ประวัติของเครื่องวัดแดด

น.อ.จรินทร์ บุญเหมาะ
ผู้อำนวยการกองวิชาการเรือและเดินเรือ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

หน้าที่สำคัญของนักเดินเรือ

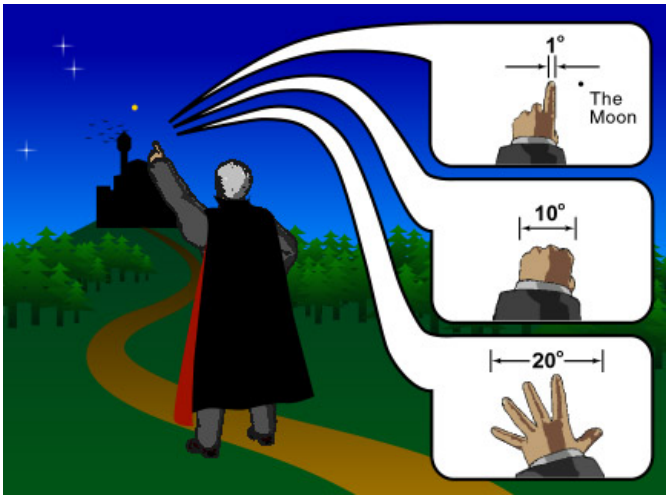
เมื่อเรือเดินเข้าใกล้ชายฝั่งบริเวณที่มีหินโสโครก หรือที่อันตราย ความปลอดภัยของเรือและลูกเรือขึ้นอยู่กับการหาที่เรือที่แน่นอนอย่างรวดเร็วและแม่นยำ เป็นหน้าที่ของนักเดินเรือในการหาคำตอบดังกล่าวด้วยการใช้หลักการของการเดินเรือนำร่องในการหาที่เรือที่แน่นอนจากที่หมายวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่บนฝั่ง แต่เมื่อเรืออยู่ในทะเลลึกจนไม่เห็นฝั่งนั้น ไม่อาจจะหาที่เรือที่แน่นอนด้วยที่หมายบนแผ่นดินได้ จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุท้องฟ้ามาใช้เป็นที่หมายสำหรับการหาตำบลที่แน่นอนของเรือในทะเล ด้วยการวัดสูงของวัตถุดังกล่าวแล้วนำมาคำนวณด้วยกรรมวิธีทางคณิตศาสตร์ออกมาเป็นที่เรือที่แน่นอนต่อไป

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเดินเรือดาราศาสตร์

การหาตำบลที่บนผิวโลกด้วยการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้า จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย คือ (๑) ***ปฏิทินเดินเรือ*** (Nautical Almanac) จัดทำขึ้นโดยนักดาราศาสตร์ ซึ่งทำนายตำบลที่ที่แม่นยำของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ เช่น ดวงอาทิตย์ ดาวพระเคราะห์ และดาวฤกษ์ที่คัดสรร โดยให้ข้อมูลเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี ตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้สัมพัทธ์กับตำบลที่หอตรวจดาวซึ่งจัดพิมพ์ปฏิทินดังกล่าว เช่น หอตรวจดาวเมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ เป็นต้น (๒) ***นาฬิกาโครโนเมตร*** (Chronometer) หรือเครื่องบอกเวลาชนิดอื่น เพื่อบอกเวลาของหอตรวจดาวในชั่วขณะที่ทำการวัดสูง (๓) ***เครื่องวัดแดด*** (Sextant) สำหรับวัดสูงวัตถุท้องฟ้าโดยใช้ขอบฟ้าเป็นเส้นอ้างอิง นักเดินเรือใช้ดาวฤกษ์ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวพระเคราะห์ในการเดินเรือได้อย่างไร (๔) ***แผนที่เดินเรือ*** (Nautical Chart) จัดสร้างโดยนักแผนที่วิทยาที่ต้องละเอียดถูกต้อง ให้ใช้สำหรับพล็อตตำบลที่ซึ่งคำนวณได้เพื่อหาค่าละติจูดและลองจิจูดออกมา หรือมิฉะนั้นก็พล็อตลงบนแผ่นพล็อตที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ เมื่อได้ตำบลที่เรือที่แน่นอนก็จะทราบว่าเรือจะมีอันตรายจากโขดหิน ที่ตื้น หรือที่อันตรายต่าง ๆ หรือไม่

นักเดินเรือต้องการวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่รวดเร็วและง่ายสำหรับนำมาใช้คำนวณข้อมูลที่ได้จากการวัดสูงออกมาเป็นตำบลที่เรือลงแผนที่ในที่สุด เป็นเวลากว่า ๒,๐๐๐ ปีมาแล้วที่นักเดินเรือมีการใช้ค่าละติจูดซึ่งวัดออกจากเส้นศูนย์สูตรไปทางเหนือหรือใต้ โดยขั้วโลกเหนือมีค่าละติจูด ๙๐ องศา ซึ่งดาวเหนืออยู่ที่ตำแหน่งตรงศีรษะและมีค่ามุมสูงจากขอบฟ้า ๙๐ องศา ส่วนที่เส้นศูนย์สูตรซึ่งมีค่าละติจูด ๐ องศา ดาวเหนือปรากฏอยู่ที่ขอบฟ้าพอดี มุมสูงของดาวเหนือซึ่งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับขั้วโลกเหนือเมื่อวัดจากขอบฟ้า จึงมีค่าสมนัยกับละติจูดของตำบลที่นั้น ๆ ถ้ามองออกไปในท้องฟ้าซีกโลกเหนือในตอนกลางคืนแล้ววัดสูงดาวเหนือจากขอบฟ้า มุมสูงที่ได้คือละติจูดโดยใกล้เคียงของผู้ตรวจนั่นเอง

ในสมัยโบราณเมื่อนักเดินเรือต้องวางแผนออกเดินทางในทะเลไกลจนไม่เห็นขอบฝั่ง ก่อนออกเดินทางจะวัดสูงดาวเหนือและบันทึกค่ามุมไว้ เมื่อเดินทางกลับจะเปลี่ยนเข็มไปทางตะวันออกหรือตะวันตกตามขอบวงขนานละติจูด รักษามุมสูงของดาวเหนือให้คงที่ตลอดเส้นทางจนกลับมาถึงเมืองท่าเดิม นักเดินเรือชาวอาหรับต่างก็รู้เทคนิคที่ว่านี้ ในยุคต้น ๆ นักเดินเรือใช้ความกว้างของนิ้วมือเพียงหนึ่งหรือสองนิ้ว หรือความกว้างระหว่างหัวแม่มือและนิ้วก้อยที่กางออก เหยียดแขนตรงไปยังวัตถุท้องฟ้า และวัดมุมสูงของดาวเหนือโดยเทียบกับขอบฟ้า



ในสมัยต่อมาชาวอาหรับประดิษฐ์เครื่องมือวัดมุมแบบง่าย ๆ ที่เรียกว่า ***คามาล*** (Kamal) สำหรับใช้วัดสูงดาว เครื่องมือประกอบด้วยแผ่นไม้ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเชือกร้อยผ่านกลางแผ่น ขมวดปมระยะเท่า ๆ กัน ก่อนออกเดินทางนักเดินเรือจะวัดสูงด้วยการขบเชือกไว้ที่ฟัน ถือแผ่นไม้เหยียดแขนเล็งไปที่ดาวเหนือให้ขอบบนแตะดาวเหนือขอบล่างแตะขอบฟ้าโดยปรับแต่งความยาวเชือกที่เหมาะสมและนับจำนวนปมไว้ ในการเดินทางกลับเมืองท่าเดิม นักเดินเรือจะแล่นเรือไปทางเหนือหรือใต้เพื่อวัดความสูงให้ได้จำนวนปมเชือกเท่ากับตอนออกเดินทาง นักเดินเรือแบ่งปมออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน

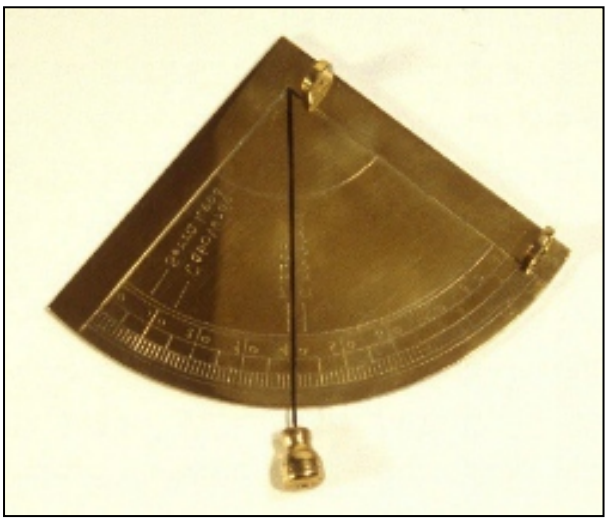
แต่ละช่วงมีหน่วยหนึ่ง ***อิสซาบาห์*** (Issabah) ในภาษาอาหรับหมายถึงนิ้วมือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ๑ องศา ๓๖ ลิปดา หรือความกว้างของหนึ่งนิ้วมือ นักเดินเรืออาหรับยังได้เขียนหนังสือนำร่องบันทึกไว้ว่าเมืองท่าแต่ละแห่งมีจำนวนกี่ปมเชือกเมื่อวัดสูงดาวเหนือ และคิดออกเป็นค่าความสูงได้เท่าใด เครื่องมือดังกล่าวนี้เองที่ได้วิวัฒนาการต่อมาจนกลายเป็นเครื่องวัดแดดในยุคปัจจุบัน ตลอดยุคโบราณทั้งกรีกและอาหรับต่างได้พัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์เพิ่มมากขึ้นอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอรวมทั้งทางด้านโหราศาสตร์ด้วยเช่นกัน ราวพันปีมาแล้วประมาณคริสต์ศตวรรษที่ ๑๐ ชาวอาหรับได้นำเอา

เครื่องมือทางดาราศาสตร์ที่สำคัญยิ่ง ๒ ชนิด มาสู่ชาวยุโรป คือ ***ควอแดรนท์*** (Quadrant) และ ***แอสโตรแลบ*** (Astrolabe)

แอสโตรแลบของนักดาราศาสตร์

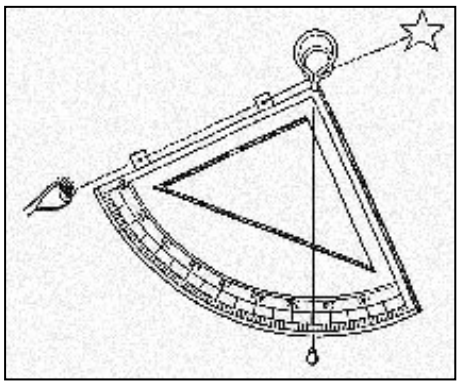
แอสโตรแลบของนักดาราศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นโดยนักดาราศาสตร์อาหรับชื่อ Hajji Ali แห่ง Kerbala เมื่อราวปี พ.ศ.๒๓๓๓ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๓ ๑/๒ นิ้วฟุต ใช้เป็นเครื่องคำนวณหาเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นและตก ความสูงดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์บางดวง และสำคัญที่สุดคือใช้หาทิศทางของเมืองเมกกะสำหรับการทำละหมาดในตอนเช้าและเย็น คำว่า Astrolabe นั้น “Astro” หมายถึง “ดาว” และ “labe” แปลอย่างใกล้เคียงหมายถึง “เอา” หรือ “หา” เครื่องมือที่ละเอียด สวยงามและซับซ้อนชิ้นนี้ เปรียบดังบรรพบุรุษของอุปกรณ์การเดินเรือที่มีส่วนประกอบง่าย ๆ และน้อยชิ้นกว่าคือ ***ควอแดรนท์*** และ ***แอสโตรแลบ*** สำหรับนักเดินเรือ ควอแดรนท์ของนักเดินเรือทำจากแผ่นไม้หรือทองเหลืองที่มีรูปร่างเป็นเสี้ยวขนาด ๑/๔ ของวงกลม ซึ่งนำมาใช้ในการเดินเรืออย่างกว้างขวางในราวปี ค.ศ.๑๙๙๓ และย้อนหลังไปถึงปี ค.ศ.๑๗๔๓ เลยทีเดียว

ควอแดรนท์ของนักเดินเรือ

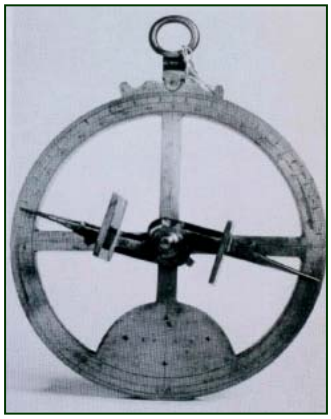


เครื่องมือชนิดนี้แบ่งขอบโค้งออกเป็น ๙๐ องศา แต่ละขีดช่องมีค่า ๑ องศาเต็ม ๆ มีสายดิ่งประกอบลูกดิ่งใช้เป็นแนวอ้างอิงสำหรับอ่านค่ามุม ในภาพเป็นจำลองเครื่องมือแบบเดียวกันกับที่คาดว่าโคลัมบัสใช้ในการเดินเรือเพื่อสำรวจหาโลกใหม่ เครื่องที่อยู่ในภาพนี้ได้จำหลักละติจูดของเมือง Lisbon, Cabo Verde และ Serra Leoa ซึ่งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรและโคลัมบัสได้แวะจอด

ควอแดรนท์เป็นเครื่องมือเดินเรือซึ่งนิยมใช้กันในหมู่นักเดินเรือสำรวจโปรตุเกส โคลัมบัส



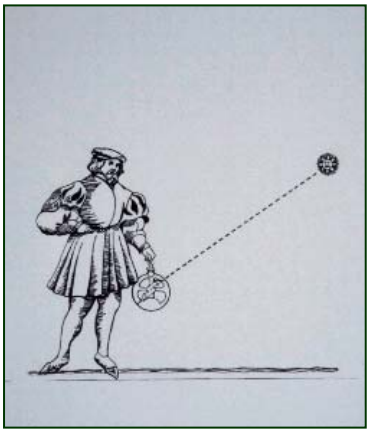
อาจจำหลักค่าสูงของดาวเหนือของเมืองท่าที่เข้าจอดลงบน ควอแดรนท์ ในทำนองเดียวกับที่นักเดินเรืออาหรับขมวดปม เชือกคามาล หนทางปฏิบัติอีกอย่างหนึ่งคือ อาจมีการบันทึก ความสูงของดาวเหนือลงเป็นตัวเลขไว้ในสมุดบันทึก ไม่ว่าจะ เป็นเมืองท่าใด ๆ ที่คาดว่าจะเดินทางกลับไปเยือนอีก ต่อมา ข้อมูลความสูงดาวเหนือของเมืองท่าต่าง ๆ ก็ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่ในหมู่นักเดินเรือ เพื่อใช้สำหรับการเดินเรือขึ้นล่องตาม ชายฝั่งยุโรปและแอฟริกา ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.๑๙๔๓ นักสำรวจโปรตุเกสได้เดินทางลงใต้ลัดเลาะตามชายฝั่งแอฟริกาเพื่อ เสาะหาเส้นทางสู่ตะวันออก แต่ยิ่งเดินทางเข้าใกล้เส้นศูนย์สูตรดาว เหนือก็ลดระดับต่ำลงเรื่อย ๆ กระทั่งหายไปจากขอบฟ้าในที่สุด การ เดินเรือในซีกโลกใต้จึงต้องใช้วิธีอื่นในการหาละติจูด ภายใต้โองการ ของเจ้าชายเฮนรี่ “นักเดินเรือ” ชาวโปรตุเกสในปี พ.ศ.๒๐๒๓ มอบหมายให้นักดาราศาสตร์ค้นคว้าหาวิธีการหาละติจูดโดยใช้การ โคจรของดวงอาทิตย์ ที่คล้อยไปทางเหนือหรือใต้จากเส้นศูนย์สูตรใน แต่ละฤดูกาล ซึ่งปัจจุบันเรียก *“ดิคลิเนชั่น”* (Declination) มาช่วยใน การคำนวณหาละติจูด โดยมีวิธีการคือ ใช้ควอแดรนท์วัดสูงดวงอาทิตย์ ขณะที่อยู่ในตำแหน่งสูงสุดบนท้องฟ้าในขณะ ***เที่ยงจริง*** (Local Apparent Noon - LAN) นำสูงที่วัดได้มาแก้ค่าตำบลที่ของดวงอาทิตย์ที่ คล้อยไปทางเหนือหรือใต้ในขณะนั้นมาแก้ก็จะได้ค่าละติจูดออกมา



ควอแดรนท์สำหรับการเดินเรือ นับเป็นประดิษฐกรรมที่ก้าวหน้า สำหรับการเดินเรือดาราศาสตร์ เช่นเดียวกับคามาลของชาวอาหรับ โดย สามารถให้ค่าวัดสูงของดาวเหนือและดวงอาทิตย์ออกมาเป็นองศาซึ่ง สัมพันธ์กับตำบลที่ภูมิศาสตร์คือละติจูดของผู้ตรวจ แต่เครื่องมือนี้มี ขีดจำกัดที่สำคัญคือเมื่อคลื่นลมแรงจนเรือโคลงเคลงไปมา เป็นการยากใน การที่จะรักษาตัวเครื่องให้อยู่ในระนาบเดียวกับวงสูงของวัตถุท้องฟ้าได้ และเป็นไปไม่ได้ที่จะห้ามมิให้ลมพัด และสายดิ่งไม่กวัดแกว่งไปมา

แอสโตรแลบของนักเดินเรือ

แอสโตรแลบที่เห็นในภาพสร้างขึ้นที่เมืองลิสบอนประเทศโปรตุเกสโดย J. de Goes ในปี พ.ศ.๒๑๕๑ ปัจจุบัน



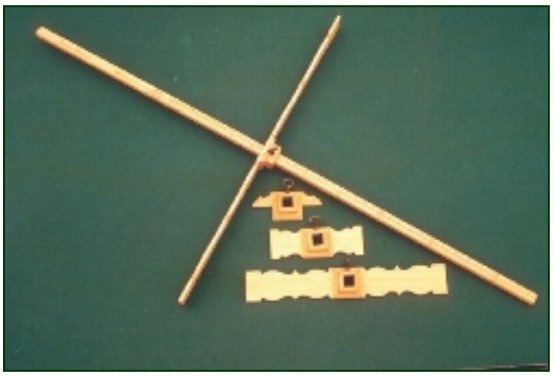
ตั้งแสดงอยู่ที่พิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์เมือง Florence ประเทศอิตาลี ในปัจจุบันแอสโตรแลบเดินเรือหาดูได้ยากและมีราคาสูงมาก ที่หลงเหลือมาจนถึงสมัยปัจจุบันมีจำนวนไม่ถึง ๑๐๐ เครื่อง ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพชำรุด โดยได้มาจากซากเรืออับปาง เครื่องมือนี้มีองค์ประกอบง่าย ๆ เป็นการดัดแปลงมาจากแอสโตรแลบของนักดาราศาสตร์ตะวันออกกลางซึ่งมีความซับซ้อนกว่ามาก

สเกลต่าง ๆ ที่ซับซ้อนไม่มีอยู่บนแอสโตรแลบเดินเรือ มีแต่เพียงสเกลแบบง่าย ๆ ขีดลงบนขอบโค้งวงกลมแบ่งเป็นองศา มีแขนประกอบศูนย์เล็งที่หมุนได้รอบจุดศูนย์กลาง เมื่อใช้งานให้ยกเครื่องแขวนลอยในระดับสายตาเล็งผ่านศูนย์เล็งหน้าหลังไปยังวัตถุท้องฟ้า อ่านค่ามุมสูงเป็นองศาที่ปลายแขน

สำหรับการวัดสูงดวงอาทิตย์ ผู้ตรวจต้องถือเครื่องให้แขวนห้อยเป็นอิสระและปรับแขนเล็งให้แสงอาทิตย์ผ่านศูนย์เล็งด้านบนมาตกลงพอดีที่ศูนย์เล็งด้านล่าง เครื่องมือชนิดนี้เป็นที่นิยมมากว่า ๒๐๐ ปีเนื่องจากมีความเชื่อถือได้สูง ใช้งานง่ายแม้ในสภาพที่มีคลื่นลมแรงเรือโคลงเคลงไปมา

ไม้กางเขน

เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในหมู่นักเดินเรือในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ นับเป็นอีกก้าวหนึ่งของวิวัฒนาการเครื่องมือเดินเรือดาราศาสตร์ ตัวเครื่องมีรูปร่างแบบ ***ไม้กางเขน*** (Cross – Staff) ที่น่าสนใจคือมีหลักการใช้งานเหมือนกับคามาล องค์ประกอบมี ๒ ส่วนคือไม้ท่อนยาวใช้เป็นรางเลื่อนท่อนสั้นมีรูตรงกลางใช้สวมเข้าไปในทางขวางและตั้งฉากกับท่อนยาว การวัดสูงให้เล็งไปตามแนวท่อนยาวไปยังวัตถุท้องฟ้า ปรับให้ด้านล่างท่อนสั้นแตะขอบฟ้าในขณะที่ด้านบนสัมผัสวัตถุท้องฟ้า จากนั้นอ่านมุมสูงที่สเกลซึ่งอยู่บนท่อนยาว นักคณิตศาสตร์ชาวเปอร์เซียชื่อ Avicenna เขียนเกี่ยวกับเครื่องมือนี้ไว้เมื่อราวคริสต์ศตวรรษที่ ๑๑ คาดว่าข้อมูลนี้น่าจะตกมาถึงยุโรปเมื่อครั้งที่ Levi ben Gerson ซึ่งทำงานที่โรงเรียนเดินเรือสเปนในเมือง Catalan ในปี ค.ศ.๑๘๘๕ ได้เขียนบทความเกี่ยวกับเครื่องมือเดินเรือที่เรียกว่า “Balestilla” โดยบรรยายว่าเป็นท่อนไม้สองท่อนประกอบกันที่เลื่อนไปมาได้



การใช้ไม้กางเขน

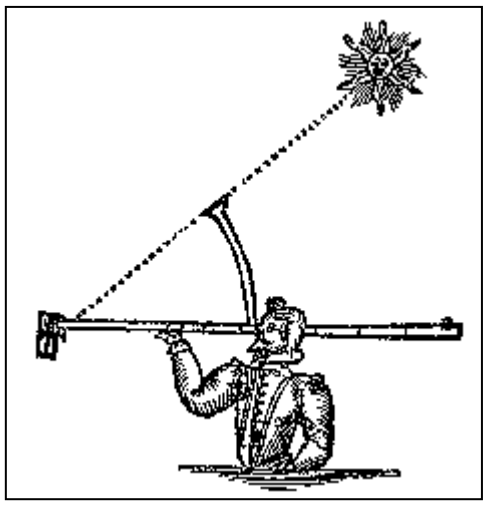
รูปดังกล่าวนี้คัดลอกมาจากตำราเดินเรือของสเปนซึ่งตีพิมพ์ขึ้นในปี พ.ศ.๒๐๙๕ แสดงให้เห็นการใช้ไม้กางเขนในการวัดสูงดาวเหนือ วิธีการที่เห็นนี้เรียกกันมาจนถึงปัจจุบันว่า ***การยิงดาว*** (Shooting the Star) เนื่องจากอากัปกริยาของการใช้เป็นการถือแล้วเล็งไปตามแนวท่อนยาวไปยังวัตถุท้องฟ้าด้วยมือข้างหนึ่ง มืออีกข้างหนึ่งขยับไม้ท่อนสั้นไปมามีลักษณะคล้ายการโก่งคันธนู ในยุคแรกเครื่องมือนี้มีเพียง ๒ ชิ้นคือท่อนยาวและสั้นอย่างละท่อน แต่เวลาต่อมาได้มีการปรับปรุงให้มีจำนวนท่อนสั้นมากกว่า ๑ ชิ้น

หลังปี พ.ศ.๒๑๙๓ ไม้กางเขนยุคใหม่มีไม้ท่อนสั้นถึง ๔ ชิ้นที่ความยาวแตกต่างกัน ท่อนสั้นแต่ละชิ้นสมนัยกับสเกลที่ด้านทั้ง ๔ ของท่อนยาว โดยแต่ละด้านของสเกลมีค่ามุมสูงสุดคือ ๙๐, ๖๐, ๓๐ และ ๑๐ องศาตามลำดับ ในทางปฏิบัติแล้วแต่ละครั้งที่วัดสูงจะใช้ไม้ท่อนสั้นเพียงอันเดียวเท่านั้น ปัญหาสำคัญของการใช้ไม้กางเขนคือ ผู้ตรวจต้องมองไปที่ขอบฟ้าและวัตถุท้องฟ้าในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นเรื่องทำได้ยากมากในขณะที่เรือโคลงเคลงไปมา

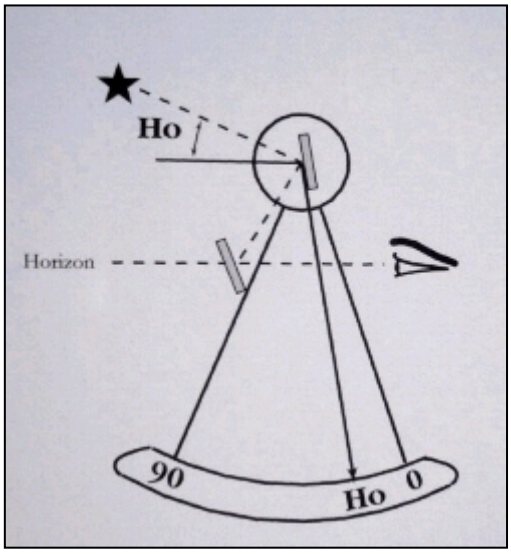
ควอแดรนท์แบบเดวิส (Davis Quadrant)

เครื่องมือชิ้นนี้ประดิษฐ์ขึ้นโดยช่างชาวอังกฤษชื่อ Walter Henshaw ในปี พ.ศ.๒๒๕๔ สร้างจากไม้พะยูงประกอบสเกลในแนวทแยงทำจากไม้แก้ว นิยมใช้กันมากที่สุดในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗ รู้จักกันในชื่อ ***ควอแดรนท์แบบเดวิส*** (Davis Quadrant) หรือ Back – staff กัปตัน John Davis ประดิษฐ์เครื่องมือนี้ขึ้นในช่วงระหว่างที่เขาเดินทางสำรวจเพื่อหาเส้นทางเดินเรือทางตะวันตกเฉียงเหนือ มีคำอธิบายไว้ในหนังสือชื่อ ***ความลับของชาวทะเล*** (Seaman's Secret) ซึ่งตีพิมพ์ในปี พ.ศ.๒๑๓๘ การที่เรียกเครื่องมือนี้ว่า ***ควอแดรนท์*** (Quadrant) เพราะสามารถใช้วัดมุมสูงได้ถึง ๙๐ องศาซึ่งเป็นจำนวน ๑/๔ ของวงกลมนั่นเอง

ผู้ตรวจเมื่อใช้งานจะหันหลังให้กับดวงอาทิตย์ เล็งเครื่องไปที่ขอบฟ้า และสังเกตดูเงาของดวงอาทิตย์ซึ่งตกลงที่ปลายไม้ ด้วยเหตุนี้จึงรู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า Back – staff เครื่องมือนี้แข็งแรง ทนทานราคาย่อมเยาและใช้งานได้ผลดี จนเป็นที่นิยมใช้กันกว่า ๑๕๐ ปี แม้หลังจากที่มีการประดิษฐ์เครื่องวัดแดดที่มีความซับซ้อนกว่าซึ่งใช้หลักการสะท้อนแสงบนกระจกขึ้นมาแล้วก็ตาม ข้อได้เปรียบสำคัญของควอแดรนท์แบบเดวิสที่เหนือกว่าไม้กางเขนคือ ผู้ตรวจมองไปในทิศทางเดียวเท่านั้นในขณะวัดสูง โดยมองผ่านช่องเล็ก ๆ ในแนวเล็งที่อยู่ระดับเดียวกับขอบฟ้า ซึ่งในชั่วขณะนี้ต้องปรับให้เงาดวงอาทิตย์ตกลงพอดีที่ช่องเล็งขอบฟ้า ปัญหาใหญ่ของเครื่องมือชนิดที่ต้องหันหลังให้กับวัตถุท้องฟ้าคือเป็นการยากมาก หรือเป็นไปไม่ได้เลยในการนำมาใช้วัดสูงดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ หรือดาวฤกษ์ ดังนั้นในช่วงปลายปี พ.ศ.๒๑๔๓ จึงมีการมุ่งคิดค้นประดิษฐ์เครื่องวัดมุมที่ประยุกต์ใช้ทัศนอุปกรณ์ที่มีกระจกเงาและปริซึมเป็นองค์ประกอบและนำมาใช้วัดสูงวัตถุท้องฟ้าในเวลากลางคืนได้



การพัฒนาที่เป็นจุดสำคัญได้เกิดขึ้นในห้วงเวลาเดียวกันโดยปราศจากการเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน คือผลงานการประดิษฐ์ของ John Hadley ในอังกฤษและ Thomas Godfrey ช่างตัดกระจกหน้าต่างที่เมือง Philadelphia ประเทศสหรัฐอเมริกา แนวคิดพื้นฐานคือการใช้กระจกเงา ๒ แผ่นทำให้เกิดการสะท้อนภาพสองครั้ง สิ่งประดิษฐ์นี้ถือเป็นบรรพบุรุษของเครื่องวัดแดด (Sextant) ยุคใหม่



โครงร่างของเครื่องวัดแดด

เครื่องมือชนิดนี้เมื่อใช้งานให้ถือในลักษณะวางตัวในแนวดิ่งเล็งไปที่วัตถุท้องฟ้า โดยมองไปที่ขอบฟ้าผ่านทาง ***กระจกขอบฟ้า*** (Horizontal Mirror) ด้านครึ่งซีกที่ไม่ได้ฉาบปรอทปรับ ***แขนดัชนี*** (Index Arm) จนกระทั่งภาพวัตถุท้องฟ้าที่สะท้อนมาจาก ***กระจกดัชนี*** (Index Mirror) มาปรากฏบนกระจกขอบฟ้าครึ่งซีกด้านฉาบปรอทโดยทาบอยู่ในแนวเดียวกันกับขอบฟ้า อ่านค่ามุมสูงที่วัดได้จากสเกลองศาบน ***ขอบโค้ง*** (Arc) ทางตอนล่างของ ***โครง*** (Frame) เครื่องวัดแดด

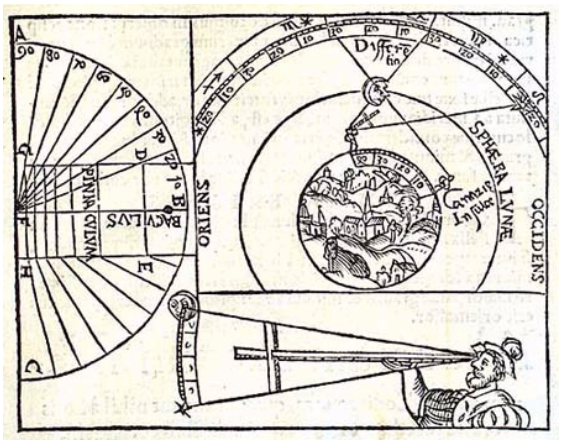
เครื่องวัดแดดเครื่องแรกของ Hadley เรียกชื่อว่า

Octant เนื่องจากขอบโค้งเท่ากับ ๑/๘ ของวงกลม เครื่องนี้ใช้หลักการสะท้อนภาพ ๒ ครั้ง สร้างขึ้นจากแผ่นทองเหลืองทึบ น้ำหนักมาก และต้านลม ต่อมาจึงเปลี่ยนไปเป็นสร้างด้วยไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำหนักเบา การแบ่งสเกลทำได้ง่ายและละเอียดขึ้น ต้านลมน้อย จึงเป็นที่นิยมและเข้ามาแทนที่ชนิดทำจากทองเหลืองอย่างรวดเร็ว

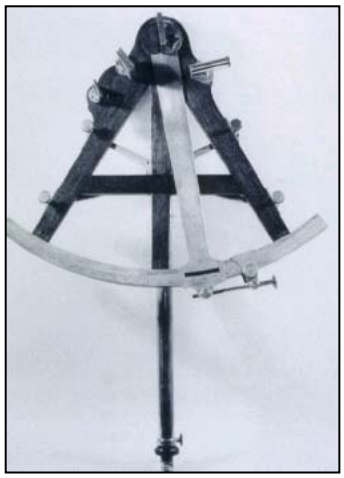
เครื่องวัดแดดแบบ Hadleyในยุคต้น

ทำขึ้นจากไม้มะฮอกกานีราวปี พ.ศ.๒๓๐๓ โดย George Adam ช่างผู้มีชื่อสียงชาวลอนดอน หลังจากที่ Hadley ได้ประดิษฐ์เครื่องวัดแดดแบบ Octant ขึ้นในปี พ.ศ.๒๒๗๔ นับได้ว่าเป็นความก้าวหน้าครั้งใหญ่เมื่อเปรียบกับแนวคิดในการออกแบบก่อนหน้านี้ และยังคงใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบเครื่องวัดแดดยุคใหม่ นับเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้ในแบบ “เล็งแล้ววัด” อย่างแท้จริง โดยผู้ตรวจมองไปเพียงจุดเดียวผ่านกระจกขอบฟ้าไปยังขอบฟ้า พร้อมกับการเห็นภาพวัตถุท้องฟ้าอยู่ที่เดียวกันในขณะเดียวกัน การมองภาพทำได้ง่าย เนื่องจากว่าทั้งขอบฟ้าและวัตถุท้องฟ้าต่างก็เคลื่อนตัวไปด้วยกันในขณะที่เรือโคลงเคลงไปมา

ช่วงเวลาที่ผ่านมาเห็นได้ว่านักเดินเรือสามารถหาละติจูดได้มาเป็นเวลาหลายศตวรรษแล้ว แต่ทว่ายังคงมีลูกเรือรวมทั้งสินค้ามีค่ายังคงต้องสูญไปในทะเลเมื่อเกิดเรืออับปางเนื่องจากการติดตื้นเนื่องจากยังไม่มีขีดความสามารถในการหาลองจิจูดได้ ในช่วงเวลาระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗ ถึง ๑๘ มีความพยายามอย่างมากในการพัฒนาเทคนิคสำหรับการหาลองจิจูด ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญคือการมีเครื่องบอกเวลาที่แม่นยำ ช่างนาฬิกาต่างพยายามคิดค้นประดิษฐ์นาฬิกาสำหรับใช้ในทะเล ในขณะที่นักดาราศาสตร์ได้คิดวิธีการที่เรียกว่า ***ระยะดวงจันทร์*** (Lunar Distance) ขึ้นมาโดยถือว่าดวงจันทร์เปรียบดังประหนึ่งเข็มนาฬิกาที่เคลื่อนผ่านท้องฟ้าซึ่งเปรียบเสมือนหน้าปัดที่มีวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ เป็นฉากหลัง ในช่วงต้นของคริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ นักดาราศาสตร์ได้พัฒนาวิธีการทำนายค่าง่ามุมระหว่างดวงจันทร์กับดวงอาทิตย์ ดาวพระเคราะห์ และดาวฤกษ์



บางดวง ด้วยเทคนิคที่ว่านี้นักเดินเรือจะทำการวัดง่ามมุมระหว่างดวงจันทร์และวัตถุท้องฟ้าที่เลือกไว้ จากนั้นคำนวณเวลาอย่างละเอียดที่เกิดง่ามมุมนั้น นำไปเปรียบเทียบกับเวลาจากนาฬิกาโครโนเมตรบนเรือซึ่งบอกเวลาของหอตรวจดาวแห่งชาติในขณะนั้น เมื่อทราบเวลาที่ถูกต้องก็แปลงเป็นค่าละติจูดของเรือได้ ในขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนใด ๆ ***เวลาเที่ยงจริง*** (Local Apparent Noon) ขณะนั้นคือ ๑๒๐๐ สมมุติให้เป็นเวลาเดียวกันกับ ***เวลาสมมุติกรีนิช*** (Greenwich Mean Time – GMT) ๑๒๓๓ และเนื่องจาก ๑๕ องศาของลองจิจูดเท่ากับเวลา ๑ ชั่วโมง ดังนั้นลองจิจูดของสถานที่นั้นคือ ๘ องศา ๑๕ ลิปดาทางตะวันตกของกรีนิช วิธีการระยะดวงจันทร์ใช้สืบเนื่องกันมาจนถึงต้นทศวรรษ ๒๔๐๐ จนกระทั่งการเทียบสัญญาณเวลาทางวิทยุเข้ามาแทนที่ เครื่องวัดแดดแบบ Octant ของ Davis วัดมุมได้ถึง ๙๐ องศา จึงเหมาะสมสำหรับใช้วัดสูงวัตถุท้องฟ้าเหนือขอบฟ้า แต่สำหรับการวัดง่ามมุมระหว่างดวงจันทร์กับวัตถุท้องฟ้าอื่น ด้วยวิธีการระยะดวงจันทร์แล้ว ต้องการย่านการวัดมุมที่กว้างกว่านี้ ซึ่งอาจทำได้อย่างง่าย ๆ ด้วยการขยายสเกลเครื่องวัดแดดของ Hadley ที่เรียกว่า Octant ออกไปให้กลายเป็น Sextant ซึ่งเป็น ๑/๖ ของวงกลมทำให้วัดมุมได้มากถึง ๑๒๐ องศา



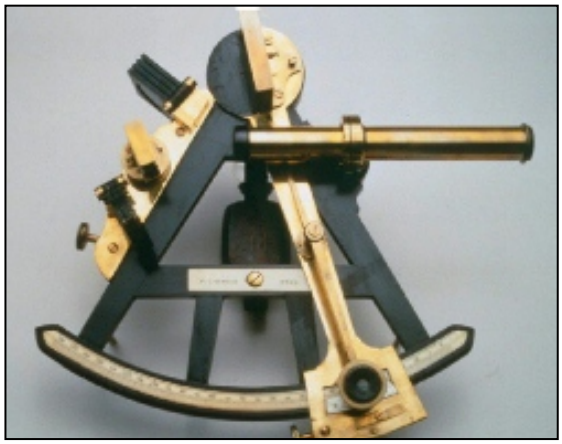
เครื่องวัดแดดแบบ Sextant ในยุคแรกของ John Bird

ภาพที่เห็นนี้เป็นเครื่องวัดแดดแบบ Sextant ยุคแรกที่ John Bird สร้างขึ้นในปี พ.ศ.๒๓๐๒ ปัจจุบันตั้งแสดงอยู่ที่พิพิธภัณฑ์ Scheepvaart กรุงอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ โครงเครื่องทำจากไม้มะฮอกกานี ขอบโค้งประกอบสเกลทำจากงาช้าง มีขนาดใหญ่และหนักมากจนกระทั่งต้องมีท่อนไม้ค้ำช่วยรับน้ำหนัก โดยเสียบวางลงไปในเต้ารับที่เข็มขัดของผู้ตรวจ

เครื่องวัดแดดแบบ Sextant ของ Dollond

เป็นเครื่องวัดแดดที่สร้างขึ้นอย่างประณีตโดยช่างชาวลอนดอนชื่อ John Dollond ในราวต้นคริสต์ศตวรรษที่ ๑๙ ทั้งนี้ในช่วงครึ่งแรกของคริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ ในหมู่นักเดินเรือ มีแนวโน้มว่าจะกลับไปนิยมเครื่องวัดแดดที่โครงทำขึ้นจากไม้อีก เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าชนิดทำจากทองเหลือง

เครื่องวัดแดดแบบ Sextant ทำจากไม้มะเกลือ

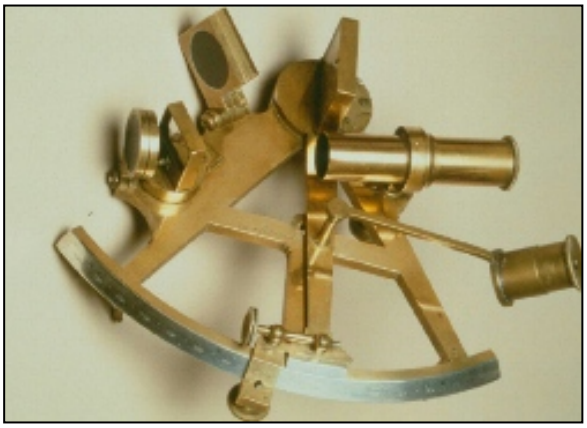


ภาพนี้เป็นเครื่องวัดแดดแบบ Sextant ที่สร้างขึ้นอย่างประณีตสวยงามโดย H. Limbach แห่งเมือง Hull ตัวเครื่องสร้างขึ้นจากไม้มะเกลือ เนื่องจากมีคุณสมบัติเนื้อแน่น ทนต่อความชื้นในทะเล สเกลและเวอร์เนียขีดแบ่งลงบนงาช้างหรือกระดูก แบบดังกล่าวนี้ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากเนื้อไม้ตรงขอบโค้งมักปริแยกตัวออกเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

โครงเครื่องวัดแดดชนิดต่าง ๆ

ภาพที่เห็นอยู่นี้เป็นตัวอย่างส่วนหนึ่งของโครงเครื่องวัดแดดที่ได้รับการออกแบบมาแตกต่างกัน ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือให้ได้เครื่องที่มีน้ำหนักเบา ต้านลมน้อย และมีการเปลี่ยนมิติน้อยที่สุดเมื่ออุณหภูมิผันแปรไป จากตัวอย่างที่แสดงนี้เป็นเครื่องมือที่สวยงามจำเริญตาอย่างยิ่ง

เครื่องวัดแดดแบบ Pentant ของ Ramsden



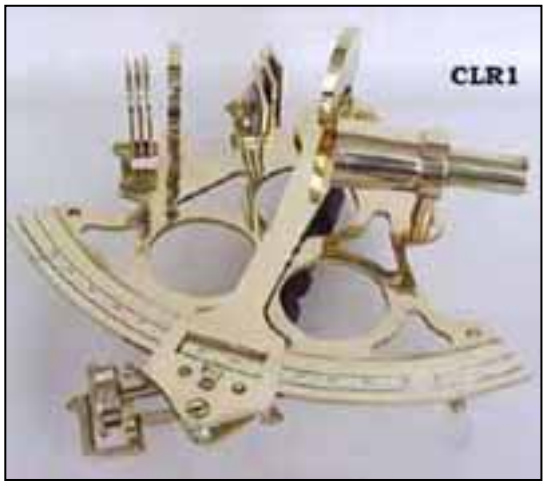
เครื่องวัดแดดนี้มีขนาดขอบโค้งคิดเป็น ๑/๕ ของวงกลมจึงเรียกว่า Pentant มีขนาดรัศมีเพียง ๑๑ เซนติเมตร สเกลแบ่งขีดลงบนแผ่นเงินให้มีค่าระหว่าง ลบ ๕ องศา ถึง ๑๔๕ องศา ในแต่ละองศายังแบ่งย่อยละเอียดลงไปตั้งแต่ ๓ ถึง ๒๐ ลิปดา ขอบโค้งของสเกลปาดเป็นมุม ๔๕ องศา โดยไม่ทราบเหตุผล หรืออาจเป็นการแสดงว่ามีขีดความสามารถที่จะทำได้ก็เป็นได้

บางทีผลงานซึ่งดีที่สุดในยุคคริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ น่าจะเป็นของช่างชาวอังกฤษชื่อ Jesse Ramsden ซึ่งมีความชำนาญมากในการแบ่งสเกลที่มีความละเอียดแม่นยำ ความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่ของ Ramsden คือ การประดิษฐ์ “เครื่องแบ่งสเกล” ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง เครื่องมือนี้ใช้แบ่งสเกลออกเป็นองศาและเศษขององศา การออกแบบแสดงถึงความเป็นอัจฉริยะมากเสียจนกระทั่ง ***คณะกรรมการลองจิจูด*** (Board of Longitude) มอบรางวัลให้เป็นเงินถึง ๖๑๕ ปอนด์ ซึ่งในสมัยนั้นถือว่าเป็นมูลค่ามากทีเดียว ในปัจจุบันเครื่องดังกล่าวตั้งแสดงอยู่ที่สถาบันสมิธโซเนียน กรุงวอชิงตัน ดีซี ประเทศสหรัฐอเมริกา การพัฒนา เครื่องแบ่งสเกลที่มีความละเอียดแม่นยำถือเป็นจุดสำคัญของการพัฒนาเครื่องวัดแดด เป็นที่แน่นอนว่าช่วยให้การตรวจวัดมีความแม่นยำสูงขึ้น ทั้งยังทำให้ได้เครื่องมือที่มีขนาดกะทัดรัด และใช้งานง่าย

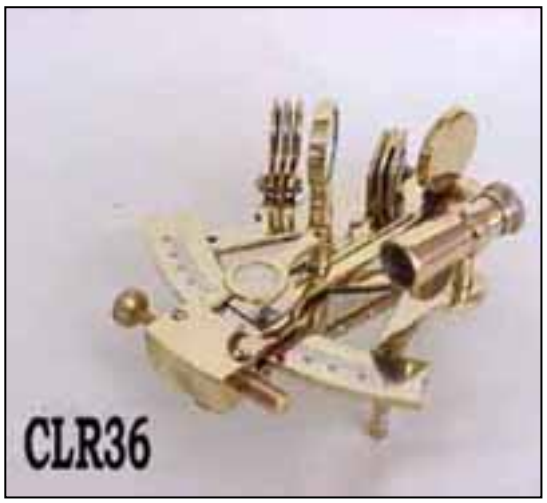
เครื่องวัดแดดยุคใหม่

เครื่องวัดแดดซึ่งถือได้ว่าเป็นมาตรฐานที่เยี่ยมยอดภายหลังสงครามโลกครั้งที่ ๒ สิ้นสุดลงคือ ผลงานของบริษัท C. Plath ประเทศเยอรมนี ภาพที่เห็นอยู่นี้เป็นเครื่องที่ผลิตขึ้นในปี พ.ศ.๒๕๓๑ องค์ประกอบของเครื่องมีการเปลี่ยนแปลงไปหลายประการ คือ ***กระจกขอบฟ้า*** ไม่มีการฉาบปรอท ผู้ตรวจจึงสามารถมองเห็นขอบฟ้าเป็นเส้นตรงพาดผ่านตลอดแผ่นกลมของกระจกขอบฟ้า ***แขนดัชนี*** ประกอบเข้ากับลูกบิด ***ไมโครมิเตอร์*** ที่เลื่อนไปมาบน ***ขอบโค้ง*** ได้อย่างคล่องแคล่ว และอ่านทศนิยมของลิปดาได้หนึ่งตำแหน่ง มีไฟแสงสว่างสำหรับส่องอ่านสเกลองศาและไมโครมิเตอร์สำหรับการใช้เวลากลางคืน มีกล้องประกอบขอบฟ้าเทียมแบบฟองอากาศ ซึ่งเครื่องประกอบชิ้นนี้ติดเป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับกล้องตาเดียว ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับที่ Hadley เสนอไว้ในปี พ.ศ.๒๒๗๔

กลุ่มภาพต่อไปนี้เป็นเครื่องวัดแดดแบบ Sextant ซึ่งสร้างขึ้นจากทองเหลือง เครื่องเหล่านี้สร้างขึ้นอย่างประณีต งดงาม สมตามค่านิยมของนักเดินเรือ และนำมาใช้ในการเดินเรือดาราศาสตร์นับแต่ปี พ.ศ.๒๓๐๐ เป็นต้นมา ได้รับการออกแบบโดยใช้พื้นฐานจากแนวคิดของกัปตัน Cambel ส่วนเครื่องวัดแดดแบบ Octant ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดย John Hadley ราวปี พ.ศ.๒๒๗๔ นั้นถือเป็นบรรพบุรุษของเครื่องวัดแดดในปัจจุบัน เครื่องวัดแดดที่เห็นในภาพยังอยู่ในสภาพดี แต่ไม่อาจนำไปใช้งานได้จริงจังสำหรับการเดินเรือ แต่เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาประวัติศาสตร์การพัฒนาเครื่องมือเดินเรือในอดีต


CLR1

CLR35


CLR36

CLR39