศาเต็ม ๆ เพราะว่า t เป็นมุมเล็กของ LHA ที่ใช้ในสามเหลี่ยมเดินเรือและ LHA จะหาได้ก็ต้องเอาลองจิจูดของผู้ตรวจมากระทำกับ GHA ในขณะที่ทำการตรวจ คือ

$$\text{LHA} = \text{GHA} + \text{Long. East}$$

$$\text{หรือ } \text{LHA} = \text{GHA} + \text{Long. West}$$

ทั้งนี้ แล้วแต่ว่าลองจิจูดของผู้ตรวจจะเป็นตะวันออกหรือตะวันตก

ฉะนั้น ค่า t จะเป็นองศาเต็ม ๆ ได้ ก็ต้องสมมติลองจิจูดขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปกระทำกับ GHA แล้ว ให้ได้ค่า LHA เป็นองศาเต็ม ๆ ลองจิจูดที่สมมตินี้ต้องสมมติให้ใกล้กับลองจิจูดของที่เรือรายงาน (DR) หรือลองจิจูดของที่เรือโดยประมาณ (EP) ซึ่งจะต้องไม่ต่างกันเกิน 30' ลองจิจูดที่ได้เลือกแล้วนี้ เรียกว่า “Assumed Longitude” ($a \lambda$)

เมื่อใช้ aL , t (ตาม $a \lambda$) และ Dec. ดังกล่าวแล้วไปเปิดมาตราบก็ได้สูง (Alt.) และ Az สูงที่ได้มานี้ยังไม่ถูกต้องทีเดียว เพราะใช้ค่า Dec. ที่ใกล้เคียงกับค่า Dec. จริง ๆ ในขณะที่ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า สูงที่เปิดได้ในขณะนี้ เรียกว่า “Tabulated altitude” ใช้อักษรย่อ “ ht ” ครั้นเมื่อเอาอัตราแก้ไขไปแก้ไขให้เป็นสูงตามค่า Dec. จริง ๆ ในขณะที่ทำการวัดสูงแล้ว (ได้จากปฏิทินเดินเรือ) ก็จะเป็น “สูงคำนวณ” คือ Hc. ตามต้องการ สำหรับค่า Az เมื่อทำให้เป็น Zn แล้วก็นำไปใช้ได้เลย

6.5 อัตราแก้ไขสูงสำหรับ Dec. (Δd)

ในมาตรา H.O. 214 จะมีตัวเลขอยู่ภายใต้อักษรย่อ “ Δd ” กำกับติดอยู่ทางขวาของค่า Alt. เช่น $\Delta d = 61$ หมายความว่า 61 จะเป็นตัวประกอบของอัตราแก้ไข (Correction factor) ในเมื่อ Dec. จริง ต่างกับ Dec. ที่ได้เลือกขึ้น 1'.0 เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราแก้ไขสำหรับใช้แก้กับสูง “ ht ” ให้เป็น Hc. เช่น

Dec. จริง ต่างกับ Dec. ที่เลือก 1'.0 อัตราแก้ไขสูงจะเป็น $0.61 \times 1 = 0'.6$

ถ้า Dec. จริง ต่างกับ Dec. ที่เลือก 2'.0 อัตราแก้ไขสูงจะเป็น $0.61 \times 2 = 1'.2$

ถ้า Dec. จริง ต่างกับ Dec. ที่เลือก 3'.0 อัตราแก้ไขสูงจะเป็น $0.61 \times 3 = 1'.8$

อัตราแก้ไขสูงอันเนื่องมาจากผลต่าง Dec. ตาม Δd นี้ ได้ทำเป็นมาตราสำเร็จไว้ที่ท้ายเล่มของมาตรา H.O. 214 ทุกเล่มแล้ว ดังในรูปที่ 57

สำหรับตัวเลขที่อยู่ใต้อักษรย่อ “ t ” นั้น ก็เป็นตัวประกอบของอัตราแก้ไขสูง ในเมื่อ t ผิดจากความจริงไป 1'.0 คือหมายความว่าผิดจากลองจิจูดของ DR ไป 1'.0 แต่ในที่นี้ไม่จำเป็นต้องใช้ เพราะได้ใช้ t เป็นองศาเต็ม ๆ แล้วโดยการใช้ $a \lambda$

ตำบลที่ของ AP ก็คือ aL และ aλ เมื่อได้ Hc แล้ว ก็จะได้อินเตอร์เซปต์ (a) และ
พร้อมกันนี้ก็จะได้ Az ซึ่งทำให้เป็น Zn ได้ ดังนั้นผลสุดท้ายก็จะได้เส้นตำบลที่ (LOP)

ตัวอย่างที่ 1 จงหา Hc และ Zn เมื่อ aL 33° 00'.0 S., t 12° 00'.0 W. และ Dec. 13° 26'.8 N.

วิธีทำ

aL	33°	00'.0	S.
t	12°	00'.0	W.
Dec.	13°	26'.8	N.
d.diff		3'.2	
Δ d	(+)	.97	
ht	42°	06'.5	
corr.	(+)	3'.1	
Hc	42°	09'.6	
Az	S	164°.2	W.
Zn		344°.2	

ตามตัวอย่างข้อนี้ใช้ aL 33° 00'.0 S., t 12° 00'.0 W. และ Dec. 13° 30'.0 N.
ไปเปิด H.O. 214 ในหน้า CONTRARY NAME เพราะ L กับ Dec. ต่างกัน จะได้ ht (Alt.) 42° 06'.5, Az 164°.2 และ Δ d 97 จะเห็นว่า Dec. ที่ใช้เปิดนั้นมากกว่า Dec. ที่โจทย์กำหนดให้ 3'.2 และจะสังเกตในมาตรา H.O. 214° เห็นว่า ถ้า Dec. น้อยลง สูงจะมากขึ้น ฉะนั้น อัตราแก้ Δ d จึงเป็นบวก (+) ซึ่งเมื่อนำเอาผลต่างของ Dec. คือ 3'.2 กับค่าของ Δ d คือ 97 ไปเปิด มาตราสำเร็จก็จะได้อัตราแก้สูงเท่ากับ 3'.1 คือ $0.97 \times 3'.2 = 3'.1$ ส่วน Az นั้น จะมีชื่อตาม L และ t คือเป็น S และ W ซึ่งเมื่อทำเป็น Zn แล้วจะได้ 344°.2

ตัวอย่างที่ 2 จงหา Hc และ Zn เมื่อ aL 33° 00'.0 N., t 8° 00'.0 E. และ Dec. 12° 32'.3 N.

วิธีทำ

aL	33°	00'.0	N.
t	8°	00'.0	E.
Dec.	12°	32'.3	N.

d.diff		2'.3
Δd	(+)	.95
ht	68°	14'.0
corr.	(+)	2'.2
Hc	68°	16'.2
Az N	158°.5	E.
Zn	158°.5	

ตามตัวอย่างข้อนี้ ใช้ aL 33° 00'.0 N., t 8° 00'.0 E. และ Dec. 12° 30'.0 N. ไปเปิด H.O. 214 ในหน้า SAME NAME เพราะ L กับ Dec. มีชื่อเหมือนกัน แล้วทำเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1

แบบฝึกหัด

1. จงหา Hc และ Az จากสิ่งที่กำหนดให้ต่อไปนี้

t	Dec	aL
(ก) 12° 00'.0 W.	13° 30'.0 N.	33° 00'.0 N.
(ข) 63° 00'.0 E.	12° 00'.0 N.	33° 00'.0 S.
(ค) 29° 00'.0 E.	14° 00'.0 S.	33° 00'.0 S.
(ง) 1° 00'.0 W.	14° 00'.0 S.	33° 00'.0 N.

คำตอบ (ก) Hc 67° 38'.5 Az N 147°.9 W

(ข) Hc 15° 01'.3 Az S 115°.5 E

(ค) Hc 57° 30'.6 Az S 118°.9 E

(ง) Hc 42° 59'.4 Az N 178°.7 W

2. จงหา Hc, a และ Az

t	Dec	aL	Ho
(ก) 77° 00'.0 W.	13° 00'.0 N.	33° 00'.0 N.	18° 01'.3
(ข) 64° 00'.0 E.	12° 30'.0 N.	33° 00'.0 S.	13° 43'.6

คำตอบ (ก) Hc $17^{\circ} 50'.3$, a $11'.0$ T, Az N $085^{\circ}.8$ W.

(ข) Hc $13^{\circ} 56'.9$, a $13'.3$ A, Az S $115^{\circ}.3$ E.

3. จงหา d diff, Δd พร้อมทั้งเครื่องหมายและอัตราแก้ไขที่แก้กับ ht อันเนื่องจากผลต่างของ Dec.

aL	t	Dec.
(ก) $33^{\circ} 00'.0$ N.	$15^{\circ} 00'.0$ E.	$13^{\circ} 37'.6$ N.
(ข) $33^{\circ} 00'.0$ S.	$21^{\circ} 00'.0$ W.	$12^{\circ} 21'.9$ N.
(ค) $33^{\circ} 00'.0$ S.	$4^{\circ} 00'.0$ W.	$13^{\circ} 39'.7$ N.
(ง) $33^{\circ} 00'.0$ S.	$0^{\circ} 00'.0$	$12^{\circ} 44'.8$ S.

คำตอบ (ก) d diff $7'.6$ Δd (+) .84, corr. (+) $6'.4$

(ข) d diff $8'.1$ Δd (+) .92, corr. (+) $7'.5$

(ค) d diff $9'.7$ Δd (-) 1.0, corr. (-) $9'.7$

(ง) d diff $14'.8$ Δd (+) 1.0, corr. (+) $14'.8$

4. เวลาประมาณ 0930 ที่เรืออยู่ละติจูดใต้ จากการวัดสูงดวงอาทิตย์ ได้ Az $118^{\circ}.0$ จงหา Zn
คำตอบ Zn $062^{\circ}.0$

5. ขณะที่เรืออยู่ละติจูดเหนือ จากการวัดสูงดาวฤกษ์ดวงหนึ่งเมื่อ t 27° W. ได้ Az $142^{\circ}.0$
จงหา Zn

คำตอบ Zn $218^{\circ}.0$

6. จงเปลี่ยน Zn ต่อไปนี้เป็น Az

(ก) Zn $021^{\circ}.0$, Lat. S.	(ค) Zn $144^{\circ}.0$, Lat. N.	(จ) Zn $300^{\circ}.0$, Lat. S.
(ข) Zn $327^{\circ}.0$, Lat. S.	(ง) Zn $144^{\circ}.0$, Lat. S.	(ฉ) Zn $240^{\circ}.0$, Lat. N.
คำตอบ (ก) Az N $21^{\circ}.0$ E	(ค) Az N $144^{\circ}.0$ E	(จ) Az S $120^{\circ}.0$ W
(ข) Az S $147^{\circ}.0$ W	(ง) Az S $36^{\circ}.0$ E	(ฉ) Az N $120^{\circ}.0$ W

7. จงหา Hc และ Zn

aL	t	Dec.
(ก) $34^{\circ} 00'.0$ N.	$28^{\circ} 00'.0$ E.	$12^{\circ} 37'.4$ N.
(ข) $33^{\circ} 00'.0$ N.	$33^{\circ} 00'.0$ W.	$12^{\circ} 17'.1$ S.
(ค) $33^{\circ} 00'.0$ S.	$1^{\circ} 00'.0$ W.	$13^{\circ} 14'.8$ N.
(ง) $34^{\circ} 00'.0$ S.	$72^{\circ} 00'.0$ E.	$13^{\circ} 58'.2$ S.

คำตอบ (ก) Hc $56^{\circ} 46'.5$ Zn $123^{\circ}.4$

(ข) Hc $34^{\circ} 50'.8$ Zn $220^{\circ}.3$

(ค) Hc $43^{\circ} 44'.2$ Zn $358^{\circ}.6$

(ง) Hc $22^{\circ} 33'.5$ Zn $092^{\circ}.0$

DECLINATION SAME NAME AS LATITUDE

Lat.
33°

H.A.	12° 00'	12° 30'	13° 00'	13° 30'	14° 00'	H.A.
	Alt. Az.	Alt. Az.	Alt. Az.	Alt. Az.	Alt. Az.	
00	69 00.0 1.0 02 180.0	69 30.0 1.0 02 180.0	70 00.0 1.0 02 180.0	70 30.0 1.0 02 180.0	71 00.0 1.0 02 180.0	00
1	68 58.8 1.0 06 177.3	69 28.8 1.0 06 177.2	69 58.8 1.0 06 177.2	70 28.7 1.0 06 177.1	70 58.7 1.0 06 177.0	1
2	68 55.2 1.0 10 174.6	69 25.1 1.0 10 174.4	69 55.0 1.0 10 174.3	70 24.9 1.0 11 174.2	70 54.8 1.0 11 174.1	2
3	68 49.3 09 14 171.9	69 19.0 09 14 171.7	69 48.8 09 14 171.5	70 18.5 09 15 171.3	70 48.3 09 15 171.1	3
4	68 41.0 09 18 169.2	69 10.6 09 18 169.0	69 40.2 09 18 168.7	70 09.7 09 19 168.5	70 39.2 09 19 168.2	4
05	68 30.4 08 21 166.5	68 59.8 08 22 166.3	69 29.1 08 22 166.0	69 58.4 08 23 165.7	70 27.7 08 23 165.4	05
6	68 17.6 07 25 164.0	68 46.7 07 25 163.6	69 15.8 07 26 163.3	69 44.8 07 26 162.9	70 13.8 07 27 162.6	6
7	68 02.6 06 28 161.4	68 31.4 06 29 161.0	69 00.2 06 30 160.6	69 28.9 06 30 160.2	69 57.6 06 31 159.8	7
8	67 45.5 05 32 158.9	68 14.0 05 32 158.5	68 42.5 05 33 158.1	69 10.8 04 34 157.6	69 39.1 04 34 157.1	8
9	67 26.4 04 35 156.5	67 54.6 04 36 156.0	68 22.6 03 36 155.6	68 50.6 03 37 155.1	69 18.5 03 38 154.6	9
10	67 05.4 03 38 154.1	67 33.2 02 39 153.6	68 00.9 02 39 153.1	68 28.4 02 40 152.6	68 55.9 01 41 152.0	10
1	66 42.5 01 41 151.8	67 09.9 01 42 151.3	67 37.2 01 42 150.8	68 04.4 00 43 150.2	68 31.4 00 44 149.6	1
2	66 17.9 00 44 149.6	66 44.9 00 44 149.1	67 11.8 00 45 148.5	67 38.5 00 46 147.9	68 05.1 00 47 147.3	2
3	65 51.7 00 46 147.4	66 18.2 00 47 146.9	66 44.6 00 48 146.3	67 10.9 00 49 145.7	67 37.0 00 50 145.0	3
4	65 23.8 00 49 145.4	65 49.9 00 50 144.8	66 15.9 00 50 144.2	66 41.8 00 51 143.5	67 07.4 00 52 142.9	4
15	64 54.5 00 51 143.3	65 20.2 00 52 142.7	65 45.7 00 53 142.1	66 11.1 00 54 141.4	66 36.3 00 55 140.8	15
6	64 23.8 00 53 141.4	64 49.0 00 54 140.8	65 14.1 00 55 140.1	65 39.1 00 56 139.5	66 03.8 00 57 138.8	6
7	63 51.7 00 55 139.5	64 16.6 00 56 138.9	64 41.2 00 57 138.2	65 05.7 00 58 137.5	65 30.0 00 59 136.8	7
8	63 18.4 00 57 137.7	63 42.9 00 58 137.1	64 07.1 00 59 136.4	64 31.1 00 60 135.7	64 55.0 00 61 135.0	8
9	62 44.0 00 59 136.0	63 08.0 00 60 135.3	63 31.8 00 61 134.6	63 55.4 00 62 133.9	64 18.8 00 63 133.2	9
20	62 08.5 00 61 134.3	62 32.1 00 62 133.6	62 55.5 00 63 132.9	63 18.7 00 64 132.2	63 41.7 00 65 131.5	20
1	61 32.0 00 62 132.7	62 05.2 00 63 132.0	62 28.2 00 64 131.3	62 40.9 00 65 130.6	63 03.5 00 66 129.9	1
2	60 54.5 00 64 131.1	61 17.3 00 65 130.4	61 39.9 00 66 129.7	62 02.3 00 67 129.0	62 24.4 00 68 128.3	2
3	60 16.2 00 65 129.6	60 38.6 00 66 128.9	61 00.8 00 67 128.2	61 22.8 00 68 127.5	61 44.6 00 69 126.8	3
4	59 37.0 00 67 128.1	59 59.0 00 68 127.5	60 20.9 00 69 126.8	60 42.5 00 70 126.1	61 03.9 00 71 125.3	4
25	58 57.0 00 68 126.7	59 18.7 00 69 126.1	59 40.2 00 70 125.4	60 01.4 00 71 124.7	60 22.5 00 72 123.9	25
6	58 16.3 00 69 125.4	58 37.7 00 70 124.7	58 58.8 00 71 124.0	59 19.7 00 72 123.3	59 40.4 00 73 122.6	6
7	57 35.0 00 70 124.1	57 56.0 00 71 123.4	58 16.8 00 72 122.7	58 37.4 00 73 122.0	58 57.7 00 74 121.3	7
8	56 53.0 00 71 122.8	57 13.7 00 72 122.1	57 34.2 00 73 121.5	57 54.4 00 74 120.8	58 14.4 00 75 120.1	8
9	56 10.4 00 72 121.6	56 30.8 00 73 120.9	56 51.0 00 74 120.2	57 10.9 00 75 119.6	57 30.6 00 76 118.9	9
30	55 27.3 00 73 120.4	55 47.4 00 74 119.7	56 07.2 00 75 119.1	56 26.9 00 76 118.4	56 46.3 00 77 117.7	30
1	54 43.6 00 74 119.3	55 03.4 00 75 118.6	55 23.0 00 76 117.9	55 42.4 00 77 117.3	56 01.5 00 78 116.6	1
2	53 59.5 00 75 118.2	54 19.0 00 76 117.5	54 38.3 00 77 116.8	54 57.4 00 78 116.2	55 16.3 00 79 115.5	2
3	53 14.9 00 76 117.1	53 34.2 00 77 116.4	53 53.2 00 78 115.8	54 12.1 00 79 115.1	54 30.7 00 80 114.5	3
4	52 29.9 00 77 116.0	52 48.9 00 78 115.4	53 07.7 00 79 114.8	53 26.3 00 80 114.1	53 44.7 00 81 113.4	4
55	35 43.0 02 83 99.3	35 58.9 02 83 98.8	36 14.7 02 83 98.2	36 30.3 02 83 97.7	36 45.8 02 83 97.2	55
6	34 53.3 02 83 98.7	35 09.1 02 83 98.1	35 24.8 02 83 97.6	35 40.4 02 83 97.1	35 55.8 02 83 96.6	6
7	34 03.5 02 83 98.0	34 19.3 02 83 97.5	34 34.9 02 83 97.0	34 50.4 02 83 96.5	35 05.8 02 83 96.0	7
8	33 13.6 02 83 97.4	33 29.3 02 83 96.9	33 44.9 02 83 96.4	34 00.4 02 83 95.9	34 15.8 02 83 95.4	8
9	32 23.7 02 83 96.8	32 39.3 02 83 96.3	32 54.9 02 83 95.8	33 10.3 02 83 95.3	33 25.3 02 83 94.8	9
60	31 33.7 02 83 96.2	31 49.3 02 83 95.7	32 04.8 02 83 95.2	32 20.2 02 83 94.7	32 35.5 02 83 94.2	60
1	30 43.6 02 83 95.6	30 59.2 02 83 95.1	31 14.7 02 83 94.6	31 30.0 02 83 94.1	31 45.3 02 83 93.6	1
2	29 53.5 02 83 95.0	30 09.1 02 83 94.5	30 24.5 02 83 94.0	30 39.8 02 83 93.5	30 55.0 02 83 93.0	2
3	29 03.4 02 83 94.4	29 18.9 02 83 93.9	29 34.3 02 83 93.4	29 49.6 02 83 92.9	30 04.8 02 83 92.5	3
4	28 13.2 02 83 93.8	28 28.7 02 83 93.3	28 44.0 02 83 92.9	28 59.3 02 83 92.4	29 14.5 02 83 91.9	4
65	27 23.0 02 83 93.3	27 38.4 02 83 92.8	27 53.8 02 83 92.3	28 09.0 02 83 91.8	28 24.2 02 83 91.3	65
6	26 32.7 02 83 92.7	26 48.1 02 83 92.2	27 03.5 02 83 91.7	27 18.7 02 83 91.3	27 33.9 02 83 90.8	6
7	25 42.4 02 83 92.1	25 57.8 02 83 91.7	26 13.2 02 83 91.2	26 28.4 02 83 90.7	26 43.5 02 83 90.2	7
8	24 52.1 02 83 91.6	25 07.5 02 83 91.1	25 22.9 02 83 90.6	25 38.1 02 83 90.2	25 53.2 02 83 89.7	8
9	24 01.8 02 83 91.0	24 17.2 02 83 90.6	24 32.5 02 83 90.1	24 47.8 02 83 89.6	25 02.9 02 83 89.1	9
70	23 11.5 02 83 90.5	23 26.9 02 83 90.0	23 42.2 02 83 89.6	23 57.5 02 83 89.1	24 12.6 02 83 88.6	70
1	22 21.2 02 83 89.9	22 36.6 02 83 89.5	22 51.9 02 83 89.0	23 07.1 02 83 88.5	23 22.3 02 83 88.1	1
2	21 30.9 02 83 89.4	21 46.3 02 83 88.9	22 01.6 02 83 88.5	22 16.8 02 83 88.0	22 32.0 02 83 87.5	2
3	20 40.6 02 83 88.9	20 56.0 02 83 88.4	21 11.3 02 83 87.9	21 26.6 02 83 87.5	21 41.8 02 83 87.0	3
4	19 50.3 02 83 88.3	20 05.7 02 83 87.9	20 21.0 02 83 87.4	20 36.3 02 83 86.9	20 51.5 02 83 86.5	4
75	19 00.0 02 83 87.8	19 15.4 02 83 87.3	19 30.8 02 83 86.9	19 46.1 02 83 86.4	20 01.3 02 83 86.0	75
6	18 09.7 02 83 87.3	18 25.1 02 83 86.8	18 40.5 02 83 86.4	18 55.9 02 83 85.9	19 11.1 02 83 85.4	6
7	17 19.4 02 83 86.7	17 34.9 02 83 86.3	17 50.3 02 83 85.8	18 05.7 02 83 85.4	18 21.0 02 83 84.9	7
8	16 29.2 02 83 86.2	16 44.7 02 83 85.7	17 00.2 02 83 85.3	17 15.6 02 83 84.9	17 30.9 02 83 84.4	8
9	15 39.0 02 83 85.7	15 54.6 02 83 85.2	16 10.0 02 83 84.8	16 25.5 02 83 84.3	16 40.8 02 83 83.9	9
80	14 48.9 02 83 85.1	15 04.4 02 83 84.7	15 19.9 02 83 84.3	15 35.4 02 83 83.8	15 50.8 02 83 83.4	80
1	13 58.7 02 83 84.6	14 14.3 02 83 84.2	14 29.9 02 83 83.7	14 45.4 02 83 83.3	15 00.9 02 83 82.8	1
2	13 08.7 02 83 84.1	13 24.3 02 83 83.7	13 39.9 02 83 83.2	13 55.5 02 83 82.8	14 11.0 02 83 82.3	2
3	12 18.6 02 83 83.6	12 34.3 02 83 83.1	12 50.0 02 83 82.7	13 05.6 02 83 82.3	13 21.1 02 83 81.8	3
4	11 28.7 02 83 83.0	11 44.4 02 83 82.6	12 00.1 02 83 82.2	12 15.7 02 83 81.7	12 31.3 02 83 81.3	4
85	10 38.7 02 83 82.5	10 54.5 02 83 82.1	11 10.3 02 83 81.7	11 26.0 02 83 81.2	11 41.6 02 83 80.8	85
6	9 48.9 02 83 82.0	10 04.7 02 83 81.6	10 20.5 02 83 81.1	10 36.3 02 83 80.7	10 52.0 02 83 80.3	6
7	8 59.1 02 83 81.5	9 15.0 02 83 81.0	9 30.8 02 83 80.6	9 46.7 02 83 80.2	10 02.4 02 83 79.7	7
8	8 09.4 02 83 80.9	8 25.3 02 83 80.5	8 41.2 02 83 80.1	8 57.1 02 83 79.7	9 13.0 02 83 79.2	8
9	7 19.7 02 83 80.4	7 35.7 02 83 80.0	7 51.7 02 83 79.6	8 07.6 02 83 79.1	8 23.6 02 83 78.7	9
90	6 30.1 02 83 79.9	6 46.2 02 83 79.5	7 02.2 02 83 79.0	7 18.3 02 83 78.6	7 34.3 02 83 78.2	90

DECLINATION CONTRARY NAME TO LATITUDE

H.A.	12° 00'		12° 30'		13° 00'		13° 30'		14° 00'		H.A.	Lat. 33°
	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.		
00	45 00.0	180.0	44 30.0	180.0	44 00.0	180.0	43 30.0	180.0	43 00.0	180.0	00	
1	44 59.4	178.6	44 29.4	178.6	43 59.4	178.6	43 29.4	178.7	42 59.4	178.7	1	
2	44 57.6	177.2	44 27.6	177.3	43 57.6	177.3	43 27.6	177.3	42 57.7	177.3	2	
3	44 54.5	175.9	44 24.6	175.9	43 54.7	175.9	43 24.7	176.0	42 54.8	176.0	3	
4	44 50.3	174.5	44 20.4	174.5	43 50.5	174.6	43 20.6	174.6	42 50.7	174.7	4	
05	44 44.9	173.1	44 15.0	173.2	43 45.2	173.2	43 15.3	173.3	42 45.5	173.4	05	
6	44 38.2	171.7	44 08.4	171.8	43 38.7	171.9	43 08.9	172.0	42 39.1	172.1	6	
7	44 30.4	170.4	44 00.7	170.5	43 31.0	170.6	43 01.3	170.7	42 31.6	170.8	7	
8	44 21.4	169.0	43 51.8	169.1	43 22.2	169.2	42 52.6	169.4	42 23.0	169.5	8	
9	44 11.2	167.7	43 41.7	167.8	43 12.2	167.9	42 42.7	168.1	42 13.2	168.2	9	
10	43 59.9	166.3	43 30.5	166.5	43 01.2	166.6	42 31.7	166.8	42 02.3	166.9	10	
1	43 47.5	165.0	43 18.2	165.2	42 49.0	165.3	42 19.7	165.5	41 50.4	165.6	1	
2	43 33.9	163.7	43 04.8	163.9	42 35.7	164.0	42 06.5	164.2	41 37.3	164.3	2	
3	43 19.2	162.4	42 50.3	162.6	42 21.3	162.7	41 52.2	162.9	41 23.2	163.1	3	
4	43 03.5	161.1	42 34.7	161.3	42 05.8	161.5	41 36.9	161.7	41 08.1	161.8	4	
15	42 46.7	159.8	42 18.0	160.0	41 49.3	160.2	41 20.6	160.4	40 51.9	160.6	15	
6	42 28.8	158.6	42 00.3	158.8	41 31.8	159.0	41 03.2	159.2	40 34.6	159.4	6	
7	42 09.9	157.3	41 41.5	157.5	41 13.2	157.7	40 44.8	158.0	40 16.4	158.2	7	
8	41 50.0	156.1	41 21.8	156.3	40 53.6	156.5	40 25.5	156.8	39 57.2	157.0	8	
9	41 30.5	154.8	41 01.1	155.1	40 33.1	155.3	40 05.1	155.6	39 37.1	155.8	9	
20	41 07.2	153.6	40 39.4	153.9	40 11.6	154.1	39 43.8	154.4	39 16.0	154.6	20	
1	40 44.4	152.4	40 16.8	152.7	39 49.2	153.0	39 21.6	153.2	38 53.9	153.5	1	
2	40 20.6	151.3	39 53.3	151.5	39 25.9	151.8	38 58.5	152.1	38 31.0	152.3	2	
3	39 56.0	150.1	39 28.8	150.4	39 01.7	150.7	38 34.4	150.9	38 07.2	151.1	3	
4	39 30.5	149.0	39 03.5	149.2	38 36.6	149.5	38 09.6	149.8	37 42.5	150.1	4	
25	39 04.1	147.8	38 37.4	148.1	38 10.6	148.4	37 43.8	148.7	37 17.0	149.0	25	
6	38 36.9	146.7	38 10.4	147.0	37 43.9	147.3	37 17.3	147.6	36 50.7	147.9	6	
7	38 08.9	145.6	37 42.6	145.9	37 16.3	146.2	36 49.9	146.5	36 23.5	146.8	7	
8	37 40.1	144.5	37 14.0	144.9	36 47.9	145.2	36 21.8	145.5	35 55.6	145.8	8	
9	37 10.5	143.5	36 44.7	143.8	36 18.8	144.1	35 52.9	144.4	35 26.9	144.7	9	
30	36 40.2	142.4	36 14.6	142.8	35 48.9	143.1	35 23.2	143.4	34 57.5	143.7	30	
1	36 09.1	141.4	35 43.8	141.7	35 18.3	142.1	34 52.9	142.4	34 27.3	142.7	1	
2	35 37.4	140.4	35 12.3	140.7	34 47.1	141.0	34 21.8	141.4	33 56.5	141.7	2	
3	35 05.0	139.4	34 40.1	139.7	34 15.1	140.1	33 50.0	140.4	33 25.0	140.7	3	
4	34 31.9	138.4	34 07.2	138.7	33 42.4	139.1	33 17.6	139.4	32 52.8	139.8	4	
55	20 56.0	120.9	20 35.7	121.3	20 15.3	121.7	19 54.8	122.1	19 34.3	122.5	55	
6	20 12.7	120.2	19 52.5	120.6	19 32.3	121.0	19 12.0	121.4	18 51.7	121.8	6	
7	19 29.1	119.5	19 09.1	119.9	18 49.0	120.3	18 28.9	120.7	18 08.8	121.1	7	
8	18 45.1	118.8	18 25.3	119.2	18 05.4	119.6	17 45.5	120.0	17 25.5	120.4	8	
9	18 00.9	118.2	17 41.3	118.6	17 21.5	118.9	17 01.8	119.3	16 42.0	119.7	9	
60	17 16.4	117.5	16 56.9	117.9	16 37.4	118.3	16 17.8	118.7	15 58.1	119.1	60	
1	16 31.6	116.8	16 12.3	117.2	15 52.9	117.6	15 33.5	118.0	15 14.0	118.4	1	
2	15 46.6	116.2	15 27.4	116.6	15 08.2	117.0	14 48.9	117.4	14 29.6	117.8	2	
3	15 01.3	115.5	14 42.3	115.9	14 23.2	116.3	14 04.1	116.7	13 45.0	117.1	3	
4	14 15.8	114.9	13 56.9	115.3	13 38.0	115.7	13 19.1	116.1	13 00.1	116.5	4	
65	13 30.0	114.3	13 11.3	114.7	12 52.5	115.1	12 33.7	115.5	12 14.9	115.9	65	
6	12 44.0	113.6	12 25.5	114.0	12 06.8	114.4	11 48.2	114.8	11 29.5	115.2	6	
7	11 57.8	113.0	11 39.4	113.4	11 20.9	113.8	11 02.4	114.2	10 43.9	114.6	7	
8	11 11.4	112.4	10 53.1	112.8	10 34.8	113.2	10 16.4	113.6	9 58.0	114.0	8	
9	10 24.8	111.8	10 06.6	112.2	9 48.4	112.6	9 30.2	113.0	9 11.9	113.4	9	
70	9 38.0	111.2	9 19.9	111.6	9 01.9	112.0	8 43.8	112.4	8 25.7	112.8	70	
1	8 51.0	110.6	8 33.1	111.0	8 15.1	111.4	7 57.2	111.8	7 39.2	112.2	1	
2	8 03.8	110.0	7 46.0	110.4	7 28.2	110.8	7 10.4	111.2	6 52.5	111.6	2	
3	7 16.4	109.4	6 58.8	109.8	6 41.1	110.3	6 23.4	110.7	6 05.6	111.1	3	
4	6 28.9	108.9	6 11.3	109.3	5 53.8	109.7	5 36.2	110.1	5 18.6	110.5	4	
75	5 41.2	108.3	5 23.8	108.7	5 06.3	109.1					75	

DECLINATION SAME NAME AS LATITUDE												
H.A.	12° 00'		12° 30'		13° 00'		13° 30'		14° 00'		H.A.	Lat.
	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.	Alt.	Az.		
91	5 40.6	54 82	79.4	5 56.8	54 82	78.9	6 12.9	54 82	78.5	6 29.0	54 82	78.1
2												
3												
4												
91												
2												
3												
4												

บทที่ 7

เส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า

(Celestial Line of Position)

7.1 เมื่อวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าและหาวงสูงเท่าได้แล้ว

ทำอย่างไรจึงจะเขียนวงสูงเท่าลงไปบนแผนที่ได้ มีโอกาสน้อยมาก ที่จะเขียน วงสูงเท่าทั้งวงลงไปบนแผนที่ได้ ฉะนั้น จึงต้องใช้เขียนเส้นวงสูงเท่าเพียงส่วนหนึ่งลงไปบนแผนที่ให้ใกล้กับบริเวณของตำแหน่งที่เรือรายงาน (DR) ส่วนหนึ่งของเส้นวงสูงเท่านี้เรียกว่า “เส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า” ดังได้ทราบมาแล้วในบทที่ 2 ความประสงค์ที่จะกล่าวในบทนี้ จะอธิบายถึงวิธีการต่าง ๆ ในการเขียนเส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า เพื่อหาตำแหน่งที่เรือแน่นอน (Fixes) และตำแหน่งที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running Fixes) หรือที่เข้าใจกันทั่ว ๆ ไปก็คือการหาตำแหน่งที่เรือแน่นอน โดยการเลื่อนเส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า ความจริงความหมายของคำว่า “เส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า” ก็คือเส้นตำแหน่งที่ของผู้ตรวจที่ได้จากการตรวจวัตถุท้องฟ้าจึงขอให้เข้าใจไว้ด้วย

ตามปกติเส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้า จะใช้เขียนลงบนแผนที่เดินเรือ หรือเขียนลงบนแผนที่พิเศษซึ่งเรียกว่า “Plotting sheets” แต่เพื่อความสะดวกในบทนี้จะเรียก ว่า “แผนที่”

7.2 ในการเดินเรือใกล้ฝั่งอาจหาเส้นตำแหน่งที่ของผู้ตรวจได้หลายวิธีด้วยกัน

เช่นเส้นแบร์ริงที่หมายบนบกหรือที่หมายในทะเลเป็นต้น แต่ในการเดินเรือดาราศาสตร์นั้น เส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของวงกลมที่อยู่ห่างจากจุด GP ของวัตถุท้องฟ้า นับระยะทางเป็นไมล์ทะเล ระยะทางของเส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้านี้ หามาได้โดยการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า คือจะเท่ากับ 90° - สูง (โคอัลติจูด) และจะใช้เขียนบนทรงกลมท้องฟ้าหรือจะใช้เขียนบนผิวโลก คือบนแผนที่ ก็มีผลอย่างเดียวกัน

7.3 เส้นตำแหน่งที่เมื่อวัตถุท้องฟ้าสูงมาก

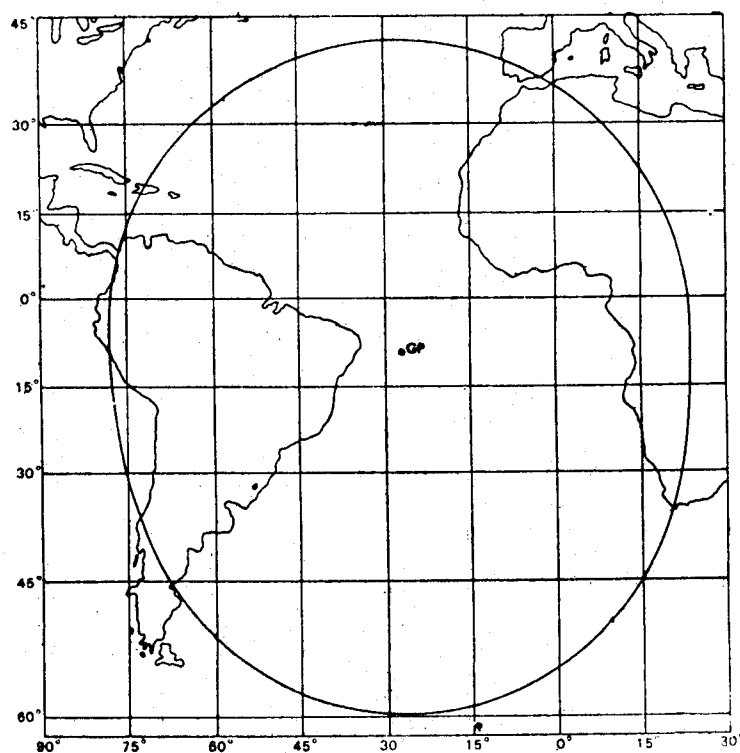
ถ้าวัตถุท้องฟ้ามีสูงมาก รัศมีของวงสูงเท่าจะสั้น เมื่อเป็นเช่นนี้ก็จะทำให้เขียนวงสูงเท่าลงบนแผนที่ได้ จุดศูนย์กลางของวงสูงเท่าก็คือจุด GP ของวัตถุท้องฟ้า รัศมีของวงสูงเท่าก็คือ โคอัลติจูด ในทางปฏิบัติก็จะเขียนเพียงส่วนหนึ่งของวงสูงเท่าลงใกล้ ๆ กับตำแหน่งที่เรือรายงาน (DR)

มีปัญหาอยู่ 2 ประการว่า ทำไมจึงไม่ใช่เขียนวงสูงเท่าของวัตถุท้องฟ้า ๑ ทั้งวงลงบนแผนที่ได้

ประการที่หนึ่ง รัศมีของวงสูงเท่าจะยาวมาก เช่นสูง 50° โคอัลติจูด ซึ่งเป็นรัศมีของวงสูงเท่าจะเท่ากับ 40° คือ 2,400 ไมล์ทะเล แผนที่ที่จะใช้เขียนเส้นวงสูงเท่าได้ก็ต้องเป็นแผนที่มาตราส่วนเล็กมาก ซึ่งแผนที่นั้นไม่สามารถจะนำไปใช้หาดำบลที่เรือให้ถูกต้องแน่นอนได้ในทางปฏิบัติ

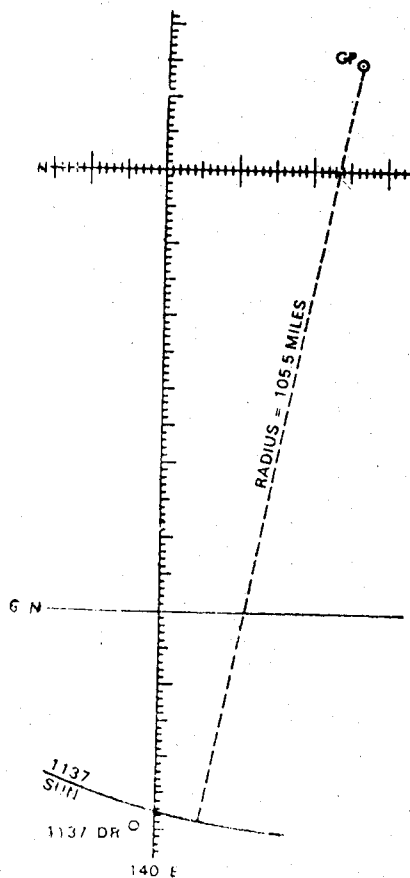
ประการที่สอง แผนที่เมอเคเตอร์ที่ใช้ในการเดินเรือละติจูดยิ่งสูงขึ้น จะยืดยาวกว่าความเป็นจริงมากขึ้น วงสูงเท่าซึ่งเป็นวงกลม เมื่อเขียนลงในแผนที่ก็จะเป็นวงกลม จะบิดเบี้ยวดังในรูปที่ 58

แต่อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุท้องฟ้าสูงมาก ๆ โคอัลติจูด หรือรัศมีของวงสูงเท่าก็จะสั้นมากพอที่จะเขียนวงสูงเท่าลงในแผนที่เดินเรือได้ เพราะการบิดเบี้ยวจะมีน้อยลงซึ่งอาจไม่ต้องคำนึงถึงได้ แต่ก็มีปัญหาว่า สูงของวัตถุท้องฟ้าจะสูงเท่าใดจึงจะยอมให้ใช้วิธีนี้ ในทางปฏิบัติถือว่าถ้าวัตถุท้องฟ้าสูงมากกว่า 87° ก็ควรใช้วิธีนี้



รูปที่ 58

เส้นวงสูงเท่าที่เขียนลงบนแผนที่เมอเคเตอร์



รูปที่ 59

แสดงการเขียนเส้นตำแหน่งที่เมื่อวัดสูงมาก ๆ

บางทีก็สุดขอบของเครื่องวัดแดดและการดึงเอาวัตถุท้องฟ้าให้มาสัมผัสกับขอบฟ้าในเส้นดิ่ง ก็เป็นการยาก เพราะวัตถุท้องฟ้าที่มองในกล้องขณะกว้างเครื่องวัดแดดจะเห็นว่าเดินอยู่เกือบขนานกับเส้นขอบฟ้า แต่อย่างไรก็ตามในโซนร้อน นักเดินเรือมักวัดสูงดวงอาทิตย์ในเวลาเที่ยงจริง (Local Apparent Noon) “LAN” เพื่อหาเส้นละติจูดของที่เรือ ไม่ใช่วัดสูงเพื่อนำไปใช้หาเส้นวงสูงเท่า

7.4 เส้นตำแหน่งที่จากการตรวจวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ

การตรวจวัตถุท้องฟ้าในการเดินเรื่อนั้นส่วนใหญ่ก็คือการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ เพื่อหาเส้นตำแหน่งที่ แต่วิธีการหาเส้นตำแหน่งที่ก็ไม่อาจปฏิบัติได้ตามที่กล่าวมาในข้อ 7.3 ในทุกกรณี ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีอื่นมาปฏิบัติเพื่อเขียนเส้นตำแหน่งที่ให้ได้

ตัวอย่าง เวลา 1137 ที่เรือรายงาน แลต. $5^{\circ} 30'.5$ น. ลอง. $139^{\circ} 57'.7$ อ. ทำการวัดสูงดวงอาทิตย์ได้ H_o $88^{\circ} 14'.5$ ตำแหน่งที่ GP ของดวงอาทิตย์ ซึ่งได้แปลงค่ามาแล้ว แลต. $7^{\circ} 14'.9$ น. ลอง. $140^{\circ} 26'.2$ อ. ให้เขียนเส้น LOP เมื่อเวลา 1137 ลงบนแผนที่

วิธีทำ (ดูรูปที่ 59) เขียนตำแหน่งที่เรือ 1137 DR และตำแหน่งที่ GP ตาม แลต. และ ลอง. ที่กำหนดให้ แล้วเขียนส่วนหนึ่งของวงสูงเท่าใกล้ ๆ กับที่เรือ DR โดยใช้รัศมีเท่ากับ โคัลติจูดที่ทำเป็นไมล์ทะเลแล้ว

$$90^{\circ} 00'.0$$

$$H_o^{\circ} \quad 88^{\circ} 14'.5$$

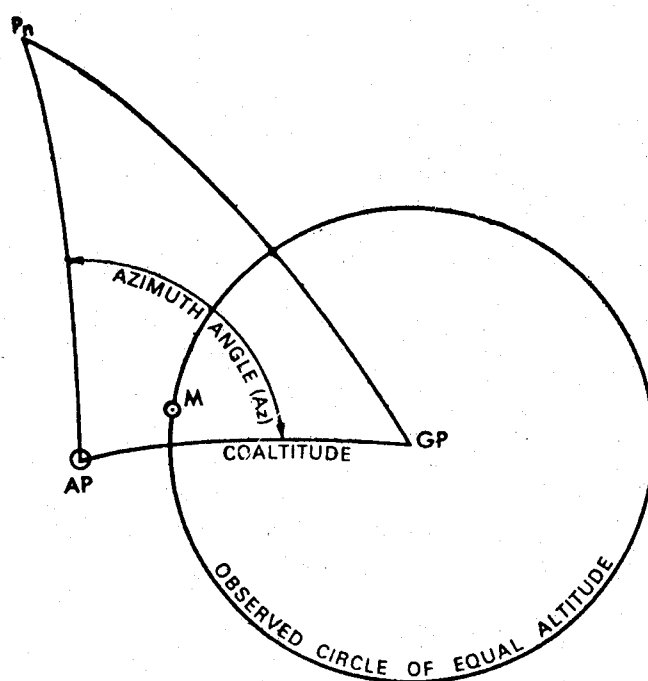
$$\text{Radius} \quad 1^{\circ} 45'.5 = 105.5 \text{ nautical miles}$$

วัดระยะ 105.5 ไมล์ จากแผนที่เป็นรัศมีใช้ GP เป็นจุดศูนย์กลาง เขียนส่วนหนึ่งของวงกลมใกล้ ๆ กับที่เรือ DR แล้วเขียนเวลากับชื่อวัตถุท้องฟ้ากำกับไว้ที่เส้นตำแหน่งที่ตั้งในรูป ตามปกติเส้นรัศมีจะไม่แสดงไว้

ในทางปฏิบัติเป็นการยากมากที่จะวัดสูงเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่สูงมาก ๆ ให้ถูกต้องได้ เพราะ

วิธีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้ใช้วิธีกำหนดตำบลที่เรือสมมติ (AP) กับการคำนวณสามเหลี่ยมเดินเรือประกอบกัน

ดังได้ทราบมาแล้วจากบทก่อน ๆ ว่าสามเหลี่ยมเดินเรื่อนั้นประกอบด้วยจุดสามจุด คือจุด AP จุดขั้วโลกที่ใกล้กับ AP และจุด GP ของวัตถุท้องฟ้า จากการคำนวณสามเหลี่ยมเดินเรือ ก็จะทำให้หาสูงและแอดมิชของวัตถุท้องฟ้าจากจุด AP ณ เวลาที่ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้านั้นได้



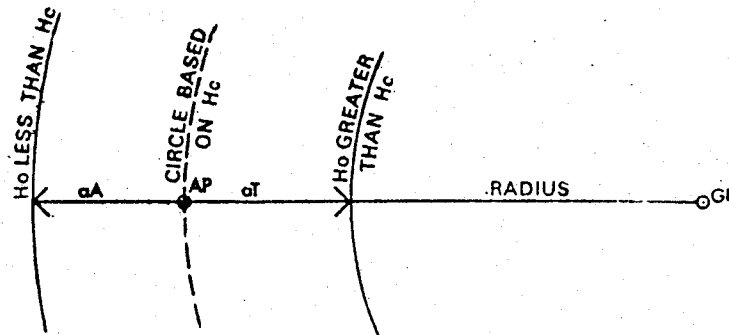
รูปที่ 60

แสดงวงกลมของวงสูงเท่าและสามเหลี่ยมเดินเรือที่ใช้จุด AP

ในรูปที่ 60 วงกลมที่ปรากฏอยู่นั้นเป็นวงสูงเท่าของผู้ตรวจที่อยู่ M (จะอยู่ที่ใดก็ได้บนเส้นรอบวงนี้) จุด AP เป็นตำบลที่เรือสมมติ ซึ่งเลือกขึ้นสำหรับการวัดสูงครั้งนี้ จากสามเหลี่ยมเดินเรือซึ่งเกิดจากจุด AP ก็จะสามารถคำนวณด้าน AP-GP คือ โคอัลติจูดได้ ซึ่งจะเป็นรัศมีของวงสูงเท่าที่ผ่านจุด AP (ไม่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 60)

ถ้าสูงของวัตถุท้องฟ้าที่วัดจากจุด M (Ho) มากกว่าสูงที่คำนวณได้จากจุด AP (Hc) ผู้ตรวจก็จะอยู่ใกล้ GP มากกว่าจุด AP แต่ถ้ากลับตรงกันข้ามผู้ตรวจก็จะอยู่ไกลจากจุด GP มากกว่าจุด AP ผลต่างของรัศมีของวงสูงเท่าทั้งสองที่ผ่านจุด M กับจุด AP ก็จะเท่ากับผลต่างของ โคออดิเจต ซึ่งก็คือผลต่างของ Ho กับ Hc นั่นเอง ผลต่างนี้เรียกว่า “อินเตอร์เซปต์” (Intercept) ใช้ตัวย่อว่า “a” ซึ่งจะต้องทำเป็นไมล์ทะเล (คือลิปตาของมุม) ทั้งนี้โดยใช้จุด AP เป็นหลัก

การคำนวณในรูปสามเหลี่ยมเดินเรือ ดังในรูปที่ 60 ค่าของมุมแอซิมัท (Az) ก็จะได้มาด้วย ซึ่งก็จะทำให้เป็นแอซิมัทจริง (Zn) ของวัตถุท้องฟ้าที่วัดจากจุด AP ไปยังจุด GP ได้ ถ้า Ho มากกว่า Hc เส้น Zn ก็จะเขียนจากจุด AP เข้าหาจุด GP ถ้า Hc มากกว่า Ho เส้น Zn ก็จะเขียนจากจุด AP กลับทางกับที่กล่าวมาแล้ว คือ เขียนจากจุด AP ห่างออกจากจุด GP เส้น Zn นี้ เป็นส่วนหนึ่งของรัศมีของวงสูงเท่า เส้นวงสูงเท่าที่ได้จากการวัดสูง (Ho) ก็จะตัดกับเส้น Zn ที่จุด ๆ หนึ่ง จุดบนเส้น Zn นี้จะห่างจากจุด AP เท่ากับระยะอินเตอร์เซปต์ (a) ถ้า Ho มากกว่า Hc ระยะ a ก็จะต้องวัดจากจุด AP เข้าหาจุด GP เรียกว่า “เข้าหา” (TOWARD) ใช้ตัวย่อ “T” ถ้า Hc มากกว่า Ho ระยะ a ก็จะต้องวัดจากจุด AP ออกจากจุด GP เรียกว่า “ออกห่าง” (AWAY) ใช้ตัวย่อ “A” ดังในรูปที่ 61 จงจำไว้ให้แม่นยำว่าถ้าสูง “คำนวณมากกว่าออกห่าง”



รูปที่ 61

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของสูงคำนวณกับสูงวัดจากจุด AP และวงสูงเท่าที่ได้จากการวัดสูง

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการคำนวณหา a

ตัวอย่างที่ 1 ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าได้ $49^{\circ} 26'.4$ และได้ใช้ตำบลที่ AP ซึ่งได้เลือกขึ้นในขณะนั้นไปคำนวณหาสูงได้ $49^{\circ} 12'.7$ จงหาอินเตอร์เซปต์

วิธีทำ

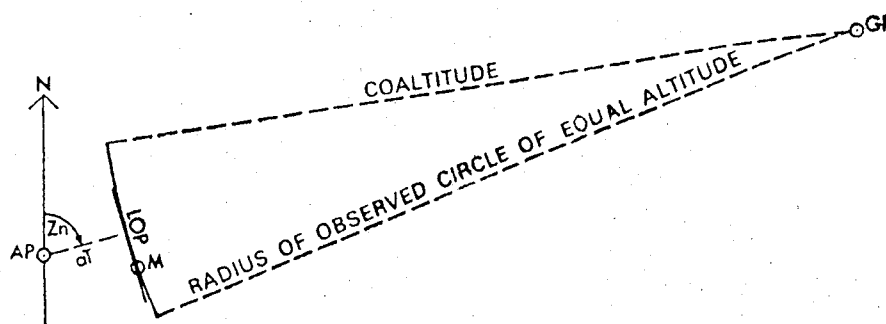
$$\begin{array}{rcl}
 Hc & 49^{\circ} 12'.7 \\
 Ho & 49^{\circ} 26'.4 \\
 a & \underline{13'.7} \quad T
 \end{array}$$

ตัวอย่างที่ 2 ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าได้ $26^{\circ} 54'.2$ และได้ใช้ตำบลที่ AP ซึ่งได้เลือกขึ้นในขณะนั้นไปคำนวณหาสูงได้ $27^{\circ} 00'.9$ จงหาอินเตอร์เซปต์

วิธีทำ

$$\begin{array}{rcl}
 Hc & 27^{\circ} 00'.9 \\
 Ho & 26^{\circ} 54'.2 \\
 a & \underline{6'.7} \quad A
 \end{array}$$

เส้นตำบลที่ของผู้ตรวจ (LOP) จะตั้งฉากกับเส้น Zn ของวัตถุท้องฟ้า ณ จุด ๆ หนึ่งที่ห่างจาก AP เท่ากับระยะ a ความจริงเส้นตำบลที่ของผู้ตรวจเป็นส่วนโค้งของวงกลมส่วนหนึ่งของวงสูงเท่า แต่ในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ส่วนมากรัศมีของวงสูงเท่าจะยาวมาก ดังนั้นส่วนโค้งของวงสูงเท่าหรือเส้นตำบลที่ ก็ไม่ปรากฏให้เห็นว่าเป็นส่วนโค้งได้อย่างชัดเจน เว้นแต่ว่าเมื่อวัตถุท้องฟ้ามีสูงมาก ๆ เท่านั้น ฉะนั้นเส้นตำบลที่ก็อาจเขียนเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้น Zn ได้ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นไม่จำเป็นต้องนึกถึงอัตราผิดเลย



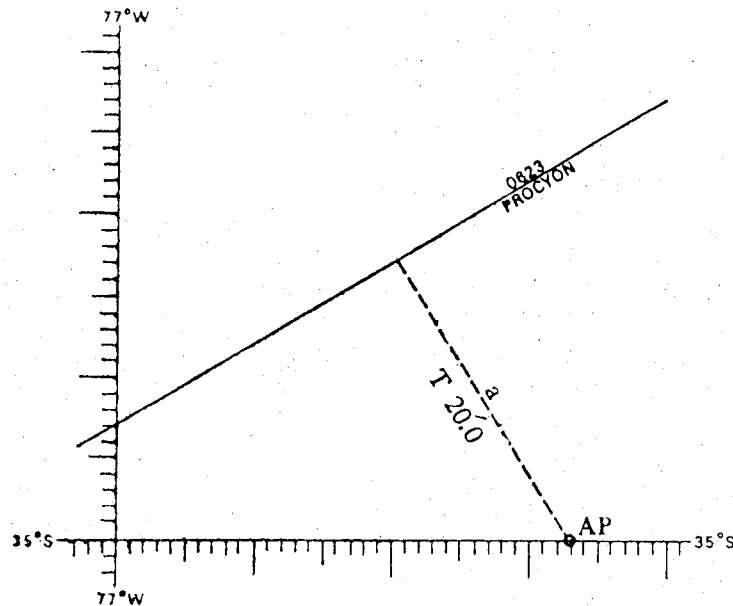
รูปที่ 62

แสดงการเปรียบเทียบการเขียนเส้นตำบลที่จาก AP กับ GP ที่เป็นเส้นตรงกับเส้นโค้ง

ในรูปที่ 62 เป็นการแสดงให้เห็นว่าเส้นตำบลที่อาจใช้เส้นตรงแทนส่วนโค้งได้

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็น การแสดงส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานจริง ๆ คือการเขียนเส้นต่าง ๆ นั้น ให้เขียนลงไปบนแผนที่ (Plotting sheets) ดังในรูปที่ 63 เส้นที่จะเขียนลงไปมีสอง

เส้นเท่านั้น เส้นหนึ่งเขียนจากจุด AP ไปในทิศ Zn มีระยะความยาวเท่ากับ a และให้เขียนด้วยเส้นขาด อีกเส้นหนึ่งเป็นเส้นตั้งฉากคือเป็นเส้น LOP ซึ่งจะต้องเขียนด้วยเส้นเต็ม ตัวเลขและตัวอักษรที่เขียนกำกับไว้ที่เส้น LOP เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องปฏิบัติให้เป็นมาตรฐานอย่างเดียวกันเสมอ คือตัวเลขที่เขียนไว้บนเส้นเป็นเวลาในระยะเวลาทำการวัดสูง ส่วนชื่อของวัตถุท้องฟ้าที่ทำการวัดสูงให้เขียนไว้ได้เส้น



รูปที่ 63
การเขียนเส้นตำบลที่ท้องฟ้า

ตัวอย่างที่ 3 เวลา 0623 วัดสูงดาว Procyon ได้ $12^{\circ} 37'.4$ และเลือกตำบลที่เรือสมมติ (AP) ได้ที่ แลต. $35^{\circ} 00'.0$ ใต้. ลอง. $76^{\circ} 27'.1$ ตก. ซึ่งคำนวณหาสูงคำนวณได้ $12^{\circ} 17'.4$ และได้แอซิมัทจริงเท่ากับ $329^{\circ}.2$ ให้เขียนเส้นตำบลที่เมื่อเวลา 0623

Ho	$12^{\circ} 37'.4$
d	$12^{\circ} 17'.4$
Alt	$29^{\circ} 20'.0$
Zn	$329^{\circ}.2$
aL	$35^{\circ} 00'.0$ S.
$\alpha \lambda$	$76^{\circ} 27'.0$ W.

ตามตัวอย่างนี้ ครั้งแรกให้หา a และดูว่าจะเป็น T หรือ A แล้วเขียนจุด AP ด้วย aL และ $a\lambda$ ตามที่ได้เลือกไว้ เขียนเส้นขาดจากจุด AP ด้วยทิศของ Zn ไปทาง T หรือทาง A มีความยาวเท่ากับระยะ a ที่หาได้ ณ จุดนั้นให้เขียนเส้นตั้งฉาก เส้นตั้งฉากนี้ก็คือเส้น LOP เวลา 0623 แล้วเขียนเวลากับชื่อวัตถุท้องฟ้ากำกับไว้ที่เส้นดังแสดงในรูปที่ 63

สรุปการเขียนเส้นตำบลที่ ให้ปฏิบัติดังนี้

1. เขียนตำบลที่ของ AP
2. จาก AP เขียนเส้น Zn ของวัตถุท้องฟ้าด้วยเส้นขาดไปในทางที่ “เข้าหา” (T) หรือ “ออกห่าง” (A) จาก GP
3. กระจาย a ไปบนเส้น Zn ไปในทิศทางที่ “เข้าหา” (T) หรือ “ออกห่าง” (A) จาก GP
4. เขียนเส้นตั้งฉาก ณ จุดที่กระจาย a ลงไป ซึ่งจะเป็นเส้นตำบลที่
5. เขียนเวลาและชื่อวัตถุท้องฟ้าที่ทำการวัดสูงกำกับไว้ที่เส้นตำบลที่

7.5 การหาที่เรือแน่นอนจากวัตถุท้องฟ้า (The celestial fix)

ในการเดินเรือใกล้ฝั่งสามารถที่จะหาที่เรือแน่นอน (Fix) ได้ด้วยการแบร้งที่หมายบนบกหรือเครื่องหมายช่วยการเดินเรือพร้อมกันสองแห่งหรือมากกว่านั้นในเวลาเดียวกัน ในทางปฏิบัตินั้นก็คือการแบร้งติดต่อกันไปและไม่มีการแก้เส้นแบร้ง (เส้นตำบลที่) แต่อย่างใด แต่ในการเดินเรือดาราศาสตร์ไม่สามารถที่จะวัดสูงวัตถุท้องฟ้าหลายดวง ในเวลาเดียวกันหรือติดต่อกันได้เหมือนอย่างเดินเรือใกล้ฝั่ง เส้นตำบลที่หลาย ๆ เส้นที่ได้จากการวัดสูงติดต่อกันไป ตามช่วงเวลาที่ยาวกัน จำเป็นต้องเลื่อนแก้ไขไปตามช่วงเวลาที่วัดสูงด้วยตำบลที่เรือที่ได้จากการเลื่อนเส้นตำบลที่ตั้งแต่สองเส้นขึ้นไป ที่ได้จากการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าติดต่อกัน ตามช่วงเวลาที่ห่างกันให้ไปตัดกันเสมือนหนึ่งทำการวัดสูงพร้อมกัน ไม่ว่าเส้นตำบลที่นั้นจะต้องเลื่อนเข้าหรือเลื่อนออกก็ตาม เรียกว่าที่เรือแน่นอน (Fix) การหาที่เรือแน่นอนนี้ ใช้วัดสูงวัตถุท้องฟ้าตั้งแต่สองดวงขึ้นไปเป็นชุด คือวัดสูงทีละดวงติดต่อกันไป เส้นตำบลที่ที่ได้จากวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงก็จะเป็นเส้นตำบลที่ตามเวลาที่วัดสูงวัตถุท้องฟ้า นั้น ๆ ซึ่งไม่ใช่เป็นเส้นตำบลที่ที่วัดสูงในเวลาเดียวกัน ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเลื่อนเส้นตำบลที่ที่ได้จากวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวง แก้ให้ไปเป็นการวัดสูงในเวลาเดียวกันเสีย เวลาที่ร่วมกันนี้จะใช้เวลาของเส้นตำบลที่เส้นใดก็ได้ แล้วเลื่อนเส้นตำบลที่เส้นอื่น ๆ ตามเวลาที่ต่างกันให้ไปเป็นเวลาเดียวกันกับเส้นตำบลที่ที่เลือกใช้นั้น

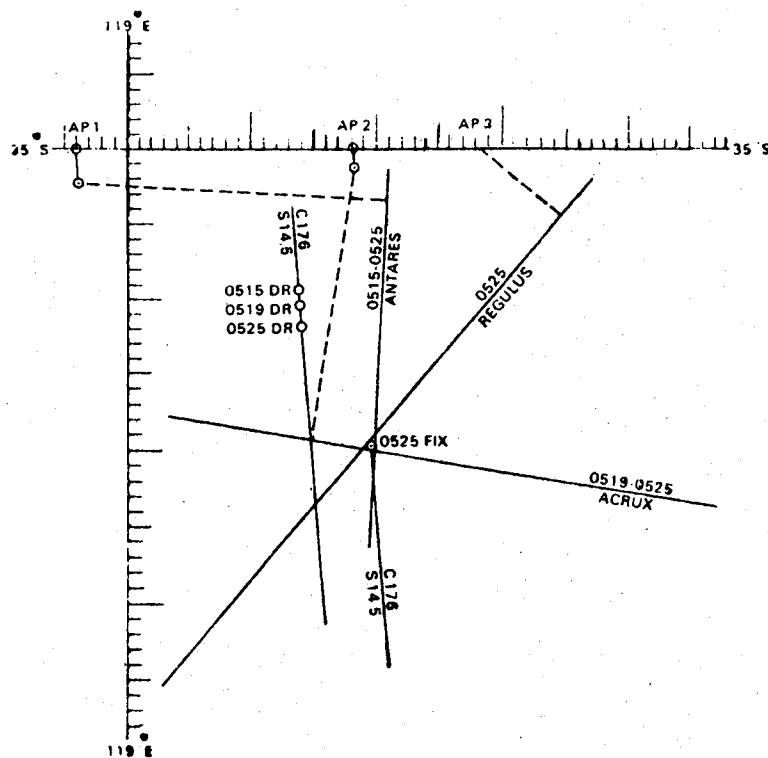
เส้นตำบลที่เส้นเดียวที่ได้จากการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวนั้น เป็นการเตรียมไว้เพื่อนำไปใช้หาที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running Fix) คือจะไปได้เส้นตำบลที่อีกเส้นหนึ่งหลังจากการวัดสูงครั้งแรกเป็นระยะเวลานาน ๆ

เส้นตำบลที่แต่ละเส้นต้องใช้ AP, Zn และ a และเส้นตำบลที่ที่จะเป็นเส้นตั้งฉากกับเส้น Zn ณ จุดที่ระยะ a ลงไป ถ้าวัดสูงวัตถุท้องฟ้าสามดวงติดต่อกันในช่วงเวลาสั้น ๆ จุด AP ของวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงก็จำเป็นต้องเขียนลงไปด้วยและสุดท้ายก็จะได้เส้นตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวง การหาที่เรือที่แน่นอนในระหว่างที่เรือแล่นอยู่ในขณะนั้น ก็ต้องตัดสินใจว่าจะให้เป็นที่เรือแน่นอนเวลาใดจึงจะเหมาะ เมื่อเลือกเวลาได้แล้วก็ให้เลื่อนเส้นตำบลที่แต่ละเส้นไปตามทิศทางที่เรือแล่นไปใน ระยะทางตามเวลาที่ต่างกันกับเวลาที่เลือกไว้ ผลสุดท้ายเส้นตำบลที่ทุกเส้นก็จะเป็นเส้นตำบลที่ที่วัดสูงวัตถุท้องฟ้าในเวลาเดียวกันกับเวลาที่เลือกไว้ ในทางปฏิบัตินักเดินเรือทั้งหลายนิยมการเลื่อนจุด AP แทนที่จะเลื่อนเส้นตำบลที่ เมื่อเลื่อนจุด AP ไปตามทิศทางที่เรือแล่นและตามระยะทางที่หาได้แล้ว จึงเขียนเส้นตำบลที่ในภายหลัง

ตัวอย่างที่ 1 เวลา 0515 ที่เรือรายงาน แลต. $35^{\circ} 09'.2$ ใต้. ลอง. $119^{\circ} 13'.7$ อ. เรือแล่นเข็มจริง 176° ความเร็ว 14.5 นอต วัดสูงดาวสามดวง ตามรายการข้างล่างนี้ จงหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0525

Body	ANTARES		ACRUX		REGULUS	
Time	0515		0519		0525	
a	20'.3	T	18'.0	T	7'.0	A.
Zn	093°.9		189°.5		311°.0	
aL	35° 00'.0	S.	35° 00'.0	S.	35° 00'.0	S.
aλ	118° 56'.0	E.	119° 17'.9	E.	119° 27'.9	E.

วิธีทำ



รูปที่ 64
การหาที่เรือ Fix โดยดาวสามดวง

เขียนที่เรือ 0515 DR และเส้นทางเรือเดินตามเข็ม 176° แล้วเขียนที่เรือตามเวลาที่วัดสูงดาวแต่ละดวง คือ 0519 DR กับ 0525 DR โดยอาศัยความเร็วของเรือที่กำหนดให้ เขียน AP ของดาว Antares (ดวงที่วัดก่อนคือ AP₁) แล้วเลื่อน AP ไปตามเข็มของเรือด้วยระยะทางระหว่างเวลา 0515 ถึง 0525 ซึ่งจะได้ทิศ 176° ระยะทาง 2.4 ไมล์ (คือทิศและระยะทางระหว่าง 0515 DR กับ 0525 DR) จาก AP ที่เลื่อนไปเขียนเส้น LOP ซึ่งจะเป็นเส้นที่เลื่อนจากเวลา 0515 ถึง 0525 แล้วเขียนเวลากับชื่อดาวกำกับไว้ เส้นที่ต่อ AP กับ AP ที่เลื่อนไปเขียนด้วยเส้นเติมจุด AP ที่เลื่อนไปไม่ต้องเขียนอักษรกำกับ

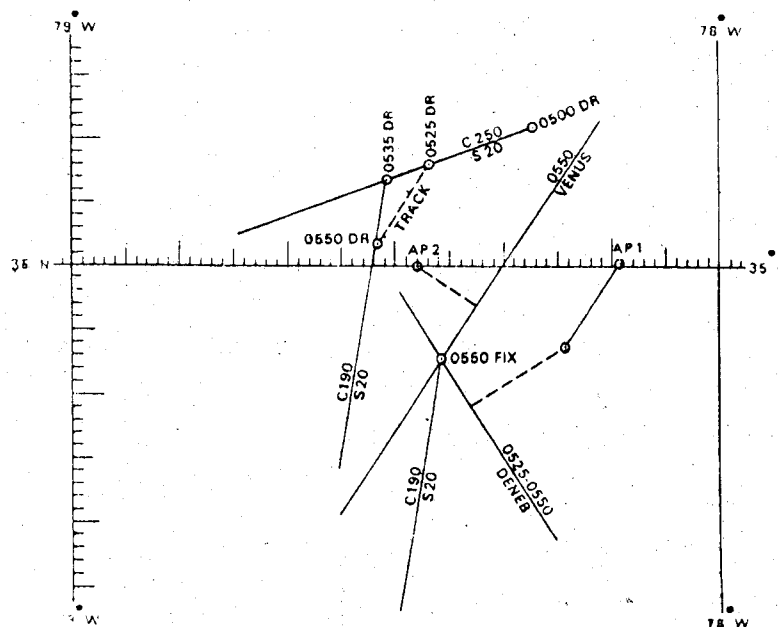
ต่อไปให้เขียน AP ของดาว Acrux (AP₂) แล้วเลื่อน AP ไปตามเข็มของเรือด้วยระยะทางระหว่างเวลา 0519 ถึง 0525 ซึ่งจะได้ทิศ 176° ระยะทาง 1.4 ไมล์ (คือทิศ และระยะทางระหว่าง 0519 DR กับ 0525 DR) แล้วเขียนเส้น LOP จาก AP ที่เลื่อนไปพร้อมทั้งกำกับด้วย 0519 - 0525 Acrux

สุดท้ายเขียน AP ของดาว Regulus (AP_3) และเส้น LOP จาก AP และกำกับด้วย 0525 Regulus จุดที่เส้น LOP ทั้งสามเส้นตัดกันก็จะเป็นที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0525 (0525 Fix) ตามต้องการ

ตามปกติเส้น LOP สามเส้นหรือหลายเส้นจะไม่ตัดกันเป็นจุดเดียว จะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปหลายเหลี่ยมเล็ก ๆ ก็ให้ถือเอาจุดศูนย์กลางภายในรูปสามเหลี่ยมหรือรูปหลายเหลี่ยมนั้นเป็นที่เรือแน่นอน (Fix)

ตัวอย่างที่ 2 เวลา 0500 ที่เรือรายงาน แลต. $35^{\circ} 11'.0$ น. ลอง. $78^{\circ} 17'.0$ ดก. เรือแล่นเข็มจริง 250° ความเร็ว 20 นอต ครั้นถึงเวลา 0535 เรือเปลี่ยนเป็นเข็มจริง 190° ในระหว่างแสงเงินแสงทองได้วัดสูงดาวสองดวง ตามรายการข้างล่างนี้จึงหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0550

Body	DENEK		VENUS	
Time	0525		0550	
a	8'.1	A	5'.3	T
Zn	$058^{\circ}.5$		$123^{\circ}.5$	
aL	$35^{\circ} 00'.0$	N.	$35^{\circ} 00'.0$	N.
a λ	$78^{\circ} 09'.0$	W.	$78^{\circ} 27'.5$	W.



รูปที่ 65
การหาที่เรือ Fix ในระหว่างเรือเปลี่ยนเข็ม

เขียนที่เรือ 0500 DR และเส้นทางเดินเรือตามเวลาที่เรือเปลี่ยนเข็มไปจนกระทั่ง ถึง เวลา 0550 พร้อมทั้งที่เรือ DR ตามเวลาที่วัดสูงของดาวแต่ละดวงบนเส้นทางเดินเรือ นั้นด้วย

เขียน AP ของดาว Deneb (AP₁) แล้วเลื่อน AP ไปในทิศและระยะทางให้เท่ากับ ทิศและระยะทางจาก 0525 DR ถึง 0550 DR ดังที่เขียนไว้ด้วยเส้นขาดซึ่งมีคำว่า TRACK กำกับไว้ (ทิศ 212°.5 ระยะทาง 7.3 ไมล์) จาก AP ที่เลื่อนไปให้เขียนเส้น LOP แล้วกำกับด้วย 0525 - 0550 Deneb

ครั้นแล้วเขียน AP ของดาว Venus (AP₂) และเส้น LOP จาก AP และกำกับด้วย 0550 Venus จุดที่เส้น LOP สองเส้นตัดกันก็จะเป็นที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0550 (0550 Fix) ตาม ต้องการ

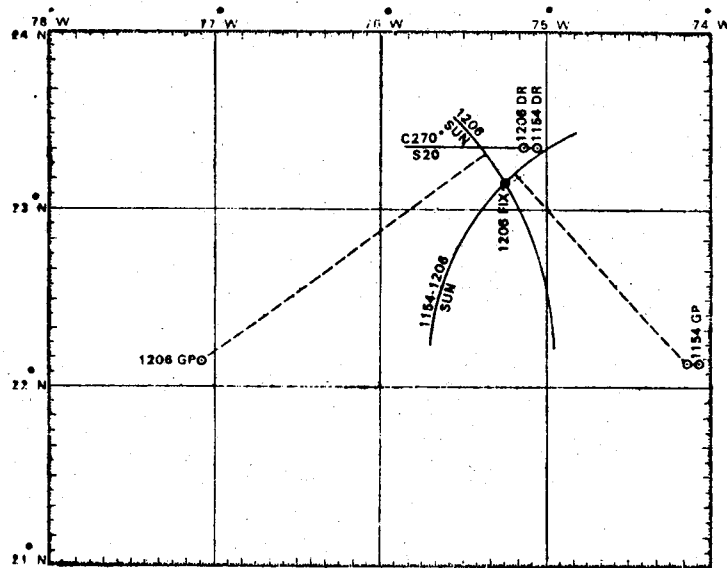
วิธีนี้นำไปใช้ได้ไม่ว่าเรือจะเปลี่ยนเข็มและความเร็วไปอย่างไร ในระหว่างทำการ วัดสูงวัตถุท้องฟ้า แต่ต้องจำไว้ว่าจะต้องเขียนที่เรือ DR ทุก ๆ จุดที่เรือเปลี่ยนเข็มพร้อม ทั้งเส้นทางเดินเรือตามเข็มที่เปลี่ยนไปและจะต้องเขียนที่เรือ DR ตามเวลาที่วัดสูงวัตถุท้องฟ้า ทุกดวงบนเส้นทางเดินเรือด้วย เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลื่อน AP ที่ใช้กับวัตถุท้องฟ้า ต่าง ๆ แต่ละดวงได้ถูกต้อง

การหาที่เรือแน่นอน (Fix) เมื่อวัดสูงวัตถุท้องฟ้าที่มีสูงมาก ๆ หลายดวง วิธีการ เขียนเส้นตำบลที่ให้ใช้เขียนจากจุด GP ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่การเลื่อนเส้นตำบลที่เมื่อมี ความจำเป็นนั้นใช้การเลื่อน GP ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3 เวลา 1200 ที่เรือรายงาน แลต. 23° 20'.0 น. ลอง. 75° 08'.4 ตก. เรือแล่นเข็มจริง 270° ความเร็ว 20 นอต ในระหว่างเวลานี้ได้ทำการวัดสูงดวงอาทิตย์สองครั้ง ดังรายการข้างล่างนี้ จงหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 1206

Body	SUN	SUN
Time	1154	1206
Ho	88° 33'.6	88° 00'.8
L GP	22° 07'.7 N.	22° 07'.7 N.
λ GP	74° 04'.2 W.	77° 04'.2 W.

วิธีทำ



รูปที่ 66

การหาที่เรือ Fix เมื่อวัดสูงวัตถุท้องฟ้าที่สูงมาก ๆ

เขียนที่เรือ 1154 DR และ 1206 DR บนเส้นทางเดินเรือจากที่เรือรายงานเมื่อเวลา 1200 ด้วยความเร็วที่กำหนดให้ เขียนตำบลที่ GP ของดวงอาทิตย์เมื่อเวลา 1154 แล้วเลื่อน GP ไปในทิศและระยะทางให้เท่ากับทิศและระยะทางจาก 1154 DR ถึง 1206 DR (ทิศ 270° ระยะทาง 4.0 ไมล์) หาร์ศมีของเส้นวงสูงเท่าของ GP คือ $90^\circ - H_o$ จะได้เท่ากับ 86.4 ไมล์ ($90^\circ 00'.0 - 88^\circ 33'.6 = 1^\circ 26'.4 = 86'.4$) ใช้รัศมี 86.4 ไมล์นี้ เขียนส่วนโค้งของวงกลมโดยใช้จุด GP ที่ได้เลื่อนไปแล้วเป็นจุดศูนย์กลาง ส่วนโค้งนี้ก็คือเส้นตำบลที่ที่ได้เลื่อนไปแล้วจากเวลา 1154 ถึง 1206 แล้วเขียนเวลากับชื่อวัตถุท้องฟ้ากำกับไว้ ดังแสดงในรูป

ครั้นแล้วเขียน GP ของดวงอาทิตย์เมื่อเวลา 1206 และหาร์ศมีของวงสูงเท่าซึ่งจะได้เท่ากับ 119.2 ไมล์ ($90^\circ 00'.0 - 88^\circ 00'.8 = 1^\circ 59'.2 = 119'.2$) ใช้รัศมี 119.2 ไมล์ เขียนส่วนโค้งของวงกลมโดยใช้ 1206 GP เป็นจุดศูนย์กลาง จุดตัดของส่วนโค้งของวงกลมทั้งสองก็จะเป็นที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 1206 (1206 Fix) ตามต้องการ

พึงระลึกไว้ว่าจุดตัดของวงสูงเท่าสองวงจะตัดกันที่จุดสองจุด (ในรูปที่ 66 ไม่ได้แสดงจุดที่สองไว้) จุดที่ใกล้กับที่เรือ DR ถือว่าเป็นที่เรือแน่นอน ตามตัวอย่างนี้ไม่มีปัญหาแต่อย่างใด เพราะวัตถุท้องฟ้าผ่านไปทางใต้ของผู้ตรวจและจุดตัดที่อยู่ทางเหนือของ GP จึงเป็นตำบลที่เรือแน่นอนอย่างถูกต้อง ถ้าหากมีความสงสัยเกิดขึ้นและไม่สามารถตัดสินใจว่า จุดตัดจุดใดจะเป็นที่เรือแน่นอน ขอให้ข้อสังเกตว่า ตำบลที่ DR ทั้งสองที่อยู่บนเส้นทางเดินเรื่อนั้น น่าจะไดมาจากตำบลที่ DR และเส้นทางเดินเรือที่ไม่ถูกต้องซึ่งจะเป็นอันตรายมาก นอกเสียจากจะได้รับการยืนยันที่แน่นอนแล้วเท่านั้น

7.6 การหาที่เรือโดยแล่นตรวจจากวัตถุท้องฟ้า (Running celestial fix)

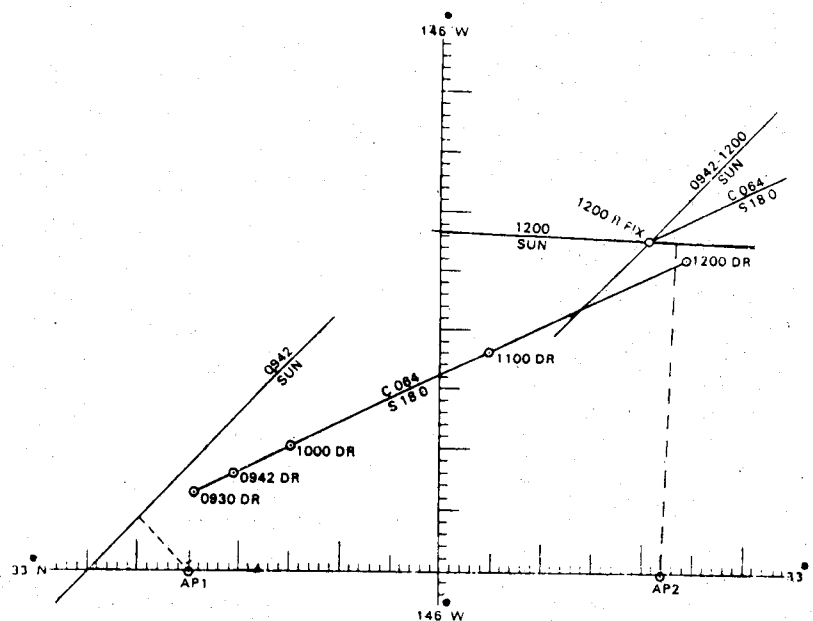
ที่เรือที่ได้จากการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าในช่วงเวลาที่ต่างกันมาก ๆ ตามที่กำหนด หรือคาดหมายไว้เรียกว่า “ที่เรือโดยแล่นตรวจจากวัตถุท้องฟ้า” (Running celestial fix) หรือ “ที่เรือโดยแล่นตรวจ” (Running fix) ใช้ตัวย่อ “R fix” การวัดสูงอาจจะวัดจากวัตถุท้องฟ้าที่ต่างกัน หรือจะวัดสูงด้วยวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันก็ได้ ระยะเวลาที่วัดสูงแต่ละครั้งในการหาที่เรือโดยวิธีนี้ ตามปกติต้องห่างกันไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง แต่ที่ใช้ปฏิบัติกันนานกว่านั้น คือประมาณ 3 ชั่วโมง เส้นตำบลที่ (LOP) ที่ได้จากการวัดสูงครั้งแรก จะต้องเขียนให้เรียบร้อยพร้อมทั้งรายการต่าง ๆ ครั้นแล้วให้เลื่อนเส้นตำบลที่ครั้งแรกนี้ไปยังเวลาที่วัดสูงครั้งหลัง จุดตัดของเส้นตำบลที่ครั้งแรกที่เลื่อนไปกับเส้นตำบลที่ครั้งหลังก็จะเป็น R fix ตามต้องการ วิธีเลื่อนเส้นตำบลที่ใช่วิธีเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ว่าการหาที่เรือโดยวิธีนี้ไม่นิยมการเลื่อนจุด AP ใช้การเลื่อนเส้นตำบลที่แทน อย่างไรก็ตามเมื่อมีความจำเป็นก็ใช้เลื่อนจุด AP หรือถ้าวัดสูงในขณะที่ท้องฟ้ามีความสูงมาก ๆ ก็ใช้เลื่อนจุด GP การเลื่อนเส้นตำบลที่โดยวิธีใดก็ตาม อาจจะเลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลังก็ได้

ในฤดูร้อน เมื่อดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนขณะที่มีความสูงมาก ๆ ในช่วงเวลาก่อนผ่านเมริเดียนและหลังเมริเดียน แอซิมัทของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนเร็วมาก การหาเส้นตำบลที่โดยวิธีแล่นตรวจในช่วงระยะเวลานี้ นับว่าเป็นโอกาสที่เหมาะสมอย่างยิ่ง

ตัวอย่างที่ 1 เวลา 0930 ที่เรือรายงาน แลต. $33^{\circ} 06'.4$ น. ลอง. $146^{\circ} 24'.5$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 064° ความเร็ว 18 นอต ได้วัดสูงดวงอาทิตย์สองครั้ง ดังรายการข้างล่างนี้ จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1200

Body	SUN	SUN
Time	0942	1200
a	6'.2 A	27'.9 A
Zn	134°.2	182°.5
aL	33° 00'.0 N.	33° 00'.0 N.
aλ	146° 24'.9 W.	145° 38'.0 W.

วิธีทำ



รูปที่ 67
การหาที่เรือ Running Fix

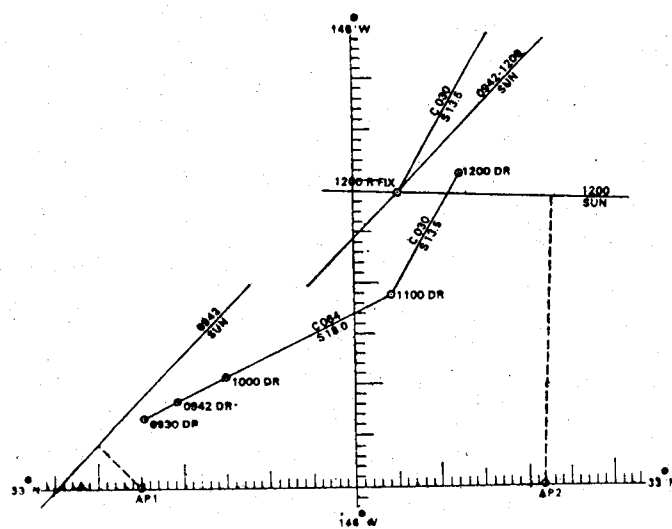
เขียนที่เรือ 0930 DR และเส้นทางเดินเรือไปจนถึงเวลา 1200 แล้วเขียนที่เรือ 0942 DR กับ 1200 DR บนเส้นทางเดินเรือ เขียน AP และเส้น LOP เมื่อทำการวัดสูงดวงอาทิตย์เวลา 0942 แล้วเลื่อนเส้น LOP ไปด้วยทิศและระยะทางจากจุด 0942 DR ถึงจุด 1200 DR (ทิศ 064° ระยะทาง 41.4 ไมล์) แล้วเขียนอักษรย่อกำกับไว้ดังในรูป ต่อจากนั้นให้เขียน AP° และ LOP เมื่อทำการวัดสูงดวงอาทิตย์เวลา 1200 แล้วเขียนอักษรย่อกำกับไว้เช่นเดียวกัน จุดตัดของเส้น 0942 - 1200 LOP กับเส้น 1200 LOP ก็จะเป็นที่เรือโดยแล่นตรวจเวลา 1200 (1200 R Fix) ตามต้องการ

เมื่อเรือเปลี่ยนเข็มหรือความเร็วระหว่างการวัดสูงก็ อาจหาที่เรือโดยแล่นตรวจได้เหมือนกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 2 เวลา 0930 ที่เรือรายงาน แลต. $33^{\circ} 06'.4$ น. ลอง. $146^{\circ} 24'.5$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 064° ความเร็ว 18 นอต ครั้นถึงเวลา 1100 เรือเปลี่ยนเป็นเข็มจริง 030° และลดความเร็วเป็น 13.5 นอต ได้วัดสูงดวงอาทิตย์สองครั้ง ดังรายการข้างล่างนี้ จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1200

Body	SUN		SUN	
Time	0942		1200	
a	6'.2	A	27'.9	A
Zn	$134^{\circ}.2$		$182^{\circ}.5$	
aL	$33^{\circ} 00'.0$	N.	$33^{\circ} 00'.0$	N.
aλ	$146^{\circ} 24'.9$	W.	$145^{\circ} 38'.0$	W.

วิธีทำ



รูปที่ 68

การหาที่เรือ Running Fix เมื่อเรือเปลี่ยนเข็มและความเร็วในระหว่างวัดสูง

เขียนที่เรือ 0930 DR และเส้นทางเดินเรือไปตามเข็มและความเร็วที่เปลี่ยนไป จนถึงเวลา 1200 แล้วเขียนที่เรือ 0942 DR กับ 1200 DR บนเส้นทางเดินเรือเขียนเส้น 0942 LOP แล้วเลื่อนไปด้วยทิศและระยะทางจากจุด 0942 DR ถึงจุด 1200 DR (ทิศ 051° ระยะทาง 35.8 ไมล์) แล้วจึงเขียนอักษรย่อกำกับไว้ดังในรูป ต่อจากนั้นเขียนเส้น 1200 LOP พร้อมด้วยอักษรย่อ จุดตัดของเส้น 0942 - 1200 LOP กับเส้น 1200 LOP ก็จะเป็น 1200 R Fix ตามต้องการ

ในทางปฏิบัติถ้าทราบทิศและความเร็วของกระแสน้ำ นักเดินเรือจำต้องแก้เส้นตำบลที่ที่หาครั้งแรกไปตามทิศของกระแสน้ำกับระยะทางของความเร็วของกระแสน้ำในช่วงระยะเวลาระหว่างที่วัดสูงครั้งแรกกับวัดสูงครั้งที่สอง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจถูกต้องยิ่งขึ้น จงจำไว้ว่าเส้นตำบลที่ครั้งที่สองหรือครั้งสุดท้ายไม่ต้องแก้ทิศและความเร็วของกระแสน้ำ

ความผิดของที่เรือโดยแล่นตรวจ อัตราผิดเป็นประจำของการหาที่เรือโดยแล่นตรวจมีสาเหตุใหญ่ ๆ สามประการ คือ

- (1) เส้นตำบลที่ที่ได้จากการตรวจวัตถุท้องฟ้ามีความถูกต้องไม่ละเอียดพอเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นตำบลที่ที่ได้จากการแบร้งที่หมายบนบก เช่นยอดเขา เกาะ หรือกระโจมไฟเป็นต้น
- (2) อัตราผิดเกี่ยวกับทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในทะเลเปิด เพราะไม่สุ่มแนนอนเหมือนกระแสน้ำใกล้ฝั่งหรืออาจไม่ทราบเลยก็ได้
- (3) การหาที่เรือโดยแล่นตรวจจากวัตถุท้องฟ้านั้นต้องใช้เวลานาน ฉะนั้นอัตราผิดเกี่ยวกับทิศทางที่เรือแล่นไป (ไม่ทราบอัตราผิดเข็มทิศที่แน่นอน คนถือท้ายไม่ดี) และอัตราผิดของระยะทาง (เครื่องวัดระยะทางมีความผิด ท้องเรือมีเพียงการบรรทุทของหนักผิดปกติ) จึงทำให้การหาที่เรือรายงานระหว่างช่วงเวลาวัดสูงผิดไป ซึ่งทำให้การเลื่อนเส้นตำบลที่ครั้งแรกผิดไปด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม การหาที่เรือโดยแล่นตรวจนี้ก็ใช่วิธีที่ดีที่สุดแล้ว

7.8 วิธีเขียนอักษรย่อและเครื่องหมายกำกับเส้นตำบลที่และที่เรือ

บรรดาเส้นตำบลที่ทั้งหลายและที่เรือควรเขียนอักษรย่อและเครื่องหมายอธิบายให้เข้าใจกำกับไว้ เพื่อป้องกันการสงสัย หรือเข้าใจผิด รูปต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในบทนี้ได้แสดงเป็นมาตรฐานไว้ให้ดูแล้วจึงขอรวบรวมมากล่าวไว้สำหรับปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ตำแหน่งที่สมมติ (Assumed position) ให้เขียนอักษรย่อว่า "AP" ตำแหน่งที่วัตถุท้องฟ้าที่เขียนบนผิวโลกหรือบนแผนที่ (Geographic position) ให้เขียนอักษรย่อว่า "GP" จุดตำแหน่งที่ทั้งสองนี้ให้เขียนวงกลมขนาดเล็กล้อมรอบจุดตำแหน่งที่ แล้วกำกับด้วยอักษรย่อดังกล่าว จุดทั้งสองนี้ใช้สำหรับเขียนเส้นตำแหน่งที่ (LOP)
2. จุด AP หรือ GP ที่เลื่อนไปให้เขียนเส้นเติมไปตามทิศและระยะทางที่เลื่อนไปที่ปลายสุดของเส้นให้เขียนวงกลมขนาดเล็กล้อมรอบจุดไว้ โดยไม่ต้องมีคำว่า AP หรือ GP กำกับ จุดนี้ใช้สำหรับเขียนเส้น LOP ที่เลื่อนไป
3. เส้นแอมซิมัท (Azimuth line) ของวัตถุท้องฟ้าที่เขียนลงไปจากจุด AP หรือ GP ตามระยะอินเตอร์เซปต์ (a) เพื่อใช้เขียนเส้น LOP นั้นให้เขียนด้วยเส้นขาด
4. เส้นตำแหน่งที่ซึ่งเป็นเส้นตรงหรือเป็นส่วนโค้งของวงกลมแล้วแต่กรณี นั้นให้เขียนด้วยเส้นเติม แล้วเขียนเวลาของเรือที่ทำการวัดสูงกำกับไว้ข้างบนเส้นและเขียนชื่อวัตถุท้องฟ้าที่ทำการวัดสูงไว้ข้างใต้เส้น ถ้าเส้นตำแหน่งที่นั้นเป็นเส้นตำแหน่งที่ที่ได้เลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลังตามเวลาที่ต้องการ เช่นได้เลื่อนไปจากเวลา 1927 ถึงเวลา 1934 ก็ให้เขียนเวลากำกับไว้ดังนี้
"1927 - 1934" เป็นต้น
5. ตำแหน่งที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running Fix) ให้เขียนวงกลมเล็กล้อมรอบจุดไว้ แล้วเขียนเวลาที่หาที่เรือได้พร้อมทั้งอักษรย่อซึ่งแสดงวิธีหาคำกับไว้ เช่น
"1628 R FIX"
6. ตำแหน่งที่เรือแน่นอน (Fix) ให้เขียนเช่นเดียวกับตำแหน่งที่เรือโดยแล่นตรวจ เช่น
"0724 FIX"

7.9 การหาที่เรือโดยใช้เส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้ากับเส้นตำแหน่งที่ต่าง ๆ

เส้นตำแหน่งที่เส้นหนึ่งย่อมแสดงให้เห็นว่าที่เรือจะต้องอยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นนั้นอย่างแน่นอน เมื่อมีเส้นตำแหน่งที่อีกเส้นหนึ่งหรือหลายเส้นมาตัด จุดตัดนั้นก็จะเป็นตำแหน่งที่เรือที่แน่นอน ความมุ่งหมายในการเดินเรือก็คือการหาตำแหน่งที่เรือแน่นอนให้ได้ ฉะนั้นเส้นตำแหน่งที่ไม่ว่าจะหามาได้โดยวิธีใดก็ตามจะต้องนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ให้จงได้

เมื่อได้เส้นตำแหน่งที่จากวัตถุท้องฟ้าเพียงเส้นเดียว การหาที่เรือก็อาจใช้เส้นตำแหน่งที่ของ Loran, Omega หรือเส้นตำแหน่งที่ที่ได้จากแบร์ริง Consol หรือแบร์ริง Consolan มาตัดก็ได้ ในทำนองเดียวกันเมื่อเรือเข้าใกล้ฝั่งอาจใช้เส้นแสดงความลึกของน้ำในแผนที่ เช่นเส้นแนวน้ำ

100 วา หรือเส้นแนวน้ำ 200 เมตร ซึ่งได้ตรวจสอบโดยการหยั่งน้ำไปเรื่อย ๆ เมื่อปรากฏว่าเรือถึงเส้นแนวน้ำลึกนั้น ๆ แล้ว เส้นตำบลที่จากวัตถุท้องฟ้า หรือเส้นตำบลที่จากวิธีอื่นที่ติดกับเส้นแนวน้ำลึกนั้นก็จะเป็นที่เรือแน่นอนได้ นอกจากนี้การหยั่งน้ำติดต่อกันไป เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับความลึกของน้ำในแผนที่กับเส้นตำบลที่ที่หาได้เพียงเส้นเดียว ก็อาจจะช่วยให้ทราบว่าเป็นที่เรืออยู่ ณ บริเวณใดได้

เส้นตำบลที่ที่ได้ด้วยวิธีต่างกันั้นมีความถูกต้องไม่เหมือนกัน ฉะนั้นจึงต้องอาศัยความชำนาญในการประเมินค่าเหล่านั้น จึงจะได้ที่เรือแน่นอนและถูกต้อง

สิ่งสำคัญที่สุด อย่าปล่อยให้พลาดโอกาสในการหารายละเอียดต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ช่วยหาที่เรือได้เป็นอันขาด

สรุป ในการหาเส้นตำบลที่ท้องฟ้านี้มีขั้นตอนในการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. วัดสูงวัตถุท้องฟ้าจากขอบฟ้าทะเลด้วยเครื่องวัดแดด แล้วแก้ให้เป็นสูงจริง (Ho)
2. สมมติที่เรือสมมติคือ AP ขึ้น แล้วคำนวณสามเหลี่ยมเดินเรือ โดยอาศัยตำบลที่ของ AP หาสูงคำนวณ (Hc) และมุมแอสิมัท (Az) แล้วทำให้เป็นแอสิมัทจริง (Zn) การคำนวณนี้จะอาศัยมาตรา H.O. 214 ก็ได้ ผลต่างระหว่าง Ho กับ Hc จะเป็นอินเตอร์เซปต์ (a)
3. จากจุด AP เขียนเส้น Zn ซึ่งจะเป็นทิศทางของ GP จากจุด AP แล้วระยะ a จากจุด AP ไปตามเส้น Zn ระยะ a จะเข้าหา GP (T) ก็ต่อเมื่อ Ho มากกว่า Hc ถ้า Hc มากกว่า Ho ระยะ a จะออกห่าง GP (A) ต่อจากนั้นให้เขียนเส้นตั้งฉากกับเส้น Zn ณ ที่ระยะ a ซึ่งจะเป็นเส้นตำบลที่ท้องฟ้า (LOP)

เมื่อได้เส้นตำบลที่สองเส้นหรือมากกว่านั้น จุดตัดของเส้นตำบลที่ซึ่งได้เลื่อนไปให้เป็นเวลาเดียวกันแล้ว ก็จะเป็นที่เรือแน่นอนในขณะนั้น

ถ้าทำการวัดสูงเพื่อหาเส้นตำบลที่ในระยะเวลาใกล้เคียงกันหลายครั้งภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง การเลื่อนเส้นตำบลที่ใช้วิธีเลื่อนจุด AP ที่เรือที่ได้โดยวิธีนี้เรียกว่าที่เรือแน่นอน (FIX)

ถ้าทำการวัดสูงเพื่อหาเส้นตำบลที่แต่ละครั้งใช้เวลาห่างกันนานกว่า 1 ชั่วโมง (โดยมากมักใช้ระยะเวลาห่างกันประมาณ 3 ชั่วโมง) ให้เขียนเส้นตำบลที่ครั้งแรกลงก่อน ครั้นเมื่อวัดสูงหาเส้นตำบลที่ครั้งหลังได้แล้ว จึงให้เลื่อนเส้นตำบลที่ครั้งแรกไปติดกับเส้นตำบลที่ครั้งหลัง โดยให้เป็นเวลาเดียวกันกับการวัดสูงครั้งหลัง จุดตัดของเส้นตำบลที่ทั้งสองที่กระทำโดยวิธีนี้เรียกว่าที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running Fix)

พึงระลึกอยู่ตลอดเวลาว่าจะต้องไม่ละโอกาสที่จะหารายการต่าง ๆ ในการหาที่เรือแน่นอนให้จงได้ เมื่อหาเส้นตำบลที่ท้องฟ้าได้เส้นเดียว จำต้องพยายามนำเอาเส้นตำบลที่จากสิ่งต่าง ๆ มาช่วย เช่น เส้นตำบลที่จากเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ จากการหยั่งน้ำด้วยวิธีต่าง ๆ เป็นต้น

ในขณะที่มีแสงเงินแสงทองและอากาศแจ่มใส ควรวัดสูงของดาวอย่างน้อย 5 ดวงในแอซิมัทต่าง ๆ กัน เส้นตำบลที่แต่ละเส้นอาจจะมั่วตราผิดได้ ฉะนั้นในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงควรวัดสามครั้ง เพื่อตรวจสอบให้แน่นอนแล้วเลือกใช้เส้นตำบลที่ที่เห็นว่าถูกต้องเพียงเส้นเดียว

อัตราเปลี่ยนแปลงสูงของวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกัน เมื่อวัดสูงติดต่อกันไปในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ จะเป็นเรขาคณิตตรงกับช่วงระยะเวลาที่วัด เรื่องนี้จะช่วยตรวจสอบในการวัดสูงได้เป็นอย่างดีว่าวัดถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นใจและเชื่อถือได้

แบบฝึกหัด

1. จากสูงต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้าข้างล่างนี้ จงหาโคอัลติจูดและระยะทางจนถึงจุด GP ของวัตถุท้องฟ้า

(ก) Hc $64^{\circ} 21'.3$

(ค) Ho $35^{\circ} 09'.0$

(ข) Ho $59^{\circ} 46'.9$

(ง) Hc $41^{\circ} 24'.2$

คำตอบ	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)
โคอัลติจูด	$25^{\circ} 38'.7$	$30^{\circ} 13'.1$	$54^{\circ} 51'.0$	$48^{\circ} 35'.8$
ระยะทาง	1538.7 ไมล์	1813.1 ไมล์	3291.0 ไมล์	2915.8 ไมล์

2. จงหารัศมีของวงสูงเท่า จากสูงจริงต่อไปนี้

(ก) Ho $89^{\circ} 29'.0$

(ค) Ho $89^{\circ} 37'.2$

(ข) Ho $88^{\circ} 53'.9$

(ง) Ho $88^{\circ} 49'.8$

คำตอบ (ก) 31.0 ไมล์ (ข) 66.1 ไมล์ (ค) 22.8 ไมล์ (ง) 70.2 ไมล์

3. จงหาระยะ a และทิศทางว่า “เข้าหา” หรือ “ออกห่าง” จากสูงคำนวณและสูงจริงดังต่อไปนี้

	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)
Hc	$37^{\circ} 28'.4$	$55^{\circ} 41'.8$	$40^{\circ} 07'.2$	$59^{\circ} 49'.9$
Ho	$37^{\circ} 15'.7$	$55^{\circ} 50'.5$	$39^{\circ} 48'.5$	$60^{\circ} 28'.1$
คำตอบ	(ก) a 12'.7 A,	(ข) a 8'.7 T.	(ค) a 18'.7 A	(ง) a 38'.2 T

4. จงเขียนเส้นดำบลที่และหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0400 ลงบนกระดาษกราฟ (Plotting sheet) โดยใช้ แลต.กลางที่ 32° น. และเมริเดียนกลางที่ 71° ตก. จากการวัดสูงดาวสามดวงพร้อมกันในเวลา 0400 ดังรายการต่อไปนี้

Body	Altair	Vega	Deneb
a	3'.0 T.	5'.0 A.	5'.0 A.
Zn	228'.0	309'.3	359'.5
aL	$32^{\circ} 00'.0$ N.	$32^{\circ} 00'.0$ N.	$32^{\circ} 00'.0$ N.
aλ	$71^{\circ} 04'.0$ W.	$71^{\circ} 08'.0$ W.	$70^{\circ} 58'.0$ W.
คำตอบ	0400 Fix	L $31^{\circ} 55'.5$ N.	λ $71^{\circ} 04'.7$ W.

5. เวลา 0430 ที่เรือรายงาน แลต. $32^{\circ} 55'.0$ ได้ ลอง. $144^{\circ} 05'.0$ อ. เรือแล่นเข็มจริง 150° ความเร็ว 18 นอต ได้วัดสูงดาวสามดวงตามรายการข้างล่างนี้ จงเขียนเส้นดำบลที่และหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 0520 โดยการเลื่อน AP ลงบนกระดาษกราฟให้ใช้แลต. กลางที่ 33° ได้. และเมริเดียนกลางที่ 114° อ.

Body	Fomalhaut	Altair	Antares
ZT	05 - 02 - 47	05 - 06 - 13	50 - 19 - 58
Hc	$37^{\circ} 80'.9$	$51^{\circ} 52'.8$	$65^{\circ} 07'.3$
Ho	$37^{\circ} 32'.9$	$51^{\circ} 42'.1$	$65^{\circ} 17'.0$
Zn	121'.2	014'.5	253'.0
aL	$33^{\circ} 00'.0$ S.	$33^{\circ} 00'.0$ S.	$32^{\circ} 00'.0$ S.
aλ	$113^{\circ} 56'.5$ E.	$114^{\circ} 21'.2$ E.	$114^{\circ} 33'.0$ E.
คำตอบ	0520 Fix	L $33^{\circ} 15'.0$ S.	λ $144^{\circ} 25'.7$ E.

6. เวลา 1030 ที่เรือรายงาน แลต. $21^{\circ} 44'.6$ น. ลอง. $45^{\circ} 07'.8$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 293° ความเร็ว 16 นอต เวลาประมาณ 1050 วัดสูงวัตถุท้องฟ้าตามรายการข้างล่างนี้ จงเขียนเส้นดำบลและหาที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 1103 โดยการเลื่อนเส้นดำบลที่ลงบนกระดาษกราฟให้ใช้แลต. กลางที่ 22° น. และเมริเดียนกลางที่ 45° ตก.

Body	SUN	Body	MOON
ZT	10 - 50 - 49	ZT	11 - 03 - 21
Ho	$89^{\circ} 29'.7$	a	9'.0 T
L. GP	$22^{\circ} 07'.6$ N.	Zn	136'.7
λ GP	$44^{\circ} 53'.9$ W.	aL	$22^{\circ} 00'.0$ N.

คำตอบ 1103 Fix L $21^{\circ} 47'.8$ N. $a\lambda$ $45^{\circ} 20'3$ W.
 λ $45^{\circ} 20'.5$ W.

7. เวลา 0830 ที่เรือรายงาน แลต. $37^{\circ} 10'.0$ น. ลอง. $131^{\circ} 30'.0$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 260° ความเร็ว 12 นอต เวลา 0900 ได้วัดสูงดวงอาทิตย์ปรากฏผลดังต่อไปนี้

Hc $43^{\circ} 29'.1$
 Ho $43^{\circ} 23'.2$
 Zn $117^{\circ}.3$
 aL $37^{\circ} 00'.0$ N.
 $a\lambda$ $131^{\circ} 42'.8$ W.

ครั้นถึงเวลา 1132 ได้วัดสูงดวงอาทิตย์อีกครั้งหนึ่งปรากฏผลดังต่อไปนี้

a $7'.8$ A
 Zn $167^{\circ}.2$
 aL $37^{\circ} 00'.0$ N.
 $a\lambda$ $132^{\circ} 19'.5$ W.

จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1132 ลงบนกระดาษกราฟใช้แลต. กลางที่ 37° น. และ เมริเดียนกลางที่ 132° ตก.

คำตอบ 1132 R Fix L $37^{\circ} 08'.0$ N. λ $132^{\circ} 19'.3$ W.

8. เวลา 1200 ที่เรือ แลต. $12^{\circ} 55'.0$ ใต้. ลอง. $162^{\circ} 21'.8$ อ. เรือแล่นเข็มจริง 117° ความเร็ว 21 นอต เมื่อเวลา ZT 12 - 35 - 41 วัดสูงดวงอาทิตย์ได้ผลดังต่อไปนี้

Ho $89^{\circ} 27'.0$
 L GP $22^{\circ} 14'.4$ S.
 λ GP $164^{\circ} 03'.2$ E.

เมื่อเวลา 1315 เรือเปลี่ยนเข็มเป็นเข็มจริง 087° และลดความเร็วลงเหลือ 15 นอต ครั้นถึงเวลา ZT 14 - 15 - 07 ทำการวัดสูงดวงอาทิตย์อีกครั้งหนึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

Hc $60^{\circ} 50'.6$
 Ho $61^{\circ} 03'.5$
 Zn $231^{\circ}.8$
 aL $22^{\circ} 00'.0$ S.
 $a\lambda$ $164^{\circ} 22'.3$ E.

จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1415 ลงบนกระดานกราฟใช้แลต. กลางที่ 22° ได้. และเมริเดียนกลางที่ 164° อ.

คำตอบ 1415 R Fix L $22^{\circ} 00'.0$ S. λ $164^{\circ} 04.5$ E.

9. เวลา 0900 ที่เรือรายงาน แลต. $33^{\circ} 51'.8$ น. ลอง. $131^{\circ} 12'.3$ ตก. เรือแล่น เข็มจริง 280° ความเร็ว 24 นอต เมื่อเวลา ZT 09 - 53 - 21 วัดสูงดวงอาทิตย์ได้ผล ดังต่อไปนี้

a $4'.7$ A

Zn $143'.3$

aL $34^{\circ} 00'.0$ N.

a λ $131^{\circ} 17'.0$ W.

เมื่อเวลา 1015 เรือเปลี่ยนเข็มเป็นเข็มจริง 245° และเมื่อเวลา 1107 เรือได้ ลดความเร็วลงเหลือ 15 นอต ครั้นถึงเวลา 1221 วัดสูงดวงอาทิตย์ได้ผลดังต่อไปนี้

a $22'.6$ T

Zn $180'.0$

aL $34^{\circ} 00'.0$ N.

a λ $132^{\circ} 32'.1$ W.

จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1221 ลงบนกระดานกราฟใช้ แลต.กลางที่ 34° น. และ เมริเดียนกลางที่ 132° ตก. คำตอบ 1221 R Fix L $33^{\circ} 37'.4$ N. λ $132^{\circ} 32'.1$ W.

10. เวลา 0600 ที่เรือแน่นอน แลต. $30^{\circ} 59'.0$ ได้. ลอง. $61^{\circ} 35.0$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 075° ความเร็ว 12 นอต กระแสน้ำเมื่อเวลา 0600 ทิศ 035° ความเร็ว 1.0 นอตและ คาดว่ากระแสน้ำจะคงมีเช่นนี้ตลอดไป เมื่อเวลา 0748 วัดสูงดวงอาทิตย์ได้ผลดังต่อไปนี้

Hc $18^{\circ} 12'.0$

Ho $18^{\circ} 18'.1$

Zn $065'.0$

aL $31^{\circ} 00'.0$ S.

a λ $61^{\circ} 11'.0$ W.

ครั้นเวลา 1148 วัดสูงดวงอาทิตย์อีกครั้งหนึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

a 21'.8 T
 Zn 000°.0
 aL 31° 00'.0 S.
 aλ 60° 25'.0 W.

จงหาที่เรือโดยแล่นตรวจเมื่อเวลา 1148 (การย้ายเส้นดำบลที่ให้นึกถึงการกระทำของกระแสน้ำด้วย) ลงบนกระดานกราฟ ใช้ แลต.กลางที่ 31° ได้. และเมริเดียนกลางที่ 61° ตก.

คำตอบ 1148 R Fix L 30° 38'.2 S. λ 60° 08'.7

บทที่ 8

วิธีทำที่สมบูรณ์แบบ โดยใช้ H.O. 214 และปฏิทินเดินเรือ (Complete solution using H.O. 214 and the Nautical Almanac)

8.1 การหาที่เรือโดยทางดาราศาสตร์

ไม่ว่าจะเป็นที่เรือแน่นอนหรือที่เรือโดยแล่นตรวจในปัจจุบันใช้วิธีหาโดยอาศัยเส้นดำบลที่ท้องฟ้าทั้งสิ้น เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดกว่าวิธีอื่น ฉะนั้น ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีหาเส้นดำบลที่ท้องฟ้าโดยละเอียด ตั้งแต่เริ่มต้นจนสุดท้าย โดยใช้ปฏิทินเดินเรือและ H.O. 214 คือใช้เฉพาะ Δd เท่านั้น ขั้นตอนหรือแบบฟอร์มที่ใช้คำนวณในตัวอย่างที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นแบบฟอร์มที่ง่าย ๆ และใช้โดยทั่วไป ไม่ต้องอาศัยความจำมากนัก เพียงแต่ให้เข้าใจวิธีทำตามขั้นตอนก็จะทำให้ปฏิบัติได้โดยไม่ผิดพลาด ตัวอย่างวิธีทำที่สมบูรณ์แบบนี้ จะกล่าวถึงการหาเส้นดำบลที่จากวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ คือ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวพระเคราะห์ และดาวฤกษ์โดยใช้ปฏิทินเดินเรือปี ค.ศ. 1970 และ H.O. 214 Vol. IV ฉะนั้นนักศึกษาจึงจำเป็นต้องมีปฏิทินเดินเรือและ H.O. 214 ดังกล่าวไว้ด้วยเพื่อใช้ในการเปิด ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจและใช้คล่อง โดยไม่ติดขัด

8.2 การหาเส้นดำบลที่ท้องฟ้าของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ก็คือ หา Ho, Hc, Zn, และ a โดยอาศัยที่เรือสมมติ (AP)

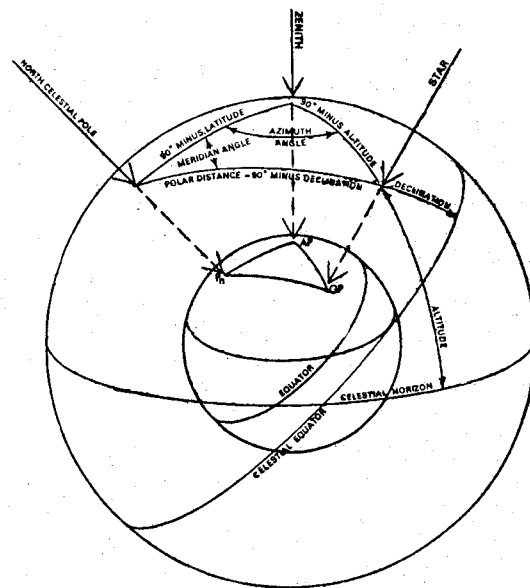
วิธีปฏิบัติ ในครั้งแรกวัดสูงวัตถุท้องฟ้าด้วยเครื่องวัดแดดจากขอบฟ้าทะเล พร้อมทั้งอ่านเวลาในขณะนั้น แล้วทำเวลาให้เป็นเวลาและวันที่ GMT ต่อจากนั้นแก้สูงวัด (Hs) ให้เป็นสูงจริง (Ho) โดยใช้สูตรแก้สูงจากปฏิทินเดินเรือ

ขั้นต่อไปให้สมมติที่เรือสมมติ (AP) ให้ใกล้เคียงกับที่เรือรายงานในขณะทำการวัดสูง แล้วใช้ AP ไปคำนวณในสามเหลี่ยมดาราศาสตร์หรือสามเหลี่ยมเดินเรือเพื่อหา Hc, Zn และ a การคำนวณนั้นใช้มาตรา H.O. 214 โดยวิธีที่ใช้เฉพาะ Δd เท่านั้น

8.3 สามเหลี่ยมดาราศาสตร์และสามเหลี่ยมเดินเรือ

ก่อนที่จะทำการคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์หรือสามเหลี่ยมเดินเรือ จำเป็นต้องเข้าใจเรื่องของสามเหลี่ยมทั้งสองนี้เสียก่อน สามเหลี่ยมทั้งสองนี้เกิดจากการนำเอา

โคออดิเนตระบบอิกัวเตอร์ท้องฟ้ากับโคออดิเนตระบบขอบฟ้ามารวมกัน สามเหลี่ยมดาราศาสตร์กับสามเหลี่ยมเดินเรือนี้เป็นสามเหลี่ยมที่เหมือนกันทุกประการ ค่าต่าง ๆ จะเท่ากัน จะผิดกันก็แต่เพียงว่าสามเหลี่ยมดาราศาสตร์เป็นสามเหลี่ยมที่ปรากฏบนทรงกลมท้องฟ้า จุดตำบลที่สามจุดที่ประกอบกันเป็นสามเหลี่ยมใช้อ้างถึงตามระบบบนทรงกลมท้องฟ้า ส่วนสามเหลี่ยมเดินเรือเป็นสามเหลี่ยมที่ปรากฏบนผิวโลก ซึ่งเป็นเสมือนหนึ่งเงาของสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ที่ฉายย้อนกลับลงมาบนผิวโลก จุดตำบลที่สามจุดที่ประกอบกันเป็นสามเหลี่ยมใช้อ้างถึงตามระบบบนผิวโลก ในการหาที่เรือโดยใช้เส้นตำบลที่ท้องฟ้า นั้น มักกล่าวถึงสามเหลี่ยมเดินเรือ เพราะจะเข้าใจดีกว่า



รูปที่ 69

แสดงสามเหลี่ยมดาราศาสตร์และสามเหลี่ยมเดินเรือ

สามเหลี่ยมดาราศาสตร์ ประกอบไปด้วยจุดสามจุด คือ จุดเซนิธ (Zenith) ซึ่งเป็นจุดที่ยึดจากจุด AP ไปบนทรงกลมท้องฟ้า จุดซั้วท้องฟ้าที่ใกล้กับจุดเซนิธและจุดตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้า โดยมี GHA และ Dec. เป็นโคออดิเนต ด้านระหว่างจุดเซนิธกับซั้วท้องฟ้า คือ โคละติจูดของจุด AP ซึ่งจะเท่ากับ 90° - ละติจูด ด้านระหว่างยอดท้องฟ้ากับวัตถุท้องฟ้า คือ ระยะยอดซึ่งจะเท่ากับ 90° - Dec. ด้านทั้งสองนี้เกิดจากโคออดิเนตระบบอิกัวเตอร์ท้องฟ้า ด้านที่สามระหว่างวัตถุท้องฟ้ากับจุดเซนิธ คือ ระยะเซนิธหรือโคอัลติจูดซึ่งจะเท่ากับ 90° - สูง ด้านนี้เกิดจากโคออดิเนตระบบขอบฟ้า

มุมเมริเดียน (t) คือมุมที่ยอดท้องฟ้าระหว่างด้านโกละติจูด กับ ระยะเวลา มุมนี้จะเป็นตะวันออก (E) หรือตะวันตก (W) ก็แล้วแต่ว่าวัตถุท้องฟ้าจะอยู่ทางด้านใดของเมริเดียนท้องฟ้าของจุดเซนิธ มุม Az เป็นมุมที่เซนิธ ระหว่างด้านโกละติจูดกับโกละติจูด มุมนี้จะมีชื่อตามละติจูดของจุดเซนิธและมุม t มุม Az จะต้องแปลงให้เป็น Zn ต่อไป

สามเหลี่ยมเดินเรือ ประกอบไปด้วยจุดสามจุดเช่นเดียวกัน คือ จุด AP ซึ่งเป็นตำบลที่เรือสมมติบนผิวโลก จุดขั้วโลกที่ใกล้กับจุด AP และจุด GP ของวัตถุท้องฟ้าซึ่งได้แปลงค่า GHA ให้เป็นลองจิจูดและแปลงค่า $Dec.$ ให้เป็นละติจูด (ค่าเท่ากันแต่เรียกผิดกัน) แล้ว ด้านทั้งสามด้านและมุมต่าง ๆ ในสามเหลี่ยมเดินเรือก็จะเหมือนกันและมีค่าเท่ากับในสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ทุกประการ

8.4 เพื่อความสะดวก

และประหยัดเวลาขอแนะนำว่า ครั้งแรกในการเปิดปฏิทินเดินเรือนั้นควรเปิดหาค่าต่าง ๆ เสียทีเดียวให้หมด เช่นอัตราแก้สูง, GHA , $Dec.$, d และ v แล้วแก้ไขให้ถูกต้องตามวันและเวลา GMT ต่อจากนั้นก็พิจารณากำหนดตำบลที่เรือสมมติขึ้น (AP) ให้ใกล้กับที่เรือรายงาน โดยใช้ละติจูดเป็นองศาเต็ม ๆ สำหรับลองจิจูดนั้นให้คำนวณในใจว่าจะใช้ลองจิจูดเท่าใดเมื่อนำไปกระทำกับ GHA แล้วให้ได้มุม t เป็นองศาเต็ม ๆ ครั้นแล้วจึงไปเปิดมาตรา $H.O. 214$ เพื่อหา Hc และ Az ต่อไป

8.5 วิธีทำที่สมบูรณ์

แบบสำหรับวัดสูงดวงอาทิตย์ เมื่อวัดสูงดวงอาทิตย์ด้วยเครื่องวัดแดด จะวัดขอบบนหรือขอบล่างก็ได้ แล้วให้จดเวลาและวันที่ขณะนั้นพร้อมทั้งอัตราผิดของเครื่องวัดแดดไว้ด้วย เปลี่ยนเวลาให้เป็น GMT และวันที่ ที่กรีนนิช

เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันที่วันกรีนนิช แล้วใช้เวลา GMT ชั่วโมงเต็ม ๆ หาค่า CHA , $Dec.$ และ d ในระหว่างเวลานั้น อย่าลืมให้เครื่องหมายของ ไว้ด้วยเพราะอัตราเปลี่ยน $Dec.$ เมื่อเวลามากขึ้นอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ครั้นแล้วเปิดหน้าเหลืองที่มาตรา $Increments and Correction$ เพื่อหาอัตราเพิ่มของ GHA ตามเวลา นาที และวินาที พร้อมด้วยอัตราแก้สำหรับค่าของ d เมื่อรวมค่าของ GHA และค่าของ $Dec.$ เข้าด้วยกันแต่ละอย่างแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์ GHA และ $Dec.$ ของดวงอาทิตย์ ตามเวลาที่วัดสูง

ปฏิทินเดินเรือยังคงใช้สำหรับแก้สูงต่อไปอีก คือให้เขียนอัตราผิดของเครื่องวัดแดด (IC) ลงไว้ แล้วเปิดปฏิทินเดินเรือที่ด้านในของปกหน้าหาอัตราแก้ Dip (D) ตามสูงตาและอัตราแก้รวม สุดท้ายแล้วจะวัดขอบล่างหรือขอบบน ตามเดือนที่ให้ไว้และสูงวัดจากเครื่องวัดแดด ผลรวมของอัตราแก้ทั้งหมดเมื่อนำไปแก้กับสูงที่อ่านได้จากเครื่องวัดแดด (hs) ก็จะเป็นสูงจริง (H_o)

ต่อไปให้เลือกที่เรือสมมติ (AP) ให้ใกล้เคียงกับละติจูดและลองจิจูดของที่เรือรายงาน หรือที่เรือโดยประมาณ โดยให้มีค่าละติจูดเป็นองศาเต็ม ๆ ส่วนลองจิจูดให้สมมติขึ้นจะเป็นเท่าใดก็ได้ แต่เมื่อนำไปกระทำกับ GHA แล้วให้ได้ LHA เป็นองศาเต็ม ๆ แล้วจึงแปลงให้เป็นมุม t

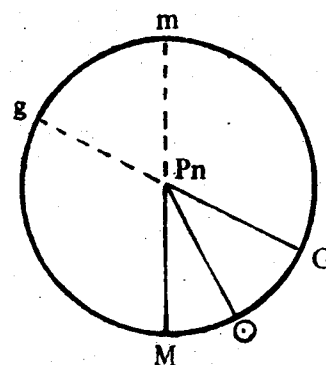
เปิดมาตรา H.O. 214 โดยใช้ละติจูดสมมติ (aL), Dec. และมุม t ส่วน Dec. นั้น ให้ใช้ช่องที่มีค่าใกล้เคียงกับ Dec. ที่แท้จริง ผลต่างระหว่าง Dec. ที่ใช้เปิดมาตรา กับ Dec. ที่แท้จริง เรียกว่า " d diff." จากการเปิดมาตรานี้จะได้สูงที่ใกล้เคียง (ht), Δd และ Az ค่าของ Δd จะต้องให้เครื่องหมายไว้ด้วย เพราะอัตราเปลี่ยนสูงที่เปลี่ยนตาม " d diff." นั้น อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ต้องดูให้ถี่ถ้วน แล้วไปเปิดมาตราหาอัตราแก้สูงตามค่าของ Δd และ d diff. ที่ด้านในของปกหลังของมาตรา H.O. 214 ภายใต้ชื่อว่า "*Multiplication Table*" เมื่อเอาอัตราแก้สูงนี้ไปแก้กับสูงที่เปิดได้ครั้งแรก (ht) ผลลัพธ์ก็จะเป็นสูงคำนวณ (H_c)

ผลต่างของ H_c กับ H_o ก็จะเป็น a แล้วแปลง Az ให้เป็น Z_n ต่อจากนั้นก็ จะสามารถเขียนเส้นตำแหน่งที่ท้องฟ้าได้โดยอาศัย AP, Z_n และ a

ตัวอย่าง วันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลา 1056 ที่เรือรายงานแลต. $32^\circ 41'.6$ น. ลอง. $62^\circ 14'.5$ ตกวัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $64^\circ 10'.2$ IC (+) $1'.6$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 10 - 56 - 27 อัตราผิดของนาฬิกาเทียบเร็วกว่า ZT 10^s สูงตา 42 ฟุต จงหา a , Z_n และ AP

วิธีทำ

	☉	
date (L)	25 April	
W	10 - 56 - 27	
WE	(F) 10	
ZT	10 - 56 - 17	
ZD (+)	4	
GMT	14 - 56 - 17	
date (G)	25 April	
v	-	
14 ^h	30°	30'.5
56 ^m 17 ^s	14°	04'.3
v corr.	-	
GHA	44°	34'.8
a λ	62°	34'.8 W.



LHA	342°	00.0	
t	18°	E.	
d	(+)	0'.8	
14 ^h	13°	10'.4	N.
d corr.	(+)	0'.8	
dec.	13°	11'.2	N.
	+	⊙	-
IC	1'.6		
D		6'.3	
⊙	15'.5		
sum	17°.1	6'.3	
corr.	(+)	10'.8	
hs	64°	10'.2	
Ho	64°	21'.0	
d diff		11'.2	
Δ d	(+)	.80	
ht	64°	07'.1	
corr.	(+)	9'.0	
Hc	64°	16'.1	
Ho	64°	21'.0	
a		4'.9	T
Az	N	136°.4	E
Zn		136°.4	
aL	33°	00'.0	N.
a λ	62°	34'.8	W.

คำตอบ a 4'.9 T, Zn 136°.4, aL 33° 00'.0 N. aλ 62° 34'.8 W.

8.6 วิธีที่ทำสมบูรณแบบสำหรับวัดสูงดวงจันทร์

การวัดสูงดวงจันทร์ก็เช่นเดียวกับวัดสูงดวงอาทิตย์ คือจะวัดขอบบนหรือขอบล่างก็ได้ แล้วจดเวลาและวันที่ในขณะนั้น พร้อมทั้งจดอัตราผิดของเครื่องวัดแดดไว้ เปลี่ยนเวลาให้เป็นเวลา GMT และวันที่ที่กรีนิช

เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันที่วันกรีนิชแล้วใช้เวลา GMT ชั่วโมงเต็ม ๆ หาค่า

GHA, v พร้อมทั้งเครื่องหมาย, Dec., d พร้อมทั้งเครื่องหมาย และ H.P. ครั้นแล้วเปิดมาตรา Increments and Corrections เพื่อหาอัตราเพิ่มของ GHA ตามเวลา นาที และวินาที และอัตราแก้ของ GHA และ Dec. ด้วยค่าของ v และ d ตามลำดับ เมื่อรวมค่าของ GHA และค่าของ Dec. เข้าด้วยกันแต่ละอย่างแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์ GHA และ Dec. ของดวงจันทร์ ตามเวลาที่วัดสูง

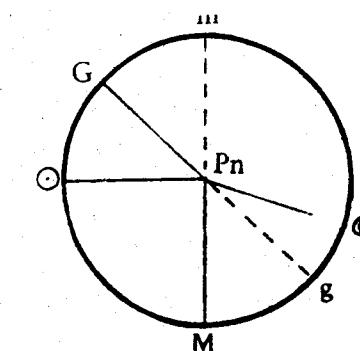
เปิดปฏิทินเดินเรือด้านในของปกหลัง เพื่อหาอัตราแก้สูงของดวงจันทร์ โดยเขียน ค่า IC ของเครื่องวัดแดดลงก่อน จากปฏิทินเดินเรือจะได้อัตราแก้ D, อัตราแก้รวมและอัตรา แก้วัดขอบบน (U) หรือขอบล่าง (L) ถ้าวัดขอบบนต้องเอา 30' ลบออกเสมอ อัตราแก้วัด ขอบบนหรือขอบล่างนี้ ต้องเอา H.P. มาเปิดด้วย เมื่อนำเอาผลรวมของอัตราแก้สูงทั้งหมดไป กระทบกับสูง h_s ก็จะได้เป็นสูง H_o

ต่อไปให้เลือกที่เรือสมมติ (AP) แล้วเปิดมาตรา H.O. 214 หาค่า Hc. Zn และ a โดยวิธีเดียวกันกับดวงอาทิตย์

ตัวอย่าง วันที่ 21 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 1857 ที่เรือรายงานแลต. $33^{\circ} 19'.8$ ได้. ลอง. $141^{\circ} 26'.2$ อ. วัดสูงดวงจันทร์ขอบบนได้ $28^{\circ} 54'.5$ IC (+) $1'.0$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 18 - 57 - 12 อัตราผิदनาฬิกาเทียบช้ากว่า ZT 28^s สูงตา 28 ฟุต จงหา a, Zn และ AP

วิธีทำ

☾		
date (L)	21	April
W	18 - 57 - 12	
WE	(S)	28
ZT	18 - 57 - 40	
ZD (-)	9	
GMT	09 - 57 - 40	
date (G)	21	April
v	(+)	13'.1
09 ^h	140°	11'.8
57 ^m 40 ^s	13°	45'.6
v corr.		12'.6
GHA	154°	10'.0
a λ	141°	50'.0



E.

LHA	296°	00'.0	
t	64°	E.	
d	(+)	13'.6	
09 ^h	13°	54'.9	S.
d corr.		13'.0	
Dec.	14°	07'.9	S
H.P. 56'.5	+	⌋ -	
IC	1'.0		
D		5'.1	
⌋	59'.4		
U	2'.9		
add'l.		30'.0	
sum	63'.3	35'.1	
corr.	(+)	28'.2	
hs	28°	54'.5	
Ho	29°	22'.7	
d diff.		07'.9	
Δ d	(+)	.50	
ht	29°	14'.5	
corr.	(+)	4'.0	
Hc	29°	18'.5	
Ho	29°	22'.7	
a		4'.2	T.
Az	S	91°.9	E
Zn	088°.1		
aL	33°	00'.0	S.
a λ	141°	50'.0	E.

คำตอบ a 4'.2 T, Zn 088°.1, aL 33° 00'.0 S. aλ 141° 50'.0 E.

8.7 วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดาวพระเคราะห์

การวัดสูงดาวเคราะห์ให้วัดที่จุดศูนย์กลางแล้วจดเวลาและวันที่ในขณะที่วัดพร้อมทั้งอัตราผิดของเครื่องวัดแดด เปลี่ยนเวลาให้เป็นเวลา GMT และวันที่ ที่กรีนิช

เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวัน แล้วใช้เวลา GMT ชั่วโมงเต็ม ๆ หาค่าของ GHA, v , Dec. และ d พร้อมทั้งเครื่องหมาย แล้วเปิดมาตรา Increments and Corrections หาอัตราเพิ่มของ GHA ตามเวลา นาที และวินาที และอัตราแก้ของ GHA และ Dec. ด้วยค่าของ v และ d เมื่อรวมค่าของ GHA และ Dec. เข้าด้วยกันแต่ละอย่างแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์เป็น CHA และ Dec. ของดาวพระเคราะห์ตามเวลาที่วัดสูง

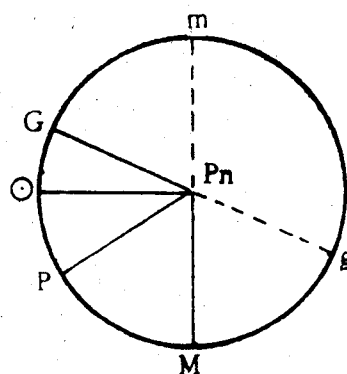
เปิดปฏิทินเดินเรือด้านในของปกหน้า เพื่อหาอัตราแก้สูง โดยเขียนค่า IC ของเครื่องวัดแสดงลงก่อน จากปฏิทินเดินเรือจะได้อัตราแก้ D , อัตราแก้รวมในช่อง Stars and Planets ถ้าเป็นดาว Venus หรือ Mars ต้องเพิ่มอัตราแก้พิเศษซึ่งเรียกว่า Additional Correction ตามเดือนที่วัดสูงอีกด้วย เมื่อนำเอาผลรวมของอัตราแก้ทั้งหมดไปกระทำกับสูง hs . แล้ว ก็จะเป็นสูง Ho

ต่อไปให้เลือกที่เรือสมมติ (AP) แล้วเปิดมาตรา H.O. 214 หาค่า hc , Zn และ a โดยวิธีเดียวกันกับดวงอาทิตย์

ตัวอย่าง วันที่ 15 มี.ค. 1970 เวลาประมาณ 1956 ที่เรือรายงาน แลต. $32^{\circ} 57'.5$ น. ลอง. $130^{\circ} 40'.5$ อ. วัดสูงดาวอังคารได้ $33^{\circ} 20'.5$ IC (-) $1'.0$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 18 - 56 - 55 อัตราผิดนาฬิกาเทียบเร็วกว่า ZT 05^S สูงตา 55 ฟุต จงหา a Zn และ AP

วิธีทำ

	Mars	
date (L)	15 March	
W°	18 - 56 - 55	
WE	(F)	05
ZT	18 - 56 - 50	
ZD (-)	9	
GMT	09 - 56 - 50	
date (G)	15 March	
v	(+)	$0'.7$
09^h	274°	$01'.8$
$56^m 50^s$	14°	$12'.5$
v corr.	(+)	$0'.7$
GHA	288°	$15'.0$
$a \lambda$	130°	$45'.0$
LHA	419°	$00'.0$



E.

t	59°	W.	
d	(+)	0'.6	
09 ^h	13°	46'.7	N.
d corr.	(+)	0'.6	
Dec.	13°	47'.3	N
	+	Mars	-
IC		1'.0	
D		7'.2	
☆ -P		1'.5	
add'l	0'.1		
sum	0'.1	9'.7	
corr.	(-)	9'.6	
hs	33°	20'.5	
Ho	33°	10'.9	
d diff		17'.3	
Δ d	(+)	.51	
° ht	33°	10'.3	
corr.	(+)	8'.9	
Hc	33°	19'.2	
Ho	33°	10'.9	
a		8'.3	A
Az	N 95°.3	W	
Zn	264°.7		
aL	33°	00'.0	N.
a λ	130°	45'.0	E.

คำตอบ a 8'.3 A, Zn 264.7, aL 33° 00'.0 N. aλ 130° 45'.0 E.

8.8 วิธีทำที่สมบูรณ์แบบสำหรับวัดสูงดาวฤกษ์

การวัดสูงดาวฤกษ์ เมื่อวัดสูงได้แล้วให้จดเวลาและวันที่ในขณะที่วัด พร้อมทั้งอัตราผิดของเครื่องวัดแดด เปลี่ยนเวลาให้เป็นเวลา GMT และวันที่ที่กรีนิช

เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันใช้เวลา GMT ชั่วโมงเต็ม ๆ หาค่า GHA ของ

Dec.	12°	34'.5	N.
	+	☆	-
IC	0'.5		
D		5'.0	
☆ -P		0'.6	
sum	0'.5	5'.6	
corr.	(-)	5'.1	
hs	59°	30'.9	
Ho	59°	25'.8	
d diff		4'.5	
Δ d	(+)	.72	
ht	59°	18'.7	
corr.		(+) 3'.3	
Hc	59°	22'.0	
Ho	59°	25'.8	
a		3'.8	T
Az	N	126°.1	W
Zn		233°.9	
aL	33°	00'.0	N.
aλ	119°	03'.7	W.

คำตอบ a 3'.8 T, Zn 233°.9, aL 33° 00'.0 N. aλ 119° 03'.7 W.

8.9 สรุป วิธีหาเส้นด่าบลที่ท้องฟ้ามีขั้นตอนสำคัญ ๆ ที่พึงปฏิบัติต่อไปนี้

1. วัดสูงวัตถุท้องฟ้าพร้อมกับจดเวลาในขณะนั้น
2. เปลี่ยนเวลาให้เป็นเวลา GMT และวันที่ที่กรีนวิช แล้วเปิดปฏิทินเดินเรือหาค่า GHA และ Dec. ของวัตถุท้องฟ้าตามเวลานั้น
3. เลือกที่เรือสมมติ (AP) และหา LHA และมุม t
4. ใช้มาตรา H.O. 214 หาค่า Hc และ Az โดยใช้ด่าบลที่เรือ AP
5. แก่สูง hs ให้เป็นสูง Ho โดยใช้อัตราแก้ IC ของเครื่องวัดแดด D (ตามสูงตา) และอัตราแก้รวมจากปฏิทินเดินเรือ
6. คำนวณหา a และ Zn
7. ใช้ด่าบลที่เรือ AP, a และ Zn เขียนเส้นด่าบลที่ท้องฟ้า

แบบฝึกหัด

1. วันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 1000 ที่เรือรายงาน แลต. $33^{\circ} 10'.1$ น. ลอง. $70^{\circ} 55'.9$ ตก. วัดดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $59^{\circ} 01'.7$ IC (+) $1'.2$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 09-56-47 อัตราผิดของนาฬิกาเทียบเร็วกว่า ZT $17^s.0$ สูงตา 35 ฟุต จงหา a, Zn และ AP

คำตอบ a $6'.0$ T, Zn $124'$, aL $33^{\circ} 00'.0$ N. a λ $70^{\circ} 38'.0$ W. วันที่ 21 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 0200 ที่เรือรายงาน แลต. $33^{\circ} 15.5$ ได้. ลอง. $135^{\circ} 10'.2$ ตก. วัดดวงจันทร์ขอบล่างได้ $54^{\circ} 00'.5$ IC (-) $1'.5$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 01-57-15 อัตราผิดนาฬิกาเทียบช้ากว่า ZT $05^s.0$ สูงตา 36 ฟุต จงหา a, Zn และ AP

คำตอบ a $2'.9$ A, Zn $294'.5$, aL $33^{\circ} 00'.0$ S. a λ $135^{\circ} 37'.3$ W. วันที่ 7 ส.ค. 1970 เวลาประมาณ 1800 ที่เรือรายงาน แลต. $31^{\circ} 10'.5$ ได้. ลอง. $120^{\circ} 32'.2$ ตก. วัดดวงดาว Venus ได้ $37^{\circ} 15'.5$ IC (+) $1'.5$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 17-56-05 อัตราผิดนาฬิกาเทียบช้ากว่า ZT $05^s.0$ สูงตา 30 ฟุต จงหา a, Zn และ AP

คำตอบ a $4'.8$ A, Zn $297'.3$, aL $31^{\circ} 00'.0$ S. a λ $120^{\circ} 34'.2$ W. วันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 0300 ที่เรือรายงาน แลต. $31^{\circ} 15'.0$ ได้. ลอง. $135^{\circ} 40'.5$ ตก. วัดดวงดาว Arcturus ได้ $25^{\circ} 07'.5$ IC (-) $1'.0$ เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 02-56-40 อัตราผิดนาฬิกาเทียบช้ากว่า ZT $10^s.0$ สูงตา 34 ฟุต จงหา a, Zn และ AP

คำตอบ a $4'.6$ T, Zn $314'.6$ aL $31^{\circ} 00'.0$ S. a λ $135^{\circ} 42'.6$ W.

บทที่ 9

การหาละติจูดและลองจิจูดโดยการตรวจวัดดวงอาทิตย์ (Latitude and Longitude Observations)

ความมุ่งหมายในการเดินเรือดาราศาสตร์ก็คือการหาตำแหน่งที่เรือแน่นอนในทะเล ในสมัยก่อนการหาที่เรือได้ใช้วิธีวัดดวงอาทิตย์ แล้วคำนวณหาละติจูดและลองจิจูดโดยตรง ที่เดียวแต่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงการหาที่เรือมาใช้วิธีวัดดวงอาทิตย์ แล้วคำนวณหาเส้น ตำแหน่งที่แทน (เดิมเรียกว่า Sumner line of position)

การวัดสูงเพื่อหาละติจูดนั้น จะกระทำเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใกล้เคียงกับทิศเหนือหรือ ทิศใต้ของผู้ตรวจ (ใกล้เมริเดียนผู้ตรวจ) ซึ่งในขณะนั้นเส้น LOP หรือเส้นละติจูด (Latitude line) ก็จะชี้ไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก

การวัดสูงเพื่อหาลองจิจูดนั้น จะกระทำเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใกล้เคียงกับทิศตะวันออก หรือทิศตะวันตกของผู้ตรวจ (ใกล้ไพรม์เวอร์ติเกิลของผู้ตรวจ) ซึ่งในขณะนั้นเส้น LOP หรือ เส้นลองจิจูด (Longitude line) จะชี้ไปทางทิศเหนือ-ใต้

การเดินเรือสมัยใหม่ นักเดินเรืออาจเลือกวัดดวงอาทิตย์ทำการวัดสูงหาละติจูด และ ลองจิจูดด้วยเหมือนกัน ในเมื่อดวงอาทิตย์นั้นอำนวยให้ เช่นในระหว่างแสงเงินแสงทอง อาจมีดาวฤกษ์หรือดาวพระเคราะห์บางดวงที่จะสามารถวัดสูงหาเส้นละติจูด และเส้น ลองจิจูดได้ ในเวลากลางวันดวงอาทิตย์จะวัดสูงหาเส้นละติจูดได้ เมื่อเวลาประมาณเที่ยง คือ แอซิมัทจริงใกล้ 000° หรือ 180° และดวงอาทิตย์จะวัดสูงหาเส้นลองจิจูดได้ในตอนเช้า และ ตอนบ่าย คือ แอซิมัทจริงใกล้ 090° หรือ 270° สำหรับดาวเหนือถ้าผู้ตรวจอยู่ต่ำกว่าละติจูด 65° เหนือ จะมีแอซิมัทจริง ระหว่าง $000^\circ-002^\circ$ กับ $358^\circ-360^\circ$ คือจะเดินอยู่รอบขั้วท้องฟ้า ห่างประมาณ 2° ตามปกติจะวัดสูงดาวเหนือ เพื่อหาละติจูดได้ในเมื่อผู้ตรวจอยู่ทางเหนือ ของ อีควเอเตอร์ เท่านั้น

การวัดสูงเพื่อหาละติจูดให้ถูกต้องจริง ๆ จะกระทำเมื่อดวงอาทิตย์มีแอซิมัทจริง เป็น 000° หรือ 180° และหาลองจิจูดให้ถูกต้องจริง ๆ จะกระทำเมื่อดวงอาทิตย์มีแอซิมัทจริง เป็น 090° หรือ 270° วิธีทำดังกล่าวซึ่งเป็นกรณีพิเศษนี้มักไม่ค่อยทำกัน แต่ในบางโอกาส ก็ใช้วิธีเหล่านี้เหมือนกัน ในเมื่อเห็นว่าสะดวกและง่ายกว่าวิธีอื่น

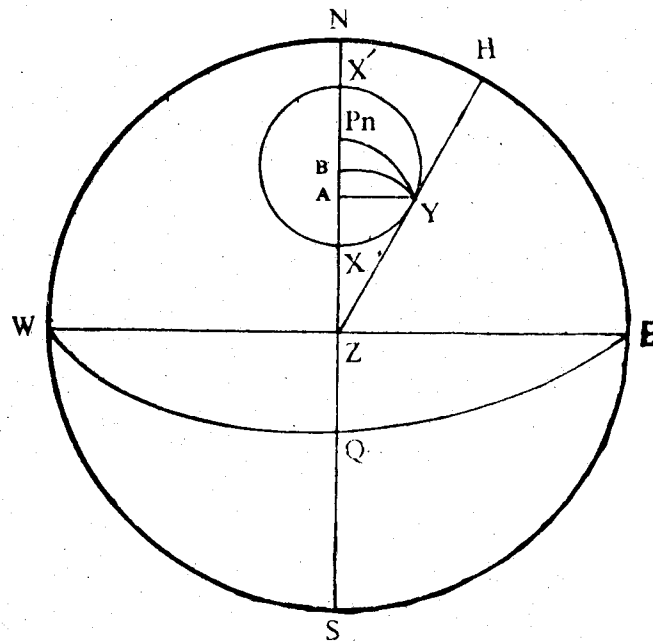
วัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ สามารถใช้หาละติจูดในขณะที่ผ่านเมริเดียนได้ทั้งนั้น แต่โดยทั่ว ๆ ไปมีวัตถุท้องฟ้าเพียงสองดวงเท่านั้นที่ใช้มากที่สุด คือดาวเหนือและดวงอาทิตย์

การวัดสูงดาวเหนือซึ่งมีดิกลิเนชันเกือบ 90° ตลอดเวลา เพื่อหาละติจูดนั้นไม่สามารถใช้มาตรา H.O. 214 ได้ จำเป็นต้องใช้สูตรคำนวณเป็นพิเศษ ซึ่งได้ทำเป็นมาตราสำเร็จไว้อีกต่างหาก

9.2 การหาละติจูดโดยดาวเหนือ (Latitude by Polaris)

ในวันหนึ่ง ๆ ผู้ตรวจจะมีความรู้สึกเห็นว่าวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ เคลื่อนตัวจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกบนทรงกลมท้องฟ้าเป็นวงกลมขนานกับรอบขั้วท้องฟ้า มีระยะจากขั้วท้องฟ้า (เหนือ) ต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ก็สุดแล้วแต่ว่า วัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงในขณะที่นั้นจะมีดิกลิเนชันเท่าใดสำหรับดาวเหนือก็เช่นเดียวกัน แต่ดาวเหนือเป็นดาวที่อยู่ใกล้ขั้วท้องฟ้าเหนือมากกว่าวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ คือมีระยะห่างจากขั้วท้องฟ้าประมาณ 2° เท่านั้น ฉะนั้นเมื่อผู้ตรวจอยู่ละติจูดเหนือมากกว่า 2° ก็จะเห็นดาวเหนือในเวลากลางคืนได้ทุกคืนตลอดเวลา

จงระลึกอยู่เสมอว่า ไม่ว่าผู้ตรวจอยู่ ณ ที่ใดก็ตาม ละติจูดของผู้ตรวจจะเท่ากับสูงของขั้วท้องฟ้าที่อยู่ใกล้ผู้ตรวจ



รูปที่ 70

ในรูปที่ 70 เป็นรูปบนพื้นขอบฟ้าแสดงการโคจรของดาวเหนือรอบ ๆ ขั้วท้องฟ้าเมื่อผู้ตรวจมีละติจูดเหนือ Z เป็นเซนติ, ZQ เป็นแลต.ของผู้ตรวจ, NPn เป็นสูงของขั้วท้องฟ้า ฉะนั้น $ZQ = NPn$, X' เป็นดาวเหนือที่อยู่บนเมริเดียนเบื้องบนของผู้ตรวจ XQ เป็น Dec. ของดาวเหนือ, $XPn = 90^\circ - \text{Dec. NX}$ เป็นสูงบนเมริเดียนของดาวเหนือ ฉะนั้น

$$\begin{aligned}\text{ละติจูดของผู้ตรวจ} &= ZQ = NPn = NX - XPn = NX - (90^\circ - \text{Dec.}) \\ &= \text{สูงบนเมริเดียน} - (90^\circ - \text{Dec.})\end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้าดาวเหนืออยู่บนเมริเดียนเบื้องล่างของผู้ตรวจ คืออยู่ที่ X'

$$\begin{aligned}\text{ละติจูดของผู้ตรวจ} &= ZQ = NPn = NX' + X' Pn = NX' + (90^\circ - \text{Dec.}) \\ &= \text{สูงบนเมริเดียน} + (90^\circ - \text{Dec.})\end{aligned}$$

ด้วยเหตุนี้เมื่อวัดสูงขณะที่ดาวเหนือผ่านเมริเดียน ก็จะหาละติจูดได้โดยง่าย แต่โอกาสเช่นนี้ต้องเสียเวลาในการรอคอย จึงเป็นปัญหาว่าทำอย่างไรจึงจะหาละติจูดโดยดาวเหนือได้ตลอดเวลาตามต้องการ

ในรูปที่ 70 ถ้าสมมติให้ Y เป็นดาวเหนือในขณะใดขณะหนึ่ง HY เป็นสูงของดาวเหนือในขณะนั้น $ZY = 90^\circ - HY$, ให้ ZB = ZY, YA เป็นเส้นตั้งฉากจากดาวเหนือไปยังเมริเดียนของผู้ตรวจ ดังนั้น NB = HY, ZYPn เป็นสามเหลี่ยมดาราศาสตร์

$$\text{ฉะนั้น ละติจูดของผู้ตรวจ} = NPn = NB - BPn = NB - APn + AB \dots (1)$$

ในรูปสามเหลี่ยมด้านโค้งมุมฉาก AYPn อาจถือว่าเป็นสามเหลี่ยมด้านตรงมุมฉากได้

$$APn = YPn \times \cos t \dots \dots \dots (2)$$

ในรูปสามเหลี่ยมด้านโค้งมุมฉาก ZAY

$$\begin{aligned}\cos ZA \cos YA &= \cos ZY \\ &= \cos (ZA + AB) \\ &= \cos ZA \cos AB - \sin ZA \sin AB\end{aligned}$$

เนื่องด้วย AB มีค่าน้อยมาก จึงให้ $\cos AB = 1$

$$\begin{aligned}\text{ฉะนั้น } \sin AB &= \frac{\cos ZA - \cos ZA \cos YA}{\sin ZA} \\ &= \cot ZA (1 - \cos YA) \\ &= \cot ZA \times 2 \sin^2 \frac{YA}{2} \dots \dots \dots (3)\end{aligned}$$

เนื่องด้วย AB และ YA มีค่าน้อย และเมื่อคิดเป็นฟิลิปดา

$$\sin AB'' = AB'' \sin 1''$$

$$\text{และ } \sin \frac{YA''}{2} = \frac{YA''}{2} \sin 1''$$

อีกประการหนึ่ง ZA เกือบจะเท่ากับ ZY

ดังนั้นจาก (3) จะได้

$$AB'' \sin 1'' = \cot ZY \times 2 \left(\frac{YA''}{2} \right)^2 \sin^2 1''$$

$$AB'' = \frac{1}{2} \sin 1'' (Yp'' \sin t)^2 \tan HY \dots\dots\dots(4)$$

เอา (2) และ (4) แทนค่าใน (1)

$$\text{จะได้ระยะจุดของผู้ตรวจ} = NB - Yp'' \cos t + \frac{1}{2} \sin 1'' (Yp'' \sin t)^2 \tan NB \dots\dots(5)$$

NB คือสูงจริง = Ho, Yp'' คือระยะยอด = p = 90° - Dec.

สำหรับ Tan NB นั้นเมื่อเปรียบเทียบ NB กับ NPn จะเห็นว่าต่างกัน แต่ต่างกันไม่มาก เมื่อเป็นค่าของ Tan แล้ว จะต่างกันน้อยมาก ฉะนั้น Tan NB อาจจะใช้ Tan Lat. แทนได้ เพราะ NPn เท่ากับระยะจุดของผู้ตรวจ

สมการ (5) จะเขียนใหม่ได้

$$\text{ระยะจุดของผู้ตรวจ} = Ho - p'' \cos t + \frac{1}{2} \sin 1'' (p'' \sin t)^2 \tan L$$

มุม t คือมุมเมริเดียน ซึ่งคำนวณได้จาก LHA. Aries + SHA

ถ้ามุม t มากกว่า 90° ค่าของ Cos t จะเป็นลบ (-) ฉะนั้นสูตรข้างบนจะเปลี่ยนไปเป็น

$$\text{ระยะจุดของผู้ตรวจ} = Ho + p'' \cos t + \frac{1}{2} \sin 1'' (p'' \sin t)^2 \tan L$$

จากสูตรดังกล่าวนี้ ได้ทำเป็นมาตราสำเร็จไว้ตอนท้ายของปฏิทินเดินเรือทุกปี ดังในรูปที่ 71 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมาตรา และได้คำนวณหาแอดมิชชันจริงไว้ให้ด้วย

- a₀ เป็นค่าของเทอมที่สอง คือ p'' Cos t เนื่องจาก p'' เปลี่ยนน้อยมากตลอดทั้งปี อย่างมากที่สุดประมาณ 0'.7 จึงกำหนดค่าประจำชั้นแต่ละปี ส่วนค่าของ t ก็เช่นกัน ได้กำหนดค่าของ SHA ให้เป็นค่าประจำชั้น โดยใช้ค่าเฉลี่ยทั้งปีสำหรับการคำนวณในปี 1970 นี้ ใช้ค่า Dec. = 89° 07'.9 N. และใช้ค่า SHA = 329° 10' ณ ที่ละจุด 50° จากผลการคำนวณจะมีค่าเป็นลบ (-) เพื่อความสะดวกในการใช้ จึงทำค่าให้เป็นบวก (+) โดยใช้ค่าคงที่ 58'.8 เป็นตัวบวก ฉะนั้นในการเปิดมาตราหาค่าของเทอมที่สอง จึงใช้ค่าของ LHA. Aries ไปเปิดแต่อย่างเดียว ซึ่งทำไว้ทุก 1°

a_1 เป็นค่าของเทอมที่สาม คือ $\frac{1}{2} \sin 1'' (p'' \sin t)^2 \tan L$. จะเห็นว่าค่า ของ P และ t ได้ใช้ค่าเดียวกันกับการคำนวณ a_0 แล้วคำนวณไว้ ณ ละติจูดต่าง ๆ กัน จนถึง 68° จากผลการคำนวณจะมีค่าเป็นลบ (-) เพื่อความสะดวกในการใช้ จึงทำค่าให้เป็นบวก (+) โดยใช้ค่าคงที่ที่ $0'.6$ เป็นตัวบวก ฉะนั้นในการเปิดมาตราหาค่าของเทอมที่สามจึงใช้ค่า LHA. Aries ค่าเดียวกันกับ a_0 และค่าของ L (Lat.) ไปเปิด

a_2 เป็นอัตราแก้ไขของเทอมที่สองให้ถูกต้อง คือค่าของ Dec. และ SHA ที่เปลี่ยนไปจากค่าคงที่ที่กำหนดไว้ตามเดือนต่าง ๆ เมื่อคำนวณออกมาแล้ว อัตราแก้ไขจะมีค่าเป็นลบ (-) เพื่อความสะดวกจึงทำให้เป็นบวก (+) โดยใช้ค่าคงที่ $0'.6$ เป็นตัวบวก ฉะนั้น ในการเปิดมาตราหาค่าอัตราแก้ไขนี้ จึงใช้ค่า LHA. Aries ค่าเดียวกันกับ a_0 และตามเดือนต่าง ๆ ไปเปิด

เมื่อเอา a_0 , a_1 และ a_2 รวมกันเข้าแล้ว จึงต้องเอา 1° ลบออก เพราะเป็นค่าที่เพิ่มเข้าไปเฉย ๆ เพื่อให้อัตราแก้ไขเป็นบวกดังกล่าวกว่าข้างต้น ($58'.8+0'.6+0'.6=1'$) ดังนั้น
 ละติจูดของผู้ตรวจ = $Ho - 1^\circ + a_0 + a_1 + a_2$

ตัวอย่าง วันที่ 27 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 0500 ที่เรือรายงาน แลต. $26^\circ 35'.0$ น. ลอง. $133^\circ 28'.1$ ตก. วัดสูงดาวเหนือได้ $26^\circ 40'.1$ IC (+) $1'.0$ เมื่ออ่านเวลามาฬิกาเทียบได้ 04-54-11 อัตราผิดนาฬิกาเทียบช้ากว่า $ZT 2^m 08^s$ สูงตา 39 ฟุต จงหาละติจูดในขณะนั้น

POLARIS (POLE STAR) TABLES, 1970

199

FOR DETERMINING LATITUDE FROM SEXTANT ALTITUDE AND FOR AZIMUTH

L.H.A. ARIES	240°- 249°	250°- 259°	260°- 269°	270°- 279°	280°- 289°	290°- 299°	300°- 309°	310°- 319°	320°- 329°	330°- 339°	340°- 349°	350°- 359°
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
0	1 44.4	1 39.4	1 33.1	1 25.9	1 17.7	1 09.0	1 00.0	0 51.0	0 42.1	0 33.8	0 26.2	0 19.6
1	44.0	38.8	32.5	25.1	16.9	08.2	0 59.1	50.1	41.3	33.0	25.5	19.0
2	43.5	38.2	31.8	24.3	16.0	07.3	58.2	49.2	40.4	32.2	24.8	18.4
3	43.0	37.6	31.1	23.5	15.2	06.4	57.3	48.3	39.5	31.4	24.1	17.8
4	42.6	37.0	30.3	22.7	14.3	05.5	56.4	47.4	38.7	30.6	23.4	17.3
5	1 42.1	1 36.4	1 29.6	1 21.9	1 13.5	1 04.6	0 55.5	0 46.5	0 37.9	0 29.9	0 22.7	0 16.7
6	41.5	35.8	28.9	21.1	12.6	03.7	54.6	45.6	37.0	29.1	22.1	16.2
7	41.0	35.1	28.1	20.2	11.7	02.8	53.7	44.7	36.2	28.4	21.4	15.7
8	40.5	34.5	27.4	19.4	10.8	01.8	52.8	43.9	35.4	27.6	20.8	15.2
9	39.9	33.8	26.6	18.6	09.9	00.9	51.9	43.0	34.6	26.9	20.2	14.7
10	1 39.4	1 33.1	1 25.9	1 17.7	1 09.0	1 00.0	0 51.0	0 42.1	0 33.8	0 26.2	0 19.6	0 14.2
Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
10	.5	.4	.3	.3	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.4	.5
20	.5	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4	.5
30	.5	.5	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5
40	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
45	.6	.6	.6	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6
50	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6	.6
55	.6	.6	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.6	.6
60	.7	.7	.7	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.7	.7	.7
62	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
64	.7	.8	.8	.9	0.9	0.9	0.9	0.9	.9	.8	.8	.7
66	.7	.8	.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	.9	.8	.7
68	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8
Month	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
Jan.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Feb.	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.5	.5	.6
Mar.	.4	.4	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.4	.4
Apr.	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
May	.6	.6	.5	.4	.4	.3	.3	.2	.2	.2	.2	.2
June	.8	.7	.7	.6	.5	.4	.4	.3	.3	.2	.2	.2
July	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
Aug.	.9	.9	.9	.9	.8	.8	.7	.6	.6	.5	.5	.4
Sept.	.9	.9	.9	.9	.9	0.9	0.9	.8	.8	.7	.7	.6
Oct.	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
Nov.	.7	.7	.8	.9	.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Dec.	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lat.	AZIMUTH											
0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5
20	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.5
40	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
50	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.8
55	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9
60	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.0
65	1.1	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.2

Latitude = Apparent altitude (corrected for refraction) $-1^\circ + a_0 + a_1 + a_2$

The table is entered with L.H.A. Aries to determine the column to be used; each column refers to a range of 10° . a_0 is taken, with mental interpolation, from the upper table with the units of L.H.A. Aries in degrees as argument; a_1 , a_2 are taken, without interpolation, from the second and third tables with arguments latitude and month respectively. a_0 , a_1 , a_2 are always positive. The final table gives the azimuth of *Polaris*.

วิธีทำ

date (L)	27	April	
W	04	- 54	- 11
WE	(+)	2	08
ZT	04	- 56	- 19
ZD (+)	9		
GMT	13	- 56	- 19
date (G)	27	April	
13 ^h	50°		06'.0
56 ^m 19 ^s	14°		07'.1
GHAY	64°		31'.1
λ	133°		28'.1
LHAY	290°		45'.0
	+	☆	-
IC	1'.0		
D			6'.1
☆ - P			1'.9
a ₀	68'.4		
a ₁	0'.4		
a ₂	0'.2		
add'l			60'.0
sum	70'.0		68'.0
corr.		+	02'.0
hs	26°		40'.1
Lat.	26°		42'.1

W.

N.

คำตอบ Lat. 26° 42'.1 N.

9. การหาละติจูดโดยสูงบนเมริเดียน (Latitude by Meridian altitude)

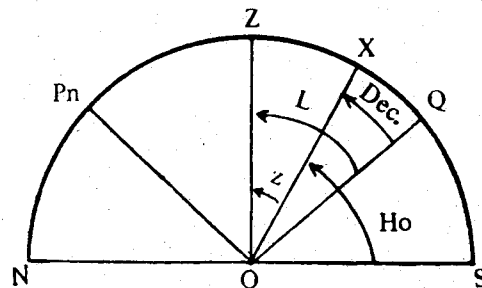
การวัดสูงบนเมริเดียน ก็คือการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงใดดวงหนึ่ง ในขณะที่วัตถุท้องฟ้านั้นอยู่บนเมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจ หมายความว่าในขณะนั้นวัตถุท้องฟ้ามีแอมัลจริงเป็น 000° หรือ 180° ถ้าจะกล่าวเกี่ยวกับสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ หรือสามเหลี่ยมเดินเรือแล้ว ก็คือในขณะวัดสูงบนเมริเดียน จุดขั้วท้องฟ้าที่ใกล้กับผู้ตรวจ จุดเซนิธ และ วัตถุท้องฟ้าจะอยู่บนวงใหญ่วงเดียวกันทั้งสามจุด เส้นตำบลที่ (LOP) ที่ได้จากการวัดสูงบนเมริเดียนจะเป็นเส้นละติจูดอย่างถูกต้องแน่นอน และจะเป็นเส้นตรงที่อยู่ในทิศตะวันออก-ตะวันตก พอดี

ระยะเซนิธ (Zenith distance) เป็นระยะทางเชิงมุมที่นับจากวัตถุท้องฟ้าไปยังเซนิธของผู้ตรวจ ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางใต้ของผู้ตรวจ ระยะเซนิธจะมีชื่อเป็นเหนือ (N) ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางเหนือของผู้ตรวจ ระยะเซนิธจะมีชื่อเป็นใต้ (S)

$$\text{ระยะเซนิธ } (z) = 90^\circ - H_o$$

ฉะนั้น ถ้าทราบระยะเซนิธของวัตถุท้องฟ้าขณะอยู่บนเมริเดียน และดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้าในขณะนั้น ก็จะสามารถหาละติจูดได้โดยง่าย

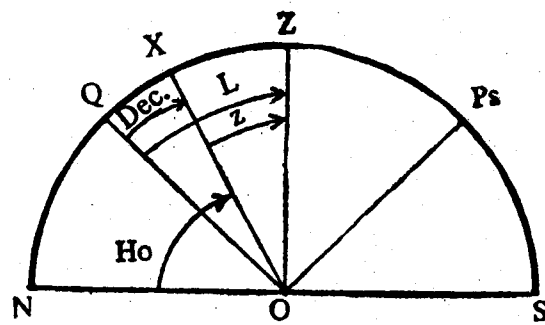
รูปต่าง ๆ ที่แสดงต่อไปนี้ เป็นรูปบนพื้นเมริเดียนท้องฟ้าของผู้ตรวจเพียงครั้งเดียว โดยเขียนจากจุดเหนือ และจุดใต้ของขอบฟ้าของผู้ตรวจ ซึ่งสมมติให้ X เป็นวัตถุท้องฟ้าอยู่บนเมริเดียนของผู้ตรวจในกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 72

กรณีที่ 1 ในรูปที่ 72 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดเหนือ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเหนือระยะเซนิธมีชื่อเป็นเหนือ เหมือนกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า

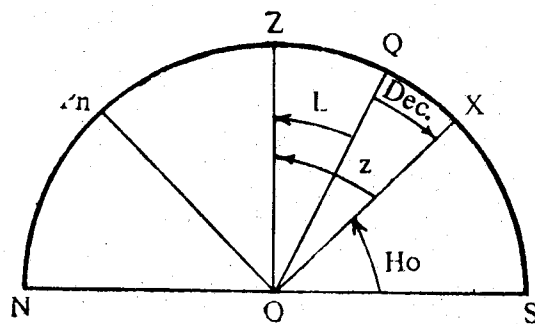
$$\text{ฉะนั้น } L = \text{Dec.} + z$$



รูปที่ 73

กรณีที่ 2 ในรูปที่ 73 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดใต้ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันได้ระยะเซนธิมีชื่อเป็นได้ เหมือนกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า

$$\text{ฉะนั้น } L = \text{Dec.} + z$$

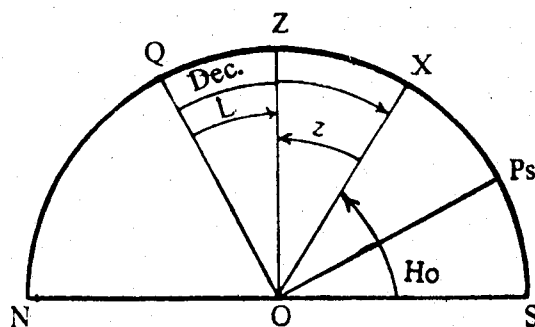


รูปที่ 74

กรณีที่ 3 ในรูปที่ 74 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดเหนือ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันได้ระยะเซนธิมีชื่อเป็นเหนือ ต่างกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า แต่ดิกลิเนชันน้อยกว่าระยะเซนธิ

กรณีที่ 4 ในรูปที่ 75 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดใต้ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเหนือระยะเซนธิมีชื่อเป็นได้ ต่างกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า แต่ดิกลิเนชันน้อยกว่าระยะเซนธิ

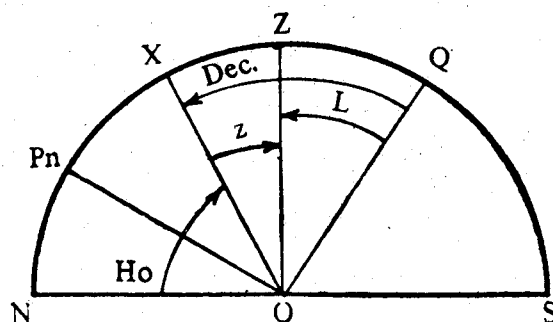
$$\text{ฉะนั้น } L = z - \text{Dec.}$$



รูปที่ 76

กรณีที่ 5 ในรูปที่ 76 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดใต้ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันได้ระยะเซนธิร์ มีชื่อเป็นเหนือ ต่างกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า แต่ดิกลิเนชันมากกว่าระยะเซนธิร์

$$\text{ฉะนั้น } L = \text{Dec.} - z$$



รูปที่ 77

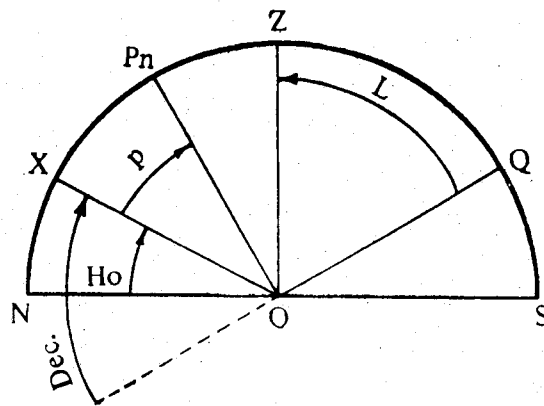
กรณีที่ 6 ในรูปที่ 77 ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดเหนือ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเหนือ ระยะเซนธิร์มีชื่อเป็นใต้ ต่างกับดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า แต่ดิกลิเนชันมากกว่าระยะเซนธิร์

$$\text{ฉะนั้น } L = \text{Dec.} - z$$

ทั้ง 6 กรณีนี้ เป็นการวัดสูงบนเมริเดียนเบื้องบนทั้งสิ้น อาจสรุปให้จำง่าย ๆ

- (1) $L = \text{Dec.} + z$ เมื่อระยะเซนธิร์กับดิกลิเนชันมีชื่อเหมือนกัน
- (2) $L = \text{Dec.} - z$ เมื่อระยะเซนธิร์กับดิกลิเนชันมีชื่อต่างกัน
- (3) ละติจูดจะมีชื่อตามส่วนที่มากกว่า

มีกรณีพิเศษอีกอย่างหนึ่ง คือการวัดสูงบนเมริเดียนเบื้องล่างยอด ดังต่อไปนี้-



รูปที่ 78

กรณีที่ 7 ในรูปที่ 78 เป็นการวัดสูงบนเมริเดียนเบื้องล่าง ผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูดเหนือ วัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเหนือ ในกรณีนี้ไม่สามารถนำเอาระยะเซนิธมาคำนวณหาละติจูดได้ โดยง่าย จึงจำเป็นต้องใช้ระยะยอด (p) กับสูง (Ho) แทน เพราะละติจูดเท่ากับสูงของยอดท้องฟ้า

เพราะว่า $p = 90^\circ - \text{Dec.}$

ฉะนั้น $L = Ho + p$

9.4 วัดฤกษ์ท้องฟ้าดวงใดดวงหนึ่งก็ตาม ขณะผ่านเมริเดียนผู้ตรวจ (อยู่บนเมริเดียน)

จะมีสูงมากที่สุดดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1.15 ในขณะนั้นวัตถุท้องฟ้าจะหยุดนิ่ง แล้วจะค่อย ๆ เคลื่อนตัวต่ำลง วิธีนี้เป็นวิธีที่ปฏิบัติกันอยู่เสมอในการวัดสูงบนเมริเดียน ในสมัยโบราณก่อนที่จะมีนาฬิกาสุริยคติอย่างถูกต้องใช้ในเรือ การวัดสูงบนเมริเดียนเพื่อหาละติจูดนั้น ใช้วิธีวัดโดยเริ่มต้นวัดสูงก่อนเวลาที่วัตถุท้องฟ้าจะผ่านเมริเดียนหลายนาที แล้วค่อย ๆ แต่งความสูงที่เครื่องวัดแดดให้สูงขึ้นทีละน้อยตามสูงของวัตถุท้องฟ้าขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสูงของวัตถุท้องฟ้าเริ่มจะลดลง ก็ถือว่าวัตถุท้องฟ้านั้นผ่านเมริเดียนแล้ว ครั้นแล้วก็ใช้สูงที่สุดของวัตถุท้องฟ้าตามที่วัดได้ ไปคำนวณหาละติจูดและถือว่า เวลาโดยประมาณในขณะที่ยัดสูงนั้นเป็นเวลาที่ถูกต้องแล้ว ซึ่งนำเอาไปหาดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้าได้เลย เพราะว่าโคออดิเนตของวัตถุท้องฟ้าในขณะที่อยู่บนเมริเดียนเปลี่ยนช้ามาก ครั้นแล้วก็จะคำนวณหาละติจูดได้

มีปัญหาอยู่ว่าทำอย่างไรจึงจะทราบว่าจะวัดฤกษ์ท้องฟ้าต่าง ๆ เช่น ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และดาวพระเคราะห์ ผ่านเมริเดียนเวลาใด ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก

ในปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันทางขวามือตอนล่างได้ให้เวลา LMT ขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนเบื้องบนที่กรีนิช และในขณะที่ดวงจันทร์ผ่านเมริเดียนเบื้องบน

และเบื้องล่างที่กรีนวิช แต่ละวันไว้ทั้งสามวัน ส่วนหน้าทางซ้ายมือตอนล่าง ได้ให้เวลา LMT ขณะที่ดาวพระเคราะห์ที่ใช้ในการเดินเรือทั้ง 4 ดวง ผ่านเมริเดียนเบื้องบนที่กรีนวิชไว้เช่นเดียวกัน ซึ่งเวลาที่ให้ไว้แต่ละดวงนั้นใช้ได้ทั้งสามวัน

เวลา LMT ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น การขึ้น - ตก ของดวงอาทิตย์ และ ดวงจันทร์ การปรากฏและสิ้นสุดของแสงเงินแสงทอง และการผ่านเมริเดียนที่กรีนวิชตามที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือ นั้น ก็จะเป็นเวลา LMT ของปรากฏการณ์เหล่านั้น ที่ลองจิจูดของตำบล ที่ต่าง ๆ เหมือนกัน

ในทางปฏิบัติไม่ค่อยใช้วัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ วัตถุบนเมริเดียน เพื่อหาละติจูดมากเท่า ดวงอาทิตย์เลย คือส่วนมากจะใช้แต่ดวงอาทิตย์เท่านั้น

9.5 การหาเวลาเที่ยงจริง (Determining the time of local apparent noon)

ในปัจจุบันการวัดสูงดวงอาทิตย์บนเมริเดียน จำเป็นต้องหาเวลาให้แน่นอนว่า ดวงอาทิตย์จะผ่านเมริเดียน ณ ตำบลที่ ที่เรืออยู่เป็นเวลาเท่าใด แล้วจึงวัดสูงดวงอาทิตย์ตาม เวลาที่คำนวณได้ ดวงอาทิตย์จะผ่านเมริเดียนที่ใดก็ตาม ย่อมเป็นเวลาเที่ยงจริง ณ ตำบลที่นั้น ทั้งสิ้น คือเป็นเวลาจริง 1200 แต่เวลาที่ใช้อยู่ในเรือใช้เวลา ZT ฉะนั้นจึงต้องหาว่าเวลาเที่ยงจริง ณ ตำบลที่นั้น จะเป็นเวลา ZT เท่าใด หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือจะต้องหาว่าในขณะที่ ดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียนจะเป็นเวลา ZT เท่าใดนั่นเอง

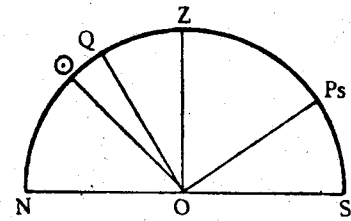
ในปฏิทินเดินเรือได้ทำเวลาเที่ยงจริงให้เป็นเวลาสมมติตำบลที่ (LMT) แล้วแต่ เป็นเวลาที่ใกล้เคียงเพียงนาที่เท่านั้น ไม่ได้ทำละเอียดถึงวินาที เช่นในวันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลาเที่ยงจริงจะเป็นเวลา LMT $11^{\text{h}} 58^{\text{m}}$ (ดูรูปที่ 52) หมายความว่าในวันที่ 25 เม.ย. 1970 ดวงอาทิตย์จะอยู่บนเมริเดียนทุกแห่งเมื่อเวลา LMT $11^{\text{h}} 58^{\text{m}}$ ฉะนั้น เรือจะอยู่ตำบลที่ใด ก็ตาม ก็ต้องแก้เวลา LMT นี้ให้เป็นเวลา ZT ณ ตำบลที่นั้น

การแก้เวลา LMT ให้เป็นเวลา ZT นั้น ให้ใช้ผลต่างของลองจิจูดในนามของเวลา ระหว่างที่เรือรายงานเวลา 1200 กับเมริเดียนกลางของภาคเวลา (Time zone) เป็นอัตราแก้ ถ้าเวลาที่ต่างกับเวลาที่เรือรายงานเวลา 1200 มาก ก็ให้เลื่อนที่เรือไปยังเวลาที่คำนวณได้ แล้วหาเวลา ZT อีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งเวลาที่คำนวณได้ ต่างกับเวลาที่เรือรายงานไม่เกิน 1 นาที ก็ถือว่าเป็นเวลา ZT ที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน ณ ที่เรือนั้น การคำนวณนี้อาจต้องทำ หลายครั้งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของนักเดินเรือ

ตัวอย่าง ในวันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลา 1200 ที่เรือรายงานละติจูด $31^{\circ} 34' .6$ ได้. ลองจิจูด $82^{\circ} 45' .1$ อ. เรือแล่นเข็มจริง 087° ความเร็ว 21 นอต ต้องการวัดสูงดวงอาทิตย์บนเมริเดียน จงหาเวลา ZT เมื่อดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน และถ้าในขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน วัดสูง ขอบล่างได้ $45^{\circ} 20' .2$ ในแปริ่งเหนือ IC (+) $1' .0$ สูงตา 32 ฟุต จงหาละติจูดในขณะนั้น

วิธีทำ

		
date (L)	25 April	
LMT	11 - 58	
d λ	(+) 29	
ZT	12 - 27	1 st. est.
LMT	11 - 58	
d λ	(+) 28	
ZT	12 - 26	2 nd. est.
ZD	(-) 6	
GMT	06 - 26	
date (G)	25 April	
	+  -	
IC	1' .0	
D	5' .5	
	15' .0	
sum	61' .0	5' .5
corr.	(+) 10' .5	
hs	45°	20' .2
Ho	45°	30' .7
z	44°	29' .3 S.
Dec.	13°	04' .2 N.
Lat.	31°	25' .1 S.



คำตอบ ZT 1226, Lat. $31^{\circ} 25' .1$ S.

คำอธิบาย เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวัน วันที่ 25 เม.ย. 1970 จะได้เวลา LMT ที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน คือเวลา 11 - 58 ที่เรือรายงานเวลา 1200 อยู่ที่ลองจิจูด $82^{\circ} 45' .1$ อ. ฉะนั้น เมริเดียนมาตรฐานของภาคเวลานี้ คือลอง. $90^{\circ} 00' .0$ อ. (ZD = (-) 6) ในกรณีนี้

ผลต่างของลองจิจูดเป็นเวลาจะเท่ากับ $90^{\circ} 00'.0 - 82^{\circ} 45'.1 = 7^{\circ} 14'.9 = 28^m 56^s = 29^m$ ใกล้เคียง แต่เรืออยู่ทางตะวันตกของเมริเดียนมาตรฐานจึงต้องเอา 29^m ไปบวก กับ LMT จึงจะเป็น ZT ณ ตำแหน่งที่เรืออยู่ ซึ่งจะได้ ZT 1227 ในการคำนวณครั้งที่หนึ่งนี้ จะเห็นว่าที่เรือเวลา 1200 ใช้ไม่ได้ ต้องเลื่อนที่เรืออยู่ไปอยู่ที่เวลา 1227 ตามเข็มและความเร็วที่กำหนด ซึ่งจะได้ที่เรืออยู่ที่ลองจิจูด $82^{\circ} 56'.2$ อ. ผลต่างของลองจิจูดกับเมริเดียน มาตรฐาน เมื่อคิดเป็นเวลาจะได้ 28 นาทีเมื่อเอาไปบวกกับ LMT จะได้ ZT 1226 จากการคำนวณครั้งที่สองนี้ จะเห็นว่าเวลา ZT ครั้งที่หนึ่งกับเวลา ZT ณ ที่เรือรายงานใหม่นี้ต่างกันเพียง 1 นาที ก็เป็นอันว่าใช้ได้คือเวลาเที่ยงจริงหรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนในขณะนั้น จะเป็นเวลา ZT 1226

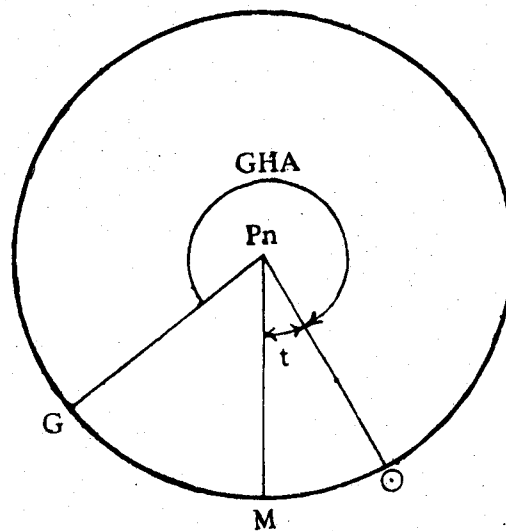
ต่อจากนั้นก็คำนวณเปลี่ยนเวลา ZT ให้เป็นเวลา GMT และวันที่ ที่กรีนิชซึ่งจะได้ GMT 06 - 26 ของวันที่ 25 เม.ย. 1970 เพื่อนำไปใช้เปิดปฏิทินเดินเรือหาดิคลิเนชันของดวงอาทิตย์ในขณะวัดสูง ซึ่งจะได้ Dec. $13^{\circ} 04'.2$ N. ครั้นแล้วทำการแก้สูงจะได้สูงจริง $45^{\circ} 30'.7$ และเปลี่ยนเป็นระยะเซนธิ์ จะได้ $44^{\circ} 29'.3$ S. เพราะดวงอาทิตย์อยู่ทางเหนือ ผลต่างของระยะเซนธิ์กับดิคลิเนชันก็จะได้เป็นละติจูด และมีชื่อตามระยะเซนธิ์ เพราะระยะเซนธิ์มากกว่า คือ Lat. $31^{\circ} 25'.1$ S.

อย่าลืมว่าการวัดสูงบนเมริเดียนต้องวัดตามเวลาที่คำนวณได้ เพราะสูงมากที่สุดอาจจะไม่ใช่สูงบนเมริเดียนก็ได้

9.6 มีวิธีหาเวลาเที่ยงจริงเป็นเวลา ZT อีกอย่างหนึ่ง

ซึ่งใช้กันมากเหมือนกัน วิธีนี้อาศัยอัตราเร็วของมุมเวลาดวงอาทิตย์ ที่โคจรรอบโลกในวันหนึ่ง ๆ กล่าวคือดวงอาทิตย์เดินรอบโลกหนึ่งรอบหรือ 360° ในเวลา 24 ชั่วโมง ฉะนั้นอัตราเร็วของมุมเวลาดวงอาทิตย์ 1 ชั่วโมงจะเท่ากับ $15^{\circ} = 900'$

มีหลักการอีกอย่างหนึ่งที่จะต้องทำความเข้าใจไว้ก่อน คือ ถ้าเรืออยู่ที่ใดก็ตามเมื่อดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียน ระยะเวลาของดวงอาทิตย์จะทับกับเมริเดียนที่เรืออยู่ในขณะนั้น ถ้าทราบลองจิจูดของที่เรือขณะนั้นก็จะทราบ GHA ของดวงอาทิตย์ทันทีและเมื่อทราบ GHA ของดวงอาทิตย์แล้ว ก็สามารถเปิดปฏิทินเดินเรือหาเวลา GMT ได้ และเมื่อได้เวลา GMT แล้วก็จะสามารถทำให้เป็นเวลา ZT ณ ที่เรืออยู่ได้



รูปที่ 79

วิธีหา ก็คือ จะต้องหาที่เรือโดยประมาณเวลา 1200 เสียก่อน ตามในรูปที่ 79 สมมติให้ M Pn เป็นลองจิจูดรายงานเวลา 1200 แล้วเปิดปฏิทินเดินเรือหา GHA ของดวงอาทิตย์ให้อยู่ทางตะวันออกของ M Pn โดยให้ใกล้กับ M Pn ที่เวลา GMT ชั่วโมงเต็ม ๆ จากลองจิจูดกับ GHA ก็จะได้มุม t ซึ่งอยู่ทางตะวันออกได้ ซึ่งจะเรียกมุมนี้ว่า tE และแตกค่าของมุม tE ให้เป็นลิปดา ต่อจากนั้นก็คำนวณได้ว่าดวงอาทิตย์จะต้องใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเคลื่อนตัวไปอยู่บนเมริเดียน M Pn เพราะทราบแล้วว่าดวงอาทิตย์มีอัตราเร็ว 1 ชั่วโมง = $900'$ เมื่อเอาเวลาที่คำนวณได้ไปบวกกับเวลา GMT ซึ่งทำให้เป็นเวลา ZT ณ ตำบลที่นั้นแล้วก็เป็นเวลา ZT ที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนตามต้องการ

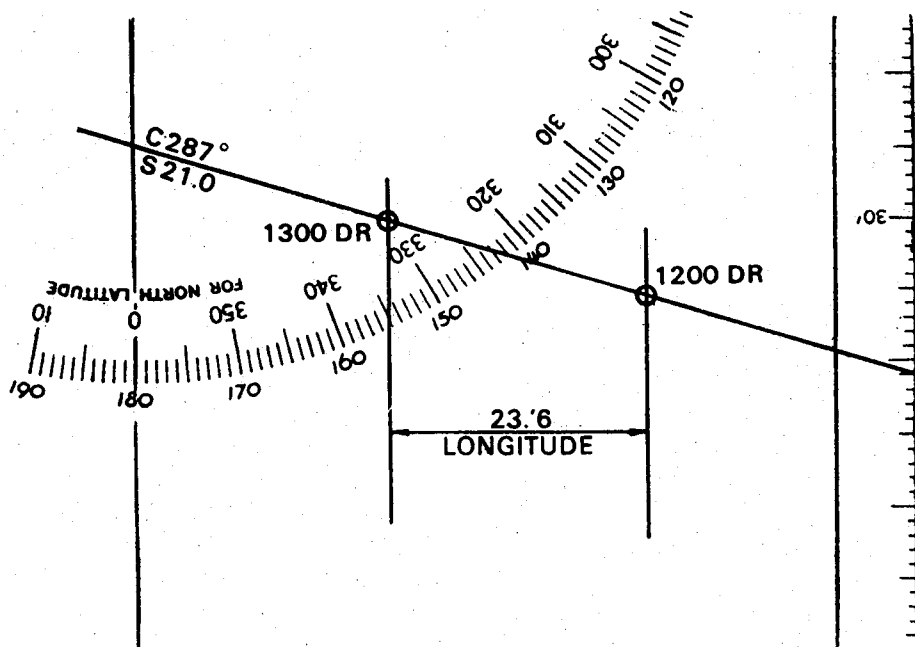
ตามที่กล่าวมาแล้วนี้ หมายความว่าเรือไม่มีการเคลื่อนตัวแต่อย่างใด ถ้าเรือเคลื่อนตัวไปตามเข็มและความเร็วที่กำหนดแล้ว อัตราเร็วของดวงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้คำนวณ ก็จะเปลี่ยนแปลง คือถ้าเรือแล่นไปทางตะวันออกเข้าหาดวงอาทิตย์ ก็จะทำให้อัตราเร็วของดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนเท่ากับอัตราเปลี่ยนลองจิจูด ของเรือใน 1 ชั่วโมง ในทำนองเดียวกัน ถ้าเรือแล่นไปทางตะวันตกออกจากดวงอาทิตย์ ก็จะทำให้อัตราเร็วของดวงอาทิตย์น้อยลงเป็นจำนวนเท่ากับ อัตราเปลี่ยนลองจิจูดของเรือใน 1 ชั่วโมง (เช่นเดียวกับ โจรภัยรถไฟ ถ้าแล่นสวนกันอัตราเร็วบวกกัน ถ้าแล่นตามกันอัตราเร็วจะลบกัน) อัตราเปลี่ยนลองจิจูดของเรือใน 1 ชั่วโมง ใช้วัดจากแผนที่แล้วแตกให้เป็นลิปดา ดังได้กล่าวมานี้ ก็จะได้

สูตร คือ

$$\text{ช่วงเวลาถึงเที่ยงจริง} = \frac{tE \text{ (เป็นลิปดา)}}{900' + \text{อัตราเปลี่ยนแปลงจุดของเรือใน 1 ชั่วโมง}}$$

ตัวอย่าง ในวันที่ 25 เม.ย. 1970 เรือแล่นเข็มจริง 287° ความเร็ว 21 นอต ต้องการจะวัดสูงดวงอาทิตย์บนเมริเดียน ครั้นเวลาประมาณ 1145 ได้หาที่เรือรายงานล่วงหน้าเมื่อเวลา 1200 ได้ละติจูด $31^\circ 34'.6$ ไต้. ลองจิจูด $82^\circ 45'.4$ อ. (ZD = (-) 6) จงหาเวลาเมื่อดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน

วิธีทำ



รูปที่ 80

ในรูปที่ 80 ลองจิจูดรายงานเวลา 1200 จะเท่ากับ $82^\circ 45'.4$ อ. เปลี่ยนให้เป็น GHA จะได้ $360^\circ - 82^\circ 45'.4 = 277^\circ 14'.6$ เปิดปฏิทินเดินเรือในวันที่ 25 เม.ย. 1970 (สำหรับกรณีนี้) หา GHA ของดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่า (เพื่อให้อยู่ทางตะวันออก) ที่ใกล้เคียงที่สุด ณ เวลา GMT ที่ชั่วโมงเต็ม ๆ จะได้ GHA $270^\circ 29'.6$ เมื่อเวลา GMT 0600 ซึ่งจะเป็น เวลา ZT ณ ตำบลที่เรืออยู่ 1200 เพราะ ZD = (-) 6 ผลต่าง GHA ของเรือกับ GHA ของดวงอาทิตย์ จะเท่ากับ $277^\circ 14'.6 - 270^\circ 29'.6 = 6^\circ 45'.0 = 405'.0$ ซึ่งก็คือมุม tE

จากเส้นทางเดินเรือและความเร็วในแผนที่ เพื่อหาอัตราเปลี่ยนลองจิจูดใน 1 ชั่วโมง ก็ใช้ที่เรือรายงานระหว่าง 1200 กับ 1300 จะได้อัตราเปลี่ยนลองจิจูดใน 1 ชั่วโมง เท่ากับ $23'.6$ (ดูในรูปที่ 80) อัตรานี้เปลี่ยนไปทางตะวันตก ฉะนั้นอัตราเร็วของดวงอาทิตย์ที่แท้จริง ก็จะเท่ากับ $900' - 23'.6 = 876'.4$ ใน 1 ชั่วโมง ดังนั้นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์จะต้องเดินไปอยู่บนเมริเดียน หรือที่เรียกว่าช่วงเวลาถึงเที่ยงจริงขณะที่เรืออยู่ จะเท่ากับ $\frac{405'.0}{876'.4} = 0.462$ ชั่วโมง หรือเท่ากับ 27 นาที 43 วินาที หลังจากเวลา 1200 ไปแล้ว

คำตอบ เวลาเที่ยงจริงหรือเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนจะเป็นเวลา ZT 12-27-43

9.7 สูงมากที่สุดหรือน้อยที่สุดไม่ใช่สูงบนเมริเดียน

การวัดสูงบนเมริเดียนของดาวฤกษ์ พอที่จะถือได้ว่าสูงมากที่สุด เมื่อผ่านเมริเดียน เบื้องบนเป็นสูงบนเมริเดียน และสูงน้อยที่สุด เมื่อผ่านเมริเดียนเบื้องล่างเป็นสูงบนเมริเดียน โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณหาเวลาผ่านเมริเดียน

แต่สำหรับดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ ดิคลิเนชันจะเปลี่ยนแปลง ต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลามากกว่าดาวฤกษ์ ฉะนั้นสูงมากที่สุดหรือน้อยที่สุดจะเกิดขึ้นได้ ทั้งก่อนหรือหลังการผ่านเมริเดียน ดังนั้นในการวัดสูงบนเมริเดียนอย่างถูกต้องจึงจำเป็นต้อง คำนวณหาเวลาผ่านเมริเดียน และต้องทำการวัดตามเวลานั้น

สาเหตุก็คือ ถ้าเรือแล่นไปทางทิศใดทิศหนึ่ง เว้นแต่ทางทิศตะวันออก หรือทางทิศตะวันตก เมื่อเรือแล่นเข้าหาวัตถุท้องฟ้าสูงจะทวีขึ้น และเมื่อเรือแล่นออกจากวัตถุท้องฟ้าสูงจะลดน้อยลง ทั้งนี้สุดแล้วแต่ความเร็วของเรือและขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนดิคลิเนชันของวัตถุท้องฟ้าด้วย

นอกจากนั้น ถ้าอัตราเปลี่ยนสูงของวัตถุท้องฟ้าสัมพันธ์กับความเร็วของโลกที่หมุนรอบแกนตนเองเท่ากันพอดี ก็จะปรากฏว่าวัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่ง อีกประการหนึ่งถ้าอัตราเปลี่ยนสูงของวัตถุท้องฟ้าเท่ากับความเร็วของเรือรวมกับอัตราเปลี่ยนดิคลิเนชันเมื่อเรือแล่นเข้าหาวัตถุท้องฟ้า ก็จะปรากฏว่าวัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่งในขณะที่สูงจริงน้อยลงในลักษณะเช่นนี้ ก็หมายความว่าวัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่ง หลังจากผ่านเมริเดียนเบื้องบนไปแล้ว หรือหยุดนิ่งก่อนผ่านเมริเดียนเบื้องล่าง ตรงกันข้าม ถ้าอัตราเปลี่ยนสูงของวัตถุท้องฟ้าเท่ากับอัตราเร็วรวม เมื่อเรือแล่นห่างออกจากวัตถุท้องฟ้า จะปรากฏว่าวัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่งในขณะที่สูงจริงทวีขึ้น ซึ่งก็หมายความว่า วัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่งก่อนผ่านเมริเดียนเบื้องบน หรือหยุดนิ่งหลังจากผ่านเมริเดียนเบื้องล่าง

ในขณะที่ปรากฏว่าวัตถุท้องฟ้าหยุดนิ่งก็จะทำให้วัดสูงได้มากที่สุด เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางเมริเดียนเบื้องบน และจะทำให้วัดสูงได้น้อยที่สุด เมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางเมริเดียนเบื้องล่าง แต่ไม่ใช่เป็นสูงบนเมริเดียน

ด้วยสาเหตุต่าง ๆ ดังกล่าว เพราะฉะนั้นการวัดสูงบนเมริเดียน จึงต้องทำการวัดตามเวลาที่คำนวณได้

9.8 การวัดสูงเพื่อหาลองจิจูด (Observations for longitude)

การวัดสูงวัตถุท้องฟ้าเพื่อหาลองจิจูด ได้ใช้ควบคู่กัน กับการวัดสูงวัตถุ ท้องฟ้าเพื่อหาละติจูดเป็นเวลานานมาแล้ว ก่อนที่จะรู้จักการหาที่เรือโดยใช้เส้นด้ามที่ ครั้งแรกการหาลองจิจูดนั้นจะต้องทราบละติจูดที่แน่นอนมาก่อน ละติจูดที่แน่นอนใช้หาโดยวิธีวัดสูงบนเมริเดียน แล้วเลื่อนเส้นละติจูดไปตามที่เรือรายงานเพื่อหาลองจิจูด วิธีนี้ลองจิจูด จะถูกต้องได้ก็ต่อเมื่อละติจูดถูกต้องเท่านั้น ครั้นต่อมาได้มีการนำเอานาฬิกาที่รักษาเวลาได้อย่างถูกต้องมาใช้ในการกำหนดเวลาเกี่ยวกับการเดินเรือ การวัดสูงวัตถุท้องฟ้าเพื่อหาลองจิจูด จึงใช้วัดเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่บนไพร้มเวอร์ติเกิล หมายความว่าในขณะที่นั้น วัตถุท้องฟ้ามีแอสซิมัทจริง $090^{\circ}.0$ หรือ $270^{\circ}.0$ การหาลองจิจูดโดยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยความถูกต้องของละติจูด

ปัจจุบันการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าเพื่อหาลองจิจูดนั้นใช้กันน้อยมาก หรือเกือบจะไม่ใช้เลย ถ้าหากจะใช้หาลองจิจูด นักเดินเรือมักจะวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนเช้าและตอนเย็นหลาย ๆ ครั้ง เพื่อหาลองจิจูดโดยประมาณ วิธีหาเพื่อความสะดวก ได้ใช้มาตรา H.O. 214 คำนวณหาเวลาสำหรับทำการวัด โดยใช้ละติจูดกับดิกลิเนชัน ไปเปิดมาตรา H.O. 214 หามุมแอสซิมัทว่าถ้าวัตถุท้องฟ้ามีมุมแอสซิมัท $90^{\circ}.0$ จะมีมุมเมริเดียน (t หรือ H.A.) เท่าใด แล้วใช้ลองจิจูดโดยประมาณหามุม t ให้เป็น GHA ต่อจากนั้นก็ไปเปิดปฏิทินเดินเรือหาว่าเป็นเวลา GMT เท่าใด ครั้นแล้วเปลี่ยนเวลา GMT เป็น ZT ณ ตำแหน่งที่เรืออยู่ ซึ่งจะเป็นเวลาที่ต้องการวัดสูงเพื่อหาลองจิจูดตามต้องการ

ครั้นเมื่อวัดสูงและจดเวลาในขณะที่นั้นแล้ว การคำนวณหาลองจิจูดก็ใช้เปิดมาตรา H.O. 214 เช่นกัน โดยใช้สูงจริงดิกลิเนชันและละติจูดเปิดหาค่ามุม t ให้ถูกต้องโดยละเอียดเมื่อเอามุม t ไปกระทำกับ GHA ในขณะนั้น ก็จะได้ลองจิจูดอย่างถูกต้อง

9.9 สรุป

การวัดสูงเพื่อหาเส้นละติจูดและลองจิจูดนั้น เป็นวิธีช่วยหาดำบลที่เรือที่แน่นอนได้อย่างหนึ่ง ซึ่งวิธีเหล่านี้จะต้องกระทำโดยวิธีพิเศษ เช่นวิธีหาละติจูดโดยดาวเหนือ วิธีหาละติจูดบนเมริเดียน และวิธีหาลองจิจูดบนไพร้มเวอร์ติเกิล

วิธีหาแต่ละอย่างนี้ เรียกว่าเป็นกรณีพิเศษที่แตกต่างจากวิธีทั่ว ๆ ไปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและสะดวกที่สุด คือการหาดำบลที่ การเดินเรือสมัยใหม่นี้ การหาละติจูดโดยดาวเหนือยังคงมีใช้อยู่บ่อย ๆ การหาละติจูดบนเมริเดียนตามปกติไม่ค่อยได้ใช้กัน สำหรับการหาลองจิจูดใช้น้อยที่สุดหรือเกือบจะเลิกไปทีเดียว เพราะการเดินเรือสมัยใหม่ได้ใช้เส้น

ตำบลที่ซึ่งคำนวณจากมาตรา H.O. 214 แทน คือถ้าทำการตรวจเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางเหนือหรือใต้ เส้นตำบลที่ก็จะเป็นเส้นละติจูด และถ้าทำการตรวจเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่ทางตะวันออกหรือตะวันตก เส้นตำบลที่ก็จะเป็นเส้นลองจิจูด

แบบฝึกหัด

1. วันที่ 27 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 0500 ที่เรือรายงานละติจูด $27^{\circ} 38'.2$ น. ลองจิจูด $154^{\circ} 17'.3$ อ. เมื่อเวลานาฬิกาเทียบ 04-57-15 วัดสูงดาวเหนือได้ $27^{\circ} 32'.4$ อัตราผิดนาฬิกาเทียบเร็วกว่า ZT 56,^s IC (+) 0'.8 สูงตา 40 ฟุต จงหาละติจูด โดยใช้ปฏิทินเดินเรือ

คำตอบ L $27^{\circ} 32'.5$ N

2. วันที่ 26 เม.ย. 1970 เวลา 1200 ที่เรือรายงานละติจูด $43^{\circ} 40'.2$ น. ลองจิจูด $66^{\circ} 43'.0$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 260° ความเร็ว 20 นอต ต้องการวัดสูงดวงอาทิตย์บนเมริเดียน จงหาเวลา ZT เมื่อดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน และถ้าขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียน วัดสูงดวงอาทิตย์ขอบล่างได้ $59^{\circ} 41'.0$ ในแบร์ริงได้ IC (-) 1'.2 สูงตา สูง 65 ฟุต จงหาละติจูดในขณะนั้น

คำตอบ ZT 1226, L $43^{\circ} 44'.4$ N.

บทที่ 10

การหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ดวงอาทิตย์ตก และแสงเงินแสงทอง และดวงจันทร์ขึ้น ดวงจันทร์ตก (Sunrise and Sunset, Twilight, Moonrise and Moonset)

10.1 ดวงอาทิตย์ขึ้น

หมายความว่า ขอบบนของดวงอาทิตย์เริ่มโผล่จากขอบฟ้าเห็น ในทำนองเดียวกัน ดวงอาทิตย์ตก หมายความว่า ขอบบนของดวงอาทิตย์จมลับหายไปจากขอบฟ้าเห็น ตามปรากฏการณ์ที่เห็นนี้ เนื่องจากการหักเหของแสง ดิพของขอบฟ้าพาราแลลลิกซ์ของขอบฟ้า และครึ่งเส้นศูนย์กลางขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้นหรือดวงอาทิตย์ตกสูงคำนวณจึงไม่ใช่ 0° แต่จะปรากฏเมื่อจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าประมาณ $34'$ ดวงจันทร์ขึ้นและดวงจันทร์ตก ก็ปรากฏในทำนองเดียวกัน

แสงเงินแสงทอง (Twilight) เป็นช่วงระยะเวลาก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นที่ความมืดกำลังจะหายไปและความสว่างจะเข้ามาแทนที่ และเป็นช่วงระยะเวลาหลังจากดวงอาทิตย์ตกที่ความสว่างกำลังจะหายไป และความมืดจะเข้ามาแทนที่ จุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของแสงเงินแสงทอง มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันหลายอย่างที่สุดแล้วแต่ว่าจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์จะอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้าเท่าใด แต่ที่ใช้ในการปฏิบัติการทางทะเลมีอยู่สองอย่างซึ่งปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือคือ Nautical twilight กับ Civil twilight

Nautical twilight ในตอนเช้าจะเริ่มต้นเมื่อจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 12° ในตอนเย็นจะสิ้นสุดเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 12° เช่นกัน

Civil twilight ในตอนเช้าจะเริ่มต้นเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 6° ในตอนเย็นจะสิ้นสุดเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 6° เช่นกัน

นอกจากนี้มีแสงเงินแสงทองอีกอย่างหนึ่งควรทราบไว้คือ Astronomical twilight ในตอนเช้าและตอนเย็นจะเริ่มต้นและสิ้นสุด เมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 18°

ในปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันทางขวามือ (ดูรูปที่ 52) จะให้เวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ดวงอาทิตย์ตก เวลาเริ่มต้นแสงเงินแสงทองในตอนเช้าและเวลาสิ้นสุดแสงเงินแสงทองในตอนเย็น ทั้ง Nautical และ Civil twilight เป็นเวลา GMT ซึ่งใช้ได้ทั้งสามวัน ตามละติจูดต่าง ๆ บนเมริเดียนกรีนวิช โดยคำนวณที่วันกึ่งกลางของวันทั้งสาม สำหรับเวลาดวงจันทร์ขึ้น และดวงจันทร์ตก ได้ให้ไว้เป็นเวลา GMT ทุกวันตามละติจูดต่าง ๆ บนเมริเดียนกรีนวิชเช่นกัน

สำหรับปรากฏการณ์เกี่ยวกับดวงอาทิตย์คือ ดวงอาทิตย์ขึ้น-ตก และแสงเงินแสงทองที่ให้เวลาเป็น GMT หรือ LMT (G) นั้น อาจถือว่าเป็นเวลา LMT ที่ทุกลองจิจูดได้ เพราะความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนดิคลิเนชันและ Equation of time (หรืออัตราเปลี่ยนมุมเวลา) ในวันหนึ่ง ๆ เปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ส่วนเวลาดวงจันทร์ขึ้นและดวงจันทร์ตก ระหว่างวันหนึ่งกับอีกวันหนึ่งเปลี่ยนแปลงเร็วมาก ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำเอาอัตราเปลี่ยนสำหรับลองจิจูดมาแก้ด้วย

เครื่องหมายที่ปรากฏในปฏิทินเดินเรือ ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้มีความหมายต่าง ๆ กันดังนี้

-  ดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์จะอยู่เหนือขอบฟ้าตลอดเวลา
-  ดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์จะอยู่ใต้ขอบฟ้าตลอดเวลา
-  จะมีแสงเงินแสงทองตลอดคืน

10.2 การหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตก (Sunrise and Sunset)

เวลา GMT ของดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตก ในปฏิทินเดินเรือแต่ละหน้าทางขวามือเป็นเวลาใกล้เคียงเพียงนาที่ ตั้งแต่ละติจูด 72° น. ถึง ละติจูด 62° ใต้. ตามช่วงละติจูดต่าง ๆ กัน (ดูรูปที่ 52) เวลา GMT นี้ใช้เป็นเวลา LMT ที่ทุกลองจิจูดได้โดยไม่ต้องมีอัตราแก้แต่อย่างใด จะแก้ก็แต่เพียงอัตราแก้ละติจูด เพื่อให้ถูกต้องตามละติจูดของตำบลที่เรือเท่านั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณหาอัตราแก้ละติจูดนี้ ได้ทำเป็นมาตราไว้ให้แล้วที่หน้าเหลืองหน้าสุดท้ายในปฏิทินเดินเรือทุกเล่ม ดังในรูปที่ 81 ภายใต้วลี TABLE I - FOR LATITUDE

เมื่อหา LMT ณ ตำบลที่เรืออยู่ได้แล้วก็แก้เวลาให้เป็น ZT ตามเวลาที่เรือใช้อยู่ โดยใช้ผลต่างของลองจิจูด ณ ตำบลที่เรืออยู่กับเมริเดียนมาตรฐาน ของภาคเวลานั้น ๆ ในนามของเวลามาเป็นอัตราแก้

ตัวอย่าง จงหาเวลา (ZT) ดวงอาทิตย์ตกในวันที่ 26 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด $17^{\circ} 15'.5$ ใต้. ลองจิจูด $150^{\circ} 54'.6$ อ.

วิธีทำ

SUNSET		
10° S.	17	52
Tab.I	(-)	8
LMT	17	44
d λ	(-)	4
ZT	17	40

คำตอบ ZT 1740

คำอธิบาย เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันวันที่ 26 เม.ย. 1970 ในช่วงดวงอาทิตย์ตกตามละติจูดที่กำหนด ถ้าไม่ตรงก็ให้ใช้ที่ละติจูดน้อยกว่า ในที่นี้จะได้ที่ละติจูด 10° S. ซึ่งเป็นเวลา LMT ขณะที่ดวงอาทิตย์ตก ณ ละติจูดนั้น 1752 ครั้นแล้วหาผลต่างระหว่างละติจูดกับผลต่างของเวลาจากปฏิทินเดินเรือ ซึ่งจะได้ผลต่างของละติจูดเท่ากับ 10° (10° S. - 20° S. = 10°) และผลต่างของเวลาเท่ากับ (-) 11 นาที (1752 - 1741 = 11) ที่เป็นลบ (-) ก็เพราะว่าเมื่อละติจูดมากขึ้นเวลาจะเร็วขึ้น ต่อจากนั้นหาผลต่างระหว่างละติจูดที่กำหนดตามโจทย์กับละติจูดที่ใช้ในปฏิทินเดินเรือ ซึ่งจะได้เท่ากับ 7° 15'.5 (17° 15'.5 S. - 10° S = 7° 15'.5) ต่อไปให้เปิด Table I (รูปที่ 81) เพื่อหาอัตราแก้ไขสำหรับละติจูด คือ เมื่อละติจูดต่างกัน 10° เวลาจะต่างกัน (-) 11 นาที ถ้าละติจูดต่างกัน 7° 15'.5 จะต่างกันเท่าใด ซึ่งจากการเปิดมาตราจะได้ (-) 8 นาที เมื่อเอาไปกระทำกับ LMT ครั้งแรก ก็จะได้เป็น LMT ณ ละติจูดตามที่โจทย์กำหนดคือ 1744 สุดท้ายให้เปลี่ยนเวลา LMT เป็นเวลา ZT ในที่นี้เมริเดียนมาตรฐาน คือลองจิจูด 150° E หมายความว่าถ้าอยู่ที่ลองจิจูด 150° E. ดวงอาทิตย์จะตกเวลา 1744 แต่ตำบลที่ตามโจทย์กำหนดอยู่ที่ลองจิจูด 150° 54'.6 E. ซึ่งใช้เวลาเดียวกันกับที่ลองจิจูด 150° E. เพราะอยู่ในภาคเวลาเดียวกัน ฉะนั้นดวงอาทิตย์จึงต้องตกก่อน เพราะอยู่ทางตะวันออกของเมริเดียนมาตรฐาน ช่วงเวลาที่ต่างกันนี้จะเท่ากับผลต่างระหว่างเมริเดียนมาตรฐาน กับลองจิจูดตามที่โจทย์กำหนดในนามของเวลา ซึ่งจะ เท่ากับ (-) 4 นาที (150° 54'.6 E. - 150° E. 54'.6 E. = (-) 4 นาที) ดังนั้นคำตอบก็จะเป็นเวลา ZT 1740 ณ ตำบลที่ตามโจทย์กำหนดให้

ในกรณีนี้ถ้าไม่คำนึงถึงภาคเวลา คือทุกแห่งใช้ LMT ของตนเอง เวลาดวงอาทิตย์ตกที่ลองจิจูด 150° E. จะเป็นเวลา LMT 1744 และที่ลองจิจูด 150° 54'.6 E. หรือที่ลองจิจูดอื่น ๆ ก็จะเป็นเวลา LMT 1744 เหมือนกัน

การหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นโดยอาศัยปฏิทินเดินเรือ ก็กระทำอย่างเดียวกันกับหาเวลาดวงอาทิตย์ตก ดังได้อธิบายมาแล้ว

TABLES FOR INTERPOLATING SUNRISE, MOONRISE, ETC.

TABLE I—FOR LATITUDE

Tabular Interval			Difference between the times for consecutive latitudes															
10°	5°	2°	5 ^m	10 ^m	15 ^m	20 ^m	25 ^m	30 ^m	35 ^m	40 ^m	45 ^m	50 ^m	55 ^m	60 ^m	1 ^h 05 ^m	1 ^h 10 ^m	1 ^h 15 ^m	1 ^h 20 ^m
0 30	0 15	0 06	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	0 02	0 02	0 02	0 02
1 00	0 30	0 12	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	05	05	05	05
1 30	0 45	0 18	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	07	07	07	07
2 00	1 00	0 24	1	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	10	10	10	10
2 30	1 15	0 30	1	2	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	12	13	13	13
3 00	1 30	0 36	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0 15	0 15	0 16	0 16
3 30	1 45	0 42	2	3	5	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	18	19	19
4 00	2 00	0 48	2	4	6	8	9	11	13	14	15	16	18	19	20	21	22	22
4 30	2 15	0 54	2	4	7	9	11	13	15	16	18	19	21	22	23	24	25	26
5 00	2 30	1 00	2	5	7	10	12	14	16	18	20	22	23	25	26	27	28	29
5 30	2 45	1 06	3	5	8	11	13	16	18	20	22	24	26	28	0 29	0 30	0 31	0 32
6 00	3 00	1 12	3	6	9	12	14	17	20	22	24	26	29	31	32	33	34	36
6 30	3 15	1 18	3	6	10	13	16	19	22	24	26	29	31	34	36	37	38	40
7 00	3 30	1 24	3	7	10	14	17	20	23	26	29	31	34	37	39	41	42	44
7 30	3 45	1 30	4	7	11	15	18	22	25	28	31	34	37	40	43	44	46	48
8 00	4 00	1 36	4	8	12	16	20	23	27	30	34	37	41	44	0 47	0 48	0 51	0 53
8 30	4 15	1 42	4	8	13	17	21	25	29	33	36	40	44	48	0 51	0 53	0 56	0 58
9 00	4 30	1 48	4	9	13	18	22	27	31	35	39	43	47	52	0 55	0 58	1 01	1 04
9 30	4 45	1 54	5	9	14	19	24	28	33	38	42	47	51	56	1 00	1 04	1 08	1 12
10 00	5 00	2 00	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	1 05	1 10	1 15	1 20

Table I is for interpolating the L.M.T. of sunrise, twilight, moonrise, etc., for latitude. It is to be entered, in the appropriate column on the left, with the difference between true latitude and the nearest tabular latitude which is *less* than the true latitude; and with the argument at the top which is the nearest value of the difference between the times for the tabular latitude and the next higher one; the correction so obtained is applied to the time for the tabular latitude; the sign of the correction can be seen by inspection. It is to be noted that the interpolation is not linear, so that when using this table it is essential to take out the tabular phenomenon for the latitude *less* than the true latitude.

TABLE II—FOR LONGITUDE

Long. East or West	Difference between the times for given date and preceding date (for east longitude) or for given date and following date (for west longitude)														
	10 ^m	20 ^m	30 ^m	40 ^m	50 ^m	60 ^m	1 ^h + 10 ^m	1 ^h + 20 ^m	1 ^h + 30 ^m	2 ^h 10 ^m	2 ^h 20 ^m	2 ^h 30 ^m	2 ^h 40 ^m	2 ^h 50 ^m	3 ^h 00 ^m
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
10	0	1	1	1	1	2	2	2	3	04	04	04	04	05	05
20	1	1	2	2	3	3	4	4	5	07	08	08	09	09	10
30	1	2	2	3	4	5	6	7	7	11	12	12	13	14	15
40	1	2	3	4	6	7	8	9	10	14	16	17	18	19	20
50	1	3	4	6	7	8	10	11	12	18	19	21	22	24	25
60	2	3	5	7	8	10	12	13	15	22	23	25	27	28	30
70	2	4	6	8	10	12	14	16	17	25	27	29	31	33	35
80	2	4	7	9	11	13	16	18	20	29	31	33	36	38	40
90	2	5	7	10	12	15	17	20	22	32	35	37	40	42	45
100	3	6	8	11	14	17	19	22	25	0 36	0 39	0 42	0 44	0 47	0 50
110	3	6	9	12	15	18	21	24	27	40	43	46	49	0 52	0 55
120	3	7	10	13	17	20	23	27	30	43	47	50	53	0 57	1 00
130	4	7	11	14	18	22	25	29	32	47	51	54	0 58	1 01	1 05
140	4	8	12	16	19	23	27	31	35	51	54	0 58	1 02	1 06	1 10
150	4	8	13	17	21	25	29	33	38	0 54	0 58	1 03	1 07	1 11	1 15
160	4	9	13	18	22	27	31	36	40	0 58	1 02	1 07	1 11	1 16	1 20
170	5	9	14	19	24	28	33	38	42	1 01	1 06	1 11	1 16	1 20	1 25
180	5	10	15	20	25	30	35	40	45	1 05	1 10	1 15	1 20	1 25	1 30

Table II is for interpolating the L.M.T. of moonrise, moonset and the Moon's meridian passage for longitude. It is entered with longitude and with the difference between the times for the given date and for the preceding date (in east longitudes) or following date (in west longitudes). The correction is normally *added* for west longitudes and *subtracted* for east longitudes, but if, as occasionally happens, the times become earlier each day instead of later, the signs of the corrections must be reversed.

10.3 การหาเวลาแสงเงินแสงทอง (Twilight)

ช่วงระยะเวลาแสงเงินแสงทองในตอนเช้าและตอนเย็นของแต่ละวัน มีความสำคัญต่อการเดินเรือดาราศาสตร์มาก เพราะช่วงเวลานี้เท่านั้นจะทำให้หาที่เรือแน่นอนได้ โดยการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ หลายดวงในเวลาติดต่อกันได้ เมื่อขณะเวลาเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองชนิดที่เรียกว่า Nautical twilight คือขณะเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 12° ขอบฟ้าจะยังมีมืดมากไม่เหมาะแก่การวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ส่วนเมื่อขณะเวลาเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองชนิดที่เรียกว่า Civil twilight คือขณะเมื่อจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าขอบฟ้าท้องฟ้า 6° จะเป็นระยะเวลาที่ดีมาก คือขอบฟ้าจะเห็นชัดเจนดีและดาวฤกษ์ดวงที่สุกใสมากก็จะได้เห็นได้เด่นชัด เพราะดาวฤกษ์ดวงที่สุกใสน้อยจะจางหายไป ฉะนั้นหลังจากเวลาเริ่มต้นหรือก่อนสิ้นสุดแสงเงินแสงทองนี้ จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ในช่วงเวลาที่มีแสงเงินแสงทอง

เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของ Nautical หรือ Civil twilight ได้ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือแล้วเช่นกัน การหาเวลาเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองดังกล่าวใช้วิธีเดียวกันกับการหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นและเวลาดวงอาทิตย์ตก

ตัวอย่าง จงหาเวลา (ZT) สิ้นสุดของ Civil twilight ในตอนเย็นวันที่ 25 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด $52^\circ 27'.4$ น. ลองจิจูด $38^\circ 07'.0$ ตก.

วิธีทำ

	CIVIL TWILIGHT	
52° N.	19	53
Tab. I	(+)	2
LMT	19	55
dλ	(-)	28
ZT	19	27

คำตอบ ZT 1927

10.4 การหาเวลาดวงจันทร์ขึ้นและดวงจันทร์ตก (Moonrise and Moonset)

เวลาดวงจันทร์ขึ้นหรือเวลาดวงจันทร์ตก มีปรากฏอยู่ในปฏิทินเดินเรือทุกวันตามละติจูดต่าง ๆ เช่นเดียวกับเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นหรือดวงอาทิตย์ตก แต่เนื่องจากอัตราเปลี่ยนมุมเวลาหรือการเคลื่อนตัว รอบโลกของดวงจันทร์ในวันหนึ่ง ๆ มีเวลาไม่เท่ากัน คือไม่ใช่ 15° ต่อ 1 ชั่วโมงเช่นวันที่ 25 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด 10° น. ดวงจันทร์ขึ้นเวลา 2202 และจะตกเวลา 0845

และในวันที่ 26 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด 10° น. ดวงจันทร์ขึ้นเวลา 2302 และจะตกเวลา 0946
 ดังนี้เป็นต้น ฉะนั้น ต้องจำไว้ว่าเวลาดวงจันทร์ขึ้นหรือเวลาดวงจันทร์ตก ที่ให้ไว้ในปฏิทิน
 เติมนั้นเป็นเวลา GMT คือเป็นปรากฏการณ์ที่เมริเดียนกรีนิชตามละติจูดต่าง ๆ ดังนั้น
 การหาเวลาดวงจันทร์ขึ้นหรือดวงจันทร์ตก นอกจากแก้ละติจูดโดยมาตรา I เช่นเดียวกับ
 ดวงอาทิตย์แล้ว ยังจะต้องแก้ลองจิจูดอีกด้วย โดยมาตรา II ภายใต้หัวของ TABLE II-FOR
 LONGITUDE ดังในรูปที่ 81

มีความจริงอยู่ว่า ถ้าผู้ตรวจอยู่ลองจิจูดตะวันออก ปรากฏการณ์ของดวงจันทร์จะเกิด
 ขึ้นก่อนที่เมริเดียนกรีนิช ฉะนั้นเวลา LMT ของดวงจันทร์ขึ้นหรือดวงจันทร์ตก ณ ลองจิจูด
 ตะวันออก ก็ต้องเอาผลต่างของเวลา GMT ในวันที่ต้องการหา กับวันที่แล้วมา มาใช้คำนวณ
 หาเป็นอัตราแก้ไขสำหรับลองจิจูดนั้น ๆ ตรงกันข้ามถ้าผู้ตรวจอยู่ลองจิจูดตะวันตก ก็ต้องเอาผล
 ต่างของเวลา GMT ในวันที่ต้องการหา กับวันถัดไป มาใช้คำนวณหาเป็นอัตราแก้ไขสำหรับลองจิจูดนั้น

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะแก้ลองจิจูด ก็ต้องแก้ละติจูดด้วยมาตรา I เสียก่อนทั้งสองวัน
 ตามวันที่ต้องการดังกล่าวแล้ว ครั้นแล้วจึงใช้มาตรา II แก้ลองจิจูดในภายหลัง เมื่อได้เวลา LMT
 แล้วจึงแก้เวลาให้เป็นเวลา ZT ต่อไป

ตัวอย่างที่ 1 จงหาเวลา (ZT) ดวงจันทร์ขึ้นในวันที่ 27 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด $55^{\circ} 09'.2$
 น. ลองจิจูด $126^{\circ} 44'.4$ ตก.

วิธีทำ

MOONRISE			
54° N.	01	45	27 April
Tab. I	(+)	11	
LMT (G)	01	56	27 April
54° N.	02	15	28 April
Tab. I	(+)	8	
LMT (G)	02	23	28 April
LMT (G)	01	56	27 April
diff.	(+)	27	
Tab. II	(+)	10	
LMT (G)	01	56	27 April
LMT (L)	02	06	27 April
d λ	(+)	27	
ZT	02	33	27 April

ตอบ ZT 0233

คำอธิบาย เปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันตามต้องการ ในกรณีนี้ผู้ตรวจอยู่ที่ลองจิจูดตะวันตก ปรากฏการณ์ดวงจันทร์ขึ้น (หรือดวงจันทร์ตก) จึงเกิดที่เมริเดียนกรีนิชก่อน และเนื่องจากอัตราเปลี่ยนมุมเวลาของดวงจันทร์ในวันหนึ่ง ๆ ไม่คงที่ฉะนั้นจึงต้องหาอัตราเปลี่ยนว่าในวันหนึ่ง ๆ ดวงจันทร์จะโคจรเร็วขึ้นหรือลดลงเป็นเวลาเท่าใด โดยใช้เมริเดียนกรีนิชเป็นหลัก เพราะลองจิจูดเริ่มนับ 0° ที่เมริเดียนกรีนิช ในกรณีนี้จึงต้องใช้เวลาดวงจันทร์ขึ้นในวันที่ต้องการกับวันถัดไปมาหาอัตราเปลี่ยนใน 1 วัน

จากการเปิดปฏิทินเดินเรือต้องเปิดที่ละติจูดน้อยกว่าที่กำหนดให้ ในวันที่ 27 เม.ย. คือที่ละติจูด 54° น. ในเวลา LMT (G) 0145 โดยใช้มาตรา I แก้ให้เป็นที่ละติจูด $55^\circ 09'.2$ น. จะได้อัตราแก้ (+) 11 นาที (เพราะว่าผลต่างของเวลาระหว่างละติจูด 56° น. กับ 54° น. ซึ่งต่างกัน 2° เป็นเวลา $0204 - 0145 = (+) 19$ นาทีและละติจูดของผู้ตรวจมากกว่า 54° น. อยู่ $= 55^\circ 09'.2 - 54^\circ = 1^\circ 09'.2$ ซึ่งจะเป็นอัตราแก้ = (+) 11 นาที) ฉะนั้นจะได้เวลา LMT (G) ที่ละติจูด $55^\circ 09'.2$ น. เป็น 0156 ในวันที่ 27 เม.ย.

ในทำนองเดียวกันจะได้เวลา LMT (G) ที่ละติจูด $55^\circ 09'.2$ น. เป็นเวลา 0223 ในวันที่ 28 เม.ย. ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อดวงจันทร์เดินไป 360° จะช้าลง $= 0223 - 0156 = 27$ นาที ฉะนั้นถ้าผู้ตรวจอยู่ที่ลองจิจูด $126^\circ 44'.4$ ตก. ดวงจันทร์จะช้าลงกี่นาที ซึ่งใช้เปิดมาตรา II จะได้ (+) 10 นาที (จะใช้เทียบบัญญัติไตรยางค์ก็ได้) เพราะฉะนั้นดวงจันทร์จะขึ้น ณ ตำแหน่งของผู้ตรวจเมื่อเวลา LMT (L) $= 0156 + 10 = 0206$ ในวันที่ 27 เม.ย. แต่ผู้ตรวจใช้เวลา ZT ที่ลองจิจูด 120° ตก. (ZD = (+) 8) ซึ่งเป็นลองจิจูดมาตรฐาน ฉะนั้นอัตราแก้เวลา LMT (L) ให้เป็น ZT ก็คือผลต่างระหว่างลองจิจูดของผู้ตรวจกับลองจิจูดมาตรฐานในนามของเวลา ซึ่งจะ $= 126^\circ 44'.4 - 120^\circ = 6^\circ 44'.4 = (+) 27$ นาที เพราะว่าผู้ตรวจอยู่ทางตะวันตกของเมริเดียนมาตรฐาน ฉะนั้นจะได้คำตอบเป็นเวลาดวงจันทร์ขึ้นที่ละติจูด $55^\circ 09'.2$ น. ลองจิจูด $126^\circ 44'.4$ ตก. เมื่อเวลา ZT 0233 ในวันที่ 27 เม.ย. ตามต้องการ

ตัวอย่างที่ 2 จงหาเวลา (ZT) ดวงจันทร์ตกในวันที่ 26 เม.ย. 1970 ที่ละติจูด $57^\circ 10' .0$ น. ลองจิจูด $154^\circ 30'.5$ อ.

วิธีทำ

	MOONSET		
56° N.	06	29	26 April
Tab. I	(-)	14	
LMT (G)	06	15	26 April
56° N.	05	29	25 April
Tab I	(-)	13	

LMT (G)	05	16	25 April
LMT (G)	06	15	26 April
diff.	(-)	59	
Tab. II	(-)	26	
LMT (G)	06	15	26 April
LMT (L)	05	49	26 April
dλ	(-)	18	
ZT	05	31	

คำตอบ ZT 0531

คำอธิบาย ผู้ตรวจอยู่ที่ลองจิจูดตะวันออก จึงต้องเอาวันที่ต้องการกับวันที่แล้วมา คือ วันที่ 25 เม.ย. กับวันที่ 26 เม.ย. ทั้งนี้เพราะปรากฏการณ์จะเกิดขึ้นที่ลองจิจูดผู้ตรวจก่อน ที่เมริเดียนกรีนวิช อัตราแก้ลองจิจูด ณ ละติจูดที่ต้องการจึงเป็น (-) 26 นาทีซึ่งจะได้ LMT (L) 0549 ในวันที่ 26 เม.ย. การแก้ให้เป็นเวลา ZT นั้น เนื่องจากผู้ตรวจอยู่ทางตะวันออกของ เเมริเดียนมาตรฐาน (150° อ.) ไปอีก $4^{\circ} 30' .5$ อัตราแก้จึงเป็น (-) 18 นาที ฉะนั้นจะได้ คำตอบเป็นดวงจันทร์ตกที่ละติจูด $57^{\circ} 10' .0$ น. ลองจิจูด $154^{\circ} 30' .5$ อ. เมื่อเวลา ZT 0531 ในวันที่ 26 เม.ย. ตามต้องการ

(หมายเหตุ การหาเวลาผ่านเมริเดียนของดวงจันทร์ ณ เเมริเดียนต่าง ๆ ก็ใช้วิธี เดียวกันนี้ แต่ไม่ต้องแก้ละติจูด แก้เฉพาะลองจิจูดเท่านั้น โดยใช้มาตรา II อย่างเดียวกัน)

เนื่องจากดวงจันทร์โคจรรอบโลกหนึ่งรอบ เป็นระยะเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 24 ชั่วโมง 50 นาที ซึ่งก็หมายความว่าดวงจันทร์ขึ้นหรือดวงจันทร์ตก ก็จะช้าลงวันละประมาณ 50 นาที แต่ความจริงแล้วอาจจะผิดไปจากนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะต่าง ๆ ฉะนั้นในวันหนึ่ง ดวงจันทร์อาจจะขึ้นหรืออาจจะตกสองครั้งก็ได้ เช่น ขึ้นเมื่อเวลา 0017 หนหนึ่งแล้วไปขึ้นเมื่อ เวลา 2327 อีกหนหนึ่ง ซึ่งเป็นวันเดียวกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ในปฏิทินเดินเรือจะเขียนให้ทราบใน ลักษณะ { $\begin{smallmatrix} 0017 \\ 2327 \end{smallmatrix}$ } ในวันนั้น ๆ นอกจากนั้นในวันหนึ่งดวงจันทร์อาจจะไม่ขึ้นหรืออาจจะ ไม่ตกเลยก็ได้ เช่นในวันที่ 11 ในปฏิทินเดินเรือจะเขียนบอกไว้ว่าดวงจันทร์ตกเวลา 2410 ซึ่งก็ หมายความว่าในวันที่ 11 จะไม่มีดวงจันทร์ตกแต่จะไปตกเมื่อเวลา 0010 ของวันที่ 12 ซึ่งใน ปฏิทินเดินเรือ ในวันที่ 12 ก็จะเขียนบอกไว้ว่าดวงจันทร์ตกเวลา 0010 เช่นกัน ฉะนั้นในการ คำนวณหาเวลาดวงจันทร์ขึ้นและตก จึงต้องระมัดระวังในการเลือกเวลาที่คำนวณให้ถูกต้อง ใน เมื่อมีกรณีเช่นนี้เกิดขึ้น

10.5 การหาเวลาดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ขึ้นหรือตกและเวลาแสงเงินแสงทองใน ขณะเรือแล่น (Rising, Setting, and Twilight aboard a moving ship)

ตามที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นของบทนี้เป็นการหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ดวงอาทิตย์ตก และเวลาเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของแสงเงินแสงทอง และเวลาดวงจันทร์ขึ้น ดวงจันทร์ตกในเมื่อค่าของของผู้ตรวจเป็นค่าที่แน่นอน ไม่มีการเคลื่อนตัวแต่อย่างใดแต่ความจริงในทางปฏิบัติ นั้น นักเดินเรือต้องการหาเวลาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าว ในขณะที่เรือกำลังเดินทางอยู่

การคำนวณหาเวลา ZT ของปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งในขณะที่เรือกำลังแล่นอยู่นั้น มีวิธีการคล้ายคลึงกันกับหาเวลาผ่านเมริเดียนของดวงอาทิตย์ ในขณะเรือแล่นดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 9 กล่าวคือ

ครั้งแรกในขณะที่เรือกำลังเดินทางอยู่ ให้คาดคะเนล่วงหน้าว่าเวลาของปรากฏการณ์ที่ต้องการหา นั้น จะปรากฏขึ้นในเวลาเท่าใด โดยพิจารณาจากทิศทางและความเร็วของเรือ การคาดคะเนเวลาล่วงหน้านั้น จะต้องคิดแก้เวลา ZT ของตนให้เป็น LMT แล้วไปเปรียบเทียบกับเวลาของปรากฏการณ์นั้น ๆ ในปฏิทินเดินเรือตามละติจูดโดยประมาณของตน ก็จะทำให้คาดคะเนเวลาได้ใกล้เคียง

เมื่อคาดคะเนเวลาได้แล้วก็เขียนค่าของเวลาที่เรือรายงานตามเวลานั้น ว่าจะอยู่ ณ ค่าของเท่าใด ครั้นแล้วก็ใช้ละติจูดและลองจิจูดของค่าเวลาที่เรือรายงานนั้น คำนวณหาเวลา ZT ของปรากฏการณ์นั้น ๆ ถ้าการคำนวณปรากฏว่าเวลาที่ได้แตกต่างจากเวลาที่คาดคะเนไว้มากกว่า 1 นาที ก็ต้องเลื่อนที่เรือรายงานครั้งแรกไปตามเวลาที่คำนวณได้แล้วนำเอาที่เรือครั้งใหม่มาคำนวณหาเวลา ZT อีกครั้งหนึ่ง ถ้าเวลา ZT ครั้งหลังนี้ต่างจากเวลา ZT ครั้งแรกเพียง 1 นาที ก็ให้ถือว่าเวลา ZT ครั้งหลังเป็นเวลาที่ใช้ได้แต่ถ้ายังต่างกันมากกว่า 1 นาที ก็ต้องทำการหาที่เรือรายงานใหม่ แล้วคำนวณใหม่ต่อไปจนกว่าเวลาที่ได้จะแตกต่างกันไม่เกิน 1 นาที

การจะคำนวณมากครั้งหรือน้อยครั้งขึ้นอยู่กับความฉลาดในการคาดคะเน ของนักเดินเรือเอง

ในทางปฏิบัติเนื่องจากเวลาที่คำนวณได้ครั้งแรกกับครั้งหลัง มักจะแตกต่างกันไม่มากนัก เพียงแค่นาที ฉะนั้นการคำนวณครั้งหลังอาจใช้ละติจูดเดิมก็ได้ เพราะความสำคัญอยู่ที่การเปลี่ยนลองจิจูดมากกว่า

ตัวอย่างที่ 1 วันที่ 26 เม.ย. 1970 เวลา 1500 ที่เรือรายงานละติจูด $33^{\circ} 23'.3$ น. ลองจิจูด $65^{\circ} 19'.4$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 255° ความเร็ว 20 นอต จงหาว่าดวงอาทิตย์จะตกเวลา ZT เท่าใด

วิธีทำ

1841

L $33^{\circ} 04'.2$ N.

DR

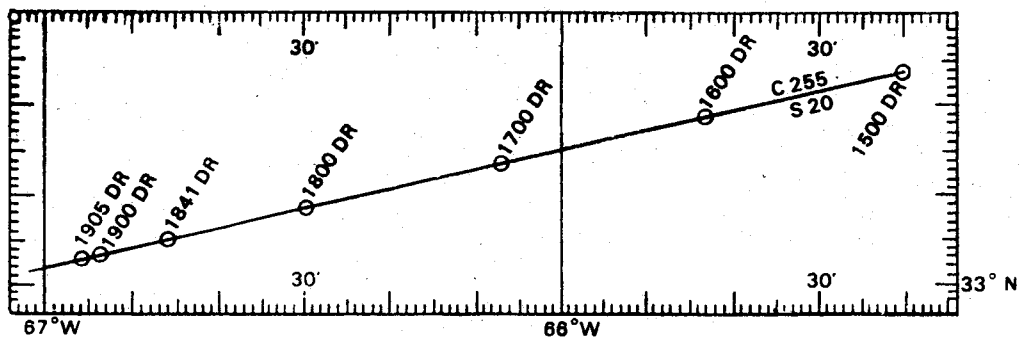
λ $66^{\circ} 46'.2$ W.

SUNSET

LMT	18	34	
Tab.I	(+)	4	
LMT	18	38	
dλ	(+)	27	
ZT	19	05	1 st.est.
LMT	18	38	
d λ	(+)	28	
ZT	19	06	2 nd.est.

คำตอบ ZT 1906

คำอธิบาย



ตามรูปข้างบนให้เขียนที่เรือรายงานตั้งแต่ 1500 ถึง 1900 แล้วเปิดปฏิทินเดินเรือในวันนั้น พร้อมกับตรวจดูที่เรือของตน ปรากฏว่าที่เรืออยู่ระหว่างละติจูด 30° น. กับ 35° น. จึงคาดว่าดวงอาทิตย์ควรจะตกหลังจากเวลา 1830 และที่เรืออยู่ที่ละติจูดใกล้กับ 35° น. มากกว่า 30° น. จึงเลือกใช้เวลาที่ละติจูด 35° น. คือเวลา 1841

เขียนที่เรือรายงานเวลา ZT 1841 ซึ่งได้ตำบลที่ละติจูด 33° 04'.2 น. ลองจิจูด 66° 46'.2 ตก. ใช้ที่เรือนี้คำนวณหาเวลาดวงอาทิตย์ตก โดยใช้เวลาที่ละติจูดที่น้อยกว่า คือที่ละติจูด 30° น. จะได้เวลา LMT 1834 จากมาตรา 1 จะได้อัตราแก้ละติจูด (+) 4 นาที จากนั้นก็หาผลต่างระหว่างลองจิจูดที่เรืออยู่กับเมริเดียนมาตรฐานในนามของเวลา ซึ่งจะได้เท่ากับ 66° 46'.2 - 60° = 6° 46'.2 = (+) 27 นาที ที่เป็นบวก (+) ก็เพราะว่าที่เรืออยู่ทางตะวันตกของเมริเดียนมาตรฐาน ดังนั้นเวลา ZT ครั้งแรกจะเป็น 1905

โดยการหาที่เรือใหม่เมื่อเวลา 1905 ปรากฏที่เรือไปอยู่ที่ลองจิจูด 66° 57' ตก. ผลต่างระหว่างลองจิจูดใหม่นี้กับเมริเดียนมาตรฐานในนามของเวลา จะได้เท่ากับ (+) 28 นาที ดังนั้น

จะได้เวลา ZT ครั้งที่สองเท่ากับ 1906 ซึ่งใช้ได้ตามต้องการแล้วเพราะต่างจากเวลา ZT ครั้งแรกเพียง 1 นาที

ตัวอย่างที่ 2 วันที่ 26 เม.ย. 1970 เวลา 2200 ที่เรือรายงานละติจูด $51^{\circ} 17'.5$ น. ลองจิจูด $62^{\circ} 19'.4$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 063° ความเร็ว 20 นอต จงหาว่าในคืนวันที่ 26 เม.ย. ดวงจันทร์จะขึ้นเวลา ZT เท่าใด

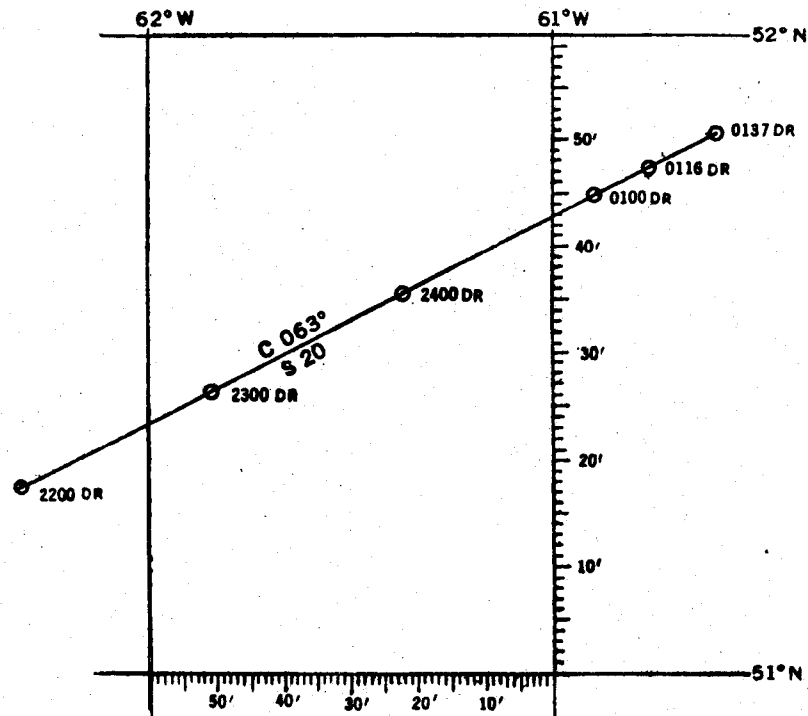
วิธีทำ

	MOONRISE		
50° N.	01	16	27 April
Tab. I	(+)	13	
LMT (G)	01	29	27 April
50° N.	01	52	28 April
Tab. I	(+)	9	
LMT (G)	02	01	28 April
LMT (G)	01	29	27 April
diff.	(+)	32	
Tab. II	(+)	5	
LMT (G)	01	29	27 April
LMT (L)	01	34	27 April
d λ	(+)	3	
ZT	01	37	27 April 1 st.est.
50° N.	01	16	27 April
Tab. I	(+)	13	
LMT (G)	01	29	27 April
50° N.	01	52	28 April
Tab. I	(+)	9	
LMT (G)	02	01	28 April
LMT (G)	01	29	27 April
diff.	(+)	32	
Tab. II	(+)	5	
LMT (G)	01	29	27 April
LMT (L)	01	34	27 April

d λ	+	2	
ZT	01	36	27 April 2 nd. est.

คำตอบ ZT 0136 27 April

คำอธิบาย



ตามในรูปข้างบนเขียนที่เรือรายงาน วันที่ 26 เม.ย. เวลา 2200 ที่ละติจูด $51^{\circ} 17'.5$ น. ลองจิจูด $62^{\circ} 19'.4$ ตก. ซึ่งเป็นเวลากลางคืน ใช้เข็มกับความเร็วเขียนที่เรือรายงานไปทุกชั่วโมง

เปิดปฏิทินเดินเรือ ในวันที่ 26 เม.ย. ที่ละติจูด 50° น. จะได้เวลาดวงจันทร์ขึ้นที่เมริเดียนกรีนิชเวลา GMT หรือ LMT (G) 0026 ซึ่งจะเป็นกลางคืนของวันที่ 25 เม.ย. ดังนั้นในคืนวันที่ 26 เม.ย. จึงต้องใช้วันที่ 27 เม.ย. ซึ่งจะได้เวลาดวงจันทร์ขึ้นที่เมริเดียนกรีนิชเวลา LMT (G) 0116 เวลานี้อาจถือเป็นเวลาใกล้เคียงกับ LMT ได้ เพราะเวลาจะผิดกันก็ไม่เกิน 30 นาที ดังนั้นจึงใช้เวลา 0116 เขียนที่เรือซึ่งจะได้ละติจูด $51^{\circ} 47'.0$ น. ลองจิจูด $60^{\circ} 46'.0$ ตก. ครั้นแล้วทำการคำนวณหาเวลา ZT ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งจะได้เวลา ZT 0137 นับว่าเป็นการคำนวณครั้งแรกโดยประมาณ

ต่อไปเขียนที่เรือรายงานเวลา 0137 จะได้ละติจูด $51^{\circ} 50'.6$ น. ลองจิจูด $60^{\circ} 35'.8$ ตก. แล้วทำการคำนวณหาเวลา ZT ณ ตำแหน่งที่เรือใหม่นี้อีกครั้งหนึ่ง ก็จะได้เวลา ZT 0136 ซึ่งต่างจากครั้งแรกเพียง 1 นาที นับว่าใช้ได้แล้วและเป็นวันที่ 27 เม.ย. 1970

10.6 สรุป

สำหรับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์ที่ให้ไว้ในปฏิทินเดินเรือเป็นเวลา GMT ตามละติจูดต่าง ๆ ในหน้าประจำวันนั้น จะเป็นเวลา LMT ที่เมริเดียนทุกแห่งหรือเป็นเวลา ZT ที่เมริเดียนมาตรฐานทุกภาคเวลา ทั้งนี้เพราะดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวไปทางตะวันตกด้วยความเร็วสม่ำเสมอ คือ 1 ชั่วโมง ต่อ 15 องศา ฉะนั้นเมื่อคำนวณหาเวลาปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์ที่เมริเดียนกรีนิช ตามละติจูดที่กำหนดให้แล้วเวลา GMT ที่ได้นั้นก็จะเป็นเวลา LMT ณ ตำแหน่งที่เรือที่กำหนดให้ ต่อจากนั้นก็เปลี่ยนเวลา LMT ให้เป็น ZT ซึ่งก็จะเป็นเวลาตามต้องการ

สำหรับการหาเวลาขึ้นและตกของดวงจันทร์นั้น เนื่องด้วยดวงจันทร์เคลื่อนตัวไปทางตะวันตก แต่ละวันด้วยอัตราเร็วไม่สม่ำเสมอแตกต่างกันไปทุกวัน ฉะนั้นจึงต้องหาว่าในวันหนึ่ง ๆ ดวงจันทร์จะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นเวลาเท่าใด โดยใช้เมริเดียนกรีนิชเป็นมาตรฐานตามละติจูดที่ต้องการเสียก่อน หมายความว่าดวงจันทร์เคลื่อนตัวไปมีลองจิจูดเปลี่ยน 360 องศา จะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นเวลาเท่าใด ครั้นแล้วจึงหาว่าถ้าผู้ตรวจอยู่ทางตะวันตกหรือทางตะวันออกจากกรีนิช มีลองจิจูดเปลี่ยนเท่าใด อัตราเร็วของดวงจันทร์ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นเวลาเท่าใด ทั้งนี้ถ้าผู้ตรวจอยู่ทางตะวันตกของกรีนิช การหาอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในหนึ่งวัน ให้ใช้หารระหว่างวันนั้นกับวันถัดไป เพราะปรากฏการณ์จะเกิดภายหลังที่กรีนิช และถ้าผู้ตรวจอยู่ทางตะวันออกของกรีนิช การหาอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในหนึ่งวัน ให้ใช้หารระหว่างวันนั้นกับวันที่แล้วมา เพราะปรากฏการณ์จะเกิดก่อนที่กรีนิช

เมื่อหาอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงระหว่างลองจิจูดเปลี่ยนได้แล้ว ให้นำไปกระทำกับเวลา GMT หรือ LMT (G) ก็จะเป็นเวลา LMT ของตำแหน่งที่นั้น ๆ ครั้นแล้วจึงทำให้เป็นเวลา ZT

การหาดำบลที่เรือรายงานตามเวลาที่ต้องการ นอกจากจะหาโดยการเขียนที่เรือและวัดตำแหน่งจากแผนที่แล้ว อาจใช้การคำนวณได้โดยใช้มาตรา Travers ใน "Inman's nautical tables" กล่าวคือ ใช้ทิศกับระยะทางที่เรือแล่นไปเปิดหาละติจูดเปลี่ยน (Diff. Lat.) และระยะขยาย (Departure) แล้วเปิดมาตราทำระยะขยายให้เป็นลองจิจูดเปลี่ยน (Diff. Long) แล้วเอาละติจูดเปลี่ยนกับลองจิจูดเปลี่ยนไปกระทำกับที่เรือรายงานครั้งแรก ก็จะได้ที่เรือครั้งใหม่ตามต้องการ

แบบฝึกหัด

1. วันที่ 26 เม.ย. 1970 เวลา 0300 ที่เรือรายงานละติจูด $32^{\circ} 32'.5$ ได้. ลองจิจูด $113^{\circ} 02'.8$ ตก. เรือแล่นเข็มจริง 290° ความเร็ว 22 นอต จงหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นตามเวลา ZT
คำตอบ ดวงอาทิตย์ขึ้น ZT 0650
2. วันที่ 27 เม.ย. 1970 เวลา 1500 ที่เรือรายงานละติจูด $34^{\circ} 08'.0$ น. ลองจิจูด $142^{\circ} 17'.3$ อ. เรือแล่นเข็มจริง 120° ความเร็ว 20 นอต จงหาเวลาดวงอาทิตย์ตกและเวลา 2000 ที่เรือรายงานละติจูด $33^{\circ} 18'.0$ น. ลองจิจูด $144^{\circ} 01'.3$ อ. จงหาเวลาดวงจันทร์ขึ้นตามเวลา ZT
คำตอบ ดวงอาทิตย์ตก ZT 1904 ดวงจันทร์ขึ้น ZT 2445

บทที่ 11

การหาอัตราผิดเข็มทิศในทะเล (Compass Error at sea)

11.1 ในระหว่างที่เรือเดินทางอยู่ในทะเล

ถ้าลมฟ้าอากาศอำนวย ควรหาโอกาสตรวจสอบหาอัตราผิดของเข็มทิศไว้เสมอ ไม่ว่าจะเป็นเข็มทิศแม่เหล็กหรือเข็มทิศใจโรก็ตามในแต่ละวันควรตรวจสอบหาอัตราผิดของเข็มทิศ 2 ครั้ง หรือ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย และถ้าหากเข็มทิศได้รับการเสียหาย เช่นได้รับความกระเทือนอย่างแรง หรือเข็มทิศใจโรเดินไม่เป็นปกติ ควรทำการตรวจสอบโดยเร็วที่สุด เท่าที่จะทำได้ไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืน

การตรวจสอบหาอัตราผิดของเข็มทิศทางดาราศาสตร์ ก็คือการคำนวณหาแอดซิมัทจริงของวัตถุท้องฟ้าดวงใดดวงหนึ่ง ในเวลาเดียวกันกับแบริงวัตถุท้องฟ้าั้นด้วยเข็มทิศเรือนที่ต้องการหาอัตราผิด ผลต่างระหว่างแอดซิมัทจริงของวัตถุท้องฟ้ากับแบริงเข็มทิศก็จะเป็นอัตราผิดของเข็มทิศเรือนนั้น ถ้าเข็มทิศเรือนนั้นเป็นเข็มทิศแม่เหล็ก เมื่อเอาวาริเอชัน (จากแผนที่) มาแก้ก็จะได้ ดิวิเอชันของเข็มทิศเรือนนั้นในทิศหัวเรือขณะที่ทำการตรวจ

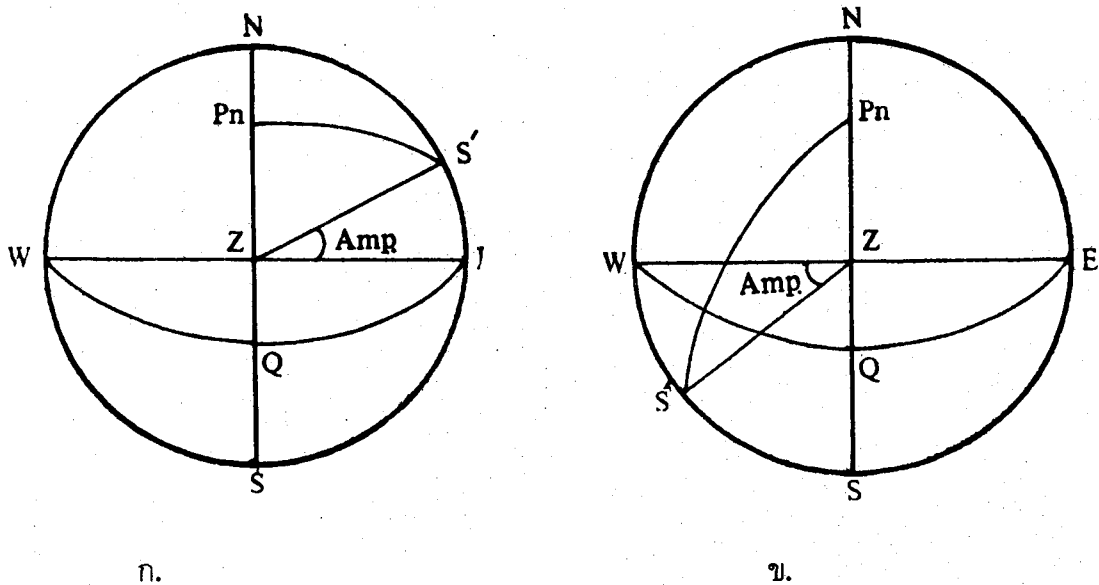
วัตถุท้องฟ้าที่ใช้ในการคำนวณหาแอดซิมัทจริงเพื่อหาอัตราผิดของเข็มทิศนั้นส่วนมากใช้ดวงอาทิตย์และดาวเหนือ สำหรับดวงอาทิตย์จะทำการตรวจเมื่อมีความสูงน้อยกว่า 20 องศา

11.2 การคำนวณหาแอดซิมัทจริงของวัตถุท้องฟ้า อาจคำนวณได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ.-

- (1) วิธีแอมพลิจูด (Amplitude) คือคำนวณหาแอมพลิจูด ซึ่งเป็นมุมระหว่างจุดตะวันออกหรือจุดตะวันตก กับวัตถุท้องฟ้าในขณะที่อยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันออกหรือทางตะวันตกพอดี ซึ่งสามารถทำให้เป็นแอดซิมัทจริงได้
- (2) วิธีแอดซิมัทสูง (Altitude Azimuth) คือคำนวณหาแอดซิมัทจริงของวัตถุท้องฟ้า โดยการวัดสูง และใช้ดิคลิเนชันกับละติจูดของผู้ตรวจไปทำการคำนวณ
- (3) วิธีแอดซิมัทเวลา (Time Azimuth) คือใช้เวลาในขณะที่ทำการตรวจวัตถุท้องฟ้าไปหามุมเวลา และดิคลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า นั้น กับใช้ละติจูดของผู้ตรวจคำนวณหาแอดซิมัทจริง

ตามปกติโดยทั่ว ๆ ไป มักใช้วิธีแอมพลิจูดกับวิธีแอมซิมิลเวลา และก่อนจะทำการหาอัตราผิดของเข็มทิศ จำเป็นต้องหาที่เรือให้แน่นอนเสียก่อน ต่อไปนี้จะกล่าวถึงเฉพาะสองวิธีนี้เท่านั้น เพราะใช้มากที่สุด

การหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยวิธีแอมพลิจูด ในบทที่ 2 ได้ทราบมาแล้วว่า “แอมพลิจูด” คือระยะขอบฟ้าระหว่างจุดตะวันออกหรือจุดตะวันตก กับตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้าขณะขึ้นหรือตกจากขอบฟ้า หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือมุมที่เซนทริระหว่างโพรมีวอร์ดิเกิล กับวงสูงที่ผ่านวัตถุท้องฟ้า ในขณะขึ้นหรือตกจากขอบฟ้า



รูปที่ 82

ในรูปที่ 82 เป็นรูปบนพื้นขอบฟ้า NZS เป็นเมริเดียนผู้ตรวจ EZW เป็นโพรมีวอร์ดิเกิล $ZQ = L$ เป็นละติจูดผู้ตรวจ S' เป็นวัตถุท้องฟ้าขณะอยู่ที่ขอบฟ้าพอดี $ZS' = 90^\circ$ เป็นวงสูงที่ผ่าน S' $Pn S'$ เป็นวงดิกลิเนชันที่ผ่าน S' ในรูปทั้งสอง $Z Pn$ คือโคละติจูด $= 90^\circ - L$ ในรูป 82 ก. เมื่อวัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันชื่อเหมือนกันกับละติจูดของผู้ตรวจ $Pn S'$ คือระยะยอด $= 90^\circ - d$ (เมื่อ d เป็นดิกลิเนชัน) มุม $Pn ZS' = 90^\circ - \text{Amp}$. ในรูป 82 ข. เมื่อวัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันชื่อต่างกับละติจูดของผู้ตรวจ $Pn S'$ คือ ระยะยอด $= 90^\circ + d$, มุม $Pn ZS' = 90^\circ + \text{Amp}$. ดังนั้น ในรูปสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ $Pn ZS'$ ทั้งสองรูป ด้าน $ZS' = 90^\circ$ จากกฎของ Cosine จะได้

$$\begin{aligned}\cos P_n S' &= \sin P_n Z \cos P_n Z S' \\ \cos (90^\circ + d) &= \sin (90^\circ - L) \cos (90^\circ + \text{Amp.}) \\ \sin d &= \cos L \sin \text{Amp.} \\ \sin \text{Amp.} &= \sin d \sec L \dots (\text{จำ})\end{aligned}$$

เมื่อวัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเป็นเหนือ จะขึ้นทางเหนือของจุดตะวันออกและจะตกทางเหนือของจุดตะวันตก ถ้าวัตถุท้องฟ้ามีดิกลิเนชันเป็นใต้จะขึ้นทางใต้ของจุดตะวันออก และจะตกทางใต้ของจุดตะวันตก เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่า “ชื่อของแอมพลิจูดจะเป็นอย่างเดียวกับชื่อของดิกลิเนชันเสมอ”

สำหรับดวงอาทิตย์ขณะขึ้นหรือตก คืออยู่ที่ขอบฟ้าพอดี สูงจริงจะเป็น 0° แต่เนื่องจากผลการหักเหของแสง และพาแรลแลกซ์โดยเฉลี่ย จะมีค่าประมาณ $35'$ ดังนั้นในขณะวัดแอมพลิจูด จะปรากฏเห็นว่าจุดศูนย์กลางดวงอาทิตย์จะอยู่เหนือขอบฟ้า $35'$ และถ้าคิดครึ่งเส้นศูนย์กลางดวงอาทิตย์ $16'$ แล้ว ขอบล่างดวงอาทิตย์ก็จะสูงจากขอบฟ้า $19'$ หรือประมาณเท่ากับครึ่งเส้นศูนย์กลางดวงอาทิตย์ เพราะฉะนั้นในการหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยวิธีแอมพลิจูดด้วยดวงอาทิตย์ จะต้องทำการตรวจเมื่อขอบล่างดวงอาทิตย์อยู่สูงจากขอบฟ้าเห็นประมาณครึ่งเส้นศูนย์กลาง

ส่วนดวงจันทร์ขณะที่สูงจริงเป็น 0° เนื่องจากผลของพาแรลแลกซ์ของดวงจันทร์ แต่อย่างเดียวโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ $56'$ ดังนั้น ในขณะวัดแอมพลิจูดจะปรากฏว่าจุดศูนย์กลางดวงจันทร์อยู่ห่างจากขอบฟ้าเท่ากับ $35' - 56'$ เท่ากับ $-21'$ คืออยู่ต่ำจากขอบฟ้าเห็น $21'$ เมื่อคิดครึ่งเส้นศูนย์กลางดวงจันทร์โดยเฉลี่ย $16'$ และดิพของสูงตา $25'$ ฟุต (ประมาณโดยทั่วไป) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5'$ แล้ว ขอบบนของดวงจันทร์จะโผล่หรือลับขอบฟ้าเห็นพอดี เพราะฉะนั้นในการหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยวิธีแอมพลิจูดด้วยดวงจันทร์ จะต้องทำการตรวจเมื่อขอบบนดวงจันทร์โผล่หรือลับขอบฟ้าเห็นพอดี

วิธีปฏิบัติ ให้ทำการแบ้ริงดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ในลักษณะดังกล่าวข้างต้น ด้วยเข็มทิศเรือนที่ต้องการหาอัตราผิดแล้วจดเวลาไว้เปลี่ยนเวลาให้เป็นเวลา GMT เปิดปฏิทินเดินเรื่อหาดิกลิเนชันของวัตถุท้องฟ้า นั้น แล้วทำการคำนวณตามสูตรโดยใช้ Logarithms ก็จะได้แอมพลิจูด ต่อจากนั้นเปลี่ยนแอมพลิจูดให้เป็นแอมซิมัทรจริง (แบ้ริงจริง) ผลต่างระหว่างแบ้ริงเข็มทิศกับแอมซิมัทรจริง ก็จะเป็นอัตราผิดของเข็มทิศเรือนนั้น ถ้าเข็มทิศเรือนนั้นเป็นเข็มทิศแม่เหล็ก ก็ให้เอาวาริเอชัน จากแผนที่หรือที่กำหนดให้ไปแก้กับแอมซิมัทรจริงให้เป็นแอมซิมัทรแม่เหล็ก (แบ้ริงแม่เหล็ก) เสียก่อน ต่อจากนั้น ก็จะหาดิวิเอชันของเข็มทิศเรือนนั้นได้ตามต้องการ

มุมแอมพลิจูดนี้ จะเปิดจากมาตรา Amplitude ใน Inman's Nautical Tables ก็ได้ เวลาที่ทำการแบร็งนั้น อาจใช้เวลาเดียวกันกับเวลาดวงอาทิตย์ขึ้น ดวงอาทิตย์ตก หรือเวลาดวงจันทร์ขึ้น ดวงจันทร์ตก ตามที่คำนวณได้ก็ได้ ทั้งนี้เพราะอัตราเปลี่ยนดคลิเนชัน น้อยมาก ไม่ทำให้ผลการคำนวณผิดไปแต่อย่างใด

ตัวอย่าง วันที่ 26 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 1920 ที่เรือละติจูด $33^{\circ} 04'.0$ น. ลองจิจูด $66^{\circ} 45'.2$ ตก. เมื่อเวลา ZT 19 - 26 - 15 แบร็งดวงอาทิตย์ขณะกำลังจะตกจากขอบฟ้าด้วย เข็มทิศใจโรได้ 286.5 ด้วยเข็มทิศเรือนเอกได้ 295.5 ในบริเวณนั้นมีวาริเอชัน 15° ตก. ให้หาอัตราผิดของเข็มทิศใจโร และดิวิเอชันของเข็มทิศเรือนเอก

วิธีทำ

SUN		
DR L	$33^{\circ} 04'.0$	N.
λ	$66^{\circ} 45'.2$	W.
date (L)	26 April	
ZT	19-26-15	
ZD (+)	4	
GMT	23-26-15	
date (G)	26 April	
d	(+) 0.8	
Tab. Dec.	$13^{\circ} 37'.1$	N.
d.corr.	(+) 0'4	
Dec.	$13^{\circ} 37'.5$	N.
L Sin Dec.	9.37211	
L Sec L	0.07674	
L Sin Amp.	9.44885	
Amp. W	$16^{\circ} 19'.5$	N.
Zn	286.3	
GB	286.5	
GE	0.2 W.	
Zn	286.3	
Var	15.0	W.
MB	301.3	

CB 295.5
Dev. 5.8 F.

คำตอบ GE 0.2 W., Dev. 5.8 E.

11.4 การหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยแอดซิมัทเวลา

วิธีปฏิบัตินั้นให้แบริงวัดถูกต้อง (ส่วนมากใช้ดวงอาทิตย์เท่านั้น) ด้วยเข็มทิศที่ต้องการหาอัตราผิด ในขณะที่วัดถูกต้องต้องมีมุมสูงไม่มากนักพร้อมทั้งจดเวลาไว้ แล้วทำการคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ โดยใช้ตำบลที่เรือในขณะที่แบริง เพื่อหาแอดซิมัทจริง ผลต่างของแบริงเข็มทิศกับแอดซิมัทจริงก็จะเป็นอัตราผิดของเข็มทิศตามต้องการ ดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 11.3

เพื่อความสะดวกในการคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ เพื่อหาแอดซิมัทจริงนั้นได้ใช้คำนวณโดยการเปิดมาตรา H.O. 214

ในการใช้มาตรา H.O. 214 เพื่อหาแอดซิมัทจริงให้ถูกต้อง จำเป็นต้องหาค่าที่ถูกต้องของละติจูด มุมเมริเดียน และดิลลิเนชัน ฉะนั้นจึงต้องใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์ของค่าทั้งสามให้ถูกต้อง ส่วนค่าของ Δ ที่มีไว้ให้ในมาตรานั้นใช้สำหรับคำนวณสูงโดยเฉพาะ จะนำมาหาแอดซิมัทจริงไม่ได้

ตัวอย่าง วันที่ 24 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 1627 ที่เรือละติจูด $33^{\circ} 25'.2$ ได้ ลองจิจูด $139^{\circ} 22'.8$ ตก. เมื่อเวลา ZT 16 - 26 - 32 แบริงดวงอาทิตย์ด้วยเข็มทิศใจโรได้ $297^{\circ}.5$ ด้วยเข็มทิศเรือนเอกได้ $290^{\circ}.5$ ในบริเวณนั้นมีวารีเอชัน 5° อ. จงหาอัตราผิดของเข็มทิศใจโร และดิวิเอชันของเข็มทิศเรือนเอก

วิธีทำ

	<u>SUN</u>	Exact	<u>Tab.</u>
DR L	$33^{\circ} 25'.2$ S.	t $62^{\circ} 44'.3$ W.	63° W.
DR λ	$139^{\circ} 22'.8$ W.	Dec. $13^{\circ} 00'.1$ N.	13° N.
date (L)	<u>24 April</u>	L $33^{\circ} 25'.2$ S.	33° S.
ZT	16-26-32	diff.(+) $0^{\circ}.7 \times \frac{15.7}{60} = (+) 0^{\circ}.2$	
ZD (+)	<u>9</u>		
GMT	01-26-32	diff. (+) $0^{\circ}.4 \times \frac{0.1}{30} = (+) 0^{\circ}.0$	
date (G)	<u>25 April</u>		
v	—	diff. (+) $0^{\circ}.3 \times \frac{25.2}{60} = (+) 0^{\circ}.1$	
01 ^h	<u>$195^{\circ} 29'.1$</u>	+ -	

$26^m 32^s$	$6^\circ 38'.0$	t.corr.	$0^\circ.2$		
v.corr.	—	Dec. corr.	$0^\circ.0$		
GHA	$202^\circ 07'.1$	L. corr.	$0^\circ.1$		
DR λ	$139^\circ 22'.8$	W. sum	$0^\circ.3$	—	
LHA	$62^\circ 44'.3$	corr.	$(+) 0^\circ.3$		
t	$62^\circ 44'.3$	W. Tab. Az	$S 166^\circ.3$	W	Zn $296^\circ.6$
d	$(+) 0.8$	Az	$S 116^\circ.6$	W	Var. $5^\circ.0$ E.
Tab Dec.	$12^\circ 59'.7$	N. Zn	$296^\circ.6$	MB	$291^\circ.6$
d corr.	$(+) 0'.4$	GB	297.5		CB 290.5
Dec.	$13^\circ 00'.1$	N. GE	$0^\circ.9$	W.	Dev. $1^\circ.1$ E.

คำตอบ GE $0^\circ.9$ W., Dev. $1^\circ.1$ E.

คำอธิบาย ครั้งแรกให้คำนวณหาค่าของ t และ Dec. ในขณะทำการแบริงให้ถูกต้องที่สุด โดยใช้ที่เรือในขณะนั้น คือ L $33^\circ 25'.2$ S., λ $139^\circ 22'.8$ W. ซึ่งจะได้ค่าของมุม t เท่ากับ $62^\circ 44'.3$ W., Dec. เท่ากับ $13^\circ 00'.1$ N.

ด้วยค่า t, Dec., และ L ที่ถูกต้อง ก่อนจะเปิดมาตรา H.O. 214 ให้กำหนดค่าเหล่านี้ให้ใกล้เคียงที่สุดเป็นองศาเต็ม ๆ แล้วจดไว้ดังตัวเลขที่อยู่ใต้คำว่า "Tab." คือ t เท่ากับ 63° W., Dec, 13° N., และ L 33° S. ครั้นแล้วจึงนำค่าที่กำหนดนี้ไปเปิดมาตรา H.O 214 ทางหน้า "Contrary name" เพราะ Dec. กับ L มีชื่อต่างกัน ซึ่งจะได้ Az เท่ากับ $116^\circ.3$ ดังที่เขียนไว้ว่า Tab. Az $S 116^\circ.3$ W ต่อจากนั้นให้หาอัตราแก้ของ Az นี้ให้ถูกต้องตามค่าของ t. Dec. และ L ที่ถูกต้องที่ละตัวดังนี้

ค่า t ระหว่าง 63° กับ 62° อัตราเปลี่ยนจะเป็น $(+) 0^\circ.7$ แต่ค่า t จริง $62^\circ 44'.3$ น้อยกว่า 63° อยู่ $15'.7$ จึงได้อัตราแก้ Az สำหรับค่า t เท่ากับ $(+) 0^\circ.2$

ค่า Dec. ระหว่าง 13° กับ $13^\circ 30'$ อัตราเปลี่ยนเป็น $(+) 0^\circ.4$ แต่ค่า Dec. จริง $13^\circ 00'.1$ มากกว่า 13° อยู่ $0'.1$ จึงได้อัตราแก้ Az สำหรับค่า Dec. เท่ากับ $(+) 0^\circ.0$

ค่า L ระหว่าง 33° กับ 34° อัตราเปลี่ยนจะเป็น $(+) 0^\circ.3$ แต่ค่า L จริง $33^\circ 25'.2$ มากกว่า 33° อยู่ $25'.2$ จึงได้อัตราแก้ Az สำหรับค่า L เท่ากับ $(+) 0^\circ.1$

ฉะนั้นอัตราแก้ Az รวมทั้งหมดจะได้ $(+) 0^\circ.3$ จึงเป็น Az ที่ถูกต้องเท่ากับ $S 116^\circ.6$ W และเป็น Zn เท่ากับ $296^\circ.6$

ครั้นแล้วก็จะหาอัตราผิดของเข็มทิศใจโรได้ $0^\circ.9$ W. และดิวเอนชันของเข็มทิศเรือนแก้ไขได้ $1^\circ.1$ E.

11.5 การหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยดาวเหนือ

วิธีหาอัตราผิดของเข็มทิศโดยดาวเหนือนี้ จัดว่าเป็นวิธีแอซิมัทเวลาเหมือนกัน แต่เป็นวิธีที่ใช้เฉพาะดาวเหนือเท่านั้น

ในปฏิทินเดินเรือได้มีมาตราบอกแอซิมัทจริงของดาวเหนือไว้ให้แล้ว รวมอยู่ในมาตราเดียวกันกับมาตราหาละติจูดโดยดาวเหนือ ซึ่งอยู่ตอนล่างของมาตรานั้น ดังในรูปที่ 71 มาตรานี้ได้ทำให้ตั้งแต่ละติจูด 0° ถึง 65° น. (เพราะผู้อยู่ละติจูดได้จะไม่เห็นดาวเหนือ) ในระหว่างละติจูดเหล่านี้ แอซิมัทจริงของดาวเหนือจะมีค่าไม่เกิน 2° จากเหนือจริง (ทั้งทางตะวันออกและทางตะวันตก)

การเปิดหาแอซิมัทจริงของดาวเหนือใช้ค่า LHA ของจตุราศีเมษ กับละติจูดของผู้ตรวจในขณะนั้น สำหรับการหาค่าละเอียดให้คิดเฉลี่ยเทียบเอาในใจก็ได้ เพราะอัตราเปลี่ยนน้อยมาก

ตัวอย่าง วันที่ 25 เม.ย. 1970 เวลาประมาณ 0400 ที่เรือละติจูด $62^{\circ} 24'.5$ น. ลองจิจูด $62^{\circ} 07'.8$ ตก. เวลา ZT 03-57-22 แบริงดาวเหนือด้วยเข็มทิศใจโรได้ $359^{\circ}.5$ ด้วยเข็มทิศเรือนเอกได้ $002^{\circ}.5$ ในบริเวณนั้นมีวาริเอชัน 8° ตก. จงหาอัตราผิดของเข็มทิศใจโรและดิวีเอชันของเข็มทิศเรือนเอก

วิธีทำ

	POLARIS		
DR. L	$62^{\circ} 24'.5$	N.	
DR. λ	$62^{\circ} 07'.8$	W.	
date (L)	25 April		
ZT	03-57-22		
ZD (+)	4	Zn	$001^{\circ}.6$
GMT	07-57-22	var.	$8^{\circ}.0$ W
date (G)	25 April	MB	$009^{\circ}.6$
07^h	$317^{\circ} 52'.9$	CB	$002^{\circ}.5$
$57^m 22^s$	$14^{\circ} 22'.9$	Dev.	$7^{\circ}.1$ E
GHA γ	$332^{\circ} 15'.8$	Zn	$001^{\circ}.6$
DR λ	$62^{\circ} 07'.8$	W.	GB $359^{\circ}.5$
LHA γ	$270^{\circ} 08'.0$	GE	$2^{\circ}.1$ E.
คำตอบ GE $2^{\circ}.1$ E., Dev. $7^{\circ}.1$ E.			

คำอธิบาย ใช้ตำบลที่เรือแน่นอน (จำไว้ว่าห้ามใช้ตำบลที่เรือสมมติ) ค้นหา LHA ของจตุราศีเมฆในขณะเวลาที่ทำการแบร์ริง แล้วเปิดปฏิทินเดินเรือที่มาตราของดาวเหนือ (Polaris Tables) หน้าที่สาม (ดูรูปที่ 71) ซึ่งอยู่ก่อนหน้าเหลืองใช้ช่อง LHA ของจตุราศีเมฆที่ตรงกับที่คำนวณได้ คือช่องที่มีค่า $270^{\circ}-279^{\circ}$ แล้วหาค่าแอมิจัรจริง ซึ่งอยู่ตอนล่างให้ตรงกับละติจูดของตำบลที่เรือ ซึ่งจะได้ Zn เท่ากับ 1.6° หรือ $001^{\circ}.6$ ต่อจากนั้นก็หาอัตราผิดของเข็มทิศใจโร และหาดีวิเอชันของเข็มทิศเรือนอกได้

ในการแบร์ริงดาวเหนือ จะให้ถูกต้องจริง ๆ เป็นการยากมาก ในทางใช้การควรแบร์ริงเมื่ออยู่ละติจูดต่ำกว่า 45° เหนือ และทะเลสงบ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าแบร์ริงดาวเหนือด้วยเข็มทิศใจโรได้ค่าประมาณ 000° ก็แสดงว่าเข็มทิศใจโรมีความถูกต้องแล้วซึ่งนับว่าเป็นการตรวจสอบที่ง่าย ๆ วิธีหนึ่ง

11.6 การสร้างเส้นโค้งแอมิจัรแม่เหล็กหรือเส้นโค้งแบร์ริงแม่เหล็ก (Curve of magnetic azimuth)

การหาดีวิเอชันของเข็มทิศแม่เหล็กตามทิศหัวเรือต่าง ๆ นั้นหาได้ด้วยการหมุนเรือดังได้ทราบมาแล้วจากการเดินเรือใกล้ฝั่ง โดยอาศัยแบร์ริงวัตถุบนพื้นโลกซึ่งแบร์ริงแม่เหล็กของวัตถุบนพื้นโลกจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง แต่การหมุนเรือเพื่อหาดีวิเอชันในทะเล โดยอาศัยแบร์ริงดวงอาทิตย์นั้น ในช่วงระยะเวลาที่ทำการหมุนเรือ แบร์ริงแม่เหล็กของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ไม่คงที่เหมือนกับวัตถุบนบก ฉะนั้นในการหมุนเรือเพื่อหาดีวิเอชันโดยแบร์ริงดวงอาทิตย์จึงจำเป็นต้องหาว่าในช่วงระยะเวลาที่หมุนเรื่อนั้น แบร์ริงแม่เหล็กหรือที่เรียกว่าแอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยการสร้างเส้นโค้งแอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลานั้นขึ้น เมื่อสร้างเส้นโค้งดังกล่าวได้แล้วก็จะหาดีวิเอชันของเข็มทิศแม่เหล็กตามทิศหัวเรือต่าง ๆ ได้ กล่าวคือผลต่างระหว่างแบร์ริงเข็มเรือกับแอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ในขณะใดขณะหนึ่ง ก็จะเป็นดีวิเอชันของทิศหัวเรือในขณะนั้น

การสร้างเส้นโค้งแอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือหาดีวิเอชันให้กำหนดเวลาที่จะหาออกเป็น 6 , 9, หรือ 12 ครั้งก็ได้ แต่โดยทั่วไปใช้หา 9 ครั้งคือครั้งที่ 5 ให้เป็นจุดเริ่มต้นหา ณ ที่เวลากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือ แล้วแบ่งระยะเวลาเท่า ๆ กัน ถัดไปข้างหน้า 4 ช่วง และถอยหลังไปอีก 4 ช่วง ซึ่งรวมแล้วก็ได้แอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ 9 จุด ต่อจากนั้นก็ลากเส้นผ่านจุดเหล่านั้นให้เรียบและสวยงาม การหาแอมิจัรแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ ก็คือจะต้องหาแอมิจัรจริงของดวงอาทิตย์ก่อน แล้วจึงใช้

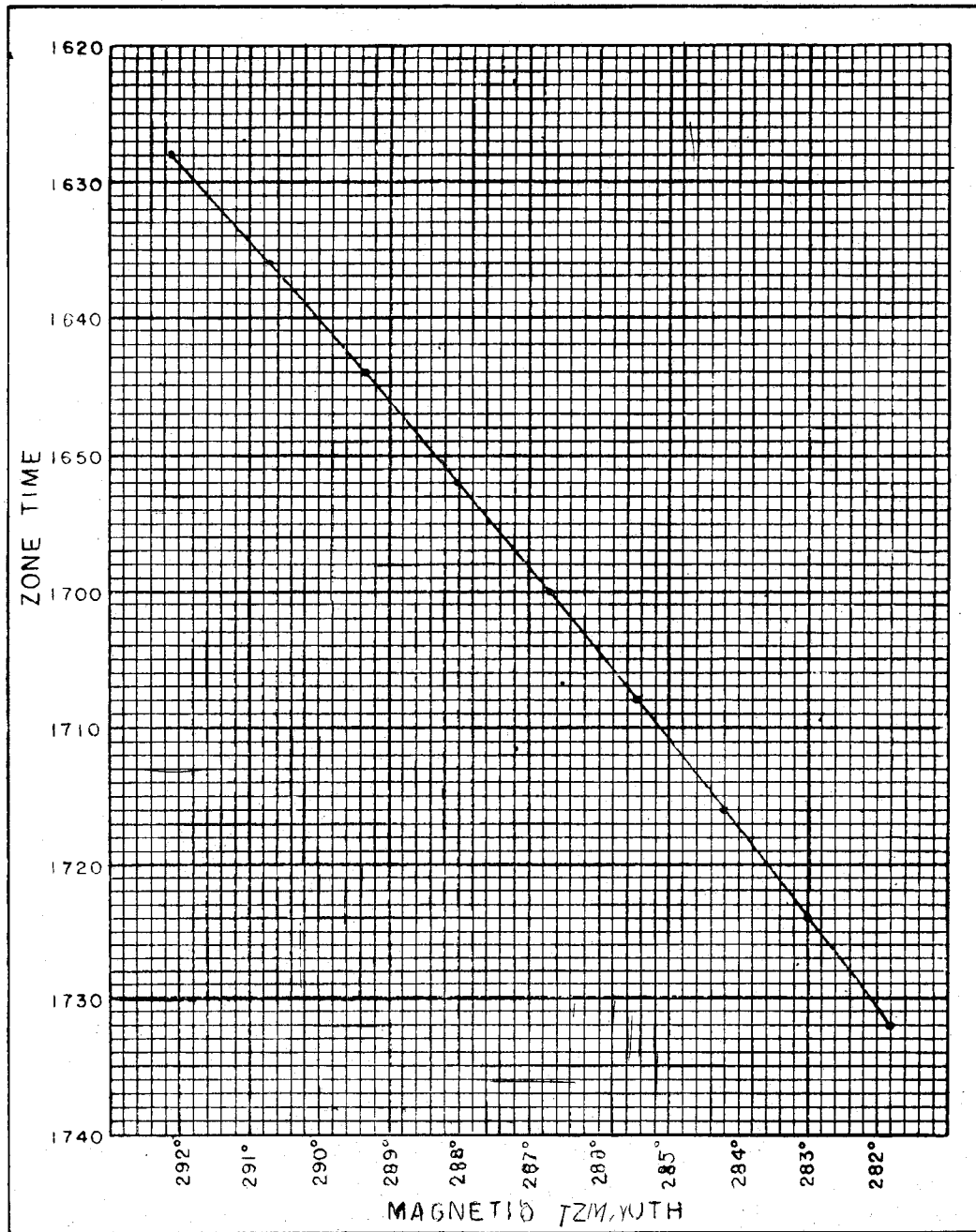
วาริเอชันในบริเวณนั้นมาแก้ก็จะได้เป็นแอสิมัทแม่เหล็กตามต้องการ การคำนวณหาแอสิมัทจริงของดวงอาทิตย์ ใช้คำนวณด้วยมาตรา H.O. 214

วิธีปฏิบัติ ครั้งแรกให้คำนวณหาแอสิมัทจริงดวงอาทิตย์ที่เวลากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาที่ทำการหมุนเรือ ตามวิธีการดังกล่าวแล้วในข้อ 11.4 โดยใช้ละติจูดและลองจิจูด ณ จุดศูนย์กลางของวงวันที่เรือหมุนอยู่ สำหรับการคำนวณแอสิมัทจริงของจุดต่อไปตามระยะเวลาที่จะกำหนดขึ้นให้ใช้ละติจูดและดิกลิเนชันประจำเหมือนกับการครั้งแรกเพราะดิกลิเนชันเปลี่ยนช้ามาก จะเปลี่ยนค่าก็เฉพาะมุมเมริเดียน (t) เท่านั้น เพราะมุมเมริเดียนหรือมุมเวลาของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวเปลี่ยนไปเกือบจะมีอัตราคงที่ คือ 1° ต่อ 4 นาที ทั้งก่อนหรือหลังเวลากึ่งกลางจากการคำนวณครั้งแรก ฉะนั้น ในการคำนวณจุดต่อไป ทั้งก่อนหรือหลังเวลากึ่งกลางจึงใช้ช่วงระยะเวลา 8 นาที คือใช้มุม t เปลี่ยนไป 2° เพราะถ้าใช้ช่วงระยะเวลา 4 นาทีคือมุม t เปลี่ยนไป 1° แล้วอัตราเปลี่ยนแอสิมัทจริงจะน้อยมาก

ดังนั้น เมื่อคำนวณหาแอสิมัทจริงของดวงอาทิตย์ ณ เวลากึ่งกลางของช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือได้แล้ว การคำนวณแอสิมัทจริงของจุดต่อไปทั้งก่อนหรือหลังเวลากึ่งกลาง จึงใช้ละติจูดและดิกลิเนชันประจำเช่นเดียวกับที่จุดเวลากึ่งกลาง แต่ใช้ค่าของมุม t ให้เปลี่ยนไป 2° เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเวลากึ่งกลางทุก 8 นาที เมื่อคำนวณดังนี้ได้แล้วก็จะได้แอสิมัทจริง ของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือรวมทั้งสิ้น 9 จุด แต่ละจุดมีเวลาต่างกัน 8 นาที แล้วแก้ออสิมัทจริงให้เป็นแอสิมัทแม่เหล็กทั้ง 9 จุดต่อจากนั้นให้เขียนจุดต่าง ๆ เหล่านี้ลงบนกระดาษกราฟแล้วลากเส้นโค้งผ่านจุดต่าง ๆ ให้เรียบร้อย ก็จะเป็นเส้นโค้งแอสิมัทแม่เหล็กหรือแบริงแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ตามต้องการ และจะทำให้สามารถหาแอสิมัทแม่เหล็กของดวงอาทิตย์เวลาใดก็ได้ในช่วงระยะเวลาที่ทำการหมุนเรือ ซึ่งผลสุดท้ายก็จะหาดิวิเอชันของเข็มทิศแม่เหล็กตามทิศหัวเรือต่าง ๆ ได้

วิธีการที่กล่าวนี้ควรทำก่อนหรือหลังเที่ยงจริง เพราะถ้าทำระหว่างเวลาเที่ยงจริงแล้วการคำนวณหาอัตราแก้ต่าง ๆ จะต้องทำแยกต่างหากเป็นจุด ๆ ไป

ตัวอย่าง เรือลำหนึ่งได้หมุนเรือเพื่อหาอัตราผิดเข็มทิศในระหว่างเวลา ZT 1630 ถึง ZT 1730 ที่เรือรายงานเมื่อเวลา 1700 ละติจูด $33^{\circ} 25'.2$ ได้ ในเวลานั้นดิกลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่า $13^{\circ} 00'.1$ น. และมุมเมริเดียนมีค่า $62^{\circ} 44'.3$ ตก. วาริเอชันในบริเวณนั้นมีค่า $9^{\circ} 45'.0$ อ. จึงสร้างเส้นโค้งแอสิมัทแม่เหล็กของดวงอาทิตย์เพื่อใช้หาดิวิเอชันในระหว่างเวลาที่หมุนเรือ



รูปที่ 83
เส้นโค้งแอซิมัทแม่เหล็ก

ZT	t	TAB	TAB.Az	CORR	Az	Zn	VAR.	MAGN.Zn
1628	54°.7	55°	121.7	↑	S 121°.9 W	301°.9	↑	292°.1
1636	56.7	57	120.3		120.5	300.5		290.7
1644	58.7	59	118.9		119.1	299.1		289.3
1652	60.7	61	117.6		117.8	297.8		288.0
*1700	62.7	63	116.3	(+) 0°.2	116.5	296.5	9°.8 E	286.7
1708	64.7	65	115.1		115.3	295.3		285.5
1716	66.7	67	113.8		114.0	294.0		284.2
1724	68.7	69	112.6		112.8	292.8		288.0
1732	70.7	71	111.4	↓	111.6	291	↓	281.8

คำอธิบาย เวลาที่กลางช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือคือ 1700 ตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 11.4 มุม t จะเท่ากับ $62^{\circ} 44'.3 = 62^{\circ}.7$ ซึ่งใช้เปิดมาตรา H.O. 214 ที่มุม $t = 63^{\circ}$ และได้ Az ตามมาตราเท่ากับ $116^{\circ}.3$ อัตราแก้ Az สำหรับมุม t เพียงอย่างเดียวเท่ากับ (+) $0^{\circ}.2$ แล้วจะได้แอมิรัลจริง $296^{\circ}.5$ เอวาริเอชัน $9^{\circ}.8$ E. ไปแก้จะได้แอมิรัลแม่เหล็ก $286^{\circ}.7$ ดังปรากฏในบรรทัดกลางที่ทำเครื่องหมายไว้ ครั้นแล้วเขียนช่วงระยะเวลา ZT ให้ ต่างกัน 8 นาที ทั้งก่อนและหลังเวลา 1700 ซึ่งจะเป็นเวลาดังแต่ 1628 ถึง 1732 (ใช้ 9 จุด) ต่อไปให้เขียนค่ามุม t ตามเวลานั้น คือจะลดลงและเพิ่มขึ้น 2 จากเวลาที่กลาง ซึ่งจะได้มุม t ตั้งแต่ $54^{\circ}.7$ ถึง $70^{\circ}.7$ แล้วเขียนค่ามุม t จำนวนองศาเต็ม ๆ ให้ใกล้เคียงกับค่าของมุม t ซึ่งจะได้ตั้งในช่องที่สามต่อจากนั้นใช้ค่าของมุม t นี้ แต่ละค่าไปเปิดมาตรา H.O. 214 เพื่อหา Az โดยใช้ละติจูดและดิกลิเนชันคงที่ (คือละติจูด 13° น. และดิกลิเนชัน 33° ใต้.) ตามลำดับไป ซึ่งจะได้ Az ดังในช่องที่สี่ แล้วนำอัตราแก้ที่คำนวณได้ตามเวลาที่กลางไปแก้แต่ละค่า โดยตลอด (ในกรณีนี้ใช้ (+) $0^{\circ}.2$) ซึ่งก็จะได้ค่า Az ที่ถูกต้องตามเวลา ZT แต่ละเวลาในช่องที่หกแล้วเปลี่ยนให้เป็น Zn ดังในช่องที่เจ็ด ครั้นเอวาริเอชันไปแก้ ก็จะได้แอมิรัลแม่เหล็กตามเวลา ZT แต่ละเวลาดังในช่องที่เก้าสุดท้ายให้เขียนจุดของค่าเหล่านี้ลงบนกระดาษกราฟ โดยให้ด้านตั้งเป็นเวลา ZT ด้านนอนเป็นค่าของแอมิรัลแม่เหล็ก แล้วลากเส้นโค้งผ่านจุดเหล่านั้น ดังในรูปที่ 83

เมื่อได้เส้นโค้งแอมิรัลแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือ และแบร์ริงดวงอาทิตย์ด้วยเข็มทิศแม่เหล็กตามทิศหัวเรือต่าง ๆ ไว้เช่นนี้แล้ว การหาดิวิเอชันตามทิศหัวเรือต่าง ๆ จึงเป็นการง่าย กล่าวคือ ใช้เวลา ZT ในขณะที่แบร์ริงด้วยเข็มทิศแม่เหล็กแต่ละครั้ง ๆ (ซึ่งต้องจดไว้แล้วทุกครั้ง) ไปหาแอมิรัลแม่เหล็กของดวงอาทิตย์จาก

กราฟผลต่างระหว่างแอมพัลล์แม่เหล็กกับแบริ่งเข็มทิศแม่เหล็ก (แบริ่งเข็มเรือ) ก็จะเป็นดิวิเอชันแต่ละทิศหัวเรือตามต้องการ

11.7 สรุป

การหาอัตราผิดของเข็มทิศในทะเลนั้น ก็คือการหาผลต่างระหว่างแบริ่งเข็มทิศกับแบริ่งจริงของวัตถุท้องฟ้าที่ถูกต้อง ซึ่งได้จากการคำนวณ สำหรับแบริ่งจริงที่ใช้ในการหาเส้นตำบลที่ (LOP) ไม่มีความถูกต้องพอที่จะนำมาใช้หาอัตราผิดของเข็มทิศได้ การหาแบริ่งจริงของวัตถุท้องฟ้าที่ถูกต้องจะต้องใช้ค่า t , Dec. และ L ที่ถูกต้อง ไปเปิดมาตรา H.O. 214 ทั้งสามค่าโดยใช้ค่าละเอียดอย่างใกล้เคียงถึง $0^{\circ}.1$ ส่วนแอมพัลล์จริงของดาวเหนือจะได้รับการเปิดปฏิทินเดินเรือ (มีละติจูดไม่เกิน 65° เหนือ)

ในการคำนวณหาแอมพัลล์จริงโดยใช้มาตรา H.O. 214 หรือโดยดาวเหนือควรใช้ที่เรือที่แน่นอน หรือที่เรือโดยประมาณ ไม่ควรใช้ตำบลที่เรือสมมติ

ความถูกต้องของเส้นโค้งแอมพัลล์แม่เหล็กในช่วงระยะเวลาที่หมุนเรือ โดยใช้อัตราแก้ของค่า t ณ เวลาที่กลางเป็นตัวอย่างไปแก้ทั้งหมดนั้น (ในตัวอย่างคือ $(+) 0^{\circ}.2$) นับว่ามีความถูกต้องอย่างเพียงพอ

บทที่ 12

การหาชื่อวัตถุท้องฟ้า

(Identification of Celestial Bodies)

12.1 ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเดินเรือดาราศาสตร์

เช่น การวัดสูงวัตถุท้องฟ้า เพื่อคำนวณสามเหลี่ยมดาราศาสตร์ นักเดินเรือจำเป็นต้องรู้จักชื่อของวัตถุท้องฟ้าที่ทำการวัดสูงนั้น ทั้งนี้เพื่อจะได้นำไปเปิดปฏิทินเดินเรือหาค่าของ GHA และ Dec. ได้ สำหรับดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ทุกคนรู้จักกันดีแล้ว แต่ดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์เป็นการยากที่รู้จักและจำชื่อได้ เพราะมีอยู่เป็นจำนวนมากและกระจายกันอยู่เต็มท้องฟ้าในเวลากลางคืน ดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ต่างก็เป็นจุดที่มีแสงสว่างเหมือนกัน จะแตกต่างกันก็คือ ตำแหน่งที่ ความสูงใน ความชัดเจน และสี

การหาที่เรือแน่นอนในระหว่างเวลาแสงเงินแสงทอง ตามปกติจะต้องใช้เส้นตำบลที่หลายเส้น จากวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ มาตัดกัน ฉะนั้น จึงต้องเตรียมการหาชื่อดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ไว้หลาย ๆ ดวงเป็นการล่วงหน้าไว้ก่อน

การดูดาวจนจำชื่อได้และชี้ได้ว่าดวงไหนชื่ออะไร เป็นการยากมากต้องใช้เวลานาน นักเดินเรือที่มีความชำนาญเท่านั้นจึงจะสามารถทำได้ สำหรับนักเรียนหรือนักเดินเรือหน้าใหม่ มีวิธีที่ดีที่สุดจะหาชื่อดาวต่าง ๆ ได้ก็ด้วยการใช้ Star finder หรือ แผนที่ดาวหรือด้วยการคำนวณ

12.2 การตั้งชื่อดาวฤกษ์

เป็นเวลาหลายพันปีมาแล้วที่นักดาราศาสตร์ได้เฝ้าสังเกตดูดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในท้องฟ้าเวลากลางคืน แล้วได้พยายามจัดแบ่งดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้ ๆ กันออกเป็นหมู่ แล้วลากเส้นเชื่อมโยงต่อกันให้เป็นรูป เทพเจ้า คน สัตว์ หรือสิ่งของตามมโนภาพที่คิดขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการสังเกตและจดจำ

ใน ค.ศ. 150 (พ.ศ. 693) โทเลมี (Ptolemy) ชาวกรีกได้แบ่งดาวฤกษ์ออกเป็น 48 หมู่ ต่อมาประมาณศตวรรษที่ 17 ได้จัดเพิ่มขึ้นอีกมีทั้งหมด 88 หมู่ ซึ่งได้ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ ชื่อของหมู่ดาวฤกษ์ส่วนมากจะเป็นภาษาลาติน ส่วนชื่อเฉพาะแต่ละดวงโดยทั่วไปจะเป็นชื่อภาษาลาติน ภาษากรีก และภาษาอาหรับ

บรรดาดาวฤกษ์แต่ละดวงมีชื่อเรียกประจำ แต่มีวิธีเรียกชื่อได้หลายอย่างคือ

(1) เรียกชื่อโดยใช้อักษรกรีกตัวเล็กนำหน้า คือใช้อักษรกรีกตัวเล็ก ($\alpha, \beta, \gamma, \dots$) นำหน้าชื่อหมู่ดาวฤกษ์ที่ดาวดวงนั้นรวมอยู่ด้วย โดยตั้งต้นตัวอักษรกรีกตัวแรกที่ดาวฤกษ์ดวงที่สว่างที่สุดในหมู่นั้นเรียงไปจนครบตามลำดับ เช่น ดาวเหนือ เป็นดาวที่สว่างที่สุดในหมู่ดาวหมีเล็ก ก็เรียกว่า แอลฟา เออร์ซา ไมเนอร์ (α Ursae Minoris) ดาวดวงที่สว่างที่สุดในหมู่ดาววัว (Taurus) ก็เรียกว่า แอลฟา ทอไร (α Tauri) ดวงที่สว่างน้อยลงไปก็เรียกว่า เบตา ทอไร (β Tauri) หรือดวงดาวที่สว่างที่สุดในหมู่ดาวนายพราน (Orion) ก็เรียกว่า แอลฟา ออไรออนิส (α Orionis) และเป็นเช่นนี้ต่อ ๆ ไป

(2) เรียกชื่อโดยใช้ชื่อเฉพาะแต่ละดวง ชื่อเฉพาะของดาวฤกษ์แต่ละดวงเป็นชื่อที่มีมาแต่สมัยโบราณและยังคงใช้เรียกกันอยู่ทุกวันนี้โดยทั่วไปมักจะเป็นภาษาละตินและภาษากรีก เช่น Sirius ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ดวงที่สว่างที่สุดในหมู่ดาวสุนัขใหญ่ (Canis Major), Capella, Procyon เป็นต้น และมีบางดวงเป็นชื่อภาษาอาหรับ เช่น Vega, Aldebaran, Betelgeuse และ Altair เป็นต้น โดยมากดาวขนาดเล็กมักมีชื่อเป็นภาษาอาหรับแทบทั้งสิ้น

(3) เรียกชื่อโดยใช้ระบบตัวเลข ระบบนี้เป็นระบบของแฟลมสตีด (Flamsteed's system) คือใช้ตัวเลข 1, 2, 3, ... นำหน้าแทนอักษรกรีกตัวเล็กของหมู่ดาวฤกษ์แต่ละหมู่ โดยเริ่มต้นนับจากทางตะวันตกไปทางตะวันออกจนครบ

(4) เรียกชื่อโดยใช้จำนวนตัวเลขตามแคตตาล็อก วิธีนี้ใช้เรียกชื่อดาวฤกษ์ขนาดเล็กพวกที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องดูด้วยกล้องโทรทรรศน์ เช่น Lalande 45,585 หมายความว่า เป็นดาวเลขที่ 45,585 ตามแคตตาล็อกของ Lalande, Groombridge 990 หมายความว่า เป็นดาวเลขที่ 990 ตามแคตตาล็อกของ Groombridge หรือ H.D. 32,400 ก็หมายความว่า เป็นดาวเลขที่ 32,400 ตามแคตตาล็อกของ Henry Draper ดังนี้ เป็นต้น

การเรียกชื่อดาวฤกษ์ทั้งสี่วิธีนี้เป็นที่ยอมรับในวงการดาราศาสตร์

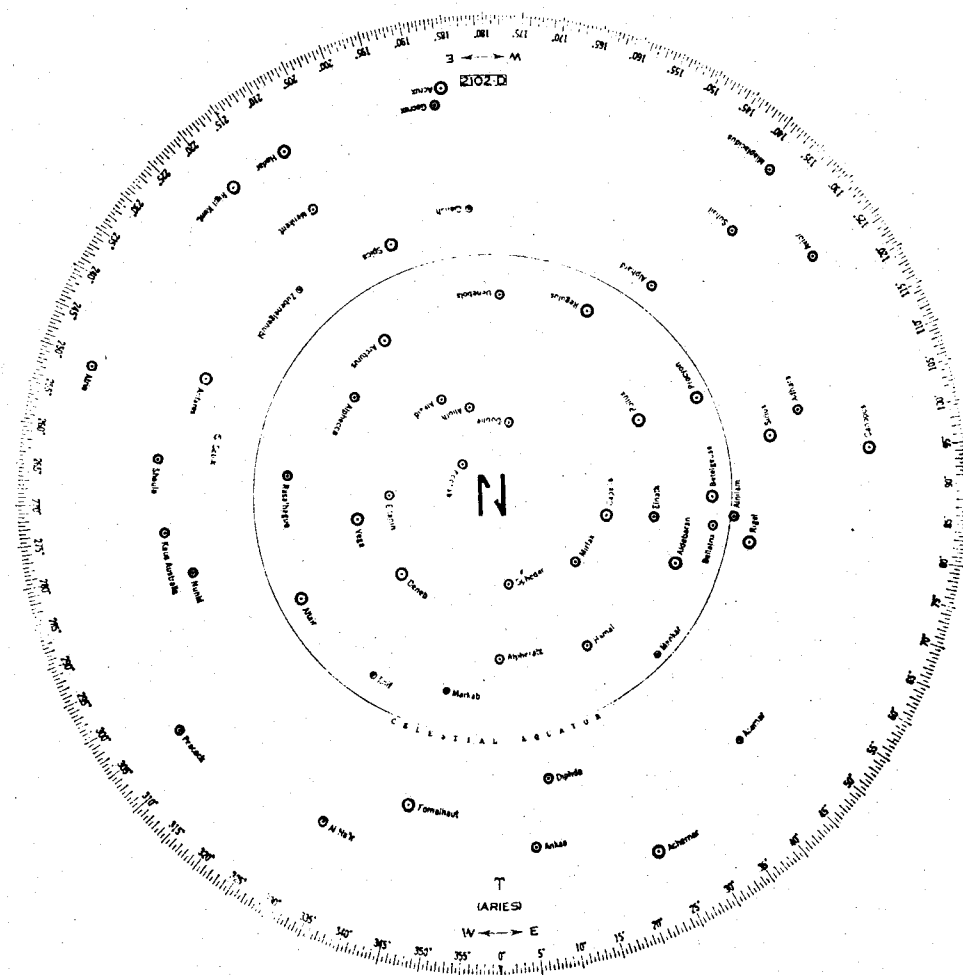
ในปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันชื่อของดาวฤกษ์เป็นชื่อเฉพาะดวงเรียงตามลำดับอักษร ส่วนดาวฤกษ์ตอนท้ายของปฏิทินเดินเรือ ได้ให้ชื่อตามวิธีที่ (1) และ ชื่อเฉพาะดวงพร้อมกันไปด้วย (ถ้ามี) นอกจากนั้นยังได้ให้หมายเลขพิเศษเฉพาะดาวที่สำคัญ ๆ ทั้ง 57 ดวง ตั้งแต่หมายเลข 1 ถึง 57 เรียงตามไรท์แอสเซนชัน

12.3 การหาชื่อดาวโดยใช้ STAR FINDERS (Star finders)

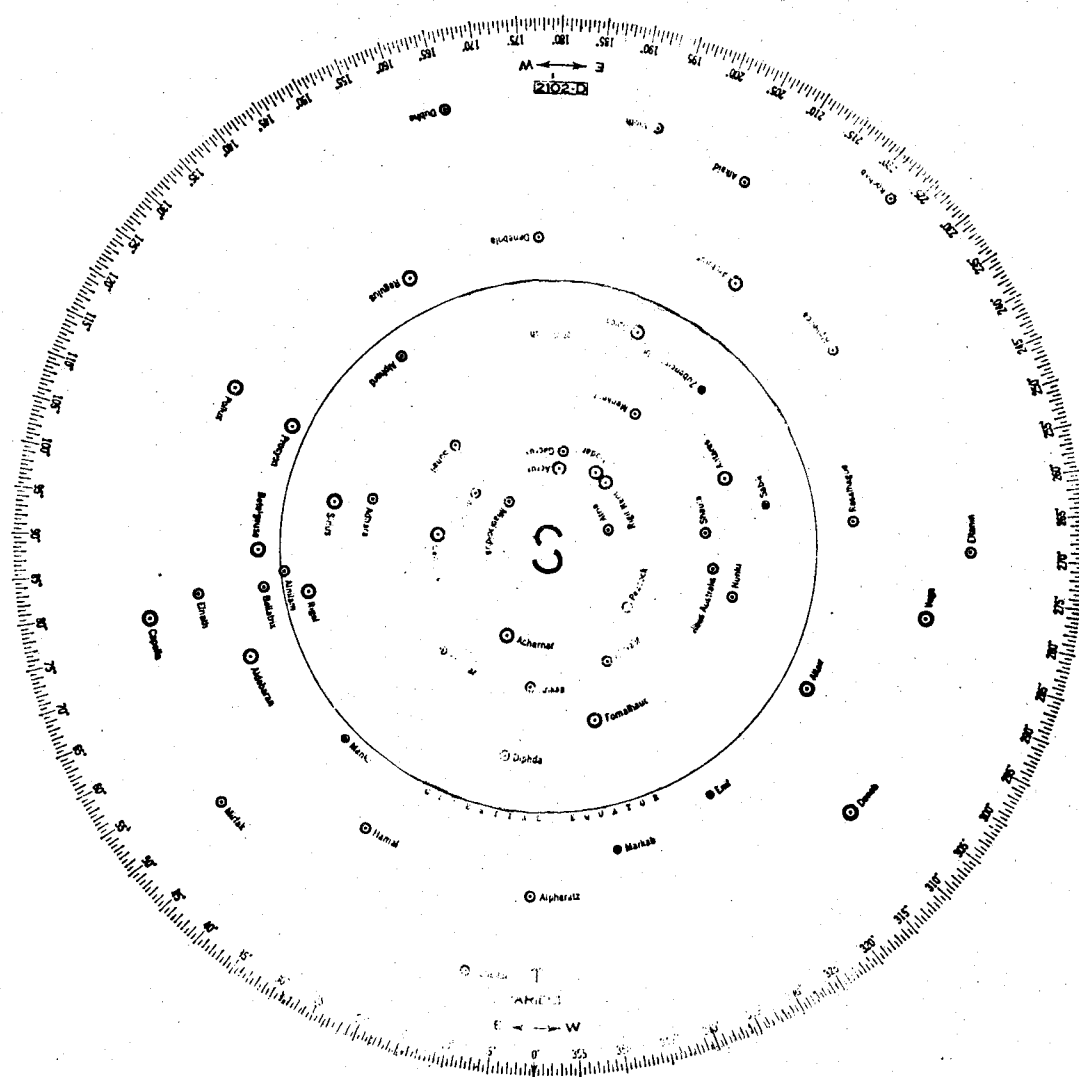
เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้หาโคออร์ดิเนต (คือสูงและแอสซิธ) อย่างใกล้เคียงของดาวดวงใดดวงหนึ่งตามเวลาที่ต้องการ Star Finders มีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่งแบบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป คือเป็นแบบ H.O. 2102-D ซึ่งกรมอุทกศาสตร์ราชนาวีสหรัฐ เป็นผู้จัดทำขึ้น

Star finders แบบ H.O. 2102-D ประกอบไปด้วยแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์หนึ่งแผ่น

ทำด้วยพลาสติกวงกลมสีขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 นิ้วครึ่ง มีดาวฤกษ์ปรากฏ
อยู่ทั้งสองด้านรวมทั้งสิ้น 57 ดวง ตามปฏิทินเดินเรือในหน้าประจำวัน ตำแหน่งของดาวเหล่านั้น
แสดงด้วยวงกลมขนาดต่าง ๆ กันตามความสุกใสของดาวฤกษ์แต่ละดวง (ชั้นที่ 1, ชั้นที่ 2
หรือชั้นที่ 3) พร้อมทั้งมีชื่อกำกับไว้ ที่จุดศูนย์กลางมีเครื่องหมายทั้งสองด้าน จุดศูนย์กลางด้านหนึ่งจะ
เป็นขั้วท้องฟ้าเหนือ อีกด้านหนึ่งจะเป็นขั้วท้องฟ้าใต้ ที่ขอบทั้งสองด้านโดยรอบจะมีเส้นแบ่งไว้
ทุกครึ่งองศา และมีเลขกำกับทุก 5 องศา เส้นองศาเหล่านี้คือมุมเวลาตำแหน่งของจุดราศีเมษ
(LHA γ ...) ซึ่งให้นับไปทางตะวันออก (ดูรูปที่ 84 ก. และ 84 ข.)



รูปที่ 84 ก.
แผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ (Star base) ด้านขั้วท้องฟ้าเหนือ



รูปที่ 84 ข.
แผนพื้นฐานดาวฤกษ์ (Star base) ด้านซ้ายท้องฟ้าได้

นอกจากนี้มีแผ่นพลาสติกใสอีกเก้าแผ่นขนาดโตเท่ากัน สำหรับใช้หาโคออร์ดิเนตของดาวต่าง ๆ ด้วยระบบขอบฟ้า คือสูง และแอดมิรัลจริง (โดยประมาณ) แต่ละแผ่นมีเส้นโค้งความสูง และแอดมิรัลจริงรวมอยู่ด้วยกัน เป็นเส้นสีน้ำเงิน เส้นโค้งที่กระจายออกมาจากจุดกาทบาทเป็นเส้นแอดมิรัลจริง ส่วนเส้นวงล้อมรอบจุดกาทบาทซึ่งเป็นรูปวงกลมเบี้ยว ๆ หรือคล้ายรูปอีลิปส์นั้นเป็นเส้นวงสูง แต่ละเส้นห่างกันเป็นระยะมุม 5 องศา โดยมีเลขกำกับไว้ทุก 10 องศา ทั้งที่เส้นความสูงและที่เส้นแอดมิรัลจริง ที่ศูนย์กลางเจาะรูไว้สำหรับสวมลงบนเดือยของแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ เพื่อใช้หาสูงและแอดมิรัลจริงโดยประมาณของดาวฤกษ์เหล่านั้น ทั้งเก้าแผ่นนี้สร้างไว้สำหรับใช้ที่ละติจูดต่าง ๆ กัน คือสร้างต่างกัน 10 องศาละติจูด เริ่มตั้งแต่ 5° , 15° , 25° จนถึง 85° ด้านหนึ่งใช้สำหรับละติจูดเหนือ อีกด้านหนึ่งใช้สำหรับละติจูดใต้ ที่ปลายเส้นแอดมิรัล 180 องศา ซึ่งเป็นเส้นตรง จะมีลูกศรแสดงไว้ (ดูรูปที่ 85)

มีแผ่นพลาสติกใสอีกแผ่นหนึ่ง ซึ่งเป็นแผ่นที่สิบขนาดโตเท่ากัน สำหรับใช้หาโคออร์ดิเนตของดาวต่าง ๆ ด้วยระบบบิเควเตอร์ท้องฟ้าคือมุมเมริเดียนกับดิกลิเนชัน เส้นรัศมีที่กระจายออกจากจุดศูนย์กลางเป็นเส้นมุมเมริเดียนส่วนเส้นวงกลมขนานกันนั้นเป็นเส้นดิกลิเนชัน เส้นเหล่านี้เป็นเส้นสีแดง แต่ละเส้นห่างกัน 10 องศา ทั้งมุมเมริเดียนและดิกลิเนชัน ที่ศูนย์กลางเจาะรูไว้สำหรับสวมลงบนเดือยของแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ นอกจากนี้ที่เส้นมุมเมริเดียน 0 องศา ตอนกลางยังได้เจาะช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็กไว้ สำหรับเขียนตำบลที่ของดาวพระเคราะห์ต่าง ๆ ลงบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ และที่ปลายสุดของเส้นนี้จะมีลูกศรแสดงไว้ แผ่นที่สิบนี้ด้านหนึ่งใช้สำหรับละติจูดเหนือ อีกด้านหนึ่งใช้สำหรับละติจูดใต้ (ดูรูปที่ 86)

การเลือกแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์, แผ่นพลาสติกใสเส้นสีน้ำเงินหรือแผ่นพลาสติกใสเส้นสีแดงนั้น ให้เลือกใช้ตามละติจูดของผู้ตรวจ เช่น เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูด 35° N ก็ให้ใช้แผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ด้านซ้ายท้องฟ้าเหนือซึ่งจะมีอักษร N อยู่ที่จุดศูนย์กลางและใช้แผ่นพลาสติกใสเส้นสีน้ำเงินหรือแผ่นพลาสติกใสสีแดง ด้านที่มีอักษร LATITUDE 35° N หรือ NORTH LAT. ตามลำดับ ตัวเลขและตัวอักษรให้ใช้อ่านที่เป็นตัวปกติธรรมดา อย่าใช้ตัวเลขและตัวอักษรที่เป็นตัวกลับ เพราะเป็นของอีกด้านหนึ่ง

(หมายเหตุ นักศึกษาควรที่จะได้เห็นและใช้ของจริง)

(1) วิธีใช้ Star Finders (แบบ H.O. 2102-D) หาสูงและแอดมิรัล การใช้ Star finders หาสูงและแอดมิรัลพร้อมทั้งชื่อของดาวฤกษ์โดยประมาณนั้น โดยทั่ว ๆ ไปใช้หาเพื่อเตรียมการสำหรับการวัดสูงในระหว่างเวลาที่มีแสงเงินแสงทอง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ตรวจได้รู้ว่าดาวดวงใดอยู่ที่ใดในท้องฟ้า ซึ่งจะได้ทำการวัดสูงได้ทันทีโดยไม่ชักช้า

วิธีปฏิบัติเพื่อให้บรรลุผลตามความมุ่งหมายดังกล่าว ก็คือทำการคำนวณหา LHA ของจตุราศีเมษ ณ เวลาที่กลางในช่วงระยะเวลาที่คาดว่าจะทำการวัดสูง โดยให้พิจารณา

จากเวลาเริ่มต้นมีแสงเงินแสงทอง (Civil twilight) ในตอนเช้า หรือเวลาสิ้นสุดแสงเงินแสงทองในตอนเย็น สุดแล้วแต่ความประสงค์ แต่เวลาที่จะกำหนดขึ้นนี้ควรให้สะดวกแก่การเปิดปฏิทินเดินเรือด้วย คือใช้ประมาณโดยหยาบ ๆ ก็ได้ เพียงแค่นาทีเต็ม ๆ ก็พอ ส่วนที่เรือรายงานนั้นก็ต้องใช้ที่เรือรายงานตามเวลาที่กำหนดขึ้น

ครั้นแล้วก็คำนวณหา LHA ของจตุราศีเมษตามเวลาที่กำหนดนั้นแล้วเลือกแผ่นพลาสติกใสสีน้ำเงิน ที่มีละติจูดใกล้เคียงกับละติจูดของที่เรือรายงานที่สุด ให้หงายด้านที่ต้องการใช้ขึ้น (ระวังอย่าใช้ผิดด้าน) วางทับลงไปบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ให้เดือยสวมลงกับรูที่เจาะไว้ ต่อจากนั้นหมุนแผ่นพลาสติกเส้นสีน้ำเงินให้ลูกศรที่อยู่ปลายเส้นแอดมิรัล 180 องศาตรงกับตัวเลขของศรที่ขีดไว้บนขอบของแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ตามค่าของ LHA ของจตุราศีเมษที่คำนวณได้ สุดท้ายให้เลือกดาวฤกษ์ต่าง ๆ ตามต้องการว่าจะใช้ดาวชื่ออะไรบ้าง แล้วอ่านสูงและแอดมิรัลของดาวฤกษ์นั้น ๆ แล้วจดไว้

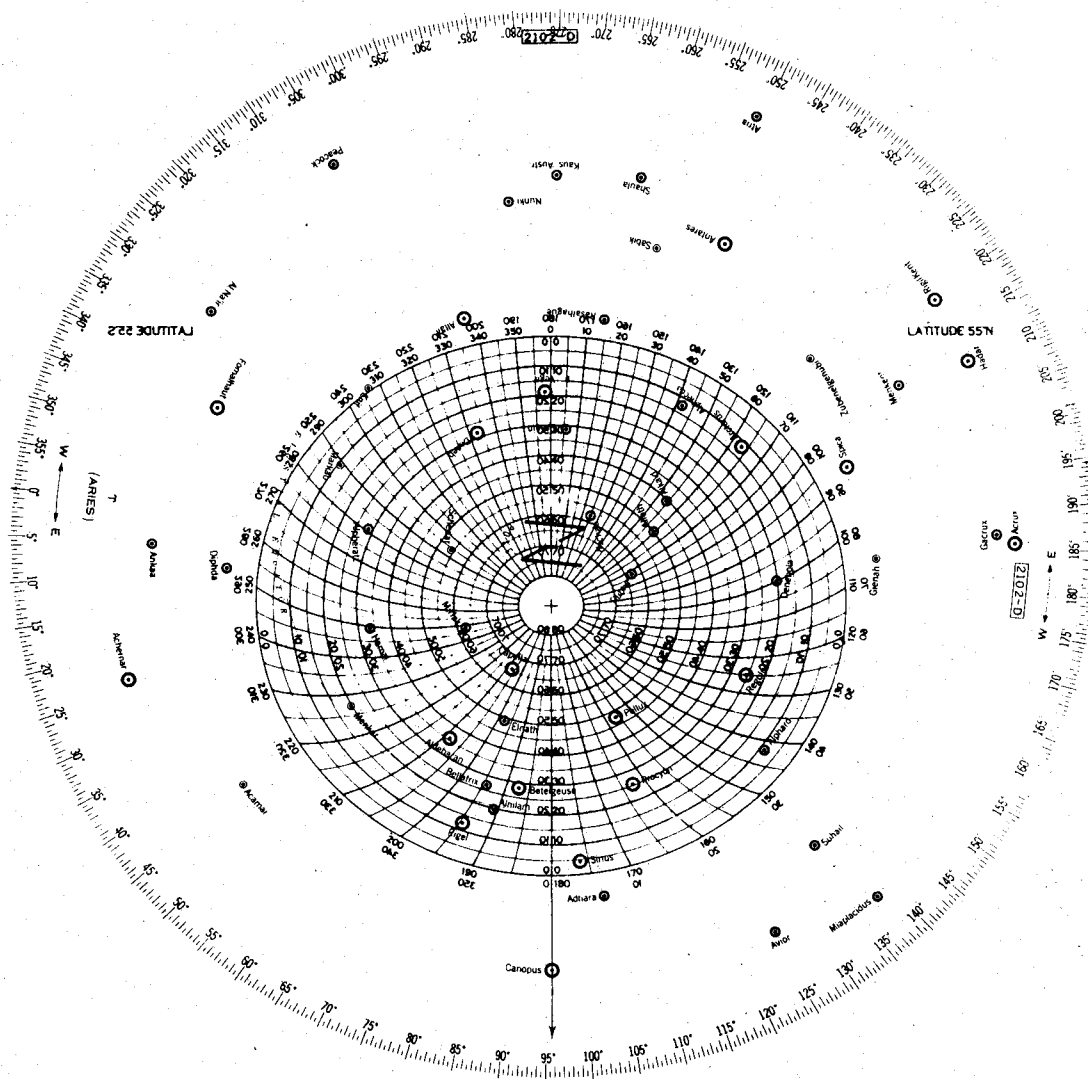
ครั้นถึงเวลาที่กำหนดก็จะปรากฏว่าดาวฤกษ์ดวงที่ต้องการตามที่จดไว้ จะอยู่ในตำแหน่งที่มีสูงและแอดมิรัลตรงตามที่หาไว้ ซึ่งจะทำให้วัดสูงได้ไม่ผิดพลาด

ตัวอย่าง เมื่อเวลาสิ้นสุดแสงเงินแสงทองที่เรือรายงานละติจูด $37^{\circ} 14' .8$ น. ลองจิจูด $144^{\circ} 25' .6$ อ. และคำนวณหา GHA ของจตุราศีเมษในขณะนั้นได้ $312^{\circ} 46' .8$ จงหาสูงและแอดมิรัลโดยประมาณของดาวฤกษ์ชั้นที่หนึ่งที่โผล่จากขอบฟ้าในขณะนั้น

วิธีทำ

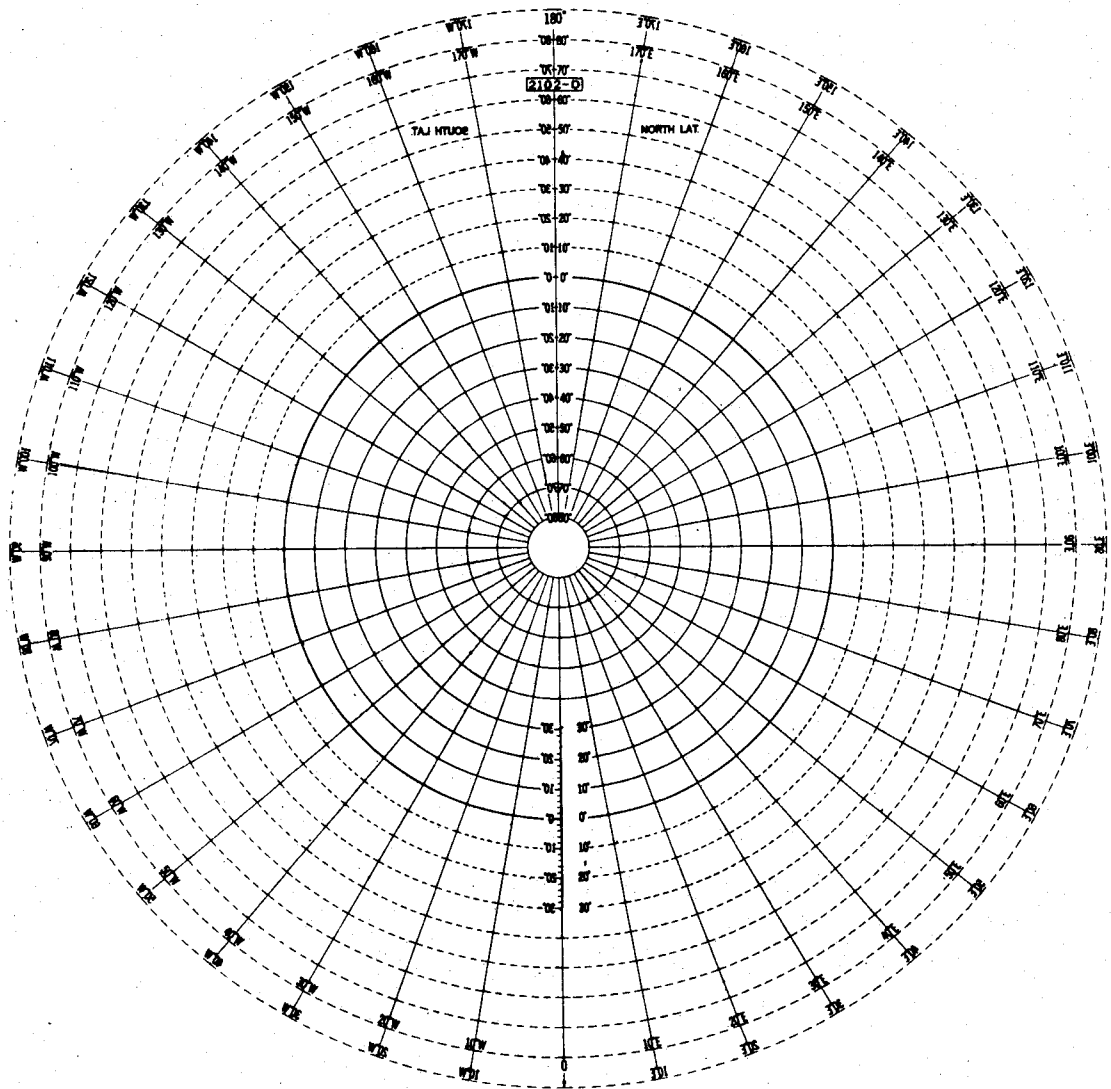
$$\begin{aligned} \text{GHA } \gamma & 312^{\circ} 46' .8 \\ \lambda & 144^{\circ} 25' .6 \text{ E.} \\ \text{LHA } \gamma & \underline{97^{\circ} 12' .4} \end{aligned}$$

คำอธิบาย คำนวณหา LHA ของจตุราศีเมษตามวิธีการแบบธรรมดาตั้งได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น สำหรับในกรณีนี้จะได้ $97^{\circ} 12' .4$ เลือกแผ่นพลาสติกใสเส้นสีน้ำเงิน ที่มีละติจูดใกล้เคียงกับที่เรือรายงาน ซึ่งจะได้แผ่นที่ LATITUDE 35° N แล้ววางทับลงไปบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ด้านที่มีอักษร N อยู่ตรงกลาง เพราะผู้ตรวจอยู่ละติจูดเหนือ (ทั้งสองแผ่นต้องใช้ตามละติจูดของผู้ตรวจ) หมุนแผ่นพลาสติกให้ลูกศรที่อยู่ปลายเส้นแอดมิรัลซึ่งเป็นเส้นตรงจาก 0° ถึง 180° ให้ตรงค่ามุม LHA ของจตุราศีเมษที่คำนวณได้ คือ $97^{\circ} 12' .4$ (ใช้ประมาณด้วยนัยน์ตา) ต่อจากนั้นอ่านความสูงและแอดมิรัลของดาวฤกษ์ชั้นที่หนึ่ง ตามลำดับแอดมิรัลซึ่งจะได้ดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 85)



รูปที่ 85

แผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ด้านซ้ายท้องฟ้าเหนือมีแผ่นพลาสติกใสเส้นสีน้ำเงินด้าน LATITUDE 35° N วางทับอยู่
และเส้นลูกศรขึ้นมุม LHA ของจุดราศีเมษ $97^{\circ}.2$



รูปที่ 86
แผ่นพลาสติกใสเส้นสีแดง

<u>Body</u>	<u>ha</u>	<u>Zn</u>
Regulus	36°	101°
Pollux	73°	106°
Procyon	57°	148°
Sirius	39°	176°
Canopus	2°	181°
Betelgeuse	62°	200°
Rigel	43°	207°
Aldebaran	58°	243°
Capella	72°	315°

เนื่องด้วยปรากฏว่ามีดาวฤกษ์ชั้นที่หนึ่งที่สามารถจะวัดสูงได้เป็นจำนวนมาก ฉะนั้น จึงควรพิจารณาตัดดาวฤกษ์บางดวงที่อาจจะทำให้การหาเส้นตำบลที่เกิดความผิดได้มาก ทั้งออกไปเสียบ้าง คือดาวที่มีความสูงมากเกินกว่า 65° และดาวที่มีความสูงน้อยกว่า 15° ใน ที่นี้ดาวที่ควรตัดทิ้ง คือ Pollux, Canopus และ Capella

(2) การใช้ **Star finders** หาสูงและแอสิมัทของดาวพระเคราะห์ อาจใช้ **Star finders** เตรียมการหาสูงและแอสิมัทโดยประมาณของดาวพระเคราะห์ หรือดาวฤกษ์อื่น ๆ พร้อมทั้งชื่อได้โดยวิธีเดียวกันตามข้อ (1) ดังกล่าวแล้ว แต่ก็ต้องมีตำบลที่ของดาวพระเคราะห์ หรือดาวฤกษ์อื่น ๆ เหล่านั้นปรากฏอยู่ในแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์

เนื่องด้วยดาวพระเคราะห์เคลื่อนตัวเร็วผ่านหมู่ดาวฤกษ์ทั้งหลาย ฉะนั้น ตำบลที่ของ ดาวพระเคราะห์ที่เขียนลงบนพื้นฐานดาวฤกษ์นั้น จะใช้ได้ก็เพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ตามปกติเมื่อเขียนตำบลที่ของดาวพระเคราะห์ลงไปบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ในวันใดวันหนึ่ง แล้วจะใช้ได้เพียง 7 วัน หลังจากนั้นไปแล้วก็ต้องเขียนตำบลที่ของดาวพระเคราะห์ลงไปใหม่

ดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์นั้นใช้เขียนตำบลที่ลงไปด้วย 360° - SHA กับ Dec. ของดาวฤกษ์ดวงนั้น ๆ ดังนั้นการเขียนตำบลที่ดาวพระเคราะห์ ต่าง ๆ ลงบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ก็ต้องคำนวณหา 360° - SHA กับ Dec. ของดาว พระเคราะห์ดวงนั้น ๆ เสียก่อน แล้วจึงใช้แผ่นพลาสติกเส้นสีแดงมาประกอบการเขียนตำบลที่

ตัวอย่าง สมมติว่าเรืออยู่ที่ละติจูดใต้ ต้องการเขียนตำบลที่ของดาว Venus ลงบน แผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ตามวันและเวลาที่ต้องการ และจากปฏิทินเดินเรือเปิดรายการต่าง ๆ ได้ ดังต่อไปนี้ ซึ่งก็จะสามารถคำนวณหา 360° - SHA ของดาว Venus ได้

GHA Venus	222° 40'.2	Dec. 4° 39'.6 S.
GHA _y	<u>213° 29'.3</u>	
SHA Venus	<u>9° 10'.9</u>	
360° - SHA	<u>350° 49'.1</u>	

มุม 350° 49'.1 กับ Dec. 4° 39'.6 S. ก็จะนำไปเขียนค่าบลิที่ของดาว Venus ลงบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ได้ตามความประสงค์ โดยใช้แผ่นพลาสติกใสสีแดงหงายด้าน SOUTH LAT. ขึ้น แล้ววางทับลงบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ด้าน S เหมือนกัน (ทั้งสองแผ่นต้องใช้ตามละติจูดของผู้ตรวจ) ต่อจากนั้นให้หมุนแผ่นพลาสติกใสให้ลูกศรตรงเลข 350°.8 แล้วเขียนค่าบลิที่ของดาว Venus ในช่องที่เจาะไว้บนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ที่ Dec. 4°.5 S. ก็จะได้ค่าบลิที่ของดาว Venus ตามต้องการ

(3) การใช้ Star finders หาชื่อดาวที่ไม่ทราบชื่อมาก่อน บางโอกาส ณ ค่าบลิที่แห่งหนึ่ง นักเดินเรือได้ทำการวัดสูงดาวดวงใดดวงหนึ่ง พร้อมกับจดเวลาไว้แล้ว แต่ไม่ทราบชื่อดาวดวงนั้นชื่ออะไร ถ้าไม่มีวิธีการหาชื่อดาวดวงนั้นในภายหลังให้ได้แล้ว ก็หา GHA และ Dec. ของดาวดวงนั้น เพื่อนำไปทำการคำนวณหาเส้นค่าบลิที่ไม่ได้ ซึ่งจะไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใดสำหรับการวัดสูงคราวนั้น

การหาชื่อดาวภายหลังจากการวัดสูงไว้แล้วสามารถจะกระทำได้โดยอาศัย Star finders เหมือนกัน ในเมื่อขณะทำการวัดสูงให้จดเวลาและหาแอดซิมัทโดยประมาณของดาวดวงนั้นไว้

วิธีหาชื่อดาวนั้น ให้เลือกแผ่นพลาสติกเส้นสีน้ำเงินที่ใกล้เคียงกับละติจูดผู้ตรวจ วางทับลงบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ แล้วใช้แผ่นพลาสติกเส้นสีแดง วางทับลงไปอีกทีหนึ่ง แผ่นทั้งสามนี้จะต้องหงายด้านที่มีชื่ออย่างเดียวกับละติจูดของผู้ตรวจขึ้นทั้งสามแผ่นครั้นแล้วคำนวณหา LHA ของจตุราศีเมษในขณะเวลาที่ทำการวัดสูงดาวดวงนั้นต่อไปหมุนแผ่นพลาสติกทั้งสองให้เส้นลูกศรตรงกันและตรงกับค่าของ LHA ของจตุราศีเมษที่คำนวณได้ แล้วดูที่แผ่นพลาสติกเส้นสีน้ำเงินตรงจุดตัดของเส้นความสูงและเส้นแอดซิมัทของดาวตามที่วัดและแบบริ่งไว้ ว่าใกล้เคียงหรือตรงกับดาวฤกษ์ดวงใดบนแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์บ้าง ถ้าตรงกับดาวฤกษ์ดวงใดดวงหนึ่ง ดาวฤกษ์ดวงนั้นก็จะป็นดาวดวงที่ได้ทำการวัดไว้ ถ้าไม่มีดาวฤกษ์ดวงใดตรงหรือใกล้เคียงกับจุดนั้นเลย ก็ให้อ่านค่ามุมเมริเดียนและดิคลิเนชันบนแผ่นพลาสติกเส้นสีแดงที่จุดตัดนั้น ชื่อดิคลิเนชัน ถ้าอยู่ภายในวงกลมของเส้นอีเควเตอร์ท้องฟ้าใกล้กับจุดศูนย์กลางแผ่นพื้นฐานดาวฤกษ์ก็จะมีชื่อเหมือนกับละติจูดของผู้ตรวจ ถ้าอยู่นอกวงกลมของเส้นอีเควเตอร์ท้องฟ้าใกล้ทางด้านขอบนอก ก็จะมีชื่อตรงข้ามกับละติจูดของผู้ตรวจ

เมื่อได้มุมเมริเดียน (t) แล้วให้ใช้ลองจิจูดของที่เรือรายงานในขณะที่ทำการวัดสูง ทำการคำนวณหา GHA และ SHA แล้วใช้ค่า GHA กับ Dec. ไปเปิดปฏิทินเดินเรือหน้าประจำวันตามวันกรีนวิชที่ทำการวัดสูง หาดูว่าตามเวลาที่วัดสูงนั้น (เวลา GMT) มีดาวพระเคราะห์ดวงใดบ้างที่มี GHA และ Dec. ใกล้เคียงกับที่หามาได้ ถ้าดาวพระเคราะห์ดวงใดมีค่า GHA และ Dec. ตรงกันหรือใกล้เคียง ก็จะเป็นดาวพระเคราะห์ดวงนั้น ถ้าหากไม่มีดาวพระเคราะห์ดวงใดตรงกันเลย ก็ให้ใช้ค่า SHA กับ Dec. ไปเปิดปฏิทินเดินเรือตอนท้ายเล่ม หาชื่อดาวฤกษ์ดวงที่มี SHA และ Dec. ตรงกันหรือใกล้เคียงก็จะเป็นดาวฤกษ์ดวงนั้น

4. การหาชื่อดาวที่ไม่ทราบชื่อมาก่อนโดยมาตรา H.O. 214 หลักการหาชื่อดาวที่ไม่ทราบชื่อมาก่อนคงเป็นเช่นเดียวกับการใช้ Star finders กล่าวคือในมาตรา H.O. 214 แต่ละเล่มที่ตอนหลังของทุกเล่มจะมีอยู่สองหน้าภายใต้หัวข้อว่า “Star Identification Table” สำหรับหา Dec. และมุมเมริเดียนของดาวดวงนั้น โดยใช้สูงและแอดซิมัทที่วัดได้มาเปิดตามละติจูดที่ใกล้เคียงกับผู้ตรวจ ตัวเลข Dec. ที่เป็นตัวเอนจะมีชื่อตรงข้ามกับละติจูดของผู้ตรวจ เมื่อได้ Dec. และมุมเมริเดียนแล้ว ก็ให้ทำมุมเมริเดียนเป็น GHA และ SHA แล้วใช้ Dec. กับ GHA หรือ HSA ไปเปิดหาชื่อดาวพระเคราะห์หรือดาวฤกษ์จากปฏิทินเดินเรือเช่นเดียวกันกับการใช้ Star finders ดังกล่าวแล้ว

12.5 การใช้แผนที่ดาวในปฏิทินเดินเรือ

ในปฏิทินเดินเรือจะมีแผนที่ดาวฤกษ์อยู่สี่รูป (ดูรูปที่ 87 และ 88) สองรูปเป็นภาพที่มองออกไปจากโลกยังขั้วท้องฟ้าทั้งสอง ซึ่งคลุมตั้งแต่ดิคลิเนชัน 10° ถึง 90° ตามชื่อของขั้วท้องฟ้า นั้น อีกสองรูปเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตั้งแต่ดิคลิเนชัน 30° N ถึง 30° S รอบท้องฟ้าตามค่าของมุม SHA แผนที่ดาวนี้ทิศตะวันออกจะอยู่ทางซ้าย ทิศตะวันตกจะอยู่ทางขวา ฉะนั้นการดูดาวโดยใช้แผนที่ดาวจึงต้องยกแผนที่ดาวขึ้นแล้วคว่ำหน้าลง แล้วหันเส้นเหนือ-ใต้ให้ตรงกับทิศเหนือ-ใต้ ภาพดาวที่ปรากฏในท้องฟ้าจะมีรูปร่างเหมือนกันกับในแผนที่ดาวซึ่งก็จะทำให้ทราบว่าดาวดวงใดชื่ออะไร

12.6 การดูดาว

การดูดาวฤกษ์ในท้องฟ้าเพื่อให้รู้จักดาวดวงใดชื่อใด และอยู่ในหมู่ดวงอะไร นักศึกษาควรศึกษาให้รู้จักหมู่ดาวที่สำคัญ ๆ จากแผนที่ดาว กับบนท้องฟ้าจริง ๆ และจำไว้ให้ได้เสียก่อน เมื่อรู้จักแล้ว ก็สามารถใช้เป็นหลักนำไปสู่ดาวหมู่อื่นหรือดวงอื่น ๆ ตามต้องการได้

ในบริเวณหัวท้องฟ้าเหนือ มีหมู่ดาวอยู่หมู่หนึ่งที่รู้จักกันทั่วไปคือหมู่ดาว Ursa Major (Great Bear หรือ Big Dipper) ซึ่งเรียกว่าหมู่ดาวหมีใหญ่ หรือหมู่ดาวกระบวยใหญ่ คนไทยเรียกว่าดาวจระเข้ ประกอบไปด้วยดาว 7 ดวง มีรูปคล้ายกระบวย 4 ดวงของดาวเหล่านี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งเป็นตัวกระบวย ปากของกระบวยที่เปิดอยู่จะหันไปทางหัวท้องฟ้าเหนือ ดาวที่ใช้ในการเดินเรือของหมู่ดาวนี้มีอยู่ 3 ดวงคือ Dubhe, Alioth และ Alkaid ดาว Dubhe และ Merak ซึ่งเป็นดาวที่ประกอบเป็นตัวกระบวย เรียกว่าดาวชี้ (The pointers) เพราะว่าเมื่อลากเส้นผ่านดาวสองดวงนี้ไปทางเหนือ ประมาณ 5 เท่าจะใกล้กับดาวเหนือมาก ซึ่งในบริเวณนั้นจะไม่มีดาวดวงใดสุกใสเท่ากับดาวเหนือเลย

หมู่ดาว Ursa Minor (Little Bear หรือ Little Dipper) ซึ่งเรียกว่าหมู่ดาวหมีเล็ก หรือกระบวยเล็ก ประกอบไปด้วยดาว 7 ดวง มีรูปเหมือนหมู่ดาวหมีใหญ่ แต่รูปเล็กกว่า ความสุกใสน้อยกว่า รูปของดาวหมีเล็กจะกลับกับดาวหมีใหญ่ ดาวในหมู่ดาวหมีเล็กพอมองเห็นได้ชัดเจนเพียง 3 ดวงเท่านั้น แต่มีเพียงสองดวงที่ใช้ในการเดินเรือ คือ Polaris และ Kochab ทั้งสองดวงเป็นดาวชั้นที่สอง ดาว Polaris หรือดาวเหนือจะอยู่ที่ปลายสุดของด้ามกระบวย หรือที่ปลายสุดของหางหมี

หมู่ดาว Cassiopeia ซึ่งเรียกว่าหมู่ดาวพระราชีนี หรือเก้าอี้พระราชีนี มีรูปคล้ายกับอักษร W หรือ M อยู่ห่างจากดาวเหนือไปทางทิศตรงข้ามกับหมู่ดาวหมีใหญ่ในระนาบประมาณเท่า ๆ กัน ฉะนั้น เมื่อหมู่ดาวหมีใหญ่อยู่บนเมริเดียนเบื้องบนหมู่ดาว Cassiopeia จะอยู่บนเมริเดียนเบื้องล่าง สำหรับที่ประเทศไทยถ้าเห็นหมู่ดาวหมีใหญ่ก็จะได้ไม่เห็นดาว Cassiopeia และตรงกันข้ามถ้าเห็นหมู่ดาว Cassiopeia ก็จะไม่เห็นหมู่ดาวหมีใหญ่ เมื่อดาวหมีขึ้นบนท้องฟ้า และเป็นรูป M (คือเมื่ออยู่บนเมริเดียนเบื้องบน) ดาวดวงทางซ้ายมือสุด ชื่อ Caph ถ้าลากเส้นจากดาวเหนือผ่านดาวดวงนี้ก็จะผ่านจตุราศีเมษ ดาวดวงที่สองถัดมาชื่อ Schedar เป็นดาวที่สว่างกว่าดาว Caph แต่ทั้งสองดวงนี้ก็เป็นดวงชั้นที่สองเหมือนกัน

ประมาณกลางเดือนเมษายน หมู่ดาวหมีใหญ่จะปรากฏให้เห็นบนท้องฟ้า ประมาณกลางเดือนตุลาคม หมู่ดาว Cassiopeia จะปรากฏให้เห็นบนท้องฟ้า

ในขณะที่ดาวหมีใหญ่ปรากฏบนท้องฟ้า ก็จะทำให้หาดาวดวงอื่น ๆ ได้ คือเมื่อต่อเส้นไปตามความโค้งของหางหมีใหญ่ จะพบดาวสุกใสดวงหนึ่งชื่อ Arcturus ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Bootes (คนเลี้ยงหมี) และลากเส้นโค้งต่อไปอีกระยะทางเท่า ๆ กัน จะพบดาวสุกใสอีกดวงหนึ่งชื่อ Spica ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Virgo (นางงามหรือหญิงพรหมจารีย์) ดาวทั้งสองดวงนี้

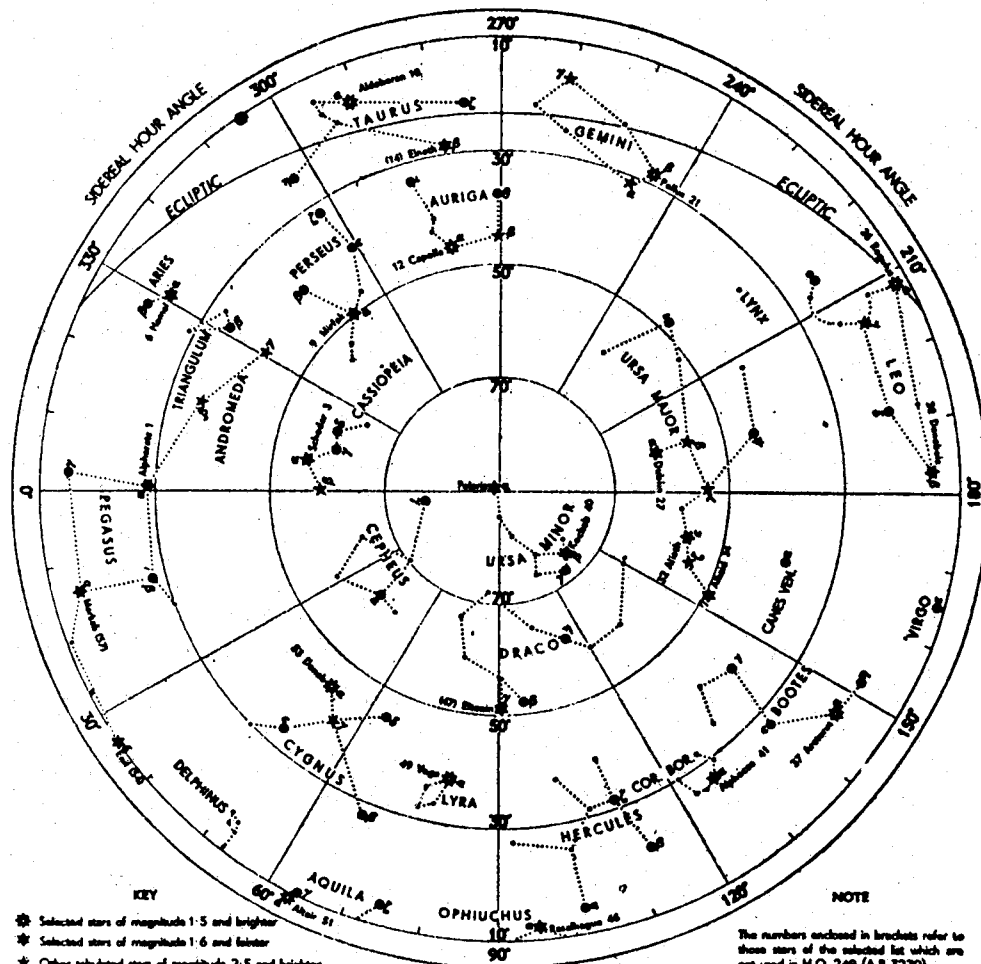
จะเป็นดาวชั้นที่หนึ่ง ถ้าลากเส้นจากดาว Pointers ของหมู่ดาวหมีใหญ่ลงมาทางใต้ จะพบดาว ชื่อ Regulus ซึ่งอยู่ปลายสุดของด้ามเคียวหรือรูปเครื่องหมายคำถาม ดาวดวงนี้อยู่ในหมู่ดาว Leo (สิงโต) และเป็นดาวชั้นที่หนึ่งที่มีความสูงใสมากที่สุดในบรรดาดาวฤกษ์ที่อยู่ในบริเวณท้องฟ้าส่วนนี้ ถ้าลากเส้นต่อระหว่าง Regulus กับ Arcturus จะผ่านใกล้ ๆ กับดาวชั้นที่สองดวงหนึ่ง ชื่อ Denebola ซึ่งจะอยู่ปลายสุดของหางสิงโต Arcturus, Denebola และ Spica เมื่อลากเส้นต่อกันจะเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วพอดี

หมู่ดาว Corvus ประกอบไปด้วยดาวชั้นที่สามสี่ดวง เป็นรูปสี่เหลี่ยมคล้ายใบเรือมีเสาชี้ไปที่ดาว Spica ทางใต้ของหมู่ดาว Corvus จะเป็นดาว Southern Cross (กางเขนฝ่ายใต้)

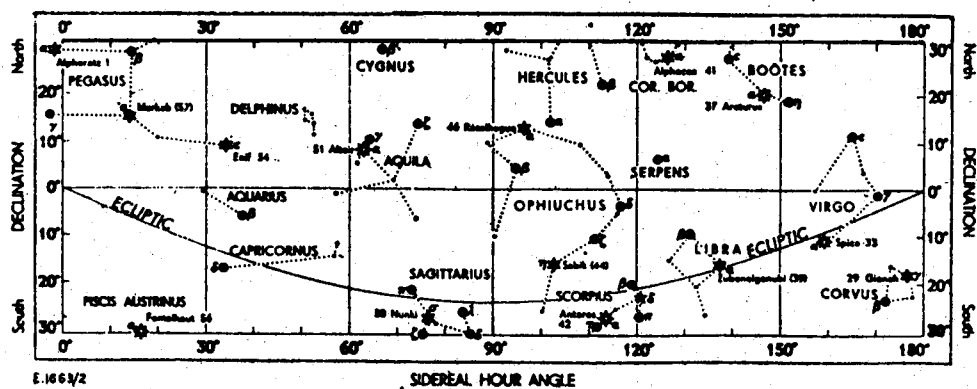
ในหมู่ดาว Hydra (งูใหญ่) มีดาวที่ใช้ในการเดินเรืออยู่เพียงดวงเดียว คือ ดาว Alphard เป็นดาวชั้นที่สอง เป็นดาวที่หาง่าย คือถ้าต่อเส้นจาก Pointers ผ่าน Regulus ลงไปทางใต้ก็จะพบดาว Alphard

STAR CHARTS

NORTHERN STARS

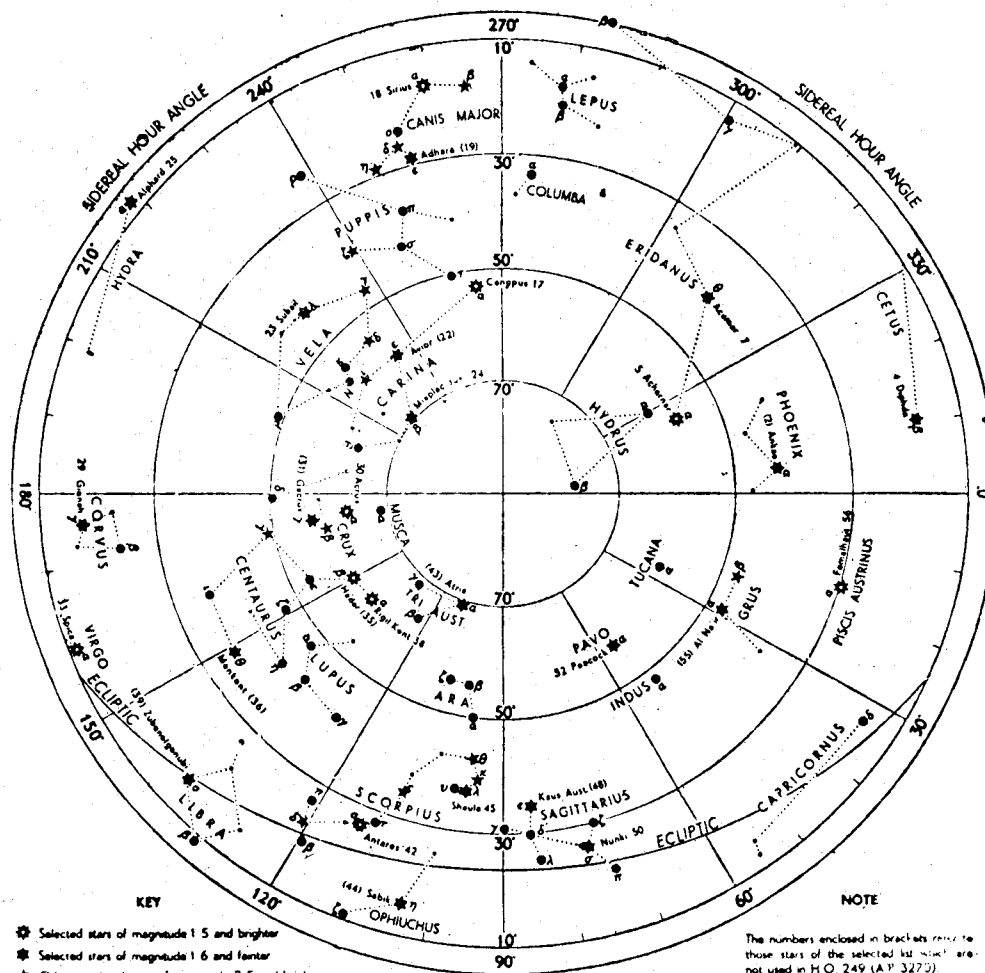


EQUATORIAL STARS (S.H.A. 0° to 180°)

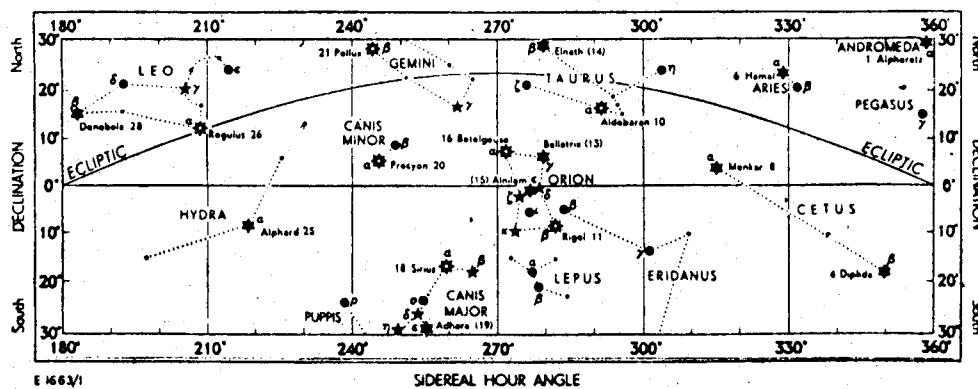


STAR CHARTS

SOUTHERN STARS



EQUATORIAL STARS (S.H.A. 180° to 360°)



ดาว Alphecca ซึ่งเป็นดาวที่สว่างดวงหนึ่งในหมู่ดาว Corona Borealis (มงกุฎฝ่ายเหนือ) แต่เป็นดาวชั้นที่สอง จะอยู่ทางตะวันออกของดาว Arcturus

จาก Regulus ลากเส้นผ่าน Spica ลงไป ระยะประมาณเท่ากัน จะพบดาว Antares ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Scorpio (แมลงป่อง)

ทางเหนือของหมู่ดาวแมลงป่อง และทางตะวันออกของหมู่ดาวมงกุฎฝ่ายเหนือจะมีดาวชั้นที่หนึ่งสามดาว คือ Vega, Deneb และ Altair ซึ่งจะประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก มีดาว Vega อยู่ที่ยุ่ฉากดาว Deneb เป็นดาวที่อยู่ในหมู่ดาว Cygnus (หงส์) มีรูปเป็น Northern cross (กางเขนฝ่ายเหนือ) ดาว Deneb จะอยู่ที่หัวหงส์หรือหัวกางเขน

ดาว Rasalhague ซึ่งเป็นดาวชั้นที่สอง เมื่อประกอบกับดาว Vega และ Altair จะเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า

ประมาณกลางเดือนตุลาคม หมู่ดาวกางเขนฝ่ายเหนือ จะอยู่ทางขอบฟ้าตะวันตก หมู่ดาว Cassiopeia จะปรากฏอยู่ประมาณกลางท้องฟ้าก่อนไปทางเหนือ

ทางใต้ของหมู่ดาว Cassiopeia จะมีดาวสี่ดวงประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่ เรียกหมู่ดาวนี้ว่า Pegasus (ม้ามีปีก) หรือ The Square of Pegasus ในสี่ดวงนี้มีดาวที่สว่างอยู่สองดวง ซึ่งเป็นดาวชั้นที่สอง อยู่ที่ยุ่ตรงข้ามกันคือ Alpheratz และ Markab ดาว Alpheratz จะอยู่ทางเหนือ

จากหมู่ดาว Pegasus ถ้าลากเส้นตรงจากด้านของสี่เหลี่ยมทางด้านตะวันออก ลงไปทางใต้ จะพบดาวชั้นที่สอง ชื่อ Diphda ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Cetus (มังกรทะเล) ในทำนองเดียวกัน ถ้าลากเส้นตรงจากด้านของสี่เหลี่ยมทางตะวันตกลงไปทางใต้จะพบดาวชั้นที่หนึ่ง ชื่อ Fomalhaut และถ้าลากเส้นตรงผ่านกึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยมนี้ไปทางตะวันออก จะพบดาวชั้นที่สองชื่อ Hamal ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Aries (แกะ) เมื่อ 2,000 ปีมาแล้ว ดาวหมู่นี้จะอยู่ใกล้กับ จุราศีเมษ (First point of Aries)

ดาว Andromeda จะอยู่ทางมุมตะวันออกเฉียงเหนือของหมู่ดาว Pegasus เมื่อลากเส้นโค้งจากดาว Alpheratz ผ่าน Andromeda จะพบดาว Mirfak เป็นดาวชั้นที่สองอยู่ในหมู่ดาว Perseus

เส้นตรงที่ลากจาก Fomalhaut ผ่าน Diphda ไปทางเหนือประมาณ 40° จะพบดาวชั้นที่สามชื่อ Menkar ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Cetus

จาก Fomalhaut ลากเส้นประมาณ $S 20^{\circ} E$ จะพบดาวชั้นที่สองชื่อ Ankaa ซึ่งอยู่

ในหมู่ดาว Phoenix

ดาว Capella จะอยู่ทางตะวันออกของดาว Mirfak และทางใต้ของดาว Capella จะเป็นหมู่ดาว Orion

ประมาณกลางเดือนมกราคม ท้องฟ้าจะมีดาวสว่างสดใสเป็นจำนวนมาก หมู่ดาว Orion (นายพรานล่าเนื้อ) เป็นหมู่ดาวที่งามที่สุดในท้องฟ้า และจำกันได้โดยทั่วไป คนไทยเรียกหมู่ดาวนี้ว่าดาวเต่าหรือดาวไถ นักเดินเรือจะเห็นได้จากซีกโลกฝ่ายเหนือและซีกโลกฝ่ายใต้ ในหมู่ดาวนี้มีดาวสี่ดวงประกบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านยาวจะหันไปทางทิศเหนือและใต้ ดาวสี่ดวงนี้เป็นดาวชั้นที่หนึ่งสองดวง ดาวชั้นที่สองหนึ่งดวง และดาวขนาดเล็กหนึ่งดวง ดาวที่อยู่มุมทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือชื่อ Betelgeuse เป็นดาวชั้นที่หนึ่งแต่เปลี่ยนแสงได้ ดาวที่อยู่มุมตรงกันข้าม เป็นดาวชั้นที่หนึ่งที่สุกใสมากชื่อ Rigel ดาวที่อยู่มุมทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือเป็นดาวชั้นที่สองชื่อ Bellatrix ส่วนดวงที่อยู่มุมตรงกันข้ามเป็นดาวขนาดเล็กไม่มีชื่อเฉพาะ ภายในสี่เหลี่ยมนี้มีดาวสามดวงเรียงกันอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งจะเป็นเข็มขัดของนายพราน ดาวสามดวงนี้จะอยู่ที่อิกเควเตอร์ท้องฟ้าพอดี

เส้นตรงซึ่งลากจากดาวสามดวงที่เป็นเข็มขัดไปทางเหนือจะพบดาว Aldebaran ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Taurus (วัว) มีดาวประกบกันเป็นรูปตัว V คนไทยเรียกว่าดาวธง และทางตะวันตกเฉียงเหนือใกล้ ๆ กันนั้น จะมีดาวขนาดเล็กหมู่หนึ่งเจ็ดดวง คือหมู่ดาว Pleiades (นางทั้งเจ็ด) คนไทยเรียกว่า ดาวลูกไก่

ถ้าลากเส้นจากเข็มขัดของนายพรานลงไปทางใต้ จะพบดาวชั้นที่หนึ่งสุกใสที่สุดในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหลาย ชื่อ Sirius ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Canis Major (สุนัขใหญ่)

จากดาว Sirius ลากเส้นโค้งเกือบจะเป็นวงกลมขึ้นไปทางเหนือ จะผ่านดาว Procyon ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Canis Minor (สุนัขเล็ก) ดาว Sirius, Procyon และ Betelgeuse จะประกบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ต่อจากนั้นเส้นโค้งจะผ่านดาว Pollux และ Castor ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Gemini (คนแฝด) และต่อเส้นโค้งไปอีกจะผ่านดาว Capella ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Auriga (สารถี)

ดาว Alphard จะอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของดาว Procyon ถ้าลากเส้นต่อระหว่างดาว Procyon, Alphard และ Regulus จะเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งมีมุมฉากอยู่ที่ดาว Alphard

จากดาว Sirius ตรงลงไปทางใต้จะพบดาวดวงหนึ่ง ซึ่งจะสว่างสดใสเป็นที่สองรอง

จากดาว Sirius ชื่อ Canopus ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Carina (กระดูกงูเรือ)

บริเวณรอบ ๆ ขั้วท้องฟ้าใต้ มีดาวสุกใสอยู่หลายดวง ในขณะที่เดินเรืออยู่ทางซีกโลกใต้ จะมีหมู่ดาวที่รู้จักกันคือ หมู่ดาวกางเขนฝ่ายใต้ ซึ่งเรียกว่า Southern cross หมู่ดาว Crux ซึ่งเป็นส่วนหัวของกางเขน ประกอบด้วยดาวสี่ดวง มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ดวงที่อยู่ทางเหนือ ชื่อ Gacrux เป็นดาวชั้นที่สอง ดวงที่อยู่มุมตรงข้าม คือทางทิศใต้ชื่อ Acrux เป็นดาวชั้นที่หนึ่ง อีกสองดวงเป็นดาวขนาดเล็ก ส่วนที่เป็นหางหรือด้ามของไม้กางเขน ประกอบด้วยดาวชั้นที่หนึ่งสองดวง ดวงที่อยู่ปลายสุดทางตะวันออก ชื่อ Rigil Kent ดวงที่ถัดมาชื่อ Hadar ทั้งสองดวงนี้อยู่ในหมู่ดาว Centaurus (หัวเป็นคนตัวเป็นม้า) ตามปกติ ห้วกางเขนจะหันไปทางตะวันตก ด้ามกางเขนจะชี้ไปทางตะวันออก ฉะนั้น ห้วกางเขนจะขึ้นจากขอบฟ้าก่อน

หมู่ดาว Vela (ใบเรือ) ประกอบไปด้วยดาวสี่ดวง รูปร่างขนมเปียกปูนเหมือนกันกับหมู่ดาว Crux แต่รูปใหญ่กว่า มีความสว่างสุกใสน้อยกว่า ส่วนมากจะทำให้เข้าใจผิดคิดว่าเป็นหมู่ดาว Crux คนไทยเรียกหมู่ดาวนี้ว่าดาวว่าว หมู่ดาว Vela จะอยู่ทางตะวันออกของดาว Canopus ถ้าลากเส้นจาก Canopus ไปทางตะวันออก จะพบดาวชั้นที่สองของหมู่ดาว Carina ชื่อ Avior ส่วนอีกสามดวงของหมู่ดาวนี้จะเป็ดาวขนาดเล็กหมู่ดาว Vela จะอยู่ระหว่างดาว Canopus กับหมู่ดาว Crux

ทางใต้ของหมู่ดาว Vela จะมีดาวชั้นที่สองดวงหนึ่งชื่อ Miaplacidus และทางเหนือระยะทางประมาณเท่า ๆ กัน จะมีดาวชั้นที่สองดวงหนึ่งชื่อ Suhail

จากดาว Hadar ลากเส้นผ่าน Rigil Kent. ไถ่ลงไปทางใต้จะพบดาวชั้นที่สองดวงหนึ่งชื่อ Atria ซึ่งอยู่ในหมู่ดาว Triangulum Australe เพราะว่าทางตะวันออกของดาว Atria จะมีดาวขนาดเล็กสองดวงประกอปกัันเข้าจะเป็นรูปสามเหลี่ยม

บริเวณรอบ ๆ ขั้วท้องฟ้าใต้นี้ ต่อจากดาว Atria ไปทางตะวันออก จะพบดาวชั้นที่สองชื่อ Peacock อยู่ในหมู่ดาว Pavo (นกยูง) ต่อไปจะเป็นดาวชั้นที่สองอีกดวงหนึ่งชื่อ Al Na'ir อยู่ในหมู่ดาว Grus (นกกระเรียน) และต่อไปอีกจะพบดาวชั้นที่หนึ่งชื่อ Achernar จากดาวดวงนี้ขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะพบดาวชั้นที่สองดวงหนึ่ง ชื่อ Acamar ทั้งสองดวงนี้อยู่ในหมู่ดาว Eridanus (แม่น้ำ)

ระหว่างดาว Achernar กับดาว Fomalhaut จะมีดาวชั้นที่สองดวงหนึ่ง ชื่อ Ankaa อยู่ในหมู่ดาว Phoenix

ดาว Achernar กับ Peacock ใช้ประโยชน์ในการเดินเรือได้เป็นอย่างดี ส่วนดาว
Al Na 'ir กับ Aca nar ไม่ค่อยได้ใช้กัน

การดูดาวนี้ ควรใช้แผนที่ดาวประกอบ และขอแนะนำว่าถ้าได้ให้นักศึกษาเข้าศึกษา
ในห้องฟ้าจำลองแล้ว จะได้ประโยชน์เป็นอย่างมาก

บทที่ 13

การปฏิบัติการเดินเรือในทะเล (The Practice of Navigation at Sea)

13.1 การปฏิบัติการเดินเรือในทะเล

ที่จะกล่าวต่อไปนี้หมายถึง การปฏิบัติการเดินเรือในเมื่อเรืออยู่ในทะเลลึก ไม่เห็นที่หมายบนบกหรือที่หมายในทะเลแต่อย่างใด การเดินเรือโดยใช้วัตถุท้องฟ้าหรือที่เรียกว่าเดินเรือดาราศาสตร์นั้นมีความสำคัญมาก แม้ว่าในบริเวณนั้นจะมีการเดินเรือด้วยอิเล็กทรอนิกส์ก็ตาม เดินเรือดาราศาสตร์ก็ยังทำไม่ได้ เพราะเครื่องช่วยการเดินเรือด้วยอิเล็กทรอนิกส์อาจจะเสียใช้ไม่ได้โดยทันทีทันใดก็ได้ นักเดินเรือที่ดีจะต้องใช้วิธีการทุกสิ่งทุกอย่าง หาดำบลที่เรือของตนให้ได้ตลอดเวลา

ตามปกติที่เรือแน่นอนจากการตรวจทางดาราศาสตร์ย่อมมีความถูกต้องน้อยกว่าที่เรือแน่นอน จากการตรวจโดยใช้ที่หมายบนบกหรือที่หมายในทะเล แต่อย่างไรก็ตามนักเดินเรือจะต้องพยายามทุกวิถีทาง หาที่เรือให้ถูกต้องแน่นอนที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อให้ที่เรือรายงานและที่เรือโดยประมาณ ในระหว่างที่เรือที่ได้จากการตรวจวัตถุท้องฟ้ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น เมื่อโอกาสอำนวยให้ ควรจะต้องทำการตรวจทางดาราศาสตร์ทันที ตามสภาพปกติโดยเจตนาแล้ว ผลจากการหาที่เรือทางดาราศาสตร์ของนักเดินเรือผู้ชำนาญ ปรากฏว่ามีอัตราผิดอย่างมากไม่เกิน 1 ไมล์ สำหรับในทะเลลึกและห่างจากสิ่งอันตราย อัตราผิดดังกล่าวก็นับว่าพอใจแล้ว

เครื่องมือต่าง ๆ ที่ควรมีไว้สำหรับหารายละเอียด เพื่อช่วยหาที่เรือ คือ เครื่องหยั่งน้ำด้วยเสียงสะท้อน, Consol, Consolan, วิฑูหาทิศ, Omega, Loran, Radar และเครื่องช่วยการเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้

13.2 การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจทางดาราศาสตร์ในระหว่างที่เรือเดินทางในทะเล

ควรจัดหานายทหารให้ทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น เป็นเจ้าหน้าที่ไขลานและเทียบเวลา อัตราพินาพิกาโครโนเมตร เป็นเจ้าหน้าที่วัดแอมพิทแฮอัตราพินาพิกา และเป็นที่เตรียมหาชื่อดาวไว้ล่วงหน้าเป็นต้น

นอกจากนั้น นายทหารอาวุโสจะต้องเป็นผู้ช่วยเหลือและฝึกหัดให้นายทหารต่าง ๆ ใช้เครื่องวัดแดดวัดสูงวัดอุทก้องฟ้าจนมีความชำนาญ โดยเริ่มต้นให้หัดวัดสูงบนเมริเดียนก่อน แล้วจึงหัดให้วัดสูงตามความสูงต่าง ๆ ในทางปฏิบัติการวัดสูงครั้งหนึ่ง ๆ ควรใช้เวลาประมาณ 10 ถึง 15 วินาที

13.3 การปฏิบัติงานประจำวัน (The day's work)

รายการที่นายทหารเดินเรือจะต้องปฏิบัติในวันหนึ่ง ๆ ขณะที่เรือเดินทางในทะเลของแต่ละลำ ย่อมแตกต่างกันไปบ้างแต่อย่างน้อยที่สุดการปฏิบัติงานในวันหนึ่ง ๆ เมื่ออากาศแจ่มใส ควรจะต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้-

- (1) เขียนตำบลที่เรือรายงานบนเส้นทางเดินเรือตลอดทั้งวันทุกชั่วโมง
- (2) คำนวณหาเวลาเริ่มต้นแสงเงินแสงทองในตอนเช้า และเตรียมหาชื่อดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ ณ ตำบลที่เรือที่คาดว่าจะไปถึง เพื่อทำการวัดสูงตามเวลานั้นโดยหาสูงและแอดซิมัทโดยประมาณของดาวแต่ละดวงไว้ล่วงหน้า
- (3) วัดสูงวัดอุทก้องฟ้าตามที่ได้เตรียมไว้แล้ว และคำนวณหาที่เรือแน่นอนในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้า
- (4) เตรียมทำรายงานตำบลที่เรือแน่นอน ที่ได้ทำการตรวจในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้า
- (5) ไขลานนาฬิกาโครโนเมตร และหาอัตราผิดนาฬิกาโครโนเมตร
- (6) วัดแอดซิมัทดวงอาทิตย์ แล้วคำนวณหาอัตราผิดเข็มทิศ
- (7) วัดสูงดวงอาทิตย์แล้วหาเส้นตำบลที่ในตอนเช้า (และดวงจันทร์และดาวในเมื่ออำนวยให้)
- (8) วัดสูงดวงอาทิตย์ใกล้เที่ยงหรือบนเมริเดียน (และดวงจันทร์ เมื่อดวงจันทร์อำนวยให้) เพื่อหาที่เรือเวลาเที่ยง โดยวิธี Running fix หรือ Fix แม้ว่าในขณะนั้นท้องฟ้าจะมีดครึ้มก็ตาม
- (9) คำนวณหาระยะทางที่เรือแล่นมาได้หนึ่งวัน โดยนับจากเวลาเที่ยงของวันที่แล้วมาจนถึงเวลาเที่ยงของวันนั้น
- (10) เตรียมทำรายงานตำบลที่เรือเวลาเที่ยง (ZT 1200)
- (11) วัดสูงดวงอาทิตย์แล้วหาเส้นตำบลที่ในตอนบ่าย (และดวงจันทร์หรือดาว Venus ในเมื่ออำนวยให้)

- (12) วัดแอมมิเตอร์ดวงอาทิตย์ แล้วคำนวณหาอัตราผิดเข็มทิศ
- (13) คำนวณหาเวลาสิ้นสุดแสงเงินแสงทองในตอนเย็น และเตรียมหาชื่อดาวฤกษ์ และดาวพระเคราะห์ ณ ตำแหน่งที่เรือที่คาดว่าจะไปถึง เพื่อทำการวัดสูงตามเวลานั้นโดยหาสูงและแอมมิเตอร์โดยประมาณของดาวแต่ละดวงไว้ล่วงหน้า
- (14) วัดสูงวัตถุท้องฟ้าตามที่เตรียมไว้แล้ว และคำนวณหาที่เรือแน่นอนในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็น ถ้าวัดสูงวัตถุท้องฟ้าได้ดวงเดียวหรือสองดวง การหาที่เรือให้ใช้หาโดยวิธี Running Fix คือให้เลื่อนเส้นตำแหน่งที่ ซึ่งได้จากการวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนบ่ายมาใช้ร่วมกับการวัดสูงของดาวในตอนเย็น
- (15) เตรียมทำรายงานตำแหน่งที่เรือเวลา 2000 โดยใช้หาจากตำแหน่งที่เรือแน่นอนที่ได้จากการตรวจในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็น หรือจากตำแหน่งที่เรือโดยวิธีอื่น
- (16) เตรียมทำรายการสำหรับส่งยามต่อ เพื่อลงในสมุดคำสั่งเวลากลางคืนของผู้บังคับการเรือ

นอกจากที่กล่าวมานี้ ควรคำนวณหาสิ่งต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อเตรียมไว้เมื่อจำเป็นต้องการใช้ คือเวลาดวงอาทิตย์ ขึ้น-ตก เวลาดวงจันทร์ ขึ้น-ตก และเตรียมเครื่องช่วยการเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ไว้ให้พร้อม

13.4 ดาว Venus

อาจใช้ทำการวัดสูงได้ในตอนเช้า ในเมื่ออยู่ทางตะวันตกของดวงอาทิตย์คือขึ้นก่อนดวงอาทิตย์ และมีความสูงพอสมควร ตรงกันข้ามในตอนเย็น ก็อาจวัดสูงดาว Venus ได้ในเมื่ออยู่ทางตะวันออกของดวงอาทิตย์ คือตกที่หลังดวงอาทิตย์และมีความสูงพอสมควร

เมื่อดวงอาทิตย์อยู่บนเมริเดียน แอมมิเตอร์จะเปลี่ยนเร็วมาก ฉะนั้น เส้นตำแหน่งที่ได้จากการวัดสูงบนเมริเดียน จึงมีความถูกต้องมาก การหาที่เรือในตอนเที่ยงจึงใช้วิธี Running fix โดยเลื่อนเส้นตำแหน่งในตอนเช้ามาตัด และการหาที่เรือในตอนบ่าย จึงใช้วิธี Running fix โดยเลื่อนเส้นตำแหน่งในตอนเที่ยงไปตัดกับเส้นตำแหน่งในตอนบ่าย

ในระหว่างที่ท้องฟ้ามีเมฆครึ้มเป็นระยะเวลานาน ๆ ดวงจากอาทิตย์มักจะโผล่จากเมฆมาให้เห็นชั่วระยะเวลาอันสั้น ในกรณีเช่นนี้ผู้ตรวจจะต้องเตรียมเครื่องวัดแดด และนาฬิกาไว้ให้พร้อม เพื่อวัดความสูงดวงอาทิตย์ให้ได้โดยฉับพลัน ถ้าวัดสูงดวงอาทิตย์ในขณะที่อยู่ในเมฆบาง ๆ ขอบของดวงอาทิตย์จะมัวมองเห็นไม่ชัดเจน ซึ่งจะทำให้เกิดอัตราผิดได้ประมาณ 1 ลิปดา

13.5 การวัดสูงระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้า (Morning twilight observations)

ให้คำนวณหาเวลา LMT และ ZT ล่วงหน้าในระหว่างที่เรือแล่นว่าจะเกิด Nautical twilight, Civil twilight ในตอนเช้าและ Sun rise เวลาเท่าใดให้ถูกต้องจากปฏิทินเดินเรือตามวิธีการดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น (บทที่ 10) ซึ่งจะได้ทั้งที่เรือรายงานในขณะนั้นด้วยครั้นแล้วคำนวณหา LHA ของจตุราศีเมษ ณ เวลาเริ่มต้นของ Civil twilight ต่อจากนั้นใช้ค่า LHA ของจตุราศีเมษไปหาสูงและแอซิมัท พร้อมทั้งชื่อดาวที่สามารถจะเห็นได้ในขณะนั้นโดยใช้ Star finders แล้วจดชื่อดาว ความสูงใส สูง และแอซิมัท ทำเป็นบัญชีไว้หลาย ๆ ดวง (โดยมากใช้จดเฉพาะดาวชั้นหนึ่งและชั้นที่สองเท่านั้น)

เพื่อความสะดวกในการเตรียมการคัดเลือกดาวเพื่อวัดสูง ในระหว่างแสงเงินแสงทองนั้น ควรนำเอาชื่อดาว สูง และแอซิมัท ของดาวตามบัญชีที่จดไว้ เขียนเป็นแผนผังลงบนกระดาษ คือขีดเส้นทิศทางเรือเดิน แล้วกำหนดจุดจุดหนึ่งลงบนเส้นทางเรือเดิน จากจุดนั้นให้เขียนเส้นแอซิมัทของดาวแต่ละดวงลงไป มีความยาวพอสมควร และเขียนชื่อดาว สูง และอซิมัทกำกับไว้ทุกเส้น

การเลือกดาวที่จะใช้วัดสูงควรเลือกไว้ห้าหรือหกดวงก่อน แล้วเลือกดวงที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดที่จะใช้วัดสูงจริง ๆ เพียงสามหรือสี่ดวง เพื่อหาเส้นตำบลที่ ถ้าเส้นตำบลที่ต่าง ๆ หลังจากที่ได้เลื่อนมาให้เป็นเวลาเดียวกันแล้ว ตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมมีขนาดเล็กพอสมควร จุดศูนย์กลางของรูปนั้น ๆ ก็จะเป็นตำบลที่เรือแน่นอนในขณะนั้น ถ้ารูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมนั้นใหญ่มาก หรือตำบลที่เรือที่เรือที่ได้นั้นผิดจากที่เรือรายงาน หรือผิดจากที่ควรจะเป็นไปมาก ซึ่งก่อให้เกิดความสงสัย ควรจะต้องทำการวัดสูงใหม่ และคำนวณหาเส้นตำบลที่ให้ถูกต้องจริง ๆ อีกครั้งหนึ่ง พร้อมกันนั้นก็ให้ทำการตรวจสอบผลการคำนวณของครั้งที่แล้วมาเสียใหม่ด้วย แต่อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดที่ใช้วัดสูง มีแอซิมัทอยู่ในซีก 180° ซีกเดียวกัน การหาที่เรือแน่นอนควรใช้วิธี B sector Method (ดังจะกล่าวในภายหลัง) ซึ่งที่เรืออาจจะอยู่ภายนอกสามเหลี่ยมของเส้นตำบลที่ ที่ตัดกันก็ได้ ไม่จำเป็นจะต้องอยู่ภายในสามเหลี่ยมนั้น

การเลือกดาวที่จะใช้ในการวัดสูงควรพิจารณาตามความเหมาะสมดังต่อไปนี้-

(1) ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ในทิศ ทางหัวเรือ หรือทางท้ายเรือ เส้นตำบลที่จะตัดกับเส้นทางเรือเดินเป็นมุมฉาก ซึ่งเรียกว่า “เส้นความเร็ว” (Speed line) เพราะทำให้ทราบที่เรือ

ได้แล่นมาถึงเส้นนี้แล้ว ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ในทิศตั้งฉากกับเส้นทางเรือเดิน เส้นตำบลที่จะขนานกับเส้นทางเรือเดิน ซึ่งเรียกว่า “เส้นเข็มเรือ” (Course line) ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ในทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก เส้นตำบลที่ก็จะเป็นเส้นเมริเดียน ซึ่งเรียกว่า “เส้นลองจิจูด” (Longitude line) ถ้าวัตถุท้องฟ้าอยู่ในทิศเหนือหรือทิศใต้ เส้นตำบลที่ก็จะเป็น “เส้นละติจูด” (ส่วนมากเส้นละติจูดจะใช้วัดสูงเมื่อวัตถุท้องฟ้าอยู่บนเมริเดียน)

(2) เพื่อลบสิ่งรบกวนการวัดเกี่ยวกับสูงของวัตถุท้องฟ้า ควรเลือกวัดสูงดาวดวงที่มีผลต่างของแอสิมัทเท่า ๆ กัน หรือให้ใกล้เคียงกัน เช่น ถ้าวัดดาวสามดวงควรให้มีแอสิมัทต่างกัน 120° เป็นต้น

(3) การวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ควรวัดที่มีความสูงระหว่าง 15° ถึง 65° ทั้งนี้เพราะว่า ถ้าสูง 5° หรือต่ำกว่า อัตราผิดเนื่องจากการหักเหของแสง (Refraction) และอัตราผิดเนื่องจากสิ่งอื่น ๆ จำเป็นต้องทำการแก้สูงโดยวิธีพิเศษอีกต่างหาก ซึ่งเป็นการยุ่งยาก ถ้าสูงต่ำกว่า 15° สูงจะเปลี่ยนเร็วมาก จึงเป็นการยากที่จะวัดสูงให้มีความถูกต้องแน่นอนได้ และถ้าสูงมากกว่า 65° ก็เป็นการยากที่จะวัดสูงให้ถูกต้องแน่นอนได้เช่นเดียวกัน

(4) ระหว่างที่มีแสงเงินแสงทองในตอนเช้า ขอบฟ้าทางตะวันออกจะสว่างแลเห็นได้ชัดเจนก่อน และถ้าจะกล่าวโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว วัตถุท้องฟ้าที่อยู่ทางตะวันออกควรจะวัดสูงก่อน วิธีวัดสูงก็ควรจะวัดสูงดาวดวงที่มีความสูงในนัยก่อน เพราะเมื่อเวลาผ่านไปแสงสว่างจะมากขึ้น ทำให้มองดาวดวงนั้นไม่เห็น ส่วนดาวดวงที่สุกใสมาก ยังคงเห็นอยู่ จึงควรวัดสูงทีหลัง ต่อจากนั้นก็ให้วัดดาวดวงที่สุกใสในนัยทางทิศตะวันตกก่อน ตามลำดับไปในเมื่อเห็นขอบฟ้าได้ชัดเจนพอ ทั้งนี้เพราะดาวที่มีความสว่างสุกใสมากจะเห็นได้นาน ตามธรรมชาติดาวฤกษ์ที่สว่างสุกใสมากหรือดาวพระเคราะห์ ถ้าทำการวัดสูงเมื่อขอบฟ้าเห็นได้ชัดเจนเส้นตำบลที่ที่คำนวณได้ จะมีความถูกต้องมาก สำหรับผู้ที่ไม่มีความชำนาญอาจจะต้องรอนานเกินไปเพื่อให้เห็นขอบฟ้าชัดเจน แต่แล้วในขณะที่วัดสูงก็จะทำให้ดาวดวงนั้นจางไปก็ได้ ซึ่งก็จะทำให้เกิดผลเสียเหมือนกัน ฉะนั้น จึงควรกำหนดลงไปว่าจะวัดสูงดาวดวงใดเมื่อใด และจะวัดสูงดวงที่สอง ซึ่งเป็นดวงถัดไปหรือดาวดวงสุดท้ายเมื่อใดเท่าที่สามารถจะทำได้

(5) ตามปกติดาวที่อยู่ทางตะวันออก หรือทางตะวันตก จะมีอัตราเปลี่ยนสูงเร็วกว่าดาวที่อยู่ทางเหนือหรือทางใต้ เช่น ในระหว่างแสงเงินแสงทอง ดาว Arcturus สูง 25° แอสิมัท 37° อัตราเปลี่ยนสูงคือ สูงจะลดลงประมาณ $12'.2$ ต่อหนึ่งนาที่เพราะอยู่ทางตะวันตก และในขณะเดียวกันถ้าดาว Kochab มีสูง 41° แอสิมัท 32° อัตราเปลี่ยนสูงจะเพียงประมาณ $3'.8$

ต่อหนึ่งนาที่เท่านั้น ฉะนั้นในการวัดสูง จึงควรวัดดาวที่อยู่ทางตะวันออกหรือทางตะวันตก คือ ดาวที่มีอัตราเปลี่ยนสูงเร็วทีหลังสุด ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนเส้นตำบลดาวต่าง ๆ จะต้องเลื่อนไปให้เป็นเวลาร่วมกัน ณ เวลาที่ทำการตรวจดาวดวงสุดท้าย

สูตรสำหรับหาอัตราเปลี่ยนสูง คือ.-

$$\Delta H = 15 \times \cos L \times \sin Z$$

เมื่อ ΔH เป็นอัตราเปลี่ยนสูงต่อหนึ่งนาที่ L เป็นละติจูดของผู้ตรวจ และ Z เป็นมุมที่ผู้ตรวจจะระหว่างเมริเดียนผู้ตรวจกับวัตถุท้องฟ้า

(6) ก่อนจะทำการวัดสูงดาวต่าง ๆ ในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้าควรจะดูเสียก่อนว่าดาวที่เลือกไว้ตามแผนผัง หรือรายชื่อที่จดไว้ นั้นอยู่ที่ใดในท้องฟ้า ซึ่งไม่เป็นการยากแต่อย่างใด ถ้ามีความสงสัยในขณะที่ทำการวัดสูงก็ให้วัดแอสซิมัทไว้ด้วย แล้วจึงนำไปทำการตรวจสอบให้แน่นอนในภายหลังว่าดาวดวงนั้นชื่ออะไร

(7) สำหรับดาวเหนือ นั้น ควรจะได้ทำการวัดสูงและวัดแอสซิมัทไว้พร้อม ๆ กัน ทั้งนี้เพื่อจะได้ใช้หาเส้นตำบลที่และหาอัตราผิดของเข็มทิศพร้อม ๆ กันไปด้วย

(8) ถ้าต้องการจะตรวจสอบอัตราผิดของเครื่องวัดแดด ควรตรวจสอบกับดาวที่มีความสูงสุกใสมาก หรือตรวจสอบกับขอบฟ้า ส่วนที่เห็นได้ชัดเจน ก่อนที่จะทำการวัดสูงต่าง ๆ

การตรวจในเวลากลางวัน (Daylight observations) ในเวลากลางวันควรจะทำการวัดแอสซิมัท เพื่อหาอัตราผิดของเข็มทิศสองครั้ง และวัดสูงหาเส้นตำบลที่อย่างน้อยสามครั้ง ซึ่งครั้งหนึ่งจะต้องเป็นการวัดสูงตอนเที่ยง เพื่อหาที่เรือเวลาเที่ยงโดยวิธี Fix หรือ Running fix

(1) **การวัดแอสซิมัท** ปกติการวัดแอสซิมัทเพื่อหาอัตราผิดของเข็มทิศ ใช้วัดดวงอาทิตย์ในตอนเช้าและในตอนเย็น โดยใช้วิธีแอสซิมัทเวลาหรือวิธีแอมพลิจูด ถ้าวัดโดยวิธีแอสซิมัทเวลา ควรวัดเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ใกล้โพรมิเนอร์ดิเกิลมากที่สุด เพราะแอสซิมัทจะเปลี่ยนช้า การคำนวณหาแอสซิมัทจริงใช้มาตรา H.O. 214 ดังกล่าวแล้ว ซึ่งทำไว้เพียงสูงประมาณ 5° อัตราผิดที่จะเกิดขึ้นคือ ขนะแบร์ริงวงแอสซิมัทที่เข็มทิศมักไม่ได้ระดับเพราะเรือโคลงยี้เวลามีคลื่นจะลำบากมาก ฉะนั้นจึงควรแบร์ริงด้วยความประณีตและขอแนะนำว่า ถ้าใช้วิธีแอมพลิจูดจะสะดวกแก่การแบร์ริง

(2) **การวัดสูงในตอนเช้า** การวัดสูงดวงอาทิตย์เพื่อหาเส้นตำบลที่ ควรกระทำบ่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาที่เท่า ๆ กัน เรือบางลำใช้วัดทุกชั่วโมงก็มี ทั้งนี้เพราะบางเวลาอาจมี

เมฆมาบังดวงอาทิตย์และเป็นเวลานาน ๆ แต่อย่างไรก็ตามควรจำไว้เสมอว่า ในตอนเช้าจะต้องหาเส้นด้ามลที่โดยดวงอาทิตย์อย่างน้อยสองครั้ง ครั้งแรกในตอนเช้า ครั้งที่สองในตอนเที่ยงเพื่อจะได้ใช้เส้นด้ามลที่ในตอนเช้า เลื่อนไปหาที่เรือในตอนเที่ยงเส้นด้ามลที่ในตอนเที่ยงจะเป็นเส้นที่ใกล้เคียงกับเส้นละติจูด ดังนั้นในการวัดสูงตอนเช้า ควรวัดเมื่อดวงอาทิตย์ใกล้ไพร้มเวอร์-ดิเกิล คืออยู่ทางทิศตะวันออก เพราะเส้นด้ามลที่จะเป็นเส้นที่ใกล้เคียงกับเส้นลองจิจูด และเมื่อเลื่อนเส้นด้ามลที่ไปแล้วก็จะตัดกับเส้นด้ามลที่ตอนเที่ยงเกือบ 90° ซึ่งจะทำให้ได้ด้ามลที่เรือถูกต้องมาก

การวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนเช้า ควรวัดในเวลาให้ห่างจากเวลาที่ทำกรหาที่เรือแน่นอน (Fix) โดยดาวหลาย ๆ ดวงในตอนแสงเงินแสงทองให้มากพอสมควร เพราะถ้าวัดในเวลาใกล้ ๆ กันแล้ว เส้นด้ามลที่ในตอนเช้าจะมีอัตราผิดมาก และเมื่อใช้เลื่อนไปหาที่เรือในตอนเที่ยงแล้ว จะทำให้ที่เรือเวลาเที่ยงเกิดอัตราผิดขึ้น อันจะทำให้การคำนวณหาอัตราเร็วของเรือจากเที่ยงของวันที่แล้วมาผิดไปด้วย องค์ประกอบที่จะก่อให้เกิดอัตราผิดนี้มีอยู่สองประการ คือละติจูดของผู้ตรวจกับดิคลิเนชันของดวงอาทิตย์ เวลาที่จะทำการวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนเช้าเมื่อใดนั้นเป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณาแล้วแต่กรณี

ถ้าดวงจันทร์หรือดาว Venus สามารถจะเห็นได้ในเวลากลางวัน ก็ควรจะวัดสูงด้วยเพื่อใช้ประกอบการหาที่เรือเวลาเที่ยง

(3) การหาที่เรือเวลาเที่ยง เป็นประเพณีของชาวเรือทั้งหลายที่จะต้องส่งรายงานที่เรือเวลาเที่ยงของตนทุกวันให้หน่วยเหนือทราบ ฉะนั้น เพื่อความสะดวกจึงควรวัดสูงดวงอาทิตย์หาเส้นด้ามลที่ในเวลา ZT 1200 แล้วเลื่อนเส้นด้ามลที่ในตอนเช้ามาตัด ก็จะได้ที่เรือเวลา ZT 1200 ตรง แต่ถ้าโอกาสไม่อำนวย ด้ามลที่เรือที่ได้ก็จำเป็นต้องเลื่อนหรือคำนวณให้เป็นที่เรือเวลา ZT 1200 โดยทั่วไปนักเดินเรือมักจะวัดสูงดวงอาทิตย์เมื่อเวลา ZT 1145 แล้วเลื่อนเส้นด้ามลที่ที่หาได้ พร้อมกับเลื่อนเส้นด้ามลที่ในตอนเช้าให้ไปตัดกัน เมื่อเวลา ZT 1200 ทั้งสองเส้นการหาเส้นด้ามลที่ในตอนเที่ยงนี้จะใช้วิธีวัดสูงบนเมริเดียนก็ได้ ซึ่งเส้นด้ามลที่ก็คือ เส้นละติจูด แต่ต้องวัดตามเวลาที่คำนวณไว้ว่าดวงอาทิตย์จะผ่านเมริเดียนเวลาเท่าใด ครั้นแล้วก็ต้องเลื่อนหรือคำนวณที่เรือให้เป็นที่เรือเวลา ZT 1200 ในภายหลังเช่นกัน

(4) การวัดสูงในตอนบ่าย การวัดสูงดวงอาทิตย์เพื่อหาเส้นด้ามลที่ในตอนบ่ายก็กระทำเช่นเดียวกันกับในตอนเช้า และเมื่อเลื่อนเส้นด้ามลที่จากการวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนเที่ยงมาตัด ก็จะเป็นด้ามลที่เรือแน่นอนในตอนบ่าย ณ เวลาที่ทำกรวัดสูง ด้ามลที่เรือแน่นอนนี้

ยังมีประโยชน์สำหรับหาที่เรือรายงาน ในการคำนวณหาเวลาดวงอาทิตย์ตก และเวลาสิ้นสุดของแสงเงินแสงทอง เพื่อเตรียมการหาอัตราผิดของเข็มทิศก่อนที่ดวงอาทิตย์จะตก และเตรียมการหาชื่อดาว ความสูงและแอมพลิจูดของดาวนั้น ๆ สำหรับวัดสูง เพื่อหาดำบลที่เรือแน่นอนในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็นต่อไป

การวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนบ่ายนี้อาจจะวัดสูงในขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่บนไพร้มเวอร์ติเกิลหรืออยู่ทางทิศตะวันตกก็ได้เพราะเส้นดำบลที่จะเป็นเส้นลองจิจูดและถ้าเส้นดำบลที่ในตอนเที่ยงเป็นเส้นละติจูด เมื่อเลื่อนมาติดกับเส้นลองจิจูดในตอนบ่ายนี้แล้ว ดำบลที่เรือจะถูกต้องมาแต่ถ้าเส้นดำบลที่ในตอนเที่ยงไม่อาจเชื่อถือได้ว่าเป็นเส้นละติจูดอย่างแท้จริงแล้ว การวัดสูงในตอนบ่ายก็ไม่จำเป็นจะต้องวัดสูงในขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่บน หรือใกล้ไพร้มเวอร์ติเกิล เพราะไม่จำเป็นต้องใช้เส้นลองจิจูด แต่อย่างไรก็ตามถ้าเรือแล่นเข็มตะวันออกหรือตะวันตก การวัดสูงดวงอาทิตย์ในตอนบ่ายเพื่อหาเส้นลองจิจูดก็นับว่ามีความสำคัญมาก เพราะเส้นลองจิจูดจะติดกับเส้นทางเรือเดินเป็นมุมฉาก เส้นลองจิจูดจะมีประโยชน์ในการตรวจสอบความเร็วของเรือได้เป็นอย่างดี และยังช่วยในการเตรียมการวัดสูงของดาวต่าง ๆ ในระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็นดังกล่าวแล้วอีกด้วย

ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้น หมายความว่า เป็นการปฏิบัติเมื่อท้องฟ้าแจ่มใสจะวัดสูงเวลาใดก็ได้ แต่ถ้าท้องฟ้าปกคลุมไปด้วยเมฆ ควรจะต้องเตรียมการวัดสูงไว้ให้พร้อมทุกขณะเมื่อดวงอาทิตย์โผล่จากเมฆหรือพอที่จะวัดสูงได้ก็ให้รีบวัดทันที ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ข้างหลังเมฆบาง ๆ การวัดควรใช้กระจกบังแสง เพราะจะช่วยให้มองเห็นดวงอาทิตย์ชัดเจนขึ้น

(5) ถ้าดวงจันทร์สามารถเห็นได้ในเวลากลางวัน ก็ควรวัดสูงหาเส้นดำบลที่ด้วยเพื่อใช้หาดำบลที่เรือแน่นอนร่วมกับเส้นดำบลที่จากการวัดสูงดวงอาทิตย์ในขณะใดขณะหนึ่ง เว้นแต่ว่าดวงอาทิตย์และดวงจันทร์อยู่ในแอมพลิจูดใกล้เคียงกันหรือตรงข้ามกันเท่านั้น การวัดสูงดวงจันทร์ควรจะต้องระวังว่าวัดขอบล่างหรือขอบบน อย่าวัดให้ผิดขอบ

ในบางโอกาสเวลากลางวันอาจจะเห็นดาว Venus เหมือนกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ก็ควรวัดสูงเพื่อใช้ประโยชน์ในการหาดำบลที่เรือด้วย และในขณะเดียวกันดาว Mars และ Jupiter ก็อาจจะเห็นด้วย ฉะนั้น ก่อนทำการวัดสูงจะต้องตรวจสอบให้แน่นอนเสียก่อนว่าเป็นดาวพระเคราะห์ดวงใดแน่

13.7 การวัดสูงระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็น (Evening twilight observations)

การวัดสูงดาวต่าง ๆ ระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเย็นนั้น กระทำเช่นเดียวกับกับการวัดสูงดาวต่าง ๆ ระหว่างแสงเงินแสงทองในตอนเช้า แต่มีสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งก็คือมีเวลาในการเตรียมการหาชื่อดาวสูงและแอดมิชของดาวต่าง ๆ น้อย ซึ่งอาจจะเตรียมการไม่ทัน ฉะนั้นในขณะที่วัดสูงดาวแต่ละดวงควรวัดแอดมิชไว้ด้วยเพื่อจะได้ใช้ตรวจสอบชื่อดาวให้ถูกต้อง

การวัดสูงดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ในตอนเย็นนี้ ควรวัดดาวที่อยู่ทางทิศตะวันออกก่อนเพราะดาวจะสว่างกว่า และขอบฟ้าทางทิศตะวันออกจะมีมืดก่อน

13.8 การวัดสูงในเวลากลางคืน (Night observations)

ในเวลากลางคืนบางโอกาสเมื่อมีแสงสว่างจากดวงจันทร์เพียงพอ ก็จะทำให้เห็นขอบฟ้าได้ชัดเจน สามารถทำการวัดสูงดวงดาวต่าง ๆ ได้ถูกต้อง แต่ถ้าไม่มีดวงจันทร์จะทำให้การวัดสูงถูกต้องได้ยากเพราะมองขอบฟ้าไม่ชัดเจน

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง ได้รับความรู้และวิธีการมองขอบฟ้าในเวลาไม่มีแสงสว่างจากดวงจันทร์เลย กล่าวคือก่อนที่จะทำการวัดสูงดาวฤกษ์หรือดาวพระเคราะห์ ผู้ตรวจจะต้องอยู่ในที่มืด ไม่มีแสงสว่างมารบกวนสายตา ถ้าจะใช้แสงสว่างก็ควรใช้แสงสีแดง แล้วมองไปที่ขอบฟ้าในเวลานั้นพอสมควร จนสายตาชินกับความมืด ก็จะทำให้มองเห็นเส้นขอบฟ้าได้ ในขณะที่ทำการวัดสูงอย่ามองตรงไปที่ขอบฟ้าทีเดียว เพราะจะทำให้มองเห็นขอบฟ้าต่ำลงหรือสูงขึ้นประมาณสองสามองศา เพื่อแก้ข้อผิดพลาดนี้จึงให้มองขอบฟ้าแบบขำเลียงด้วยหางตา วิธีปฏิบัตินี้พบว่าได้ผลดี

มีเครื่องช่วยให้มองเห็นในความมืดได้เรียกว่า "Dark adapted vision" ซึ่งใช้ติดเข้ากับกล้องเครื่องวัดแดดที่มีเลนส์ ขนาด 30 มม. กำลังขยาย 6 เท่า (6×30) แต่ถ้าได้ใช้กับกล้องขนาด 7×50 ก็จะทำให้มองเห็นสว่างขึ้นอีกเป็นสองเท่า

กล้องส่องในเวลากลางคืนที่กองทัพบกใช้ ถ้านำมาติดกับเครื่องวัดแดด ก็จะทำให้มองเห็นขอบฟ้าในเวลากลางคืนที่มืดสนิทได้เช่นกัน

เมื่อวัดสูงดาวฤกษ์หรือดาวพระเคราะห์ที่มีความสว่างสูงเกินไป ในขณะที่ขอบฟ้ามัวมองเห็นไม่ชัดเจน ให้ใช้กระจกบังแสงของกระจกดัดขึ้น ซึ่งใช้บังแสงดวงอาทิตย์ที่มีสีอ่อน ๆ ช่วยลดความสว่างสูงของดาวลง ก็จะทำให้มองเห็นขอบฟ้าได้ชัดเจนขึ้น มีกระจก Prism ชนิดหนึ่ง เรียกว่า "Astigmatizing shade" ซึ่งช่วยแก้การพร่าของขอบฟ้าให้หายไปได้ คือจะทำให้มองเห็นเงาของดาวไปปรากฏที่เส้นขอบฟ้ามัว ๆ ให้ชัดเจนขึ้น กระจกนี้ใช้ติดกับเครื่องวัดแดดได้ทุกชนิด

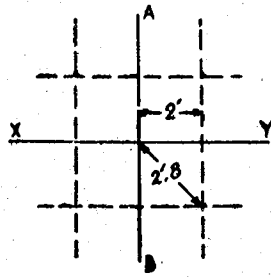
ดวงจันทร์ในขณะที่มีแสงสว่างมาก และดาวฤกษ์หรือดาวพระเคราะห์ที่มีแอมัลไกล์
 เคียงกับดวงจันทร์ ตามปกติจะไม่ใช้ทำการวัดสูงในเวลากลางคืน เพราะว่าแสงของดวงจันทร์
 ที่สะท้อนจากน้ำทะเล ณ ที่ขอบฟ้าส่วนที่อยู่ใต้ดวงจันทร์ จะทำให้เห็นขอบฟ้าผิดจากความจริง
 ไป คือขอบฟ้าที่เห็นนั้นเป็นขอบฟ้าหลอก แต่ถ้ามีความประสงค์จะวัดสูงจริง ๆ แล้ว ควรจะ
 วัดบนเรือ ณ ตำแหน่งที่อยู่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะจะทำให้เห็นขอบฟ้าใกล้เข้ามา อัตรา
 ผิดของขอบฟ้าอันเนื่องมาจากแสงสะท้อนของดวงจันทร์จะลดน้อยลง และขอบฟ้าชัดเจนขึ้น และ
 ถ้าใช้กล้องสองตาส่องดูเส้นขอบฟ้าที่อยู่ใต้ดวงจันทร์ให้เห็นแน่นอนชัดเจนเสียก่อน ก็จะช่วย
 การวัดสูงได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

13.9 ความถูกต้องของเส้นตำแหน่งที่และตำแหน่งที่เรือแน่นอน (Accuracy of celestial lines of position and fixed)

ความถูกต้องของเส้นตำแหน่งที่ได้จากการเดินเรือดาราศาสตร์นั้นไม่ค่อยจะมีความถูก
 ต้องเท่ากับเส้นตำแหน่งที่โดยทั่ว ๆ ไป ที่ได้จากการเดินเรือใกล้ฝั่ง เหตุผลต่าง ๆ ในเรื่องนี้มีอยู่
 หลายประการ และที่สำคัญ ๆ ได้กล่าวมาแล้วในบทต้น ๆ หลายแห่งด้วยกัน ฉะนั้น ในที่นี้จะ
 กล่าวถึงการพิจารณาความถูกต้องของเส้นตำแหน่งที่วัดสูงท้องฟ้าเพียงเส้นเดียว คือสมมติให้มี
 ความถูกต้องภายในระยะทาง 2 ไมล์ ทั้งสองข้าง โดยพิจารณาเฉพาะอัตราผิดที่เกิดขึ้นจาก
 การวัดสูงเท่านั้น ส่วนอัตราผิดอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ความผิดเรื่องเวลา การคำนวณและการ
 เขียนเส้นตำแหน่งที่อื่นจะทำให้เกิดอัตราผิดเพิ่มขึ้นนั้นจะไม่กล่าวถึง ด้วยประสบการณ์ และ
 การพิจารณาอย่างถี่ถ้วนรอบคอบของผู้ตรวจ จะทำให้สามารถประเมินค่าของผลการตรวจ
 ต่าง ๆ ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น หมายความว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ปรากฏมาแล้วว่า
 ผู้ตรวจที่มีความชำนาญจะหาตำแหน่งที่เรือแน่นอนได้มีอัตราผิดไม่เกิน $1/4$ ไมล์

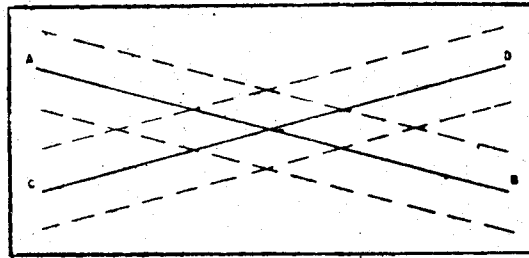
ตำแหน่งที่เรือแน่นอนหรือตำแหน่งที่เรือโดยแล่นตรวจ (A fix or Running fix) ที่ได้จาก
 การเดินเรือดาราศาสตร์ คือตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตำแหน่งที่สองเส้นหรือมากกว่า
 นั้น แต่เส้นตำแหน่งที่แต่ละเส้นอาจจะมียุทธวิธีผิดได้

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราผิดของเส้นตำแหน่งที่ ซึ่งจะช่วยในการประเมิน
 ค่าของตำแหน่งที่เรือได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 89

ในรูปที่ 89 สมมติให้เส้นด้ายทั้งสองเส้นตัดกันเป็นมุม 90° และเส้นด้ายที่แต่ละเส้นมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ และสมมติว่าจุดที่เส้นด้ายที่ AB ตัดกับเส้นด้ายที่ XY เป็นด้ายที่เรือแน่นอน ถ้าเส้นด้ายที่แต่ละเส้นมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ คือเส้นที่แสดงไว้ด้วยเส้นขาด จุดตัดของเส้นขาดที่มุมทั้งสอง จะห่างจากด้ายที่เรือแน่นอนไป 2.8 ไมล์ ถ้าเส้นด้ายที่เส้นใดเส้นหนึ่งมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ แต่อีกเส้นหนึ่งไม่มีอัตราผิ ก็จะปรากฏว่าจุดตัดของเส้นขาดกับเส้นเดิมจะห่างจากด้ายที่เรือแน่นอนไป 2.0 ไมล์

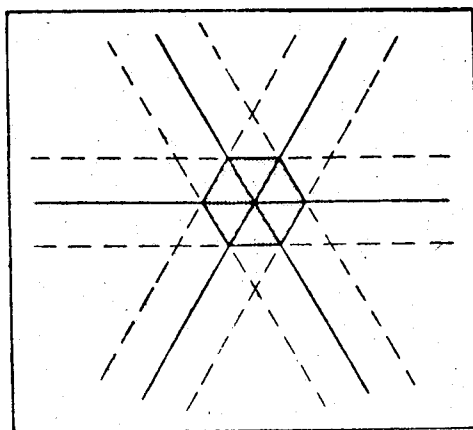


รูปที่ 90

ในรูปที่ 90 สมมติให้เส้นด้ายทั้งสองเส้นตัดกันเป็นมุม 30° และเส้นด้ายที่แต่ละเส้นมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ และสมมติว่าจุดที่เส้นด้ายที่ AB ตัดกับเส้นด้ายที่ CD เป็นด้ายที่เรือแน่นอน ถ้าเส้นด้ายที่แต่ละเส้นมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ คือเส้นที่แสดงไว้ด้วยเส้นขาด จุดตัดของเส้นขาดที่มุมทั้งสองของรูปขนมเปียกปูนจะห่างจากด้ายที่เรือแน่นอนไป 2.1 ไมล์ และ 7.7 ไมล์ ถ้าเส้นด้ายที่เส้นใดเส้นหนึ่งมีอัตราผิไปข้างละ 2 ไมล์ แต่อีกเส้นหนึ่งไม่มีอัตราผิ ก็จะปรากฏว่าจุดตัดของเส้นขาดกับเส้นเดิม จะห่างจากด้ายที่เรือแน่นอนไป 4.0 ไมล์

ตามที่กล่าวมาแล้วนี้จะเห็นได้ว่าตำบลที่เรือซึ่งได้จากการตัดของเส้นตำบลที่สองเส้นที่กระทำมุมกัน 90° หรือใกล้เคียง 90° ในเมื่อทำการวัดสูงในเวลาติด ๆ กัน จะเป็นตำบลที่เรือแน่นอน (Fix) ที่เชื่อถือได้มากที่สุด แม้ว่าอัตราผิดอื่น ๆ จะเกิดขึ้นแก่เส้นตำบลทั้งสองเท่า ๆ กันก็ตาม แต่ถ้าตำบลที่เรือนี้เป็นตำบลที่ได้จากการแล่นตรวจ (Running fix) แม้ว่าเส้นตำบลที่จะตัดกันเป็นมุม 90° ก็ตาม ความถูกต้องก็จะน้อยลงและมีความถูกต้องเพียงเสมือนหนึ่งตำบลที่เรือแน่นอน ที่ได้จากการตัดของเส้นตำบลที่สองเส้น ที่กระทำมุมกันเป็นมุมเล็ก ๆ ในเมื่อทำการวัดสูงติด ๆ กัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากอัตราผิดที่เป็นไปได้ของเส้นตำบลที่ได้จากการวัดสูงครั้งแรก แล้วเลื่อนมาตัดกับเส้นตำบลที่ได้จากการวัดสูงครั้งหลัง

ด้วยเหตุนี้การหาตำบลที่เรือแน่นอนจึงควรใช้เส้นตำบลที่อย่างน้อยสามเส้นให้มาตัดกัน



รูปที่ 91

ในรูปที่ 91 สมมติให้เส้นตำบลที่สามเส้นตัดกันเป็นมุม 60° และเส้นตำบลที่แต่ละเส้นมีอัตราผิดไปข้างละ 2 ไมล์ และสมมติว่าจุดที่เส้นตำบลที่ทั้งสามตัดกันเป็นตำบลที่เรือแน่นอน ถ้าเส้นตำบลที่แต่ละเส้นมีอัตราผิดไปข้างละ 2 ไมล์ ตำบลที่เรือก็จะปรากฏว่าอยู่ภายในรูปหกเหลี่ยมที่เกิดจากเส้นขาดตัดกัน ซึ่งจะห่างจากตำบลที่เรือแน่นอนไปอย่างมากที่สุด 2.3 ไมล์

ความถูกต้องของตำบลที่เรือแน่นอน (Fix) ที่ได้จากเส้นตำบลที่มากกว่าสี่เส้นตัดกัน ก็จะไม่ทำให้ความถูกต้องนั้นเพิ่มขึ้นจากการใช้เส้นตำบลที่สามเส้นตัดกันแต่อย่างใด ในเมื่อเส้นตำบลที่เหล่านั้นมีความถูกต้องเท่า ๆ กัน และผลต่างของแอสิมัทเท่า ๆ กัน อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การที่จะหาดาวให้มีแอสิมัทเหมาะสมตามความต้องการนั้นหาได้ยาก ฉะนั้นจึงความทำการวัดสูงดาวไว้อย่างน้อยห้าดวง เพื่อใช้ทำการตรวจสอบในภายหลัง หากมีความ

หลังจากนั้นจากการเขียนเส้นตำบลที่สามเส้นซึ่งได้เลือกมาอย่างดีแล้ว

ตามในรูปที่ 91 จะเห็นว่าเส้นตำบลที่สามเส้นตัดกันที่จุด ๆ เดียว แต่ในทางปฏิบัติมันมีข้อบกพร่องเล็กน้อยที่จะเป็นเช่นนั้น ส่วนมากจะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็ก ๆ และถือว่าจุดศูนย์กลางที่อยู่ภายในสามเหลี่ยมนั้นเป็นตำบลที่เรือแน่นอน จุดศูนย์กลางนั้นคือจุดที่อยู่ห่างจากด้านทั้งสามเท่า ๆ กัน ซึ่งจะกำหนดเอาด้วยสายตาก็ได้ ไม่จำเป็นต้องใช้การคำนวณหรือวิธีทางเรขาคณิตแต่อย่างใด และความถูกต้องของตำบลที่เรือจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของรูปสามเหลี่ยมว่าใกล้เคียงหรือ

เมื่อเลือกดาวที่จะใช้ทำการวัดสูงได้สามดวงหรือมากกว่านั้น เพื่อหาตำบลที่เรือแน่นอนได้แล้ว การจะหาคะระมิตระวัดตราลึงดงที่ ก็เกี่ยวกับสูง โดยวัดหาคะระสูงของดาวที่มีเอซิมชต่างกันเท่า ๆ กัน อัตราผิตดงที่ ก็เกี่ยวกับสูงนี้จะทำให้เส้นตำบลที่มีอัตราผิตจำนวนเท่ากันและผิตไปในทางเดียวกัน คือผิตเข้าหาวัตถุท้องฟ้า หรือออกห่างจากวัตถุท้องฟ้าเหมือน ๆ กัน ซึ่งจะสัมพันธ์กับวัตถุท้องฟ้าที่ใช้วัดสูงเหล่านั้น ถ้าได้วัดสูงดาวต่าง ๆ ที่มีเอซิมชต่างกันเท่า ๆ กันแล้ว อัตราผิตดงที่ จะทำให้ขนาดของรูปสี่เหลี่ยมเล็กลงหรือโตขึ้นก็ได้ และจะไม่มีความกระทบกระเทือนถึงจุดศูนย์กลางภายในสามเหลี่ยมนั้นเลย

ฉะนั้น ในการวัดสูงถ้าจะวัดดาวสามดวง ควรจะต้องใช้ดาวที่มีเอซิมชต่างกัน แล้วเส้นตำบลที่ทั้งสาม จะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า จุดศูนย์กลางภายในสามเหลี่ยมก็จะเป็นตำบลที่เรือแน่นอน ถ้าจะวัดดาวสี่ดาวก็ควรวัดดาวที่มีเอซิมชต่างกันสอง เช่นดาวที่อยู่ใกล้กับเส้น ใต้ ครีวนอก และตะวันตก เส้นตำบลที่ทั้งสี่ จะตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส จุดศูนย์กลางภายในรูปสี่เหลี่ยมก็จะเป็นตำบลที่เรือแน่นอน เส้นตำบลที่จากดาวสี่ดวงนี้ถ้าไม่มีดาวใดดวงที่ก็จะทับกัน คงเหลือเส้นตำบลที่เพียงสองเส้นเท่านั้น ถ้าจะวัดดาวห้าดวง ก็ควรวัดดาวที่มีเอซิมชต่างกัน 72° เช่นนี้เป็นต้น

ความถูกต้องในการตรวจวัดวัตถุท้องฟ้าเพียงดวงเดียว เพื่อหาเส้นตำบลที่เส้นเดียว ไม่พอพอ เพราะ มีอัตราผิตที่สำคัญที่สุดอยู่อย่างหนึ่งซึ่งเป็นอัตราผิตที่ไม่อาจจะทราบได้ (unknown) เพื่อที่จะแก้อัตราผิตนี้ จึงควรวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันนี้หลาย ๆ ครั้ง และทำการเฉลี่ยเวลาที่ทำการตรวจกับเฉลี่ยความสูงที่วัดได้ แล้วนำค่าเฉลี่ยความสูงตำบลที่ ถ้าวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันห้าครั้งหรือมากกว่านั้นได้ ๆ กันไปอย่างรวดเร็วและได้วัดเอซิมชด้วยเข็มทิศใจโรแต่ละครั้งไว้ด้วยแล้ว ความถูกต้องในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวนี้อาจคำนวณหาได้โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนสูงในระหว่างวัดสูงนั้น

$$\text{อัตราเปลี่ยนสูงต่อหนึ่งวินาที} = 0.25 \times \cos L \times \sin Z$$

ในเมื่อ L คือละติจูด และ Z คือมุมระหว่างวัตถุท้องฟ้ากับเมริเดียนของวัตถุ ถ้าอัตราเปลี่ยนสูงนี้สม่ำเสมอในการวัดสูงเหล่านั้น ก็สามารเลือกเอาอัตราเปลี่ยนค่าใดค่าหนึ่งไปใช้เป็นอัตราแก้ไขได้ สูตรที่กล่าวข้างบนนี้เพื่อความรวดเร็วอาจใช้ Slid rule คำนวณก็ได้

ถ้าวัตถุวัตถุท้องฟ้าดวงเดียวกันเพียงดวงเดียวจะช่วยให้การคำนวณง่ายขึ้นและลดข้อผิดพลาดได้ การวัดสูงครั้งหนึ่ง ๆ จะต้องมีค่า Z ที่ต่างกัน 1° ถึง 2° ก็จะทำให้ค่า Z ที่วัดสูง ๆ หนึ่งครั้งได้ผลเป็น 0.25 เมื่อผลคูณได้ผลเป็น 0.25 นั้นแล้วจึงคูณด้วย 100 แล้วจึงหารด้วย 1000 จะได้ผลเป็น 0.025 หรือ 2.5% ของค่าที่ได้มา ซึ่งหมายความว่าถ้าเราวัดสูง 100 แล้วได้ผลเป็น 2.5 ก็หมายความว่าค่าจริง ๆ แล้วควรจะน้อยกว่า 100 ไป 2.5 หน่วย หรือ 2.5% ของ 100 นั่นเอง การวัดสูงที่ถูกต้องควรจะตรงเส้นตามวงกลม 1° กับ 2° โดยอย่างรวดเร็ว แล้วหาจำนวนหารเส้นตามลที่แต่ละเส้นและหารด้วย 100 แล้วคูณด้วย 2.5 ถ้าเส้นตามลทั้งสองเส้นอยู่ใกล้เคียงกันเกินไปก็เชื่อถือได้แต่ถ้าเส้นที่สามอยู่ห่างผิดไปมากก็ไม่ควรคำนึงถึง เพื่อความปลอดภัยจึงควรสมมติว่าเส้นตามลที่ถูกต้องควรจะอยู่กึ่งกลางระหว่างเส้นตามลทั้งสองเส้นที่อยู่ใกล้เคียงกันนั้นวิธีนี้ดู ๆ ไปก็น่าเบื่อหน่าย เพราะต้องคำนวณกันตั้งสามครั้ง แต่หาเป็นเช่นนั้นไม่เพราะวิธีคำนวณนั้นใช้วิธีทำเป็นสามแถวเรียงกันจะเปลี่ยนค่าก็เฉพาะเวลาทำการวัดสูง ซึ่งเป็นค่าของนาทิจและวินาทีเท่านั้น และค่าของ Z กับ L ก็จะเปลี่ยนค่าไปด้วย ตามปกติการวัดสูงวัตถุหนึ่งดวงเดียวหลาย ๆ ครั้งนี้ใช้สำหรับหาเส้นตามลที่ลาดตรงอาทิตย์เพื่อให้ถูกต้องเท่านั้น เช่นเดียวกันกับการวัดสูงดาวต่าง ๆ หลาย ๆ ดวง ในการหาตำแหน่งที่แน่นอนของตำแหน่งแห่งหน่ง ทั้งนี้ก็เพื่อใช้สำหรับคำนวณเส้นตามลที่ของกันและกันนั่นเอง

ในการหาตำแหน่งที่แน่นอนของเรือหรือหาตำแหน่งที่เรือโดยประมาณ นักเดินเรืออาจใช้เส้นตามลที่เรือบางแห่ง (DR) หรือตามลที่เรือโดยประมาณ (EP) เป็นอันขาดเพราะตามล ที่เหล่านั้นได้มาจากการเกี่ยวกับการเดินเรือที่หามาได้ถูกต้องแล้วทั้งสิ้น ซึ่งอาจจะมี ความถูกต้องมากกว่าหรือน้อยกว่าเส้นตามลที่หาได้ก็ได้ วงกลมที่ใช้เขียนตามลที่เรือบางแห่ง (DR) หรือตามลที่เรือโดยประมาณ (EP) ถ้าตำแหน่งเหล่านั้นมีความถูกต้องเหมือนกันหรือความ เข้มและความเร็วเรือที่แน่นอน เหมือน ๆ กัน ก็ควรเขียนด้วยวงกลมที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ถ้าเชื่อว่าตามลที่เรือแห่งหนึ่งมีความถูกต้องกว่าอีกแห่งหนึ่ง ตำแหน่งที่เรือบางแห่ง (DR) หรือ ตำแหน่งที่เรือโดยประมาณ (EP) ควรเขียนด้วยรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก โดยเห็นแก่เห็นให้ชี้ไปทาง ตำแหน่งที่เรือที่มีความถูกต้องมากกว่าและเห็นแก่เห็นให้ชี้ไปทางตำแหน่งที่เรือที่มีความถูกต้องน้อยกว่า

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ก็จะเห็นได้ว่า การหาและเขียนเส้นตามลที่จากวัตถุท้องฟ้าเป็นเรื่องที่ย่งยากลำบากซับซ้อน สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งก็คือเป็นเรื่องการพิจารณาตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และรอบคอบของนักเดินเรือที่มีความชำนาญ

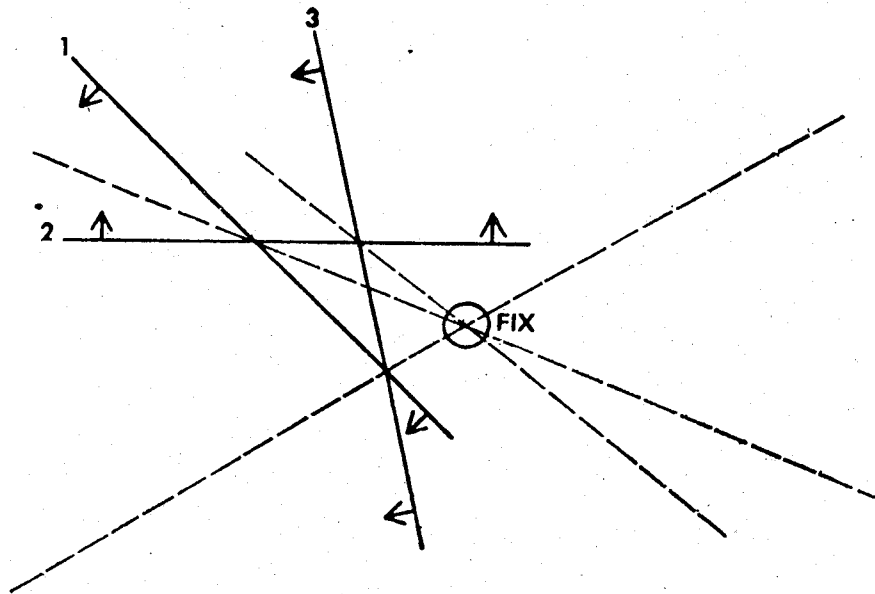
13.10 Bisector method or LOP bisectors

ในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวงมักจะมีอัตราผิวดังที่เกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงที่ผิดปกติ อันจะทำให้ค่าของดิฟที่เปิดได้จากปฏิทินเดินเรือผิดไปด้วย อัตราผิวดังนี้เป็นอัตราผิวดังที่เป็นไปได้ซึ่งควรจะผิดเท่า ๆ กัน และผิดไปในทางเดียวกันในการวัดสูงวัตถุท้องฟ้าแต่ละดวง ด้วยเหตุนี้เพื่อแก้อัตราผิวดังประจำให้หมดไปหรือมีน้อยที่สุด จึงได้แนะนำไว้ในตอนต้นว่าถ้าจะวัดสูงดาวสามดวงเพื่อหาดำบลที่เรือแน่นอนในเวลาต่อเนื่องกัน จึงให้วัดดาวที่มีแอสิมัทต่างกัน 120° เพื่อกระจายออกไปรอบตัวผู้ตรวจ เส้นดำบลที่ทั้งสามจะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยม ดำบลที่เรือแน่นอนก็จะได้จากจุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นดำบลที่ทั้งสามมุมตามทิศทางของเส้นดำบลที่นั้น ๆ ซึ่งจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางภายในสามเหลี่ยมนั้น ถ้าจะวัดสูงดาวสี่ดวงเพื่อหาดำบลที่เรือแน่นอนในเวลาต่อเนื่องกัน จึงให้วัดดาวที่มีแอสิมัทต่างกัน 90° เส้นดำบลที่ทั้งสี่จะตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยม ดำบลที่เรือแน่นอนก็จะได้จากจุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นดำบลที่ทั้งสี่มุมตามทิศทางของเส้นดำบลที่นั้น ๆ เช่นกัน ซึ่งจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางภายในสี่เหลี่ยมนั้น วิธีนี้เรียกว่า Bisector ซึ่งก็มีใช้เป็นวิธีที่พิสดารแต่อย่างใด คือใช้เส้นแบ่งครึ่งมุมของเส้นดำบลที่ที่ตัดกันนั่นเอง

ในบางครั้งเมื่อมีความจำเป็นหรือมีเมฆปกคลุม ไม่สามารถที่จะวัดสูงดาวต่าง ๆ ในแอสิมัทที่กระจายไปรอบ ๆ ผู้ตรวจได้ จำเป็นต้องวัดสูงของดาวต่าง ๆ ที่มีแอสิมัทอยู่ในซีกท้องฟ้าซีกใดซีกหนึ่ง คืออยู่ในซีก 180° อันเดียวกัน ถ้าสมมติว่าวัดสูงดาวสามดวง เส้นดำบลที่ทั้งสามก็จะตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยม ดำบลที่เรือแน่นอนก็จะได้จากจุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นดำบลที่ทั้งสามมุม ตามทิศทางของเส้นดำบลที่นั้นเหมือนกัน แต่จะตัดกันภายนอกสามเหลี่ยม ทั้งนี้เพราะว่าดาวทั้งสามดวงมิได้กระจายอยู่รอบผู้ตรวจแต่อยู่ในซีก 180° ของผู้ตรวจ ซึ่งทิศทางของเส้นดำบลที่บางดวงก็จะหันไปทางเดียวกัน และบางดวงจะหันสวนทางกัน

ตัวอย่าง ตามรูปที่ 92 สมมติว่าวัดสูงดาวสามดวง ดวงที่ 1 มีแอสิมัท 224° ดวงที่ 2 มีแอสิมัท 000° และดวงที่ 3 มีแอสิมัท 256°

ฉะนั้น เส้นดำบลที่ของดาวดวงที่ 1 ก็จะมีอยู่ในทิศ 314° หรือ 134° คือ เส้นที่ 1 เส้น



รูปที่ 92

ตำบลที่ของดาวดวงที่ 2 จะอยู่ในทิศ 270° หรือ 090° คือเส้นที่ 2 และเส้นตำบลที่ของดาวดวงที่ 3 จะอยู่ในทิศ 346° หรือ 166° คือเส้นที่ 3

ลูกศรที่กำกับอยู่ที่เส้นตำบลที่ทั้งสามคือ แอซิมัทของดาวแต่ละดวง หรือคือทิศทางของเส้นตำบลที่แต่ละเส้น ที่หันเข้าหาดาวดวงนั้น

ดังนั้นเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นตำบลที่ ที่ 1 กับที่ 2 จะอยู่ในทิศ.-

$\frac{314^\circ + 270^\circ}{2} = 292^\circ$ หรือ $\frac{134^\circ + 090^\circ}{2} = 112^\circ$ ทั้งนี้เพราะแอซิมัทของดาวทั้งสองนี้
ทิศสวนทางกัน² เส้นแบ่งครึ่งมุมจึงต้องแบ่งครึ่งมุมเล็ก ถ้าคิดวิธีแบ่งครึ่งมุมแอซิมัทของดาว
ทั้งสองจะได้ $\frac{224^\circ + 000^\circ}{2} = 112^\circ$

เส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นตำบลที่ ที่ 1 กับที่ 3 จะอยู่ในทิศ.-

$\frac{314^\circ + 166^\circ}{2} = 240^\circ$ หรือ $\frac{134^\circ + 346^\circ}{2} = 240^\circ$ (060°) ทั้งนี้เพราะแอซิมัทของดาวทั้งสอง
นี้มีทิศตามกัน² เส้นแบ่งครึ่งมุมจึงต้องแบ่งครึ่งมุมใหญ่ ถ้าคิดวิธีแบ่งครึ่งมุมแอซิมัทของดาวทั้ง
สองจะได้ $\frac{224^\circ + 256^\circ}{2} = 240^\circ$

เส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นตำบลที่ ที่ 2 กับที่ 3 จะอยู่ในทิศ. -

$\frac{270^\circ + 346^\circ}{2} = 308$ หรือ $\frac{090^\circ + 116^\circ}{2} = 128^\circ$ ทั้งนี้เพราะแอซิมัทของดาวทั้งสองนี้มีทิศสวนกัน

เส้นแบ่งครึ่งมุมจึงต้องแบ่งครึ่งมุมเล็ก ถ้าคิดวิธีแบ่งครึ่งมุมแอสิมัทของดาวทั้งสองจะได้ $\frac{000^\circ + 256^\circ}{2}$
 $= 128^\circ$

เมื่อได้ทิศทางของเส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสามแล้ว ก็จะเขียนลงไปได้ ดังแสดงด้วย
 เส้นขาดในรูปที่ 92 ซึ่งจะปรากฏว่าเส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสามจะตัดกันภายนอกรูปสามเหลี่ยม
 และจะเป็นค่าบลที่เรือแน่นอน (Fix)

ตามตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่าวิธีคิดทิศทางของเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นค่าบลที่สองเส้นที่
 ตัดกันมีอยู่ 2 วิธีคือ

- (1) หากค่าเฉลี่ยจากทิศของเส้นค่าบลที่ทั้งสอง โดยมีกฎว่า ถ้าเส้นค่าบลที่ของดาว
 ทั้งสองมีทิศทางหันสวนทางกัน ก็จะเป็นเส้นที่แบ่งครึ่งมุมเล็ก ถ้าเส้นค่าบลที่
 ของดาวทั้งสองมีทิศทางหันไปในทางเดียวกัน ก็จะเป็นเส้นแบ่งครึ่งมุมใหญ่
 (ทิศทางของเส้นค่าบลที่ก็คือแอสิมัทของดาว ของเส้นค่าบลที่นั้น ๆ)
- (2) หากค่าเฉลี่ยจากแอสิมัทของดาวทั้งสอง และขอแนะนำว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวก
 และง่ายที่สุด ทุกกรณี

13.11 อัตราผิดของค่าบลที่เรือเนื่องจากอินเตอร์เซปต์ยาวมาก (Error introduced in plotting by long intercepts)

ค่าบลที่เรืออาจมีอัตราผิดเล็กน้อยเกิดขึ้นได้ ในเมื่อการคำนวณใช้ค่าบลที่เรือ
 สมมติและระยะอินเตอร์เซปต์ยาวมาก เมื่อระยะอินเตอร์เซปต์ลงไป แล้วเขียนเส้นค่าบลที่
 บนแผนที่เมอเคเตอร์ (แผนที่เดินเรือ) เส้นค่าบลที่จะเป็นเส้นเกลียว เพราะเป็นเส้นตรง
 จึงเห็นเส้นค่าบลที่จึงมิได้เป็นอาร์คของวงใหญ่หรือวงเล็กซึ่งเป็นวงสูงเท่า ซึ่งจะให้มีอัตรา
 ผิดมากขึ้นเมื่อสูงของวัตถุท้องฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราผิดนี้เมื่อคิดอย่างหยาบ ๆ จะเป็นปฏิภาคกับ
 $\tan alt.$ และจะเป็นปฏิภาคกับกำลังสองของระยะทางระหว่างค่าบลที่เรือสมมติ (AP) กับค่าบล
 ที่เรือที่ถูกต้องจริง ๆ อัตราผิดนี้จะมีมากที่สุดที่อิกเวเตอร์และจะลดน้อยลงเมื่อละติจูดสูงขึ้น

จากการตรวจสอบด้วยความประณีตเมื่อสองสามปีมาแล้วในประเทศอังกฤษแสดง
 ให้เห็นว่า เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่อิกเวเตอร์และผลต่างของระยะทางระหว่างค่าบลที่เรือที่ถูกต้อง
 จริง ๆ กับค่าบลที่เรือสมมติ ซึ่งอยู่ห่างกัน $30'$ ละติจูด และ $30'$ ลองจิจูดซึ่งวัดสูงวัตถุท้องฟ้าได้
 75° อัตราผิดจะมีมากที่สุดไม่เกิน 1.0 ไมล์ ถ้าทำการตรวจอย่างเดียวกันนี้ที่ละติจูด 60°
 อัตราผิดจะน้อยกว่าที่ระบุไว้เป็น 0.7 ไมล์ ซึ่งความปกติแล้วอัตราผิดที่มากจะเป็นไปได้จะมีประมาณ
 ครึ่งหนึ่งของค่าความผิดพลาดดังกล่าว ถ้าผู้ตรวจอยู่ที่ละติจูด 45° และ 30° อัตราผิดจะ

อัตราผิดดังกล่าวจะมีไม่เกิน 0.5 ไมล์ ฉะนั้น จะเห็นได้ว่าอัตราผิดนี้เมื่อคิดอย่างหยาบ ๆ จะเป็นปฏิภาคกับระยะทางระหว่างตำบลที่เรือถูกตั้งจริง ๆ กับตำบลที่เรือสมมติ ถ้าตำบลที่เรือที่ถูกตั้งจริง ๆ กับตำบลที่เรือสมมติอยู่ห่างกันภายใน 20' ลองจิจูด อัตราผิดก็จะน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของอัตราผิดที่ได้กล่าวมาแล้ว

อัตราผิดตามที่กล่าวมานี้ไม่ได้เกี่ยวกับการเดินเรือตามปกติ แต่เป็นการชี้ให้เห็นถึงอัตราผิดอันจะเกิดขึ้นได้ ในสภาวะสิ่งแวดล้อมที่ผิดปกติเท่านั้น เมื่อต้องการความถูกต้องมาก ก็สมควรใช้ตำบลที่เรือโดยประมาณ (EP) มาทำการคำนวณ และถ้าทำการคำนวณโดยใช้ Logarithm หาค่าแน่นอน ไม่ทำในสภาวะเช่นไร ความถูกต้องจะมีถึง 0.1 ไมล์ หมายความว่าอัตราผิดมีน้อยมาก

13.12 การรายงานตำบลที่เรือ (Position reports)

ตามปกติการรายงานตำบลที่เรือประจำวันควรรายงานเมื่อเวลา ZT 0800, ZT 1200 และ ZT 2000 และการรายงานนั้นควรประกอบไปด้วยสิ่งเหล่านี้คือ

- (1) ชื่อเรือ
- (2) เวลา ZT และวันที่ ที่ส่งโทรเลข
- (3) ตำบลที่เรือ และเวลา ZT ที่หาที่เรือ
- (4) วิธีหาที่เรือ เช่น โดยดาราศาสตร์ โดยที่เรือรายงาน โดยที่เรือรายงาน โดยลอเรนหรือโดยเรดาร์ เป็นต้น
- (5) เข็มที่เรือแล่น ความเร็วและกระแสน้ำ
- (6) ระยะทางที่แล่นไปได้จากเวลา ZT ที่รายงานตำบลที่เรือครั้งก่อนแล้ว
- (7) ตำบลที่ ที่เรือจะไป กับระยะทางที่เหลือ พร้อมทั้งวันที่ และเวลา ที่คาดว่าจะไปถึง
- (8) ทิศจริงและอัตราผิดของเข็มทิศแม่โร
- (9) ทิศหัวเรือของเข็มเรือ วารีเอชัน และดีวีเอชัน

13.13 การปฏิบัติระหว่างเดินทางในทะเล (Underway at sea)

การปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ เกี่ยวกับการเดินเรือดาราศาสตร์นั้น ได้กล่าวโดยละเอียดมาแล้ว ต่อไปนี้จะยกตัวอย่างการปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ รวมทั้งโดยตลอด ซึ่งเป็นวิธีการที่เรือ ต่าง ๆ ส่วนมากใช้ปฏิบัติกัน แต่วิธีการคำนวณจะบอกกล่าวถึง เวลาต่าง ๆ เป็นตัวอย่างเป็นเวลา ZT ทั้งสิ้น

ถ้าเวลา ZT 0800 เรือ ก. มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง และเรือ ก. มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่ง

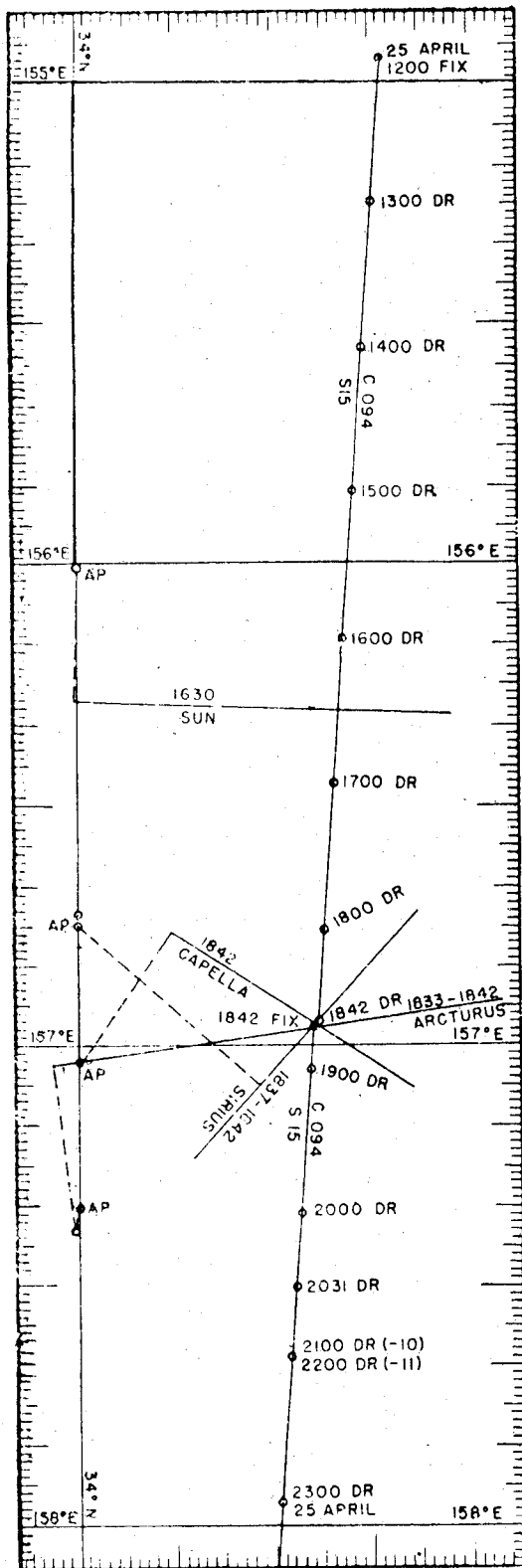
ฮาร์เบอร์ เรือแล่นเข็ม 094° ความเร็ว 15 นอต ตำแหน่งที่เรือเริ่มต้นคือตำแหน่งที่เรือแน่นอน เวลา 1200 วันที่ 25 เมษายน อยู่ที่ Lat. $34^\circ 31'2''$ N Long. $154^\circ 56'8''$ E. (รูปที่ 93 ก.)

(1) หาเส้นตำแหน่งที่และแอดมิรัลโดยดวงอาทิตย์ในตอนบ่าย เวลา 1630 วัดสูงดวงอาทิตย์และทำการคำนวณได้ผล คือ.-

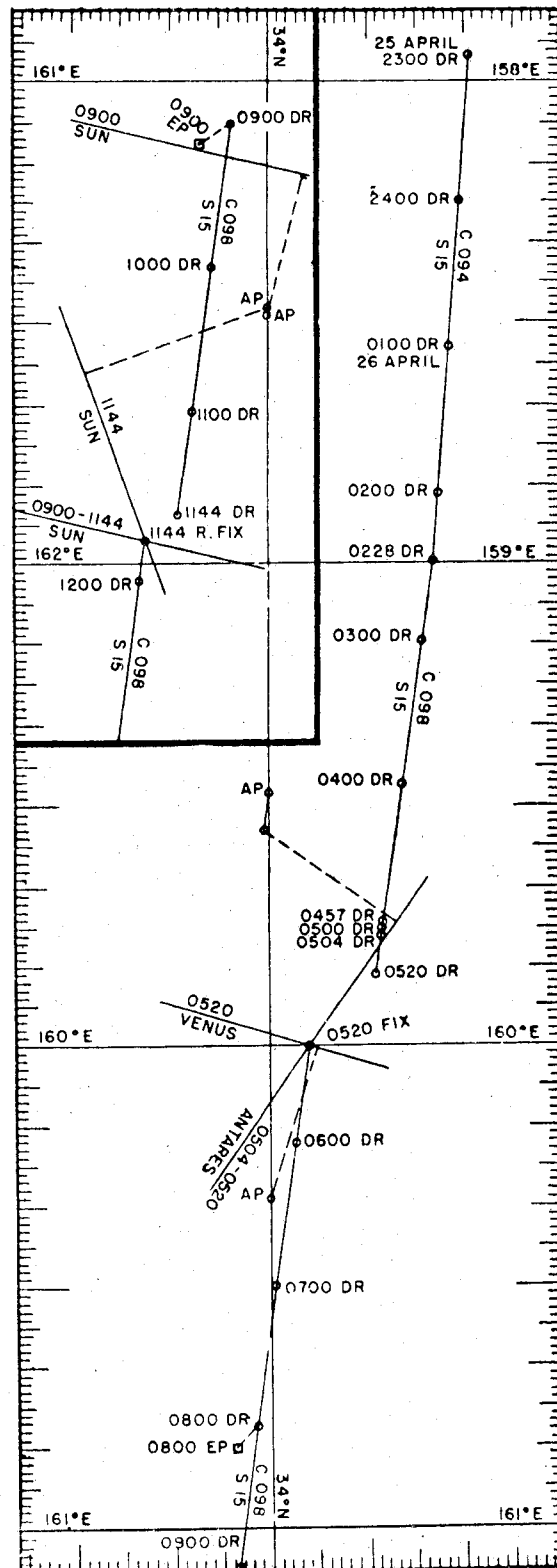
a $13'6''$ A, Zn $272^\circ 2'$, aL $34^\circ 00'0''$ N., aλ $156^\circ 00'8''$ E. แล้วเขียนเส้นตำแหน่งที่ ปรากฏว่าตัดกับเส้นทางเดินเรือ ถูกต้องกับที่เรือรายงาน (DR) ในขณะนั้นได้ทำการตรวจแอดมิรัลของดวงอาทิตย์เพื่อหาอัตราผิดของเข็มทิศด้วย Gyro repeater ปรากฏว่าเข็มทิศใจโรมืออัตราผิด ส่วนเข็มทิศเรือนเอกหาติวเอชขึ้นได้ $1'4''$ W. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าในบัญชีที่หามาแล้วคือ $1'5''$ W.

(2) หาเวลาสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองตอนเย็นและหาชื่อดาว หาเวลาสิ้นสุดของแสงเงินแสงทองตอนเย็นจากปฏิทินเดินเรือ ณ ตำแหน่งที่เรือซึ่งคาดว่าจะไปถึงในขณะนั้นได้เวลา 1839 และใช้ Star finders หาชื่อดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ดวงที่สำคัญ ๆ ที่จะวัดสูงในระหว่างเวลานั้น

(3) หาตำแหน่งที่เรือแน่นอนระหว่างแสงเงินแสงทองตอนเย็น ในระหว่างแสงเงินแสงทองตอนเย็นได้วัดสูงดาว Arcturus, Spica, Sirius, Pollux, Capella, และ Polaris แล้วทำการคำนวณโดยเลือกดาวที่เหมาะสมสามดวงได้ผลดังนี้



รูปที่ 93 ก.



รูปที่ 93 ข.

Body	ZT	a	Zn	aL	aλ
Arcturus	1833	17'.7 A	081°.2	34° 00'.0 N	157° 20'.5 E
Sirius	1837	24'.6 A	220°.9	34° 00'.0 N	156° 43'.2 E
Capella	1842	16'.8 T	304°.1	34° 00'.0 N	157° 02'.3 E

จากเส้นตำบลที่ทั้งสามใช้หาดำบลที่เรือแน่นอนเมื่อเวลา 1842 ซึ่งเป็นการวัดสูงครั้งสุดท้าย ปรากฏว่าเส้นตำบลที่ทั้งสามตัดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็กดีมาก และใกล้เคียงกับตำบลที่เรือรายงาน จึงเป็นที่เชื่อถือได้

ตำบลที่เรือแน่นอนเวลา 1842 คือ Lat. 34° 23'.6 N, Long 156° 57'.4 E. ฉะนั้นตำบลที่เรือรายงานที่จะหาต่อไปจึงใช้เริ่มต้นจากตำบลที่นี้

(4) ตำบลที่เรือเวลา 2000 ตำบลที่เรือเวลา 2000 ที่จะรายงานให้ผู้บังคับการเรือทราบ ใช้หาด้วยความเร็วของเรือโดยเครื่องวัดระยะทาง (ลือก) จากตำบลที่เรือแน่นอนเวลา 1842 จะได้ Lat 34° 22'.2 N, Long 157° 21.1 E. และเนื่องจากไม่ปรากฏว่ามีกระแสน้ำและกระแสนลม ดังนั้นที่เรือรายงาน (DR) ก็จะเป็นที่เรือโดยประมาณ (EP)

(5) เปลี่ยนภาคเวลา ในตอนบ่ายผู้บังคับการเรือสั่งว่า เรือจะข้ามภาคเวลาในตอนค่ำ ฉะนั้น เมื่อเรือข้ามภาคเวลาเมื่อใดแล้ว ให้ตั้งนาฬิกาตามภาคเวลาใหม่ ที่ชั่วโมงเต็ม ๆ ในเวลาถัดไป เนื่องจากเรือผ่านเส้นเขตภาคเวลา (Long. 157° 30'.0 E.) เมื่อเวลาประมาณ 2031 และเรือแล่นไปทางตะวันออก ดังนั้นเมื่อเวลา 2100 (-10) จึงเปลี่ยนเวลาให้เร็วขึ้นเป็น 2200 (-11)

เมื่อเวลา 2300 ตำบลที่เรือรายงานจะอยู่เกือบสุดแผนที่แล้ว คืออยู่ที่ Lat. 34° 20'.3 N. Long 157° 57'. 0 E. จึงต้องเปลี่ยนแผนที่แผ่นใหม่ และเขียนตำบลที่เรือรายงานเมื่อเวลา 2300 ลงไปในแผนที่นั้น ดังในรูป 93 ข.

(6) เรือเปลี่ยนเข็ม เรือได้เปลี่ยนเข็มเป็น 098° เมื่อเรือถึงตำบลที่ Lat. 34° 16'.7 N., Long. 159° 00'.0 E., ซึ่งเป็นเวลา 0228 วันที่ 26 เมษายน

(7) หาเวลาเริ่มต้นแสงเงินแสงทองตอนเช้าและหาชื่อดาว หาเวลาเริ่มต้นแสงเงินแสงทองตอนเช้าจากปฏิทินเดินเรือ ณ ตำบลที่เรือ ซึ่งคาดว่าจะไปถึงในขณะนั้นได้เวลา 0511 และใช้ Star finders หาชื่อดาวฤกษ์และดาวพระเคราะห์ดวงที่สำคัญ ๆ ที่จะใช้สูงในระหว่างเวลานั้น

(8) หาดำบลที่เรือแน่นอนระหว่างแสงเงินแสงทองตอนเช้า ปรากฏว่าก่อนเวลา 2000

เล็กน้อยเริ่มจะมีกระแสลม และเริ่มพัดแรงขึ้นเมื่อเวลา 2200 ลมพัดทิศ NW. ในระหว่างแสง
เงินแสงทองตอนเช้ามีเมฆมาก วัดสูงดาว Venus ได้ดวงเดียวกับดาวฤกษ์อีกหนึ่งดวงซึ่งไม่
ทราบว่าเป็นดาวอะไร จากการตรวจสอบในภายหลังจึงทราบว่าดาวฤกษ์ดวงนั้นคือดาว
Antares แล้วทำการคำนวณได้ผลดังนี้-

Body	ZT	a	Zn	aL	aI
Antares	0504	16'.4 A	215°.0	34° 00'.0 N.	159° 28'.5 E.
Venus	0520	16'.1 A	107°.8	34° 00'.0 N.	160° 19'.4 E.

จากเส้นตำบลที่ทั้งสอง จะได้ตำบลที่เรือแน่นอนเวลา 0520 ซึ่งปรากฏว่าต่างจาก
ตำบลที่เรือรายงาน เวลา 0520 (0520 DR) ไปมาก จึงทำให้ทราบว่าที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจาก
กระแสลมทำให้เรือเซไป คือจากตำบลที่เรือแน่นอนเวลา 1842 (-10) จนถึงตำบลที่เรือแน่นอน
เวลา 0520 (-11) ซึ่งเป็นเวลาต่างกัน 9 ชั่วโมง 38 นาทีเรือเซไป 10.2 ไมล์ ทิศ 133 จึง
คำนวณได้ว่ากระแสลมทำให้เรือผิดไปในทิศ 133° ระยะทาง 1.1 นอต

ดังนั้น ตำบลที่เรือรายงานใหม่และเส้นทางเดินเรือจึงใช้เริ่มต้นจากตำบลที่เรือ
แน่นอนเวลา 0520

(9) หาแอดซิมัทในตอนเช้า ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเล็กน้อยลมเริ่มเบาลงและท้องฟ้าแจ่ม
ใส เวลา 0740 ได้ทำการตรวจแอดซิมัทของดวงอาทิตย์ เพื่อหาอัตราผิดของเข็มทิศ ด้วย Gyro
repeater ปรากฏว่าเข็มทิศใจโรมืออัตราผิด 0°.2 E. ซึ่งน้อยมากอาจตัดทิ้งเสียได้ส่วนเข็มทิศ
เรือเอกมีดิวิชัน 1°.5 W. ซึ่งตรงกับค่าในบัญชีที่หามาแล้ว

(10) ตำบลที่เรือเวลา 0800 เนื่องด้วยมีกระแสลมมาตั้งแต่ในตอนกลางคืนและหา
ทิศทางและความเร็วของกระแสลมที่ทำให้เรือผิดไปได้แล้ว ตั้งแต่เวลา 0520 ดังนั้นจากเวลา
0520 ถึงเวลา 0800 ซึ่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 40 นาที ตำบลที่เรือรายงานเมื่อเวลา 0800 จึง
ต้องแก้ไขเป็นที่เรือโดยประมาณ (EP) เวลา 0800 เพราะกระแสลมกระทำต่อตัวเรือ การ
รายงานตำบลที่เรือเวลา 0800 จึงต้องใช้ตำบลที่เรือโดยประมาณ (EP)

ครั้นถึงเวลา 0900 ตำบลที่เรือจะสุดแผนที่ จึงเปลี่ยนแผนที่ใหม่แล้วเขียนตำบลที่เรือ
รายงานเวลา 0900 ลงในแผนที่แผนที่ใหม่ดังแสดงไว้ที่ส่วนบนทางซ้ายของรูปที่ 93 ข. พร้อม
ทั้งตำบลที่เรือเวลา 0800 จึงต้องใช้ตำบลที่เรือโดยประมาณด้วย

(11) หาเส้นตำบลที่ดวงอาทิตย์ตอนเช้า เวลา 0900 วัดสูงดวงอาทิตย์แล้วทำการ
คำนวณจะได้ผลคือ. - aL 34° 00'.0 N., aλ 161° 23'.1 E., a 15'.3 A, Zn 103°.8 เมื่อเขียน

เส้นตำบลที่จะปรากฏว่าใกล้เคียงกับตำบลที่เรือโดยประมาณ 0900

(12) ตำบลที่เรือเวลา 1200 เมื่อเวลา 1144 วัดสูงดวงอาทิตย์แล้วทำการคำนวณ จะได้ผลคือ.- $aL\ 34^{\circ}\ 00'.0\ N.$, $a\lambda\ 161^{\circ}\ 28'.9\ E.$, $a\ 20^{\circ}.0\ T$, $Zn\ 161'.1$ เขียนเส้นตำบลที่ตามที่ได้คำนวณได้ แล้วเลื่อนเส้นตำบลที่จากเวลา 0900 มาตัด ก็จะได้ตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running fix) เวลา 1144 การเลื่อนเส้นตำบลที่ตอนเช้า นั้น เนื่องด้วยกระแสลมสงบแล้ว ตั้งแต่ตอนเช้า ฉะนั้นการเลื่อนเส้นตำบลที่จึงไม่ได้คิดถึงกระแสลมที่ทำให้เรือเซไป

จากตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจนี้ จึงเริ่มต้นใช้เป็นตำบลที่เรือใหม่เมื่อเวลา 1144 ตำบลที่เรือเวลา 1200 ที่จะต้องรายงานนั้นใช้หาจากตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจเวลา 1144 โดยอาศัยความเร็วของเรือซึ่งได้มาจากเครื่องวัดระยะทาง (ลือก)

อัตราผิดของตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจ (Errors of a running fix) ความถูกต้องของตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจ (Running fix) ซึ่งเป็นการหาตำบลที่เรือโดยการเลื่อนเส้นตำบลที่นั้น ย่อมมีน้อยกว่าตำบลที่เรือแน่นอน (fix) คือเป็นตำบลที่เรือที่ได้จากเส้นตำบลที่สามเส้นหรือหลายเส้นในเวลาพร้อมกัน (หรือใกล้เคียงกัน) ความถูกต้องจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำบลที่เรือโดยประมาณ (EP) ซึ่งได้จากเข็มและความเร็วของเรือ ถ้าเข็มและความเร็วของเรือถูกต้อง ตำบลที่เรือโดยประมาณก็ถูกต้องและจะทำให้การหาตำบลที่เรือโดยแล่นตรวจถูกต้องไปด้วย สาเหตุที่ทำให้เข็มและความเร็วของเรือผิดไปมีอยู่หลายประการด้วยกัน คือ.-

- (1) กระแสน้ำมหาสมุทร
- (2) กระแสน้ำที่เกิดจากการขึ้น ลง ของน้ำ
- (3) กระแสลม
- (4) การถือท้ายไม่ดี
- (5) ไม่ทราบอัตราผิดของเข็มทิศที่แท้จริง
- (6) อัตราผิดของเครื่องวัดระยะทาง (Log) หรือการนับจำนวนรอบของเครื่องวัดระยะทางผิด
- (7) ห้องเรือมีเพรียง
- (8) สภาพการบรรทุก
- (9) ทะเลมีคลื่นใหญ่และพายุจัด

ผลของสาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้เป็นการยากที่จะประเมินค่าให้ถูกต้องได้ เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ฉะนั้นในทางปฏิบัติจึงไม่ควรเลื่อนเส้นตำบลที่ไปในระยะเวลา

นาน ๆ แต่เมื่อมีความจำเป็นจริง ๆ เช่นในภาวะอากาศผิดปกติ การหาตำบลที่เรือโดยแสนตรวจ โดยการเลื่อนเส้นทางตำบลที่ไปในระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ก็อาจจะถือว่าดีที่สุดแล้ว

13.15 สรุป

ตามที่ได้กล่าวในบทสุดท้ายนี้ เป็นเพียงการปฏิบัติงานประจำวันเฉพาะที่เกี่ยวกับการเดินเรือดาราศาสตร์ตามปกติเท่านั้น มิได้รวมถึงการปฏิบัติงานประจำวันอื่น ๆ ที่นายทหารผู้รับผิดชอบในการเดินเรือจะต้องกระทำทั้งหมด

ประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และการที่จะเป็นผู้พิจารณาตัดสินใจเกี่ยวกับการเดินเรือดาราศาสตร์ได้นั้น ขึ้นอยู่กับความชำนาญเท่านั้น

บทที่ 14

การคำนวณสูงและแอซิมัท โดยใช้มาตรา H.O. 229

14.1 ดังได้ทราบมาแล้วว่า การหาเส้นด่าบลที่ (Lop)

ในขณะที่ขณะหนึ่งที่ได้ทำการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า นั้น ใช้หาโดยวิธีอินเตอร์เซปต์ คือ ผลต่างระหว่างสูงจริง (Ho) ที่วัดได้กับสูงคำนวณ (Ho) ซึ่งได้จากด่าบลที่เรือสมมติ (AP) และ ในการหาสูงคำนวณกับแอซิมัทจริง (ZN) เพื่อใช้ประกอบในการหาเส้นด่าบลที่ (Lop) นั้น ใช้ แลต. สมมติและมุมเวลาที่ เป็นมุมองศาเต็ม ๆ (ได้จาก ลอง.สมมติ) กับดิกลิเนชันที่เป็นมุม องศาเต็ม ๆ ไปเปิดมาตรา H.O. 214 แล้วแกँสูงคำนวณที่เปิดมาตราได้ให้เป็นสูงคำนวณที่ถูก ต้องตามดิกลิเนชันที่แท้จริง ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 6

เนื่องจากมาตรา H.O. 214 นั้นเป็นมาตราชั้นพื้นฐานสำหรับให้ักเงินเรือใช้ ซึ่งได้ ใช้มาเป็นเวลานานหลายปี และในปัจจุบันนี้ มาตรา H.O. 214 ไม่มีการพิมพ์จำหน่ายอีกต่อไป แล้ว แต่ยังคงมีใช้กันอยู่สำหรับผู้ที่เคยเรียนมาแล้ว หรือผู้ที่ได้ซื้อไว้เป็นส่วนตัวอย่างไรก็ตาม นับวันมาตรา H.O. 214 ก็จะมีผู้ใช้น้อยลงเพราะได้ทำมาตรา H.O. 229 ขึ้น เพื่อใช้แทนแล้ว

14.2 มาตรา Pub.No. 229

เป็นมาตราสำคัญอันดับแรก (บางที่เรียกสั้น ๆ ว่า H.O.229) เพื่อใช้หิวหาสูง คำนวณและแอซิมัทจริงให้ละเอียดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เส้นด่าบลที่ (LOP) มีความถูกต้องยิ่งขึ้น และให้ใช้ง่ายขึ้น

มาตรา H.O. 229 นี้ หอตรวจดาวของราชนาวีสหรัฐฯ กับหอตรวจดาวที่กรีนิชของ อังกฤษได้ร่วมกันจัดทำขึ้นและต่างฝ่ายต่างก็พิมพ์จำหน่ายเหมือน ๆ กัน ของอังกฤษเรียกว่า มาตรา NP 401 (หรือ H.D. 605) สำหรับของสหรัฐฯ เรียกว่ามาตรา NP 401 มีชื่อเต็ม ๆ เรียกว่า "Sight Reduction Tables for Marine Navigation"

สูตรที่ใช้คำนวณจากสามเหลี่ยมดาราศาสตร์เพื่อคำนวณหาสูงและมุมแอซิมัท Az (ต่อไปจะใช้ z แทน) นั้นก็ใช้สูตรเดียวกันกับการคำนวณมาตรา H.O. 214 คือ

$$\sin H = \sin L \sin d \pm \cos L \cos d \cos t \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{และ } \sin Z = \frac{\cos d \sin t}{\sin H} \dots\dots\dots(2)$$

ซึ่ง H คือสูงคำนวณ

L คือละติจูด

t คือมุมเมริเดียน (มุม LHA ที่เป็นมุมเล็กในสามเหลี่ยมดาราศาสตร์)

Z เป็นมุมแอซิมัท

ในสมการที่ (1) นั้น มีกฎสำหรับการใช้เครื่องหมายดังนี้

1. ถ้ามุม t น้อยกว่า 90°
 - (ก) L และ d มีชื่อเหมือนกัน ใช้บวก (+)
 - (ข) L และ d มีชื่อต่างกัน ใช้ผลต่าง (จำนวนน้อยลบออกจากจำนวนที่มากกว่า)
2. ถ้ามุม t มากกว่า 90°
 - (ก) L และ d มีชื่อเหมือนกัน ใช้ผลต่าง (จำนวนน้อยลบออกจากจำนวนที่มากกว่า)
 - (ข) L และ d มีชื่อต่างกัน ใช้บวก (+)

สูตรทั้ง 2 ข้างบนนั้นปัจจุบันนี้ได้ทำการคำนวณให้มีความถูกต้องสูงสุดโดยใช้เครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์

มาตราสำเร็จ H.O. 229 ได้คำนวณขึ้นเพื่อใช้กับค่าบลที่เรือสมมติ (AP) เท่านั้น โดยได้จัดพิมพ์ขึ้นมีทั้งหมด 6 เล่ม ตามละติจูดต่าง ๆ แต่ละเล่มมี 16 ละติจูดใช้ได้ทั้งละติจูดเหนือและละติจูดใต้ และแต่ละเล่มนั้นได้พิมพ์ให้เหลื่อมกัน 1° ละติจูด เช่นละติจูด 30° จะมีทั้งเล่ม 2 และ เล่ม 3 ในแต่ละเล่มได้แบ่งละติจูดออกเป็นสองภาคดังต่อไปนี้

เล่มที่	ละติจูดภาคที่หนึ่ง	ละติจูดภาคที่สอง
1	$0^\circ - 7^\circ$	$8^\circ - 15^\circ$
2	$15^\circ - 22^\circ$	$23^\circ - 30^\circ$
3	$30^\circ - 37^\circ$	$38^\circ - 45^\circ$
4	$45^\circ - 52^\circ$	$53^\circ - 60^\circ$
5	$60^\circ - 67^\circ$	$68^\circ - 75^\circ$
6	$75^\circ - 82^\circ$	$83^\circ - 90^\circ$

ผลลัพธ์ของสูงคำนวณ (Hc) เมื่อได้แก้เรียบร้อยแล้วจะมีค่าใกล้เคียงละเอียดถึง 0.1° และมุมแอซิมัท (z) จะมีค่าใกล้เคียง 0.1° โดยได้คำนวณจากทุก 1° ละติจูด 1° ของ LHA (นับไปทางตะวันตก จาก 0° ถึง 360°) และ 1° ของดิกลิเนชัน ทั้งนี้โดยใช้กับค่าบลที่เรือสมมติ (AP)

การเปิดมาตราบนั้นใช้มุม (LHA) ไปเปิดได้โดยตรง ทั้งมุมเล็กและมุมใหญ่ของแต่ละภาคละติจูด ซึ่งอยู่ตอนบนและตอนล่างสุดของแต่ละหน้า ช่องบนแต่ละช่องจากซ้ายมือไปทางขวามือเป็นค่าของละติจูดต่างกัน 1° ช่องซ้ายมือและขวามือสุดของแต่ละหน้าจากบนลงล่างเป็นค่าของ Dec. ทุก 1° จาก 1° ถึง 90 หน้า ซ้ายมือจะใช้สำหรับละติจูดและดิกลิเนชันมีชื่อเหมือนกัน (LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION)

หน้าขวามือจะใช้สำหรับละติจูดและดิกลิเนชันมีชื่อต่างกัน (LATITUDE CONTRARY
NAME TO DECLINATION)

การเอามุม LHA ไปเปิดแต่ละภาคของละติจูดนั้นเพื่อความสะดวกได้จัดทำไว้ดังนี้

LHA 0° ถึง 90° กับ 360° ถึง 270° ใช้ได้ทั้ง SAME NAME คือด้านซ้ายมือและ CONTRARY NAME คือด้านขวามือตอนบนลงมาถึงเส้นที่ขีดขึ้นไว้

LHA 180° ถึง 90° กับ 180° ถึง 270° ใช้ได้สำหรับ SAME NAME ทางด้านขวามือ
ตอนล่างเท่านั้นขึ้นไปจนถึงเส้นที่ขีดขึ้นไว้

ในช่วงละติจูดของแต่ละช่องนั้นจากข้างบนลงข้างล่างจะเป็นค่าของ

- สูงคำนวณ คือ H_c ที่ยังไม่ได้แก้ไขถูกต้องตาม Dec. ที่แท้จริง
- ผลต่างของสูงคำนวณเมื่อ Dec. เพิ่มขึ้น 1° คือ d ตามเครื่องหมายบวก (+) หรือลบ (-) ที่ให้ไว้
- ค่าของมุมแอดิมัท คือ z

ชื่อของมุมแอซิมัร คือ z นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ตามกฎที่กล่าวไว้ในการใช้มาตรา H.O.

214 เพื่อหาแอตมิจริง

แต่ในมาตรา H.O. 229 นี้ ได้ให้หลักเกณฑ์หรือกฎการหา Zn ไว้ดังนี้

- (ก) เมื่อผู้ตรวจจอยู่ Lat. N. ถ้า LHA มากกว่า 180° $Z_n = z$
 ถ้า LHA น้อยกว่า 180° $Z_n = 360^\circ - z$
 (ข) เมื่อผู้ตรวจจอยู่ Lat. S. ถ้า LHA มากกว่า 180° $Z_n = 180^\circ - z$
 ถ้า LHA น้อยกว่า 180° $Z_n = 180^\circ + z$

(ได้เขียนบอกไว้แล้วในมาตรา H.O. 229 ตอนบนของหน้าซ้ายและตอนล่างของหน้าขวาทุกหน้า)

14.3 สามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกัน

รูปสามเหลี่ยมเงินเรือที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกนั้นประกอบไปด้วยด้านระหว่างตำบลที่เรือสมมติ (AP) กับยอดโลกที่อยู่ใกล้หรือโคละติจูด ($90^\circ - \text{Lat.}$) ด้านระหว่างตำบลที่ของวัตถุ

ท้องฟ้า (GP) กับยอดโลก คือระยะยอด ($90^\circ - \text{Dec.}$ หรือ $90^\circ + \text{Dec.}$) และด้านระหว่าง AP กับ GP คือระยะเซนธิร ($90^\circ - \text{Hc}$) กับมุมเมริเดียนคือมุม LHA ที่เป็นมุมเล็กในสามเหลี่ยมเดินเรือ (t) และมุมที่จุด AP คือมุมแอซิมัท (z)

ถ้าสามเหลี่ยมเดินเรื่อนี้อยู่ในซีกโลกเดียวกัน(ซีกโลกเหนือหรือซีกโลกใต้ก็ได้) คือ Lat. และ Dec. มีชื่อเหมือนกัน และถ้าให้จุด AP มี Lat. เท่ากัน ให้จุด GP มี Dec. เท่ากัน และมุม t เท่ากัน มุม t นี้จะเป็นตะวันตก (tw) หรือตะวันออก (tE) ก็ได้ ก็จะเป็นรูปสามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกันสี่รูป คือซีกโลกเหนือสองรูปและซีกโลกใต้สองรูป ฉะนั้นเมื่อคำนวณหาสูง (Hc) และมุมแอซิมัท (z) แล้วจะได้ค่าเท่ากันทั้งสี่รูป ฉะนั้นจึงคำนวณเพียงรูปเดียวก็พอ แต่มุมแอซิมัท (z) นั้นจะมีชื่อเป็น N-E, S-E, S-W หรือ N-W ก็ต้องพิจารณาดูเอาเองแล้วจึงแปลงให้เป็นแอซิมัทจริง (Zn) ในกรณีนี้ คือ Lat. และ Dec. มีชื่อเหมือนกันในมาตรา H.O. 229 จึงใช้เปิดในด้าน SAME NAME

ในทำนองเดียวกัน ถ้าจุด AP. กับจุด GP. อยู่ต่างซีกโลกกัน คือ Lat. กับ Dec. มีชื่อต่างกัน และกำหนดให้ค่า Lat. เท่ากัน ค่า Dec. เท่ากัน กับมุมเมริเดียน (t) เท่ากัน ก็จะเป็นสามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกันสี่รูปเช่นกัน การคำนวณหาสูง (Hc) และมุมแอซิมัท (z) ก็จะได้เท่ากันทั้งสี่รูปเช่นกัน ส่วนชื่อของ z ก็ให้พิจารณาดูเอาเองเหมือนกันแล้วจึงแปลงให้เป็น Zn ฉะนั้น จึงคำนวณเพียงรูปเดียวก็พอ ดังนั้นในกรณีนี้คือเมื่อ Lat. และ Dec. มีชื่อต่างกันในมาตรา H.O. 229 จึงใช้เปิดในด้าน CONTRARY NAME

ในเรื่องสามเหลี่ยมเดินเรือที่เหมือนกันนี้ได้กล่าวไว้โดยละเอียดแล้วในบทที่ 6 ข้อ 6.3

สำหรับมุม t ในมาตรา H.O. 229 มีได้กล่าวถึง เพราะได้ให้ค่า LHA ทั้งมุมใหญ่และมุมเล็กแล้วจึงละไว้ในฐานที่เข้าใจ และได้ให้กฎการเปลี่ยนค่า z ให้เป็น Zn ไว้แล้ว

14.4 ตำบลที่เรือสมมติ

Lat. สมมตินั้น (aL) จะต้องสมมติให้เป็นองศาเต็ม ๆ โดยให้ใกล้เคียงกับตำบลที่เรือ DR. หรือ EP.

ส่วน Long สมมติ (aλ) จะต้องสมมติ Long. ให้ใกล้เคียงกับตำบลที่เรือ DR หรือ EP โดยให้ต่างกันภายใน 30 แล้วนำไปกระทำกับ GHA ของวัตถุท้องฟ้าที่ทำการตรวจนั้นให้ได้ค่าของ LHA เป็นองศาเต็ม ๆ คือ

$$\text{LHA} = \text{GHA} + \text{Long. East}$$

$$\text{LHA} = \text{GHA} - \text{Long. West}$$

14.5 การเปิดมาตรา H.O. 229

ให้ใช้เปิดมาตราตามเส้นของ Lat. นั้น ๆ และตามภาคที่แบ่งไว้ในเล่ม การเปิดใช้ L.H.A. ที่เป็นองศาเต็ม ๆ Lat. ที่เป็นองศาเต็ม ๆ (ตาม aL) และ Dec. ที่เป็นองศาเต็ม ๆ (เศษของ Dec. จะได้เปิดแก้ในภายหลัง) ไปเปิดทางด้านซ้าย (SAME NAME) หรือด้านขวา (CONTRARY NAME) ซึ่งแล้วแต่ชื่อของ Lat. กับ Dec. L.H.A. จะอยู่ด้านบนสุด Dec. จะอยู่ด้านซ้ายและด้านขวาสุดจากข้างบนลงข้างล่างตั้งแต่ 0° ถึง 90° ทุกองศา ช่องบรรทัดระดับจากซ้ายไปขวาเป็น Lat. ในช่อง Lat. แต่ละช่องตัวแรกจะเป็น Hc คือค่าของสูงคำนวณ ซึ่งได้คำนวณไว้ใกล้เคียง $0.1'$ ถัดไปจะเป็น d. โดยพิมพ์ด้วยตัวเล็ก ซึ่งเป็นค่าผลต่างของสูงคำนวณระหว่าง Dec. กับ Dec. ที่ติดลงไป (Dec. ที่มากกว่า) พร้อมด้วยเครื่องหมาย (+ หรือ -) ถ้าเครื่องหมายเป็นบวก (+) ก็หมายความว่าสูงคำนวณของ Dec. ตัวติดลงไปจะมีค่ามากขึ้นถ้าเครื่องหมายเป็นลบ (-) สูงคำนวณของ Dec. ตัวติดลงไปจะมีค่าน้อยลง ตัวที่สามคือ z ซึ่งเป็นค่าของมุมแอซิมัท ได้คำนวณไว้ใกล้เคียง $0.1'$ และในแต่ละหน้าได้ให้กฎสำหรับเปลี่ยนค่า Z ให้เป็น Zn ไว้แล้ว เมื่อใช้ LHA, Lat. และ Dec. เปิดแล้ว ค่าในทางระดับที่ตรงกับค่า Dec. และ Lat. นั้น ก็จะเป็นค่าของสูงคำนวณ (Hc) ค่าของอัตราเปลี่ยนสูง (d) เมื่อ Dec. เพิ่มขึ้น $1'$ และค่าของมุมแอซิมัท (z) ณ ที่ Dec. นั้น

เมื่อได้สูงคำนวณ (Hc) แล้วก็ต้องแก้สูงคำนวณให้ถูกต้องตาม Dec. จริง ๆ โดยใช้ค่าเศษของ Dec. จริง ๆ กับค่าของ d. ไปเปิดหาค่าแก้สูงจากมาตราแก้สูงมาแก้มาตราแก้สูงนี้เรียกว่า "Interpolation Table" ซึ่งมีอยู่ที่ปกหน้าของมาตรา H.O. 229 ทั้งสองหน้า และที่ปกหลังของมาตรา H.O. 229 ทั้งสองหน้า โดยมีค่าเศษของ Dec. ตั้งแต่ $0'.0$ จนถึง $59'.9$ ซึ่งอยู่ที่ช่องซ้ายมือสุดภายใต้หัวข้อ "Dec.Inc."

ค่าแก้สูงนี้มีอยู่สองขั้นตอน ขั้นตอนที่หนึ่งเรียกว่า "First difference correction" ขั้นตอนที่สองเรียกว่า "Second difference correction" ในทางเทคนิคจะเรียกว่า "Double - second difference"

การแก้สูงขั้นตอนที่หนึ่งนั้นใช้แก้สูงที่ต่ำกว่า 60° เท่านั้น ส่วนขั้นตอนที่สองไม่ต้องนำมาแก้ เพราะอัตราเปลี่ยนสูง จะเปลี่ยนเพิ่มขึ้นไปตามบัญญัติไตรยางค์ (แบบเป็นเส้นตรง)

ถ้าสูงมากกว่า 60° อัตราเปลี่ยนสูง จะเปลี่ยนไปไม่เป็นไปตามบัญญัติไตรยางค์ คือจะน้อยลง ฉะนั้นจะต้องนำเอาอัตราแก้สูงขั้นตอนที่สองมาแก้เพิ่มเข้าไปอีกทีหนึ่งหลังจากแก้สูงขั้นตอนที่หนึ่งแล้ว แต่ก็มิได้เป็นไปเช่นนี้ทั้งหมดเสียทีเดียว อัตราแก้สูงที่เพิ่มขึ้นที่จะอยู่ด้านขวามือสุด ภายใต้หัวข้อ "Double-second diff. and corr." ของมาตราแก้สูง (Interpolation Table) ในกรณีที่จะต้องแก้สูงตามขั้นตอนที่สองนี้ มีความสำคัญมาก ถ้าไม่แก้แล้วจะทำให้สูง

คำนวณเมื่ออัตราผิดมากกว่า 0.25 การแก้สูงขั้นตอนที่สองนี้ จะแก้เมื่อใดให้ดูที่ค่าของ ถ้าค่าของ เขียนด้วยเลขตัวเอน และมีจุด (.) ตามหลังมาในตอนบน ก็ต้องแก้สูงขั้นตอนที่สองเพิ่มเข้าไปอีกด้วย (ดูรูป ก., ข. และ ค.ท้ายบทนี้)

14.6 มาตราแก้สูง (Interpolation Tables)

ส่วนหนึ่งของมาตราแก้สูงนี้ ได้มีตัวอย่างแสดงไว้ในรูป ค. ความมุ่งหมายที่สำคัญก็คือต้องการแก้สูงคำนวณให้เป็นไปตาม Dec. ที่แท้จริง เพราะในการเปิดสูงคำนวณ (Hc) จากมาตรา H.O. 229 นั้นใช้ค่า Dec. ที่เป็นองศาเต็ม ๆ ไปเปิดเท่านั้น มิได้คิดถึงเศษค่าลิปดา (') ของ Dec. ที่แท้จริง

ฉะนั้นในการหาสูงคำนวณ (Hc) ตาม Dec. ที่แท้จริง จึงต้องเอาค่าเศษลิปดา (') ของ Dec. กับค่าผลต่างของสูง (d) ในเมื่อ Dec. เพิ่มขึ้น 1' มาคำนวณหาอัตราแก้สูงไปแก้อีกครั้งหนึ่ง

การคำนวณหาอัตราแก้สูงนั้น ได้ทำเป็นมาตราแก้สูงไว้แล้ว ดังตัวอย่างในรูป ค. คือช่องซ้ายมือสุดจากบนลงล่างภายใต้หัวข้อว่า “Dec. Inc.” นั้นเป็นค่าเศษลิปดา (') ของ Dec. ที่แท้จริงช่องถัดไปทางขวามือเป็นค่าผลต่างของสูงคือค่าของ d และเพื่อความสะดวกได้แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นผลคูณของหลัก 10' คือมีตั้งแต่ 10', 20', 30', 40' และ 50' ส่วนที่สองเป็นผลคูณของเศษหลักสิบ คือมีตั้งแต่ 0 '0 ถึง 9'0 มาตราคำนวณแก้สูงนี้ปรากฏว่ามีความสะดวกแก่นักเดินเรือมาก และทำให้อัตราผิดของสูงคำนวณ (Hc) มีน้อยมาก ซึ่งจะไม่เกิน 0'.1

14.7 การแก้สูงขั้นตอนที่หนึ่ง (First difference correction)

ส่วนสำคัญในการแก้สูงคำนวณให้ถูกต้องนั้น ก็คือการคำนวณหาอัตราแก้สูงให้ถูกต้องตามค่าของ Dec. ที่แท้จริง โดยใช้ค่าผลต่างของสูง (d) กับเศษลิปดา (') ของ Dec. ที่แท้จริง มาทำการคำนวณหาอัตราแก้สูง ซึ่งเรียกว่า “First difference correction” คือนำเอาผลคูณทั้งสองส่วนตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ 14.6 มารวมกันนั่นเอง

ตัวอย่างที่ 1 จงหาสูงคำนวณและแอมซิมัวร์จริง เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ Lat. 34° S. วัดฤทท้องฟ้ามี LHA. 349° และ Dec. $21^{\circ} 46'.4$ S.

วิธีทำ	LHA.	349°
	Lat.	34° S
	Dec.	$21^{\circ} 46'.4$ S

เปิดจากมาตราด้าน SAME NAME ที่มุมเต็ม ๆ จะได้

Hc 73° 46' .2	d(+) 48' .9	z 140° .4
Tabular	Hc 73° 46' .2	z 140° .4
Ist.Diff.corr. (Tens)	(+) 30.9	$\frac{(46.4 \times 40)}{60}$

Int.Tab.

Ist.Diff.corr. (Units and Decimals)	(+) 6.9	$\frac{(46.4 \times 8.9)}{60}$

Exact. Hc 74° 24' .0

Z.for 21° = 140° .4, z.for 22° = 138° .3, diff.for 60' = (-) 2° .1

Z 140° .4 Zn = 180° - 138° .8

corr - 1.6 Zn = 041° .2

z 138° .8

คำอธิบาย เปิดมาตรา H.O. 229 ที่ LHA. 349° Lat. 34° and Dec. 21° (มุมเต็ม ๆ) ด้าน SAME NAME จะได้ Hc จากมาตรา 73° 46' .2 d (+) 48' .9 และ z 140° .4 ส่วนอัตราแก้สูงของ Dec อีก 46' .4 นั้นก็คือเมื่อ Dec. เพิ่มขึ้น 60' สูงจะเพิ่มขึ้น (+) 48' .9 (d) ถ้า Dec. เพิ่มขึ้น 46' .4 สูงก็จะเพิ่มขึ้น = (+) $\frac{48.9 \times 46.4}{60}$ = (+) 37' .8

แต่เพื่อความสะดวกอัตราแก้สูงนี้ใช้เปิด Int.Table จากสองตอนแล้วเอามารวมกัน คือ ตอนแรกเอาค่า 46' .4 ไปเปิดที่หลักสิบก่อน คือที่หลัก 40' ตรงกับ 46' .4 จะได้ (+) 30.9 คือ $\frac{46.4 \times 40}{60}$ ตอนที่สองเปิดที่หลักหน่วย และทศนิยม คือ 8' .9 ตรงในช่องเดียวกันกับ 46' .4 จะได้ (+) 6' .9 คือ $\frac{46.4 \times 8.9}{60}$

ฉะนั้นอัตราแก้สูงจะเริ่มขึ้น $= 30.9 + 6.9 = (+) 37.8$ ซึ่งจะเท่ากับข้างบนฉะนั้น สูงต่ำลที่ถูกต้อง = 73° 46' .2 + 37' 4.8 = 74° 24' .0

ส่วนค่าของ z นั้นก็ต้องแก้ไขถูกต้องตาม Dec. ที่แท้จริงเหมือนกันคือ ที่ Dec. 21° , z = 140° .4 และที่ Dec. 22° , z = 138° .3 ฉะนั้น Dec. เพิ่มขึ้น 60° z จะลดลง = 140° .4 - 138° .3 = (-) 2° .1 ถ้า Dec. เพิ่มขึ้น 46' .4 z จะลดลง = $(-) \frac{2^{\circ} .1 \times 46.4}{60} = (-) 1^{\circ} .6$ ฉะนั้น z ที่ถูกต้อง = 140° .4 - 1° .6 = 138° .8 ถ้าคิดชื่อของ z ตามชื่อ Lat. และมุม t แล้ว จะเห็นว่าเป็น s 138° .8 E ดังนั้น zn = 180° - 138° .8 = 041.2 แต่ถ้าจะคิดตามสูตรที่ใช้ไว้คือถ้า Lat.S. และ LHA. โตกว่า 180° Zn = 180° - z ก็จะได้เช่นเดียวกัน คือ zn = 180° -

$$138^{\circ}.8 = 041^{\circ}.2$$

ตัวอย่างที่ 2 จงหาสูงคำนวณและแอซิมัทจริง เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่

Lat 33° N. วัตถุท้องฟ้ามี LHA 11° และ Dec. $20^{\circ} 45' .7$ S.

วิธีทำ LHA. 11°

Lat. 33° N.

Dec. $20^{\circ} 45' .7$ S.

เปิดมาตราด้าน CONTRARY NAME ที่มุมเต็ม ๆ จะได้

Hc $35^{\circ} 58' .1$	d $(-) 58^{\circ} .8$	z $167^{\circ} .2$
Tabular	Hc $35^{\circ} 58' .1$	z $167^{\circ} .6$
1st.Diff.corr (Tens)	(-) 38.1	$\frac{(45.7 \times 50)}{60}$
Int.Tab		
1st. Diff.Corr (Units and Decimals)	(-) 6.7	$\frac{(45.7 \times 8.8)}{60}$
Exact Hc	$35^{\circ} 13' .3$	

z for $20^{\circ} = 167^{\circ} .2$, z for $= 21^{\circ} = 167^{\circ} .4$ diff. for $60' = (+) 0^{\circ} .2$

$$z \ 167.2 \quad zn = 360^{\circ} - 167' .4$$

$$\text{con. } (+) \ 0.2 \quad zn = 192^{\circ} .6$$

$$z \ 167.4$$

คำอธิบาย เปิดมาตรา H.O. 229 ที่ LHA 11° Lat. 33° Dec. 20° (มุมเต็ม ๆ) ด้าน CONTRARY NAME จะได้ Hc จากมาตรา $35^{\circ} 58' .1$ d $(-) 58' .8$ และ z $167^{\circ} .2$ ส่วนอัตราแก้ของ Dec. อีก $45' .7$ นั่นก็คือเมื่อ Dec. เพิ่มขึ้น 60 สูงจะลดลง $(-) 58' .8$ ถ้า Dec. เพิ่มขึ้น $45' .7$ สูงจะลดลง $= \frac{-58.8 \times 45.7}{60} = (-) 44' .8$

แต่เพื่อความสะดวก อัตราแก้สูงนี้ใช้เปิด Int.Table จากสองตอนแล้วเอามารวมกัน คือตอนแรกเอาค่า $45' .7$ ไปเปิดที่หลักสิบก่อน คือที่หลัก 50 ตรงกับ $45' .7$ จะได้ $(-) 38' .1$ คือ $\frac{45.7 \times 50}{60}$ ตอนที่สองเปิดที่หลักหน่วยและทศนิยม คือ $8' .8$ ตรงในช่วงเดียวกันกับ $46' .7$ จะได้ $(-) 6' .7$ คือ $\frac{45.7 \times 8.8}{60}$ ฉะนั้น อัตราแก้สูงจะลดลง $= (-) 38.1 + (-) 6.7 = (-) 44.8$ ซึ่งจะเท่ากับข้างบน ฉะนั้นสูงคำนวณที่ถูกต้อง $= 35^{\circ} 58' .1 - 44' .8 = 35^{\circ} 13' .3$

ส่วนค่าของ z นั้นก็ต้องแก้ไขถูกต้องตาม Dec. ที่แท้จริงเหมือนกัน คือที่ Dec. 20° , z $= 167^{\circ} .2$ และ Dec. 21° , z $= 167^{\circ} .4$ ฉะนั้น Dec. เพิ่มขึ้น $60'$ z จะเพิ่มขึ้น $167^{\circ} .4 - 167^{\circ} .2 = (+) 0^{\circ} .2$ ถ้า Dec. เพิ่มขึ้น $45' .7$ z จะเพิ่มขึ้น $= \frac{45.7 \times 0.2}{60} = (+) 0^{\circ} .152 = (+) 0^{\circ} .2$ ฉะนั้น z ที่ถูกต้อง $= 167^{\circ} .2 + 0^{\circ} .2 = 167^{\circ} .4$ ถ้าคิดชื่อของ z ตาม Lat. และ มุม t แล้วจะเห็นว่าเป็น N $167^{\circ} .4$ w ฉะนั้น $zn = 360^{\circ} - 167^{\circ} .4 = 192^{\circ} .6$ แต่ถ้าจะคิดตามสูตรที่ให้ไว้

คือ ถ้า Lat.N. และ LHA น้อยกว่า 180° $Zn = 360^\circ - Z$ ก็จะได้เช่นเดียวกันคือ $Zn = 360^\circ - 167^\circ.4 = 192^\circ.6$

จงจำไว้ว่าการแก้สูง ขั้นตอนทีหนึ่งนี้ใช้แก้สูงเฉพาะสูงที่ต่ำกว่า 60° เท่านั้น และหรือในเมื่อค่าของ d เขียนด้วยเลขตัวตรงเท่านั้น การแก้สูงขั้นตอนที่สองที่จะกล่าวต่อไปนี้ไม่ตื่อนำมาแก้

14.8 การแก้สูงขั้นตอนที่สอง (Double - second difference)

อัตราแก้ไขมีความสำคัญน้อยกว่าอัตราแก้สูง ขั้นตอนทีหนึ่ง ซึ่งเป็นการแก้ไขที่ต้องเพิ่มเข้าไปหลังจากแก้สูงขั้นตอนทีหนึ่งแล้ว อัตราแก้ไขจะเป็นบวก (+) เสมอ

การหาค่าอัตราแก้ไขนี้คือใช้ผลต่างระหว่างผลต่างของสูง (d) ที่อยู่ติดกันของผลต่างของสูง (D) ที่อยู่ติดกัน ของผลต่างของสูง (d) ณ ที่ Dec. นั้น แล้วนำผลต่างนี้ไปเปิดหาอัตราแก้ไขตามตารางแก้ไข (Int. Table) ในข้อวรรค มีสูตรที่เขียนไว้ว่า "Double Second diff. and corr." ตัวอย่างที่ขีดเส้นชี้ไว้ อัตราแก้ไขนี้ได้คำนวณมาก่อนแล้ว

อัตราแก้ไขขั้นตอนที่สองนี้จะใช้แก้ไขเพิ่มเข้าไปเฉพาะค่าของ d ที่พิมพ์ด้วยตัวเอนและมีจุด (.) ตามหลังที่อยู่ส่วนบนเท่านั้น

ตัวอย่าง จงหาสูงคำนวณและแอสิมัทจริง เมื่อผู้ตรวจอยู่ที่ Lat. 35° S. วัดฤทท้องฟ้ามี LHA. 349° และ Dec. $29^\circ 47' .4$ S.

วิธีทำ LHA. 349°
Lat. 35° S.
Dec. $29^\circ 47' .4$ S.

เปิดมาตราด้าน SAME NAME ที่มุมเต็ม ๆ จะได้

Hc. $78^\circ 55' .2$	$d (+) 33' .0$	$Z 119^\circ .7$
Tabular	Hc. $78^\circ 55' .2$	$Z 119^\circ .7$
1st Diff. Corr. (Tens)	(+) $23' .7$	$\frac{(41.5 \times 30)}{60}$
Int. Tab.		
1st Diff. Corr. (Units and Decimals)	() 2.4	$\frac{(47.4 \times 3.0)}{60}$
Double - Second difference		
$36' .6 - 29' .0 = 7' .6$		
corr.	(+) 0.3	(คำนวณมาก่อนแล้ว)
Exact. Hc.	$79^\circ 21' .6$	

$$\begin{aligned}
 z \text{ for } 29^\circ &= 119^\circ .7, z \text{ for } 30^\circ &= 115^\circ .3, \text{ diff. for } 60' &= (-) 4^\circ .4 \\
 z \text{ } 119^\circ .7 & & z_n &= 180^\circ - 116^\circ .2 \\
 \text{corr} &= -3^\circ .5 \left(\frac{-4.4 \times 47.4}{60} \right) \\
 z \text{ } 116^\circ .2 & & z_n &= 063^\circ .8
 \end{aligned}$$

คำอธิบาย เปิดมาตรา H.O. 229 ที่ 1HA. 343° Lat. 35° และ Dec. 29° (มุมเต็ม ๆ) ด้าน SAME NAME จะได้ Hc มาตรา 73' 0" .2 d (-) 33' .0 z $119^\circ .7$ หรือว่า ถ้าของ เป็นตัวลบ และมีจุด (-) ความสูงก็จะอยู่ข้างบน ฉะนั้นนอกจากจะแก้สูงตามนั้นจนที่หนึ่งแล้ว จะต้องแก้สูงขั้นตอนที่สองเพิ่มเข้าไปอีกด้วย

การแก้ขั้นตอนที่หนึ่งนั้น เปิด Int.Tab. ตอนแรกคือเอาค่า $47' .4$ ไปเปิดที่หลักสิบ คือที่หลัก 30' ตรงกับ $47' .4$ จะได้ $+23' .7$ คือ $\frac{47.4 \times 30}{60}$ ต่อไปเปิดที่หลักหน่วย และทศนิยม คือ $3' .0$ ตรงในช่องเดียวกันกับ $47' .4$ จะได้ $+2' .4$ คือ $\frac{47.4 \times 3.0}{60}$

การแก้ขั้นตอนที่สองให้เปิดค่า d ตัวที่ Dec. 28° (ตัวบน) จะได้ d (+) $36' .6$ กับ ค่า d ที่ Dec. 30° (ตัวล่าง) จะได้ d (+) $29' .0$ ผลต่างระหว่าง d ตัวบนกับตัวล่าง ซึ่งเรียกว่า "Double - second difference" จะได้ $36' .6 - 29' .0 = 7' .6$ แล้วเอาค่านี้นไปเปิด Int.Tab ช่องขวาสุดคือช่อง Double Second diff. and corr. ในช่องที่อยู่เส้นวันอันเดียวกับกับ $47' .4$ จะได้อัตราแก้ $+0' .3$ (เป็นบวกเสมอ)

$$\text{ฉะนั้นอัตราแก้สูงจะเท่ากับ } +23' .7 + 2' .4 + 0' .3 = 26' .4$$

$$\text{ดังนั้นสูงคำนวณที่ถูกต้อง} = 78^\circ 55' .2 + 26' .4 = 79^\circ 21' .6$$

ส่วนค่าของ z ก็ต้องแก้ให้ถูกต้องตาม Dec. ที่แท้จริงเหมือนกันคือ Dec. $29^\circ = 119^\circ .7$ และที่ Dec. $30^\circ = 115^\circ .3$ ฉะนั้น Dec. เพิ่มขึ้น $60'$ Dec. ลดลง $= 119^\circ .7 - 115^\circ .3 = (-) 4^\circ .4$ ถ้า Dec. เพิ่มขึ้น $47' .4$ Dec. จะลดลง $= - \frac{4.4 \times 47.4}{60} = -3^\circ .5$ ดังนั้น z ที่ถูกต้อง $= 119^\circ .7 - 3^\circ .5 = 116^\circ .2$ $Z_n = 180^\circ - 116^\circ .2 = 063^\circ .8$ ถ้าคิด Lat. และมุม t, z = s $116^\circ .2$ E $Z_n = 150^\circ - 116^\circ .2 = 063^\circ .8$ เหมือนกัน

14.9 สรุป

มาตรา H.O. 229 นี้ได้ทำขึ้นแทนมาตรา H.O. 224 ซึ่งไม่มีค่าแก้ไขเพิ่มเติมใช้ อีกแล้วทั้งนี้เพื่อให้หาสูงคำนวณ (Hc) และแอซิมัทจริง (zn) ได้ถูกต้องและละเอียดยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถใช้หาสูงคำนวณมุมต่ำ ๆ ได้อีกด้วย โดยไม่มีปัญหาแต่อย่างใด

สำหรับการคำนวณสมบูรณแบบตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 8 นั้น ส่วนใหญ่จะเหมือนกัน มีที่ผิดกันเล็กน้อยก็就不用คำนวณหา t หาแต่มุม LHA ก็พอแล้ว ส่วนการหาสูงคำนวณ (Hc) และแอสิมัทธิจ (zn) ก็ให้เปลี่ยนมาใช้ในการคำนวณตามแบบมาตรา H.O. 229 แทน ดังตัวอย่างที่กล่าวในบทนี้ โดยไม่ใช้คำนวณตามมาตรา H.O. 214

11°, 349° L.H.A.

LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

N. Lat. { L.H.A. greater than 180° Z=Z
L.H.A. less than 180° Z=360°-Z

Dec.	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	Dec.
0	58 13.4 569 158.8	57 17.4 571 159.3	56 21.2 573 159.9	55 24.8 575 160.4	54 28.2 576 160.8	53 31.4 579 161.3	52 34.5 580 161.7	51 37.5 581 162.1	0
1	59 10.3 567 158.1	58 14.5 570 158.7	57 18.5 572 159.3	56 22.3 574 159.8	55 25.8 576 160.4	54 29.3 577 160.8	53 32.5 579 161.3	52 35.6 580 161.7	1
2	60 07.0 565 157.5	59 11.5 567 158.1	58 15.7 569 158.7	57 19.6 570 159.3	56 23.4 572 159.8	55 27.0 573 160.4	54 30.4 578 160.8	53 33.6 580 161.3	2
3	61 03.5 563 156.8	60 08.2 566 157.5	59 12.7 568 158.1	58 16.9 570 158.8	57 20.8 573 159.3	56 24.6 575 159.9	55 28.2 577 160.4	54 31.6 578 160.8	3
4	61 59.8 561 156.1	61 04.8 564 156.8	60 09.5 566 157.5	59 13.9 569 158.2	58 18.1 572 158.8	57 22.1 573 159.3	56 25.9 575 159.9	55 29.4 578 160.4	4
5	62 55.8 559 155.3	62 01.2 561 156.1	61 06.1 563 156.8	60 10.8 567 157.5	59 15.3 569 158.2	58 19.4 573 158.8	57 23.4 574 159.3	56 27.2 576 159.9	5
6	63 51.6 557 154.5	62 57.3 558 155.3	62 02.6 562 156.1	61 07.5 566 156.9	60 12.2 568 157.5	59 16.7 570 158.2	58 20.8 573 158.8	57 24.8 575 159.4	6
7	64 47.1 555 153.6	63 53.1 556 154.5	62 58.8 559 155.4	62 04.1 562 156.2	61 09.0 566 156.9	60 13.7 568 157.6	59 18.1 571 158.2	58 22.3 573 158.8	7
8	65 42.2 548 152.7	64 48.7 552 153.6	63 54.7 556 154.6	63 00.3 560 155.4	62 05.6 563 156.2	61 10.5 567 156.9	60 15.2 569 157.6	59 19.6 572 158.3	8
9	66 37.0 543 151.7	65 43.9 548 152.7	64 50.3 553 153.7	63 56.3 558 154.6	63 01.9 561 155.4	62 07.2 564 156.2	61 12.7 568 157.0	60 16.8 570 157.7	9
10	67 31.3 539 150.6	66 38.7 545 151.7	65 45.6 550 152.8	64 52.1 554 153.7	63 58.0 559 154.6	63 03.6 562 155.5	62 08.9 565 156.3	61 13.8 568 157.0	10
11	68 25.2 533 149.4	67 33.2 540 150.6	66 40.6 546 151.8	65 47.5 550 152.8	64 53.9 555 153.8	63 59.8 559 154.7	63 05.4 563 155.6	62 10.6 568 156.3	11
12	69 18.5 527 148.1	68 27.7 534 149.5	67 35.2 540 150.7	66 42.2 547 151.8	65 49.4 551 152.9	64 55.7 557 153.9	64 01.7 560 154.8	63 07.2 564 155.6	12
13	70 11.2 520 146.7	69 20.6 529 148.2	68 29.2 536 149.5	67 37.2 542 150.8	66 44.5 548 151.9	65 51.4 557 153.0	64 57.7 557 153.9	64 03.6 563 154.8	13
14	71 03.2 513 145.2	70 13.5 521 146.8	69 22.8 530 148.3	68 31.4 547 149.6	67 39.3 549 150.9	66 46.6 554 152.0	65 53.4 554 153.3	64 59.7 558 154.0	14
15	71 54.5 503 143.6	71 05.6 514 145.3	70 15.8 523 146.9	69 25.1 533 148.4	68 33.6 549 149.7	67 41.5 545 151.0	66 48.8 550 152.1	65 55.5 555 153.1	15
16	72 44.8 493 141.8	71 57.0 504 143.7	71 08.1 516 145.4	70 18.2 525 147.0	69 27.5 532 148.5	68 36.0 549 149.8	67 43.8 545 151.1	66 51.0 556 153.2	16
17	73 34.1 480 139.8	72 47.5 495 141.9	71 59.7 506 143.8	71 10.7 517 145.6	70 20.7 524 147.1	69 29.9 534 148.6	68 38.3 541 149.9	67 46.1 547 151.7	17
18	74 22.1 467 137.7	73 35.0 482 140.0	72 50.3 497 142.0	72 02.4 508 143.9	71 13.3 519 145.7	70 23.3 528 147.3	69 32.4 536 148.7	68 40.8 541 150.1	18
19	75 08.8 450 135.3	74 25.2 469 137.8	73 40.0 484 140.1	72 53.2 498 142.2	72 05.2 501 144.1	71 16.1 520 145.8	70 26.0 528 147.4	69 35.0 543 148.9	19
20	75 53.8 431 132.6	75 12.1 452 135.4	74 28.4 471 137.9	73 43.0 487 140.2	72 56.2 500 142.3	72 08.1 512 144.2	71 18.9 524 146.2	70 28.7 523 147.5	20
21	76 36.9 408 129.7	75 57.3 432 132.8	75 15.5 454 135.6	74 31.7 475 138.1	73 46.2 489 140.4	72 59.3 502 142.5	72 11.1 514 144.4	71 21.6 524 146.1	21
22	77 17.7 387 126.4	76 40.6 411 129.8	76 00.9 434 132.9	75 19.0 473 135.7	74 35.1 475 138.3	73 49.5 491 140.6	73 02.5 504 142.7	72 14.2 524 146.6	22
23	77 55.9 357 122.9	77 21.7 385 126.6	76 44.5 414 130.0	76 04.7 438 133.1	75 22.6 459 135.9	74 38.6 477 138.5	73 52.9 497 140.8	73 05.7 506 147.8	23
24	78 31.1 316 118.9	78 00.2 354 123.0	77 25.9 387 126.8	76 48.5 416 130.2	76 08.5 441 133.3	75 26.3 462 136.1	74 42.1 480 138.7	73 56.3 495 140.9	24
25	79 02.7 275 114.5	78 35.6 319 119.0	78 04.6 357 123.2	77 30.1 390 127.0	76 52.6 419 130.4	76 12.5 443 133.5	75 30.1 464 136.3	74 45.8 482 138.9	25
26	79 30.2 228 109.7	79 07.5 277 114.6	78 40.3 322 119.2	78 09.1 360 123.4	77 34.5 393 127.2	76 56.8 422 130.6	76 16.5 466 133.7	75 34.0 467 136.5	26
27	79 53.0 177 104.6	79 35.2 232 109.8	79 12.5 280 114.8	78 45.1 325 119.4	78 13.8 362 123.5	77 39.0 396 127.4	77 01.1 425 130.8	76 20.7 449 133.9	27
28	80 10.7 120 99.0	79 58.4 181 104.6	79 40.5 234 110.0	79 17.6 283 114.9	78 50.1 327 119.5	78 18.6 366 123.7	77 43.6 399 127.6	77 05.6 427 131.0	28
29	80 22.7 56 93.2	80 16.2 122 99.1	80 03.9 181 104.7	79 45.9 236 110.1	79 22.8 287 115.1	78 55.2 330 119.7	78 23.5 369 124.0	77 48.3 402 127.8	29
30	80 28.6 02 87.2	80 28.4 01 93.2	80 22.0 123 99.1	80 09.5 186 104.8	79 51.5 239 110.2	79 28.2 290 115.3	79 00.4 334 119.9	78 28.5 372 124.2	30
31	80 28.4 04 81.2	80 34.5 02 87.2	80 34.3 02 93.2	80 27.9 125 99.1	80 15.4 185 104.9	79 57.2 241 110.4	79 33.8 285 115.5	79 05.7 337 120.2	31
32	80 22.0 124 75.2	80 34.3 04 81.1	80 40.5 01 87.1	80 40.4 02 93.2	80 33.9 127 99.2	80 21.3 189 105.0	80 03.0 245 110.5	79 39.4 296 115.7	32
33	80 09.5 180 69.4	80 27.9 125 75.0	80 40.4 05 80.9	80 46.7 01 87.0	80 46.6 05 93.2	80 24.2 190 105.1	80 09.0 247 110.7	80 09.0 247 110.7	33
34	79 51.5 232 63.9	80 15.4 182 69.2	80 33.9 126 74.8	80 46.6 06 80.8	80 53.1 00 86.9	80 53.1 05 93.2	80 46.6 07 80.8	80 33.7 194 105.3	34
35	79 28.2 278 58.8	79 57.2 234 63.6	80 21.3 183 68.9	80 40.2 127 74.6	80 53.1 06 86.8	80 59.6 00 86.8	80 59.6 07 83.2	80 53.1 133 99.4	35
36	79 00.4 319 54.0	79 33.8 281 58.4	80 03.0 224 63.3	80 27.5 185 68.6	80 46.5 128 74.4	80 59.6 05 80.4	81 06.3 02 86.8	81 06.4 03 93.2	36
37	78 28.5 354 49.7	79 05.7 320 53.7	79 39.4 287 58.1	80 09.0 236 63.0	80 33.7 186 68.3	81 03.1 129 74.1	81 06.4 08 80.3	81 13.2 06 86.7	37
38	77 53.1 384 45.8	78 33.7 357 49.3	79 11.2 323 53.3	79 45.2 284 57.7	80 15.1 240 62.6	81 02.2 188 68.0	80 59.8 130 73.9	81 03.6 08 80.1	38
39	77 14.7 416 42.2	77 58.0 366 45.3	78 38.9 358 48.9	79 16.8 326 52.9	79 51.1 268 57.3	80 21.4 242 62.3	80 46.8 136 67.7	81 06.6 13 73.7	39
40	76 33.7 433 39.0	77 19.4 417 41.8	78 03.1 389 44.9	78 44.2 360 48.5	79 22.5 328 52.4	79 57.2 289 56.9	80 27.8 244 61.9	80 53.5 192 67.4	40
41	75 50.4 451 36.1	76 38.2 435 38.5	77 24.2 415 41.3	78 08.2 391 44.5	78 49.7 363 48.0	79 28.3 331 52.0	80 03.4 292 56.5	80 34.3 247 61.5	41
42	75 05.3 468 33.4	75 54.7 433 35.6	76 42.7 438 38.1	77 29.1 417 40.9	78 13.4 394 44.0	78 55.2 366 47.6	79 34.2 333 51.6	80 09.6 294 56.1	42
43	74 18.5 481 31.1	75 09.4 469 33.0	75 59.1 455 35.2	76 47.4 439 37.6	77 34.0 419 40.4	78 18.6 396 43.5	79 00.9 369 47.1	79 40.2 336 51.1	43
44	73 30.4 494 28.9	74 22.5 484 30.6	75 13.6 472 32.6	76 03.5 457 34.7	76 52.1 441 37.2	77 39.0 421 39.9	78 24.0 399 43.0	79 06.6 372 46.6	44
45	72 41.0 504 27.2	73 34.1 495 28.5	74 26.4 485 30.2	75 15.6 473 32.1	76 08.0 459 34.3	76 56.9 443 36.7	77 44.1 424 39.4	78 29.5 401 42.5	45
46	71 50.6 513 25.2	72 44.6 505 26.5	73 37.9 497 28.1	74 30.5 487 29.8	75 22.1 476 31.6	76 12.6 462 33.8	77 01.7 446 36.2	77 49.3 427 38.9	46
47	70 59.3 521 23.5	71 54.4 515 24.8	72 48.2 507 26.1	73 41.8 499 27.6	74 34.5 488 29.3	75 26.4 478 31.2	76 17.1 464 33.7	77 06.6 448 35.7	47
48	70 07.2 527 21.7	71 02.6 522 23.1	71 57.5 515 24.3	72 51.9 508 25.7	73 45.7 501 27.2	74 38.6 490 28.8	75 30.7 479 30.7	76 21.8 467 32.8	48
49	69 14.5 534 20.7	70 10.4 529 21.7	71 06.0 524 22.7	72 01.1 518 23.9	72 55.6 510 25.2	73 49.6 502 26.7	74 42.8 493 28.3	75 25.1 481 30.2	49
50	68 21.1 539 19.4	69 17.5 535 20.3	70 13.6 530 21.3	71 09.3 524 22.3	72 04.6 519 23.5	72 59.4 512 24.8	73 53.5 504 26.2	74 47.0 495 27.9	50
51	67 27.2 544 18.3	68 24.0 540 19.0	69 20.6 536 19.9	70 16.9 532 20.8	71 17.7 526 21.9	72 08.2 520 23.0	73 03.1 512 24.3	73 57.5 506 25.8	51
52	66 32.8 548 17.2	67 30.0 544 17.9	68 27.0 541 18.7	69 23.7 537 19.5	70 20.1 532 20.4	71 16.2 528 21.5	72 11.8 522 22.6	73 06.9 515 23.9	52
53	65 38.0 551 16.2	66 35.6 549 16.8	67 32.9 546 17.5	68 30.0 542 18.3	69 26.9 539 19.1	70 23.4 534 20.0	71 19.6 529 21.0	72 15.4 524 22.1	53
54	64 42.9 555 15.2	65 40.7 552 15.8	66 38.3 549 16.4	67 35.8 547 17.1	68 33.0 543 17.9	69 30.0 540 18.7	70 26.7 535 19.6	71 23.0 530 20.6	54
55	63 47.4 558 14.3	64 45.5 556 14.9	65 43.4 554 15.4	66 41.1 550 16.1	67 38.7 548 16.7	68 36.0 544 17.5	69 33.2 541 18.3	70 30.0 537 19.1	55
56	62 51.6 560 13.5	63 49.9 559 14.0	64 48.0 556 14.5	65 46.1 555 15.1	66 43.9 552 15.7	67 41.6 549 16.3	68 39.1 546 17.0	69 36.3 542 17.8	56
57	61 55.6 563 12.8	62 54.0 561 13.2	63 52.4 559 13.7	64 50.6 557 14.2	65 48.7 555 14.7	66 46.7 553 15.3	67 44.5 550 15.9	68 42.1 547 16.6	57
58	60 59.3 566 12.0	61 57.9 564 12.4	62 56.5 563 12.8	63 54.9 560 13.3	64 52.2 558 13.8	65 51.4 556 14.3	66 49.5 554 14.9	67 47.4 551 15.5	58
59	60 02.7 567 11.4	61 01.5 565 11.7	62 00.2 564 12.1	62 58.9 563 12.5	63 57.4 561 12.9	64 55.8 559 13.4	65 54.1 557 13.9	66 52.3 555 14.5	59
60	59 06.0 569 10.7	60 05.0 568 11.0	61 03.8 566 11.4	62 02.6 565 11.8	63 01.3 564 12.1	63 59.9 562 12.6	64 58.4 560 13.0	65 56.8 558 13.5	60
61	58 09.1 570 10.1	59 08.2 570 10.4	60 07.2 569 10.7	61 06.1 567 11.0	62 04.9 565 11.4	63 03.7 564 11.8	64 02.4 563 12.2	65 01.1 561 12.7	61
62	57 12.1 572 9.5	58 11.2 571 9.8	59 10.3 570 10.1	60 09.4 569 10.4	61 08.4 568 10.7	62 07.3 567 11.0	63 06.1 565 11.4	64 04.9 564 11.8	62
63	56 14.9 574 9.0	57 14.1 573 9							

LATITUDE CONTRARY NAME TO DECLINATION

L.H.A. 11° 349°

[illegible]

t tot.	LHA greater than 180°	Zn = 180° - 2
	LHA less than 90°	Zn = 180° + 2

LATITUDE SAME NAME AS DECLINATION

LWA 149° 10'

INTERPOLATION TABLE

Dec. Inc.	Altitude Difference (d)										Double Second Diff. and Corr.	Dec. Inc.	Altitude Difference (d)										Double Second Diff. and Corr.								
	Tens					Decimals							Tens					Decimals													
	10'	20'	30'	40'	50'	0'	1'	2'	3'	4'			5'	6'	7'	8'	9'	10'	20'	30'	40'	50'		0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
440	73	146	220	293	366	0	0007	1522	3037	4452	5967		520	86	173	260	346	433	0	0009	1726	3544	5261	7079		19	01	02	03	04	05
441	73	147	220	294	367	1	0108	1623	3038	4553	6067		521	87	173	260	347	434	1	0110	1827	3645	5362	7180		20	01	02	03	04	05
442	73	147	221	294	368	2	0209	1624	3139	4653	6168		522	87	174	261	348	435	2	0210	1928	3745	5463	7280		21	01	02	03	04	05
443	74	148	221	295	369	3	0310	1724	3239	4754	6269		523	87	174	261	349	436	3	0311	2029	3846	5564	7381		22	01	02	03	04	05
444	74	148	222	296	370	4	0411	1825	3340	4855	6370		524	87	175	262	349	437	4	0412	2130	3947	5665	7482		23	01	02	03	04	05
445	74	148	223	297	371	5	0512	1926	3441	4956	6371		525	88	175	263	350	438	5	0513	2231	4048	5766	7583		24	01	02	03	04	05
446	74	149	223	297	372	6	0613	2027	3542	5057	6472		526	88	175	263	351	438	6	0614	2332	4149	5867	7684		25	01	02	03	04	05
447	75	149	224	298	373	7	0714	2128	3643	5158	6573		527	88	176	264	352	439	7	0715	2433	4250	5968	7785		26	01	02	03	04	05
448	75	150	224	299	374	8	0815	2229	3744	5259	6674		528	88	176	264	352	440	8	0816	2534	4351	6069	7886		27	01	02	03	04	05
449	75	150	225	300	375	9	0916	2330	3845	5360	6775		529	89	177	265	353	441	9	0917	2635	4452	6170	7987		28	01	02	03	04	05
450	75	150	225	300	375	0	0008	1523	3038	4553	6168		530	88	176	265	353	441	0	0009	1827	3645	5362	7180		29	01	02	03	04	05
451	75	150	225	300	376	1	0108	1624	3139	4654	6169		531	88	177	265	354	442	1	0110	1928	3746	5463	7281		30	01	02	03	04	05
452	75	150	226	301	376	2	0209	1724	3239	4755	6270		532	88	177	266	354	443	2	0211	2029	3847	5564	7382		31	01	02	03	04	05
453	75	151	226	302	377	3	0310	1825	3340	4855	6371		533	89	178	266	355	444	3	0312	2130	3948	5665	7483		32	01	02	03	04	05
454	76	151	227	303	378	4	0411	1926	3441	4956	6472		534	89	178	267	356	445	4	0413	2231	4049	5766	7584		33	01	02	03	04	05
455	76	152	228	303	379	5	0512	2027	3542	5057	6573		535	89	178	268	357	446	5	0514	2332	4150	5867	7685		34	01	02	03	04	05
456	76	152	228	304	380	6	0613	2128	3643	5158	6674		536	89	179	268	357	447	6	0615	2433	4251	5968	7786		35	01	02	03	04	05
457	76	153	229	305	381	7	0714	2229	3744	5259	6775		537	90	180	269	358	448	7	0716	2534	4352	6069	7887		36	01	02	03	04	05
458	77	153	229	306	382	8	0815	2330	3845	5360	6876		538	90	180	269	359	449	8	0817	2635	4453	6170	7988		37	01	02	03	04	05
459	77	153	230	306	383	9	0916	2431	3946	5461	6977		539	90	180	270	360	450	9	0918	2736	4554	6271	8089		38	01	02	03	04	05
460	76	153	230	306	383	0	0008	1523	3038	4553	6270		540	90	180	270	360	450	0	0009	1827	3645	5464	7382		39	01	02	03	04	05
461	77	153	230	307	384	1	0109	1624	3139	4654	6371		541	90	180	270	360	451	1	0110	1928	3746	5564	7483		40	01	02	03	04	05
462	77	154	231	308	385	2	0209	1725	3240	4755	6472		542	90	180	271	361	451	2	0211	2029	3847	5665	7584		41	01	02	03	04	05
463	77	154	231	308	385	3	0310	1826	3341	4856	6573		543	90	181	271	362	452	3	0312	2130	3948	5766	7685		42	01	02	03	04	05
464	77	155	232	309	387	4	0411	1927	3442	4957	6674		544	91	181	272	363	453	4	0413	2231	4049	5867	7786		43	01	02	03	04	05
465	78	155	233	310	388	5	0512	2028	3543	5058	6775		545	91	182	273	363	454	5	0514	2332	4150	5968	7887		44	01	02	03	04	05
466	78	155	233	310	388	6	0613	2129	3644	5159	6876		546	91	182	273	364	455	6	0615	2433	4251	6069	7988		45	01	02	03	04	05
467	78	156	234	312	389	7	0714	2230	3745	5260	6977		547	91	183	274	365	456	7	0716	2534	4352	6170	8089		46	01	02	03	04	05
468	78	156	234	312	390	8	0815	2331	3846	5361	7078		548	92	183	274	366	457	8	0817	2635	4453	6271	8190		47	01	02	03	04	05
469	78	157	235	313	391	9	0916	2432	3947	5462	7179		549	92	183	275	366	458	9	0918	2736	4554	6372	8291		48	01	02	03	04	05
470	78	156	235	313	391	0	0008	1624	3240	4755	6371		550	91	183	275	366	458	0	0009	1827	3746	5565	7583		49	01	02	03	04	05
471	78	157	236	314	392	1	0109	1725	3341	4856	6472		551	92	183	275	367	459	1	0110	1928	3847	5666	7684		50	01	02	03	04	05
472	78	157	236	314	393	2	0209	1826	3442	4957	6573		552	92	184	276	368	460	2	0211	2029	3948	5767	7785		51	01	02	03	04	05
473	79	158	236	315	394	3	0310	1927	3543	5058	6674		553	92	184	276	369	461	3	0312	2130	4049	5868	7886		52	01	02	03	04	05
474	79	158	237	316	395	4	0411	2028	3644	5159	6775		554	92	185	277	369	462	4	0413	2231	4150	5969	7987		53	01	02	03	04	05
475	79	158	238	317	396	5	0512	2129	3745	5260	6876		555	93	185	278	370	463	5	0514	2332	4251	6069	8088		54	01	02	03	04	05
476	79	159	238	317	397	6	0613	2230	3846	5361	6977		556	93	185	278	371	464	6	0615	2433	4352	6170	8189		55	01	02	03	04	05
477	80	159	239	318	398	7	0714	2331	3947	5462	7078		557	93	186	279	372	465	7	0716	2534	4453	6271	8290		56	01	02	03	04	05
478	80	160	239	318	398	8	0815	2432	4048	5563	7179		558	93	186	279	372	465	8	0817	2635	4554	6372	8391		57	01	02	03	04	05
479	80	160	240	320	400	9	0916	2533	4149	5664	7280		559	94	187	280	373	466	9	0918	2736	4655	6473	8492		58	01	02	03	04	05
480	80	160	240	320	400	0	0008	1624	3240	4755	6371		560	93	186	280	373	466	0	0009	1827	3847	5666	7785		59	01	02	03	04	05
481	80	160	240	320	401	1	0109	1725	3341	4856	6472		561	93	187	280	374	467	1	0110	1928	3948	5767	7886		6					

พิมพ์เมื่อ พ.ศ. ๒๕๔๒

พิมพ์ที่ : หจก. อรุณการพิมพ์

457/6-7, 580-584 ถ.พระสุเมรุ พระนคร กทม. 10200 โทร. 2816533

99/2 ซ.พระสุลี ถ.ดินสอ พระนคร กทม. 10200 โทร. 2826033-34 โทรสาร 2826025

รายการแจกจ่าย

นขต.ทร. หน่วยละ ๑ เล่ม	๓๕ เล่ม
คณะกรรมการพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร.	๒ เล่ม
คณะทำงานพิจารณาและจัดทำเอกสารอ้างอิงของ ทร. ด้านการศึกษาขั้นพื้นฐาน	๒ เล่ม
สำรอง	๖๑ เล่ม
รวม	๑๐๐ เล่ม