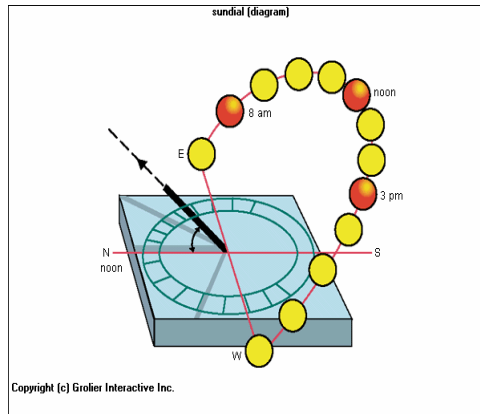


นาฬิกาแดด (SUNDIAL)

น.อ.ไชยวุฒิ นาวิกานาณะ
ผู้อำนวยการกองวิชาการเรือและเดินเรือ
ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

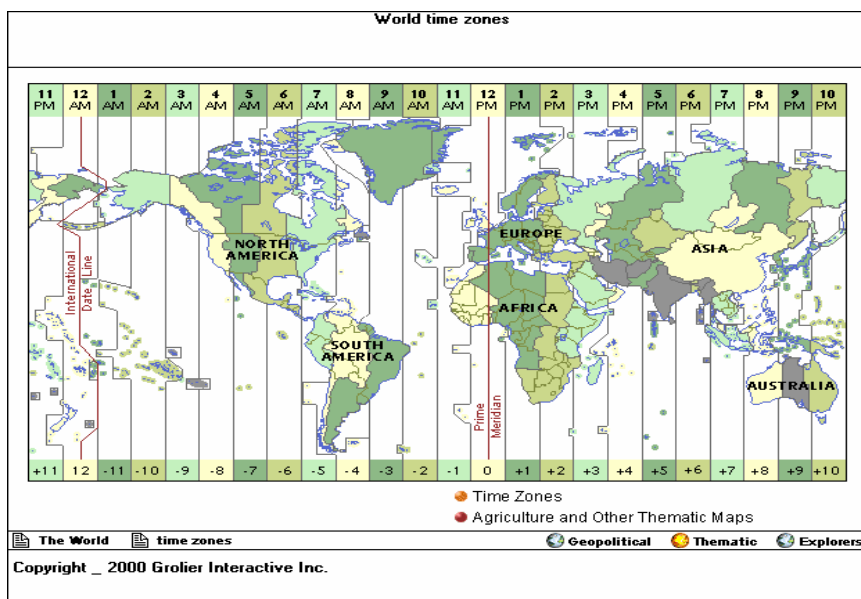
ลักษณะทางธรรมชาติของเวลาในทางวิทยาศาสตร์ให้คำจำกัดความเชิงวัตถุวิสัย (Objective Time) ไว้ว่า “เวลา คือขนาดหรือปริมาณทางฟิสิกส์ที่สามารถสังเกตหรือตรวจวัดได้ด้วย นาฬิกาจักรกล นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ หรือวิธีธรรมชาติอื่น ๆ” นาฬิกาแดด (SUNDIAL) เป็นเครื่องบอกเวลาและเครื่องมือวัดเวลาวิธีธรรมชาติแบบหนึ่งที่มีใช้มาตั้งแต่ในสมัยโบราณจนถึงในปัจจุบัน โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในแต่ละวันเป็นหลัก



ในบทความนี้ท่านจะได้ทราบถึงวิธีการอ่านเวลาจากนาฬิกาแดดวิธีการประดิษฐ์และติดตั้งนาฬิกาแดดซึ่งไม่ใช่เรื่องยากหรือซับซ้อนแต่ประการใด ผู้อ่านท่านใดมีบริเวณพื้นที่หน้าบ้านหรือหลังบ้านกว้างมีแสงอาทิตย์ส่องตลอดวัน อาจสามารถประดิษฐ์นาฬิกาแดดไว้ใช้เป็นเครื่องประดับที่มีประโยชน์และยังเป็นงานศิลปกรรมทางวิทยาศาสตร์ภายในบริเวณบ้านซึ่งแฝงไว้ด้วยความสวยงามและคุณค่าของการใช้งานที่เดียว สมัยโบราณก่อนที่จะเริ่มมีนาฬิกาจักรกล หรือนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ไว้ใช้บอกเวลาเช่นในสมัยปัจจุบัน มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ธรรมชาติในการสังเกตดูการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จากธรรมชาติเพื่อกำหนดเวลา โดยเฉพาะใช้ดวงอาทิตย์เป็นเครื่องชี้บอกเวลาทางธรรมชาติที่สำคัญที่สุด เช่น เวลาเข้าดวงอาทิตย์ขึ้น เวลาเที่ยงดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะ และเวลาเย็นค่าดวงอาทิตย์ตกกลับจาก

ขอบฟ้า ส่วนเวลากลางวันในช่วงเวลาอื่น ก็อาศัยสังเกตจากการทอดเงาของวัตถุใดวัตถุหนึ่งที่กำหนดให้เป็นเครื่องบอกเวลาของคนในท้องถิ่นนั้น ซึ่งอาจไม่มีความเที่ยงตรงแต่ก็ยอมรับได้ในสมัยนั้นมาใช้กำหนดเวลา ด้วยหลักการตามที่กล่าวมามนุษย์ในระยะแรกจึงได้ประดิษฐ์คิดค้นนาฬิกาแดด (SUNDIAL) ให้มีรูปทรงที่เหมาะสมขึ้นมาใช้งานเป็นเครื่องบอกเวลาอย่างง่าย ๆ

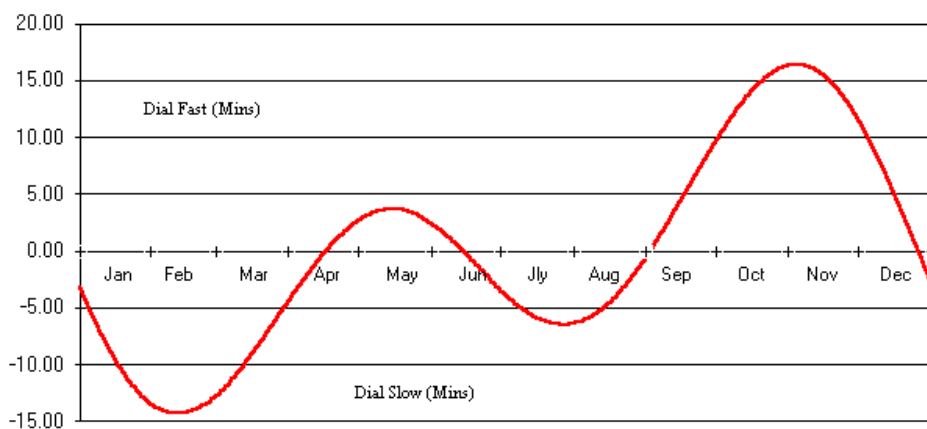
นาฬิกาแดดนั้นคิดค้นขึ้นครั้งแรกเมื่อใดไม่ปรากฏ แต่จากหลักฐานที่มีอยู่พบว่านาฬิกาแดดพัฒนาขึ้นในสมัยอียิปต์โบราณ หรือราวสองพันปีมาแล้ว นาฬิกาแดดนั้นแสดงเวลาที่อาจคลาดเคลื่อนไปจากเวลานาฬิกาข้อมือของผู้สังเกตแต่ถ้าได้เข้าใจหลักการของนาฬิกาแดดและนำค่าแก้เวลามาแก้ไขเวลาที่ได้อาจมีความถูกต้องพอสมควร สาเหตุที่เป็นดังนี้เพราะนาฬิกาแดดนั้นแสดงเวลาธรรมชาติที่ควรจะเป็น ซึ่งต่างจากเวลาของนาฬิกาข้อมือหรือนาฬิกาจักรกลทั่วไปที่ใช้อยู่ในปัจจุบันบอกวัดเวลาหรือแสดงเวลาที่ต้องการให้เป็น ที่กล่าวเช่นนี้หมายความว่าเวลาที่แสดงจากนาฬิกาแดดนั้นเป็นเวลาที่เราเรียกว่าเวลาดวงอาทิตย์ (Sun Time) ณ ตำบลที่นั้นอย่างเป็นประจำ ไม่ใช่เวลาท้องถิ่นสมมติ (Local Mean Time) หรือเวลาที่เรต้องการให้เป็น ทั้งนี้เนื่องจากนาฬิกาแดดสร้างขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานความคิดของการตรวจวัดเวลา ก่อนและหลังเที่ยงของตำบลที่นั้น ๆ เนื่องจากเวลาเที่ยงเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่งสูงสุดบนท้องฟ้า ณ เเมริเดียน (Meridian) ของผู้สังเกตตรงจุดนั้นเงาของวัตถุใด ๆ จะทอดลงในแนวตรงตั้งฉากกับพื้นดิน เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาแดดจะบอกเวลาเที่ยงวันเป็นเวลาดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับนาฬิกาข้อมือของผู้สังเกต ทั้งนี้เพราะผู้สังเกตใช้เวลาท้องถิ่นสมมติของตำบลที่ ที่อ้างอิงมาจากเมริเดียนหรือลองจิจูดหลักของเวลาประจำภาค (Zone Time) นั้น เช่น เวลาท้องถิ่นสมมติของประเทศไทยกำหนดให้ที่ลองจิจูด ๑๐๕ องศาตะวันออก ที่ลากผ่านจังหวัดอุบลราชธานี เป็นเมริเดียนหลักของเวลาประจำภาคของไทย





ดังนั้นหากนาฬิกาแดดติดตั้งอยู่ที่กรุงเทพฯ ที่ลองจิจูด ๑๐๐ องศาตะวันออก เวลาเที่ยงวันของนาฬิกาแดดดังกล่าวจะไม่ตรงกับเวลาเที่ยงวันของเวลาท้องถิ่นสมมติ ทั้งนี้เนื่องจากดวงอาทิตย์ได้เคลื่อนที่ผ่านลองจิจูด ๑๐๕ องศาไปทางตะวันตกซึ่งเป็นเวลาเที่ยงวันของเวลาประจำภาคแล้ว ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ไปถึงลองจิจูด ๑๐๐ องศาตะวันออก มีระยะทางเชิงมุมเท่ากับ ๕ องศาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปจะต้องนำมาแก้ไขเพิ่มเติมเข้าไปในเวลานาฬิกาแดดเพื่อให้ได้ค่าเวลาท้องถิ่นสมมติที่ต้องการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตกมีความเร็วเท่ากับ ๑ องศา ใน ๔ นาที ทั้งนี้เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ๑ รอบหรือ ๓๖๐ องศาใน ๒๔ ชั่วโมงหรือ ๑ วันดังนั้นในเวลา ๑ ชั่วโมงดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปได้เท่ากับ ๑๕ องศา ถ้าวดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไป ๕ องศาที่ใช้เวลาประมาณ ๒๐ นาทีนั่นเอง เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาจักรกลจะเป็นเวลาเที่ยงยี่สิบ หรือ ๑๒:๒๐ นาฬิกา เวลานาฬิกาแดดก็ต้องเท่ากับ ๑๒:๐๐ บวกอีก ๒๐ นาทีก็จะเป็น ๑๒:๒๐ เช่นเดียวกัน สรุปก็คือหากต้องการทราบเวลาท้องถิ่นสมมติ ต้องบวกหรือลบออกจากเวลาดวงอาทิตย์ แล้วแต่ว่าจะอยู่เมริเดียนด้านทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก อีกประการหนึ่งเวลาที่ได้นาฬิกาแดดนั้นเป็นเวลาทางธรรมชาติตามฤดูกาลจริง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ช้าเร็วไม่เท่ากันในแต่ละปี ดังนั้นหากต้องการคำนวณเวลาดวงอาทิตย์ให้ตรงเช่นเดียวกับเวลาจากนาฬิกาจักรกลจริง ๆ ผู้ตรวจจะต้องมีการปรับแก้เศษเวลา (Equation of Time) หรือผลต่างระหว่างเวลาสมมติกับเวลาจริงในขณะใดขณะหนึ่ง เพื่อให้แต่ละช่วงเวลาให้ใกล้เคียงเวลาสมมติมากที่สุด ซึ่งเศษเวลามีค่าตั้งแต่ ๐ วินาที ถึงประมาณ ๑๗ นาทีทั้งค่าบวกและค่าลบตลอดเวลา ๑ ปีที่โลกเคลื่อนที่ไปรอบดวงอาทิตย์ซึ่งผลต่างนี้แต่ละวันไม่เท่ากันตลอดทั้งปี ดังแสดงค่าผลต่างตามกราฟ

กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ช้า-เร็วในช่วงเดือนต่าง ๆ เป็นนาที



แบบของนาฬิกาแดด จากอดีตจนถึงปัจจุบัน นาฬิกาแดด ได้ถูกสร้างและถูกประดิษฐ์ขึ้นมาหลายแบบหลายขนาดด้วยกัน แต่อย่างไรก็ตามยังอาศัยหลักการพื้นฐานเดียวกัน ปัจจุบันสามารถกำหนดแบบต่าง ๆ ของนาฬิกาแดดที่สร้างขึ้นมาได้ ๕ แบบดังนี้

๑. แบบ Horizontal dials
๒. แบบ Vertical dials
๓. แบบ Armillary spheres
๔. แบบ Equatorial dials
๕. แบบ Polar dials



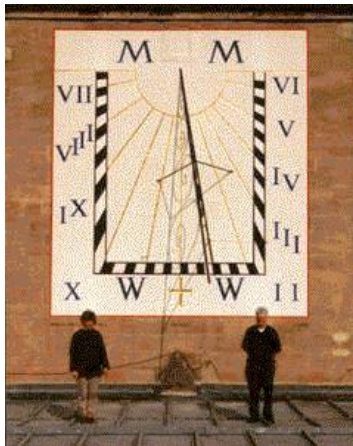
แบบ Horizontal dial



แบบ Armillary sphere



แบบ Equatorial dial

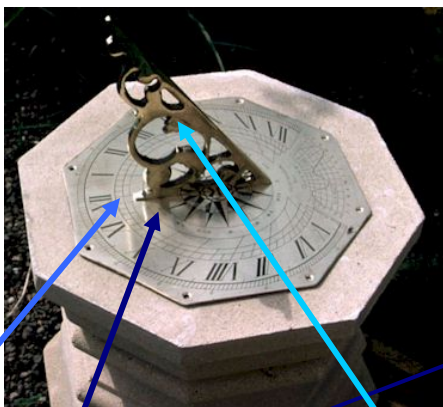


แบบ Vertical dial



แบบ Polar dial

ส่วนประกอบของนาฬิกาแดด ในที่นี้จะยกตัวอย่างส่วนประกอบของนาฬิกาแดดแบบ Horizontal dial ซึ่งเป็นนาฬิกาแดดแบบที่ง่ายและมีส่วนประกอบที่ไม่ซับซ้อน สามารถประดิษฐ์ขึ้นใช้เองได้ นาฬิกาแดดแบบ Horizontal dial ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๒ ส่วนคือ



เส้นเที่ยงวัน

แขนบอกเวลา (gnomon) ปลายแขนชี้ตรงขั้วโลก

แผ่นบอกเวลา (dial plate)

ซึ่งแสดงช่องเวลาชั่วโมง นาฬิกา และตารางการแก้ไขเวลา (Equation of Time) อยู่ด้านใน

๑.แผ่นบอกเวลา (dial plate) ซึ่งจะมีขีดแสดงเวลาเป็นชั่วโมง นาฬิกา ตั้งแต่เวลาเช้า เวลาเที่ยงวัน จนถึงเวลาเย็น และตารางเศษเวลา (ถ้ามี เพื่อให้สามารถหาเวลาได้อย่างแม่นยำ) ขีดเวลา กำหนดจากการที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว ๑๕ องศาใน ๑ ชั่วโมง

๒. **แขนบอกเวลา (gnomon)** ซึ่งแขนบอกเวลานี้แนวแกนจะต้องขนานกับแกนของโลก หรืออีกนัยหนึ่งปลายแกนจะต้องชี้ตรงไปยังขั้วโลกเหนือ หรือดาวเหนือ และมุมของแขนบอกเวลาจะต้องทำมุมกับแผ่นบอกเวลาเท่ากับละติจูดของตำบลที่ตั้งนาฬิกาแดด ในการติดตั้งนาฬิกาแดดนั้น จะต้องทำการวัดหาทิศเหนือจริง ซึ่งได้มีการปรับแก้ค่าอาการผิดของอำนาจแม่เหล็กโลก (Variation) ในพื้นที่แล้ว และต้องมั่นใจว่าปลายแขนบอกเวลาชี้ตรงทิศเหนือจริง

วิธีอ่านเวลา อ่านค่าเวลาเป็นชั่วโมงหรือเศษของชั่วโมง จากเงาของแกนเวลาที่ตกลงบนขีดแสดงชั่วโมง นาฬิกาบนแผ่นบอกเวลา เวลาดังกล่าวเป็นเวลาของตำบลที่นั้น ๆ หากต้องการหาเวลาท้องถิ่น สมมติต้องบวกหรือลบกับค่าผลต่างเวลาจากตำบลที่นั้นไปยังเมริเดียนหลักตามที่ได้กล่าวมา และต้องเข้าใจด้วยว่าเวลาดวงอาทิตย์ปรากฏนั้นจะช้า-เร็วไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับนาฬิกาจักรกลด้วยค่าเศษเวลา (Equation of Time) เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี โดยดวงอาทิตย์ปรากฏจะเคลื่อนที่เร็วระหว่าง ๑๖ เม.ย. ถึง ๑๔ มิ.ย. และอีกครั้งในช่วง ๒ ก.ย. ถึงประมาณ ๒๕ ธ.ค. ส่วนในช่วงเวลาอื่น ดวงอาทิตย์ปรากฏจะเคลื่อนที่ช้า แสดงโดยกราฟด้านบน

วิธีการทำนาฬิกาแดดแบบ Horizontal dial

เมื่อกำหนดพื้นที่ในการตั้งนาฬิกาแดดได้แล้ว ควรสร้างฐานหรือแท่นตั้งให้สวยงามก่อนการประดิษฐ์ และติดตั้งนาฬิกาแดดตามพื้นที่ ๆ ต้องการ และจะต้องทำการหาค่าต่อไปนี้

๑. ค่ำลองจิจูด และค่าละติจูดของตำบลที่ตั้งนาฬิกาแดด ซึ่งอาจหาค่าจากแผนที่บก หรือแผนที่ทางหลวงก็ได้ ตัวอย่างเช่นที่เสาชิงช้าโรงเรียนนายเรือ มีค่าตำบลที่ ละติจูด ๑๓ องศา ๓๖.๔ ลิปดา เหนือ ลองจิจูด ๑๐๐ องศา ๓๕.๘ ลิปดา ตะวันออก

๒. ค่ำลองจิจูดหลักที่อ้างถึงเวลาท้องถิ่นสมมติ ประเทศไทยที่ลองจิจูด ๑๐๕ องศา

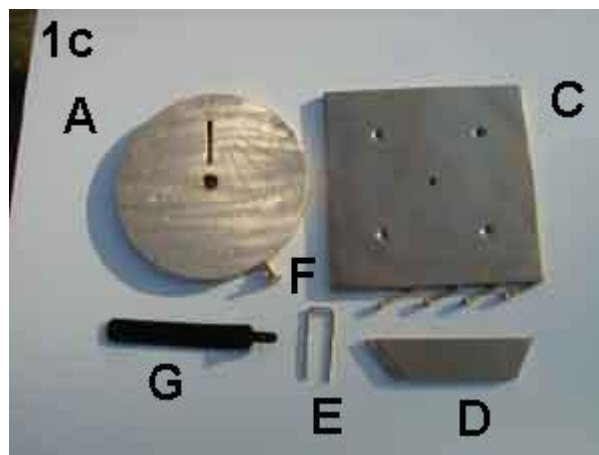
๓. ผลต่างเวลาจากลองจิจูด ในข้อ ๑ และข้อ ๒ เป็นนาฬิกา วินาที เพื่อนำไปใช้แก้เวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาแดด ให้เป็นเวลาท้องถิ่นสมมติ (๑ องศา เท่ากับ ๔ นาที) ในที่นี้ผลต่างค่าลองจิจูดเท่ากับ ๔ องศา ๒๔.๒ ลิปดา คำนวณผลต่างเวลาได้เท่ากับ ๑๗.๕ นาทีโดยประมาณ

๔. ทิศเหนือจริง หรือทิศที่ชี้ตรงไปดาวเหนือของตำบลที่ตั้งนาฬิกาแดด เมื่อได้แล้วกำหนดจุดและตั้งแท่นให้อยู่ในแนวเหนือ ใต้ (เมื่อใช้เข็มทิศ อย่าลืมแก้ค่าอำนาจแม่เหล็กโลก)

๕. หาเวลาเที่ยงจริงที่แน่นอนของตำบลที่นั้น ซึ่งอาจสังเกตได้จากเงาที่ตั้งฉากกับพื้น เช่น จากเงาของมูมตึก หรือเงาของไม้ที่ตั้งให้ได้แนวตั้งก็ได้เงาวัตถุจะชี้ตรงลงยังฐานของวัตถุนั้น ต้องระลึกเสมอว่า ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ๑๕ องศาใน ๑ ชั่วโมงหรือ ๙๕๐ ฟุตต่อ วินาที และเวลาเที่ยงตรงในแต่ละวันระหว่างเวลาดวงอาทิตย์ และเวลามาตรฐานที่แสดงบนนาฬิกาจะไม่ตรงกัน ต่างกันด้วย เศษเวลา

อุปกรณ์และวิธีการประดิษฐ์นาฬิกาแดด

ในการประดิษฐ์นาฬิกาแดดแบบง่าย ๆ ไว้ใช้เอง เนื่องจากต้องตั้งนาฬิกาแดดไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดแรงจัดในเวลากลางวัน และอาจโดนฝน หรือน้ำค้างในเวลากลางคืน ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำนาฬิกาแดดควรใช้ วัสดุประเภทโลหะ เช่น ทองเหลือง อลูมิเนียมแผ่น หรือวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่เกิดสนิม และทนทานเมื่อกำหนดแบบแล้ว อาจต้องจ้างให้ช่างดำเนินการตัดแต่งแผ่นโลหะดังกล่าว



A. แผ่นบอกเวลา เป็นแผ่นโลหะตัดเป็นทรงกลมรัศมีตามที่ต้องการ เจาะรูตรงกลาง และช่องแขนบอกเวลา

C. แผ่นฐานนาฬิกาแดด เป็นแผ่นโลหะทรงสี่เหลี่ยมเจาะรูตรงกลางเพื่อใช้ยึดแผ่นบอกเวลา มุมทั้งสี่เจาะรูเพื่อใช้ยึดติดกับแท่นนาฬิกาแดด

D. แขนบอกเวลา จะใช้รูปทรงใดก็ได้ตามแต่ใจชอบ ใช้แผ่นโลหะ ๒ แผ่นตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตัดปลายมุมให้มีค่ามุมเท่ากับค่ามุมของละติจูด ในที่นี้เท่ากับ ๑๓ องศา ๔๔ ลิปดา แล้วนำมาซ้อนกันให้มีช่องด้านในเพื่อให้แสงสามารถผ่านได้ตรงกลาง ปลายฐานเจาะรู ๒ รูเพื่อใช้ยึดแขนกับแผ่นใต้ฐานให้แน่น

E. ลวดตัว U สำหรับสอดยึดแขนบอกเวลา

F. นอตยึดแผ่นบอกเวลา และแผ่นฐานนาฬิกา



นำแขนบอกเวลามาเสียบเข้ากับแผ่นบอกเวลาโดยให้มีมุมเอียงเท่ากับ ละติจูด ของตำบลที่ตั้งนาฬิกาแดด



ทำการวัดเพื่อหาทิศเหนือจริงที่แทนตั้งนาฬิกาแดด และทำเครื่องหมายไว้ แทนจะต้องวางให้อยู่ในแนวระดับไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง จากนั้นนำแผ่นฐานนาฬิกาแดดมาติดตั้งบนแท่นให้เรียบร้อย และนำนาฬิกาแดดที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วมาติดตั้ง โดยยึดแผ่นบอกเวลากับฐานเข้าด้วยกันให้แน่น หลังจากนั้นทำการปรับแต่งแขนบอกเวลาเพื่อให้ตรงไปยังทิศเหนือจริง และทำการกำหนดเส้นเวลาตามชั่วโมง



ทั้งเช้าและบ่ายโดยอ้างอิงจากเส้นเวลาที่เที่ยงวัน และควรทำมาตราช้อยยในช่องแต่ละชั่วโมงด้วย สุดท้ายทำการทดลองใช้จริงโดยสอบเทียบและปรับแต่งเวลากับนาฬิกาข้อมือ เท่านั้นเราก็จะได้นาฬิกาแดดที่สวยงามและมีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ด้วยฝีมือของเราเองไว้ใช้

เอกสารอ้างอิง

๑. James A.Barnes, **From Sundials to Atomic Clocks “Understanding Time and Frequency”** National Bureau of Standards Monograph 155,1980
๒. BIPM , **Le BIPM et la Convention du Me'tre** . Bureau international des poids et mesures, Juin 1995
๓. 2002 Grolier Multimedia Encyclopedia, 2002