เอกภพ

เพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล

ดาวฤกษ์

วิภู รุโจปการ เขียน

คำนิยมโดย ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล

เอกภพ

เพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล

ผู้เขียน: วิภู รุโจปการ
คำนิยมโดย ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล
ภาพปก: วิภู รุโจปการ
พิมพ์ครั้งที่ 1: มกราคม 2547
ราคา 325 บาท
ฉบับ e-book ราคา 215 บาท

© ลิขสิทธิ์ 2546: วิภู รุโจปการ
สงวนลิขสิทธิ์และจัดพิมพ์โดย: บริษัท นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์ จำกัด
ผู้จัดจำหน่าย: บริษัท นานมีบุ๊คส์ จำกัด
www.nanmeebooks.com

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
วิภู รุโจปการ.
เอกภพ.--กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์, 2547
344 หน้า
1. จักรวาล. 2. ชื่อเรื่อง. วิภู รุโจปการ.
523.1
ISBN 974-9656-46-6
ISBN 978-616-04-1222-8 (ฉบับ e-book)

ผู้จัดการสำนักพิมพ์: ราตรี สังสกฤษ **บรรณาธิการบริหาร:** สุภารัตน์ ภูไตรรัตน์ **หัวหน้ากองบรรณาธิการ:** วิมล จรุงจรส **กองบรรณาธิการ:** ไพราษฎร์ สุขสุเมฆ, มลฑล์กาญจน์ คำผิว, อัญมณี ทองเลิศ **คอมพิวเตอร์กราฟิก:** มณฤดี พรชัยวรกุล, พนารัตน์ ภู่แย้ม **ฝ่ายผลิต:** สุภาพร พงศ์ไกรศรีสิริ **เพลท:** กิรติวงศ์สกุล โทร. 0-2675-8990 **พิมพ์ที่:** พงษ์วริน โทร. 0-2399-4525 **จัดจำหน่ายโดย:** บริษัท นานมีบุ๊คส์ จำกัด 947/158-159 หมู่ 12 บางนาคอมเพล็กซ์ ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทร. 0-2744-0863 โทรสาร 0-2744-0873-4

คำนำสำนักพิมพ์

เอกภพ: เพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล คือ หนังสือเล่มแรกของ วิภู รุโจปการ ซึ่งเขียนจากการแสวงหาความรู้ และประสบการณ์ในการเป็นผู้บังคับกล้องโทรทรรศน์ และผู้บรรยายทางดาราศาสตร์ให้กับหอดูดาวเกิดแก้ว จ.กาญจนบุรี รวมถึงประสบการณ์ในการดูดาวภาคสนาม นำมาถ่ายทอดได้อย่างมีเสน่ห์น่าติดตาม

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมวิชาดาราศาสตร์ระดับพื้นฐาน เขียนในเชิงเจาะลึก อธิบายในลักษณะ "ทำไม" และ "อย่างไร" ผู้เขียนเริ่มเปิด "เอกภพ" ด้วยการอธิบายถึงความสำคัญของการศึกษาดาราศาสตร์และเราศึกษาไปเพื่ออะไร แนะนำอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ศึกษาดาราศาสตร์ พาผู้อ่านไปรู้จักกับสิ่งที่อยู่ในเอกภพ เริ่มจากระบบสุริยะ ไกลออกไปถึงดาราจักรทางช้างเผือก ดาราจักรแอนโดร-เมดา และดาราจักรอื่นๆ ข้อมูลในเล่มมีความทันสมัย เป็นข้อมูลล่าสุดที่ทราบอยู่ ณ ขณะนี้ และแทรกความรู้เรื่องทรงกลมท้องฟ้า แผนที่ดาว และข้อมูลจำเพาะของดาวเคราะห์ไว้ในภาคผนวก เหมาะกับผู้อ่านในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป ครู อาจารย์ และผู้ที่สนใจดาราศาสตร์

ผู้เขียนมีความพิถีพิถันมากในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ เพื่อให้เป็นหนังอ้างอิงด้านดาราศาสตร์ระดับพื้นฐานที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด ในส่วนของเนื้อหาได้พยายามใช้คำศัพท์ภาษาไทยที่มีใจความสมบูรณ์ ยกเว้นคำศัพท์ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จริง ๆจะใช้ทับศัพท์ภาษาอังกฤษ สำหรับภาพประกอบก็มีความงดงาม ซึ่งถ่ายโดยนักถ่ายภาพทางดาราศาสตร์และผู้เขียน

เมื่อคุณเปิด "เอกภพ" แล้วแหงนหน้ามองท้องฟ้าในคืนที่มีดาวระยิบระยับ บางคำถามที่เคยติดอยู่ในใจคุณอาจหาคำตอบได้ด้วยตัวเอง

นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์

สารบัญ

คำนิยม 3

คำนำสำนักพิมพ์ 4

คำนำผู้เขียน 5

กิตติกรรมประกาศ 6

ณ สุดขอบแห่งความเข้าใจในจักรวาล 10

ข้างนอกมีอะไรบ้าง 19

กล้องโทรทรรศน์และทัศนูปกรณ์ 22

ดวงอาทิตย์ 50

ระบบสุริยะ 79

ปรากฏการณ์เกี่ยวข้องกับดวงจันทร์ 178

ชีวิตดวงดาว 189

ดาราจักรทางช้างเผือก 246

ดาราจักรและจักรวาล 262

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก-1: ทรงกลมท้องฟ้า และระบบพิกัดท้องฟ้า 295

ภาคผนวก ก-2: เส้นสุริยวิถี และกลุ่มดาวจักราศี 301

ภาคผนวก ก-3: กลุ่มดาว 304

ภาคผนวก ก-4: ฐานข้อมูลทางดาราศาสตร์ และการเรียกชื่อวัตถุท้องฟ้า 309

ภาคผนวก ก-5: ขนาดและระยะห่างเชิงมุม 311

ภาคผนวก ก-6: แผนที่ดาว 314

ภาคผนวก ก-7: หน่วยงานทางดาราศาสตร์ในประเทศไทย 318

ภาคผนวก ก-8: รวมเว็บไซต์ดาราศาสตร์ 320

ภาคผนวก ข: ข้อมูลจำเพาะของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ 324

ดรรชนี 337

บรรณานุกรม 342

เกี่ยวกับผู้เขียน 344

ณ สุดขอบแห่งความเข้าใจในจักรวาล

ความเข้าใจในจักรวาลของศิลปินชาวยุโรปในศตวรรษที่ 18

(ภาพจากห้องสมุดมหาวิทยาลัยแห่งมลรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ความปรารถนาในการหยั่งรู้กลไกที่แท้ของธรรมชาติรอบตัว นับเป็นความพิเศษที่สุดประการหนึ่ง ซึ่งยกระดับความคิดของมนุษย์ขึ้นสูงกว่าสิ่งมีชีวิตใดๆ ที่เคยวิวัฒนาการขึ้นบนโลก

ตั้งแต่อดีตกาล มนุษย์มีความพยายามในการสังเกตและศึกษาความเป็นไปในธรรมชาติมาอย่างต่อเนื่อง ผลของความพยายามเหล่านั้นได้สะท้อนออกมาเป็นคำอธิบายความเข้าใจของมนุษย์ต่อธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่การอธิบายในรูปของ*ตำนาน*ในช่วงแรกของอารยธรรม ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นแนวคิดเชิง*ปรัชญา* และ*ศาสนา* อธิบายความเชื่อมโยงของมนุษย์กับธรรมชาติด้วยแนวคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยมีความมุ่งหมายที่จะนำพามนุษย์ไปสู่ระดับแห่งความเข้าใจในสัจจะแห่งธรรมชาติและสถานะทางจิตใจที่สูงกว่า

*วิทยาศาสตร์*ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่มนุษย์ได้ใช้ค้นหาสัจจะของธรรมชาติ โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเสมือนไฟส่องทางที่ส่องสว่างออกไปสู่พรมแดนใหม่ เพื่อแผ่ขยาย*ขอบเขตแห่งความเข้าใจในจักรวาล*ของมนุษย์แผ่ขยายออกไปอย่างไร้ขีดจำกัด และค้นหาสถานะที่แท้ของตนเองในภาพรวมของจักรวาล

วิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกสาขา คือ *วิธีการ*อันเป็นระบบที่ใช้ในการค้นหา แยกแยะ และพิสูจน์ข้อเท็จจริงในธรรมชาติ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของตรรกะและการให้เหตุผลทั้งเชิงอนุมานและอุปมาน

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นขึ้นเมื่อมีการสังเกตพบปรากฏการณ์รอบตัวที่ไม่สามารถอธิบายได้ ปรากฏการณ์เหล่านี้จะปรากฏเด่นชัดขึ้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงให้เห็นอย่างชัดเจน เช่น ฟ้าผ่า การเคลื่อนที่ของเมฆ หรือการขึ้นและตกของดวงดาว การเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติเหล่านี้เป็นแรงบันดาลใจให้นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะตั้งคำถามว่า *เหตุใดปรากฏการณ์ต่าง ๆ จึงเกิดขึ้น และพฤติกรรมของปรากฏการณ์เหล่านั้นเป็นเช่นไร*

ในการตอบคำถามทั้งสองข้อ นักวิทยาศาสตร์จะพยายามตั้ง*สมมติฐาน (Hypothesis)* ขึ้น แท้จริงแล้ว การตั้งสมมติฐานก็คือรูปแบบหนึ่งของการคาดเดา (Presumption) ต่างกันเพียงสมมติฐานเป็นผลการคาดเดาบนพื้นฐานของตรรกะและมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ในธรรมชาติ

นักวิทยาศาสตร์มีทางเลือกสองทางในการตรวจสอบว่าสมมติฐานมีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด คือ ใช้เวลาเฝ้าสังเกตพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ หรืออีกทางหนึ่งคือ *การทดลอง (Experiment)*

การทดลอง คือ การจำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อศึกษาองค์ประกอบย่อยครั้งละองค์ประกอบ ในการทำการทดลอง นักวิทยาศาสตร์จะจัดให้มีองค์ประกอบบางอย่างของปรากฏการณ์เปลี่ยนไป ในขณะที่จัดให้องค์ประกอบอื่น ๆ คงที่เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา จากนั้นจึงผลัดเปลี่ยนกันไปจนครบทุกองค์ประกอบ ซึ่งจะทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบความสัมพันธ์ของปัจจัยจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อปรากฏการณ์ในภาพรวม

ผลการทดลองจะชี้ให้เห็นว่าสมมติฐานถูกต้องหรือไม่ หากผลการทดลองสอดคล้องกับผลที่พยากรณ์โดยสมมติฐาน นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถสรุปได้ว่าสมมติฐานนั้น*ไม่ผิด* แต่หากผลการทดลองไม่เป็นไปตามที่พยากรณ์ นักวิทยาศาสตร์ก็จำเป็นต้องคิดหาสมมติฐานใหม่ และออกแบบการทดลองซ้ำเรื่อยไปจนกว่าจะค้นพบสมมติฐานที่สอดคล้องกับผลการทดลอง เมื่อผลการทดลองสรุปชี้ชัดว่าสมมติฐานเป็นจริง นักวิทยาศาสตร์จะสรุปผล และเรียบเรียงสมมติฐานเป็น*ทฤษฎี (Theory)* ซึ่งใช้อ้างอิงได้ และอธิบายปรากฏการณ์ลักษณะคล้ายคลึงกันได้

คุณสมบัติของทฤษฎีมีสองประการหลัก ๆ คือ *ทฤษฎีจะต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในอดีตได้ และทฤษฎีจะต้องสามารถพยากรณ์พฤติกรรมของปรากฏการณ์ในอนาคตได้อย่างแม่นยำ*

ทฤษฎีไม่ใช่สิ่งที่กำหนดตายตัว เพราะหากมีปรากฏการณ์ใดที่ทฤษฎีไม่สามารถอธิบายได้ หรือผลจากการพยากรณ์โดยทฤษฎีต่างจากสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ทฤษฎีนั้นๆ ก็จะถูกล้มเลิกไป โดยนักวิทยาศาสตร์จะพยายามหาทฤษฎีใหม่ที่สมบูรณ์กว่ามาแทนที่ การปรับเปลี่ยน แก้ไข หรือล้มล้างทฤษฎี เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นธรรมดาในวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น การเลิกล้มทฤษฎีที่เชื่อว่าโลกแบน หรือการปรับเปลี่ยนทฤษฎีที่เคยเชื่อกันว่าสสารประกอบด้วยธาตุทั้งสี่ คือ ดิน น้ำ ลม และไฟ เป็นทฤษฎีอะตอม เป็นต้น

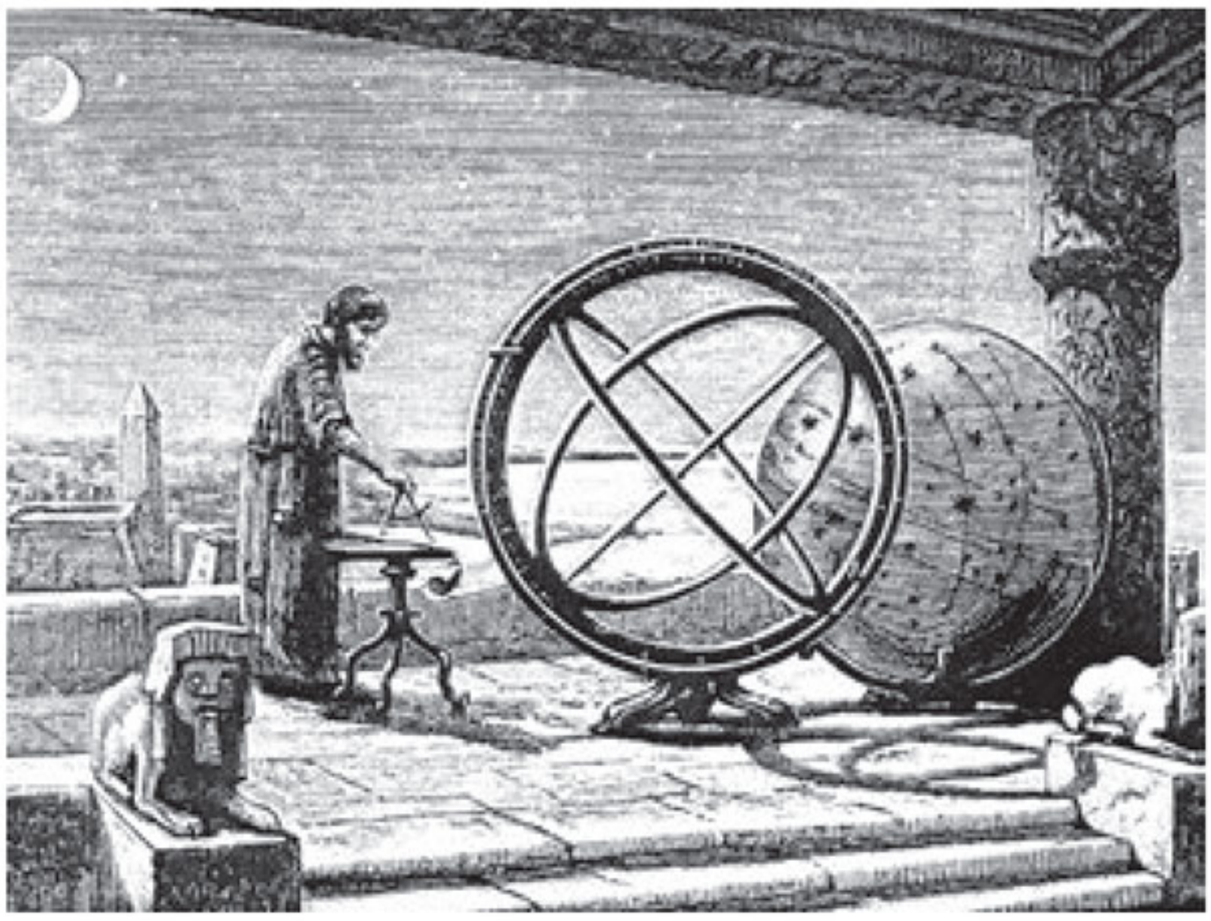
ผลผลิตของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ *องค์ความรู้ (Body of Knowledge)* ที่ช่วยแผ่ขยายขอบเขตแห่งความเข้าใจในธรรมชาติรอบตัวของเราออกไปไกลมากขึ้น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่เอื้อต่อการแผ่ขยายนี้อย่างยิ่ง เพราะนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่สามารถ "เดินทาง" ไปยังขอบเขตแห่งความเข้าใจ ณ เวลานั้นได้โดยการศึกษาทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อน เมื่อเดินทางไปถึงก็สามารถใช้ทฤษฎีที่มีประกอบกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเปิดพรมแดนแห่งความเข้าใจใหม่ ในการเปิดพรมแดนใหม่นี้จะมีการสังเกตพบความบกพร่องของทฤษฎีเก่าอยู่เสมอ ไม่ต่างจากการพบความบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจระหว่างการเดินทาง นักวิทยาศาสตร์จะแก้ไขทฤษฎีเก่าที่มีความบกพร่อง ปรับเปลี่ยนมุมมองที่มีอยู่ และก้าวเดินเสาะหาต่อไป

ดาราศาสตร์ และการศึกษาดาราศาสตร์

ดาราศาสตร์ (Astronomy) คือ สาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการค้นหาความจริงในจักรวาล

วิชาดาราศาสตร์นับเป็นวิชาที่เก่าแก่ที่สุดวิชาหนึ่ง ซึ่งเริ่มต้นขึ้นเมื่อมนุษย์คนแรกได้มองขึ้นไปบนท้องฟ้า และตั้งคำถามกับตนเองว่าดวงดาวจำนวนมากมายที่เห็นคืออะไร

วิชาดาราศาสตร์มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องควบคู่กับการเติบโตของอารยธรรมของมนุษย์ ตั้งแต่การศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้า เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลสำหรับวางแผนการเพาะปลูกของชาวเมโสโปเตเมียเมื่อ 3,000 ปีก่อนคริสตกาล หรือการศึกษาตำแหน่งดวงดาวของนักดาราศาสตร์อิสลาม เพื่อหาทิศทางที่แท้ของนครเมกกะจากสถานที่ใดๆ บนโลก แม้ว่าจุดประสงค์หลักของการศึกษาดาราศาสตร์ในระยะแรกจะไม่ได้เป็นไปเพื่อแสวงหาความเข้าใจในจักรวาลโดยตรง แต่องค์ความรู้ที่สะสมมาอย่างต่อเนื่องก็ได้เป็นรากฐานอันมั่นคงให้กับการศึกษาดาราศาสตร์ในปัจจุบัน



ห้องทำงานของนักดาราศาสตร์ในอดีต

งานของนักดาราศาสตร์โบราณส่วนใหญ่เป็นการหาตำแหน่งและศึกษาการเคลื่อนที่ของดวงดาว โดยมีอุปกรณ์ช่วยวัดมุมเป็นเครื่องมือ

ภาพด้านซ้าย คือ หอสังเกตการณ์ของฮิพพาร์คัส (Hipparchus, 190-120 ปีก่อนคริสตกาล) ที่เมืองอเล็กซานเดรีย (Alexandria) ประเทศอียิปต์

ฮิพพาร์คัสเป็นนักดาราศาสตร์คนแรกที่ได้วัดระยะห่างของดวงจันทร์ ทำฐานข้อมูลดาวฤกษ์และวัดคาบการส่ายของแกนโลก *(ภาพจากห้องสมุดมหาวิทยาลัยแห่งมลรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา)*

อุปสรรคสำคัญประการหนึ่งในการศึกษาวิชาดาราศาสตร์ มาจากการที่เราเป็นส่วนหนึ่งของจักรวาล ทำให้การมองเห็นภาพรวมเป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น การศึกษาดาราศาสตร์เพื่อค้นหากลไกที่แท้จริงจึงได้เริ่มต้นเมื่อประมาณ 400 ปีที่ผ่านมาเท่านั้น

ตั้งแต่ต้นคริสต์ศตวรรษที่ 17 เป็นต้นมา การพัฒนาองค์ความรู้ในวิชาดาราศาสตร์และการพัฒนาองค์ความรู้ในทางฟิสิกส์ ส่งผลให้เกิดสาขาวิชาใหม่ในช่วงศตวรรษที่ 18 คือ *วิชาฟิสิกส์ดาราศาสตร์ (Astrophysics)* ซึ่งใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์บนโลกอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ในอวกาศ

ปัจจุบัน นักดาราศาสตร์กลับได้ใช้ปรากฏการณ์บนท้องฟ้าเป็น *"ห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์"* เพราะในอวกาศอันกว้างใหญ่มีปรากฏการณ์มากมายที่ไม่พบในธรรมชาติบนโลก เช่น บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงนับร้อยล้านเคลวิน สำหรับศึกษาพฤติกรรมของสสารที่อุณหภูมิสูงยิ่งยวด หรือบริเวณที่มีสนามโน้มถ่วงสูงยิ่งยวดสำหรับทดสอบทฤษฎีสัมพัทธภาพ เป็นต้น

การศึกษาและวิจัยทางดาราศาสตร์ส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ขยายความสามารถของการสังเกตเพื่อเสาะหาปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติของดวงดาว ในการที่จะนำมาตั้งคำถามสำหรับเริ่มต้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสังเกตได้จากการที่วิชาดาราศาสตร์พัฒนาไปอย่างรวดเร็วหลังจากมีการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ตัวแรกขึ้นไม่นาน

นอกจากนักดาราศาสตร์จำเป็นต้องใช้จินตนาการอย่างมากในการมองท้องฟ้าที่ปรากฏเป็นสองมิติให้เป็นภาพที่มีความลึกเข้าไปแล้ว ความท้าทายที่สุดในการศึกษาดาราศาสตร์ คือ *การใช้วิธีการต่าง ๆ เจาะหาความจริงของวัตถุท้องฟ้าจากระยะไกล* เพราะแม้แต่ยานอวกาศที่เดินทางออกไปสำรวจไกลที่สุดในปัจจุบันยังเดินทางไปได้เพียง 14,000 ล้านกิโลเมตร ในขณะที่ดาวฤกษ์ดวงที่อยู่ใกล้โลกที่สุดอยู่ห่าง

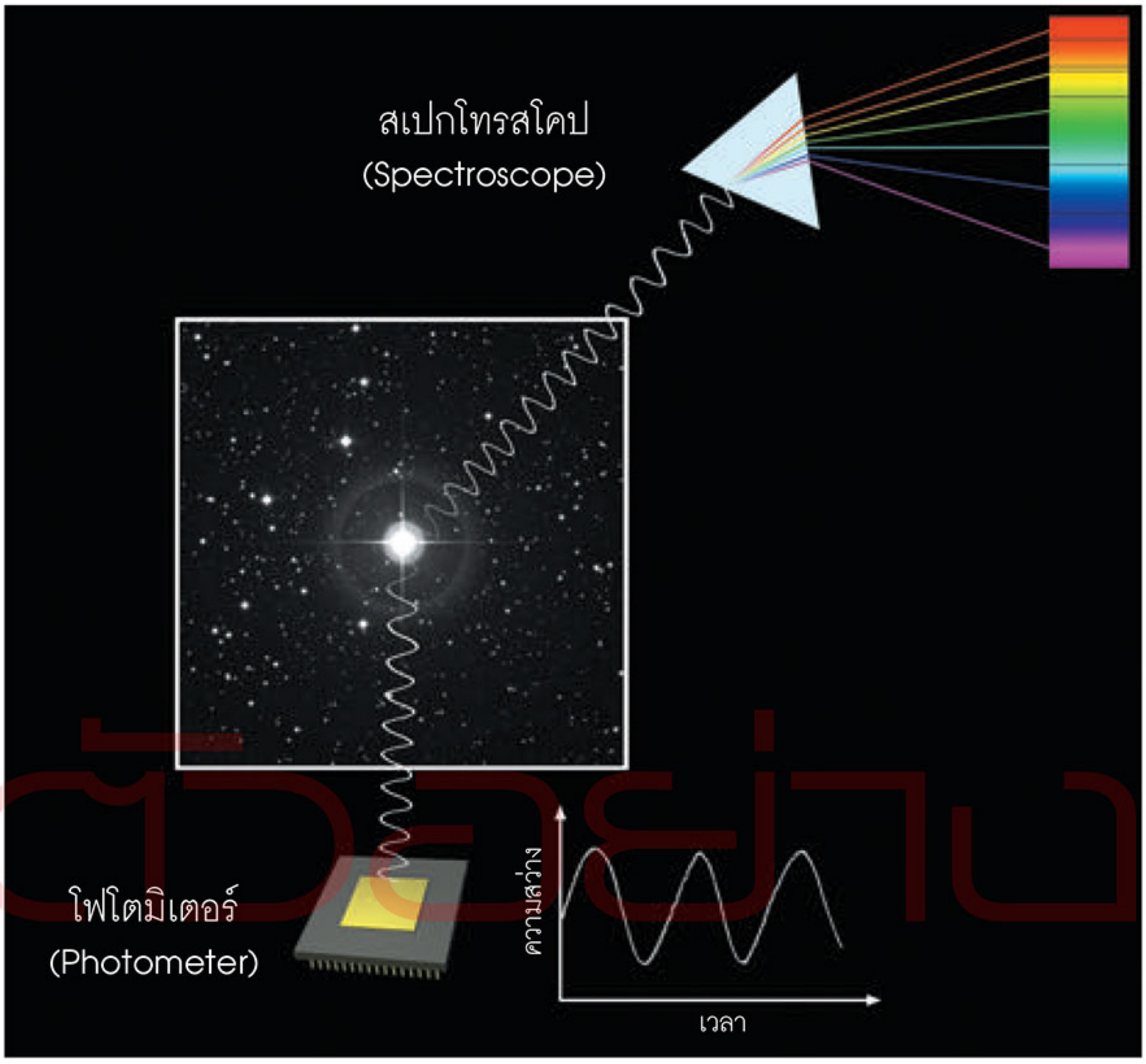
ออกไปถึง 40 ล้านล้านกิโลเมตร การเดินทางไปสำรวจบริเวณอื่นๆ ของจักรวาลจึงยังเป็นไปไม่ได้ในปัจจุบัน ส่งผลให้ความรู้ทางดาราศาสตร์เกือบทั้งหมดที่มีในขณะนี้ เช่น *วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กลไกของดาราจักร หรือการขยายตัวของจักรวาล* ฯลฯ ล้วนเป็นความรู้ที่ได้จากการสังเกตจากระยะไกล ทั้งสิ้น

ห้องทำงานของนักดาราศาสตร์ในปัจจุบัน

(ภาพซ้าย) กล้องโทรทรรศน์เค็ก (W. M. Keck Telescope, ด้านซ้ายของภาพ) และกล้องโทรทรรศน์ซูบารุ (Subaru Telescope, ด้านขวาของภาพ) เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกล้องโทรทรรศน์จำนวนกว่า 10 กล้อง บนยอดเขามอนาเคีย (Mauna Kea) มลรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นกลุ่มกล้องโทรทรรศน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก อันเป็นกำลังสำคัญในการผลักดันในการแผ่ขยายของ*ขอบเขตแห่งความเข้าใจ*ในปัจจุบัน *(ภาพอนุเคราะห์ โดย Robert Fosbury)*

(ภาพขวา) นักดาราศาสตร์และวิศวกรหลายสิบคนที่ศูนย์ควบคุม*กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล (Hubble Space Telescope)* มลรัฐแมริแลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา กำลังตรวจสอบความเรียบร้อยของกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ซึ่งโคจรสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์อยู่ที่ความสูง 600 กิโลเมตร เหนือพื้นโลก วิทยาการคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคมได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญในการทำงานของนักดาราศาสตร์ในปัจจุบัน *(ภาพอนุเคราะห์โดย STScI และ NASA)*

วิธีการที่ตรงไปตรงมาที่สุดในการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ คือ การสังเกตและบันทึกภาพผ่านกล้องโทรทรรศน์ ความสามารถในการรวมแสงและขยายรายละเอียดเล็กๆ ของกล้องโทรทรรศน์ ช่วยให้นักดาราศาสตร์สามารถสังเกตธรรมชาติของวัตถุท้องฟ้าจำนวนมากที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า นอกจากการบันทึกภาพธรรมดาแล้ว นักดาราศาสตร์ยังสามารถติดอุปกรณ์อื่นๆ เข้ากับกล้องโทรทรรศน์ เช่น *สเปกโทรสโคป (Spectroscope) หรือ โฟโตมิเตอร์ (Photometer)* เพื่อขยายผลการสังเกตให้ละเอียดลึกซึ้งยิ่งขึ้น นักดาราศาสตร์จึงสามารถศึกษาคาบการหมุนของดาวเคราะห์น้อยที่ขอบระบบสุริยะ อุณหภูมิพื้นผิวของดวงดาวที่อยู่ห่างออกไปนับพันปีแสง และธาตุองค์ประกอบของดาราจักรที่อยู่ห่างออกไปกว่าสองพันล้านปีแสงได้ โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางไปสำรวจเลย

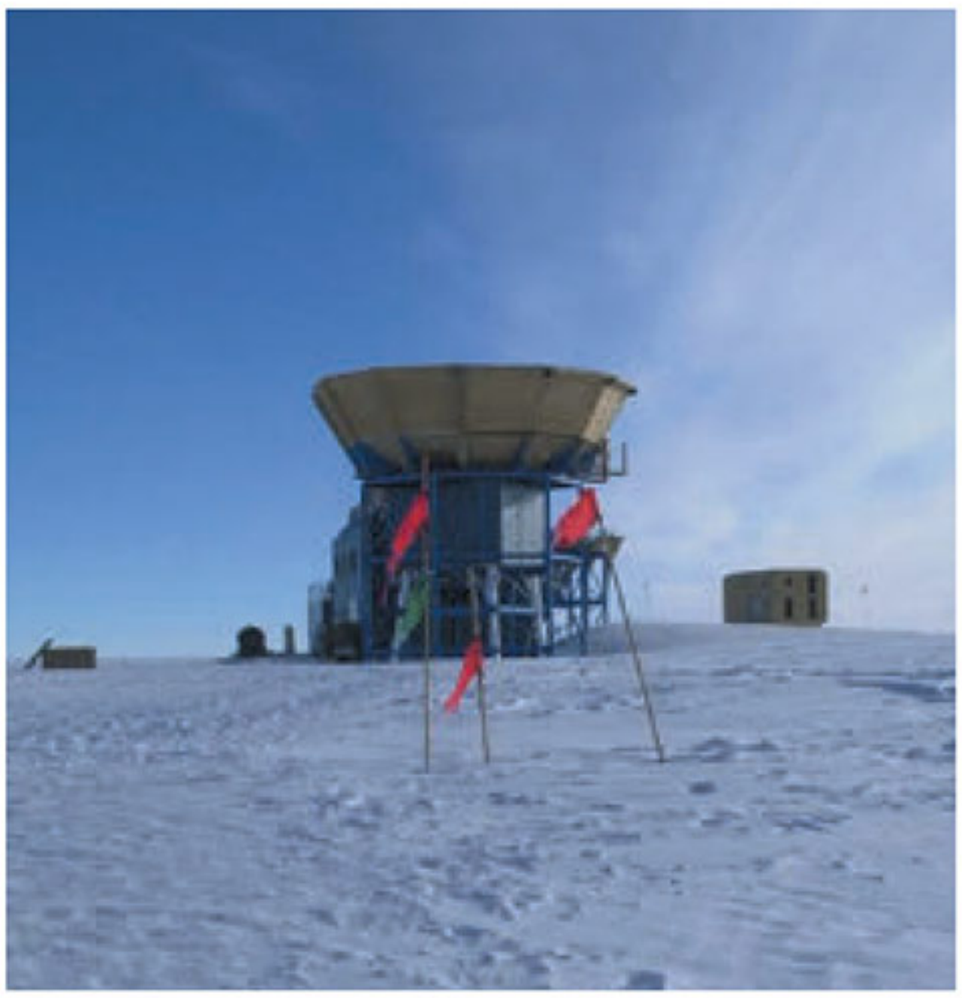


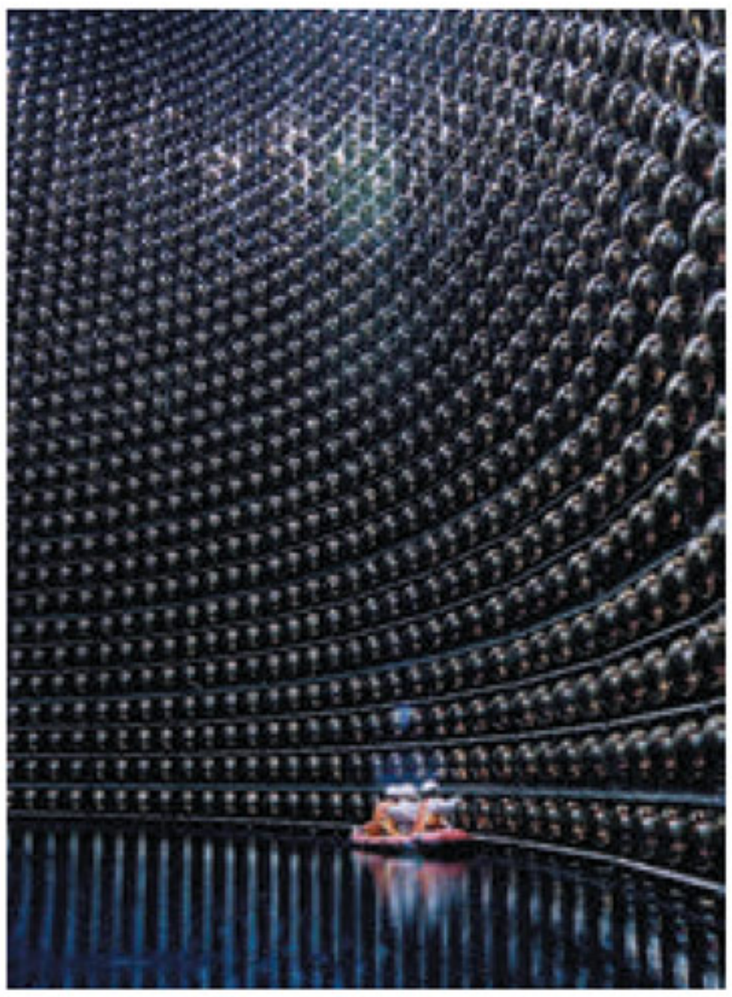
ข้อมูลจากแสงดาว

สองวิธีการหลักที่นักดาราศาสตร์ใช้ค้นหาข้อมูลจากแสงดาวที่ปรากฏเป็นจุดบนท้องฟ้า คือ การใช้ *สเปกโทรสโคป* และ *โฟโตมิเตอร์* ติดเข้ากับกล้องโทรทรรศน์เพื่อรับแสงดาวมาวิเคราะห์ หอดูดาวส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะมีอุปกรณ์ทั้งสองติดอยู่กับกล้องโทรทรรศน์เพื่อเตรียมพร้อมใช้งานตลอดเวลา

สเปกโทรสโคป ทำหน้าที่แยกแสงดาวออกเป็น*แถบสี หรือสเปกตรัม (Spectrum)* เพื่อวิเคราะห์ว่าแสงดาวประกอบด้วยแสงสีใด ที่ความเข้มมากน้อยเพียงใด การวิเคราะห์ลักษณะของสเปกตรัมจากวัตถุท้องฟ้า จะช่วยให้นักดาราศาสตร์ทราบข้อมูลอุณหภูมิ และธาตุองค์ประกอบที่ผิวของวัตถุท้องฟ้านั้น ๆ ได้ทันที

โฟโตมิเตอร์ ทำหน้าที่วัดความสว่างของวัตถุท้องฟ้า โดยการใช้ชิพรับแสง (CCD Detector) หรือหลอดรับแสง (Photomultiplier Tube) วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบด้วยความแม่นยำสูงมาก นักดาราศาสตร์จะเก็บข้อมูลเป็นเวลานานเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบของแสง (หากมี) และนำมาเขียนกราฟความเข้มแสง (Light Curve, กราฟตัวอย่างในภาพ) การวิเคราะห์กราฟความเข้มแสงช่วยให้นักดาราศาสตร์สามารถหาคาบการแปรแสงของดาวแปรแสง หรือคาบการหมุนรอบตัวของดาวเคราะห์น้อยได้ *(ภาพดาวจาก Digitized Sky Survey)*





นอกจากการสังเกตด้วยกล้องโทรทรรศน์ นักดาราศาสตร์ยังพัฒนาอุปกรณ์ในการเก็บรับข้อมูลจากท้องฟ้าในรูปแบบอื่นๆ มากมาย เช่น อุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ในภาพด้านบนทั้งสอง

อุปกรณ์ในภาพซ้าย มีชื่อว่า ***ดาซี (DASI)*** เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความแปรผันของ*การแผ่รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง (Cosmic Microwave Background)* เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีบิกแบง เพราะการแผ่รังสีนี้เป็นร่องรอยเพียงอย่างเดียวของลักษณะของจักรวาลขณะเพิ่งถือกำเนิดขึ้นเพียง 300,000 ปีที่ยังหลงเหลืออยู่ในปัจจุบัน

นักดาราศาสตร์จำเป็นต้องส่งอุปกรณ์นี้ไปที่ขั้วโลกใต้ เพราะต้องการสังเกตในเวลากลางคืนเป็นเวลานาน (ดวงอาทิตย์ไม่โผล่พ้นจากขอบฟ้าเลยตลอดระยะ 6 เดือนที่ขั้วโลกใต้) นอกจากนี้อากาศที่แห้งและค่อนข้างคงที่ของขั้วโลกใต้ยังเอื้อประโยชน์แก่การสังเกตอีกด้วย *(ภาพอนุเคราะห์โดย DASI, CARA และ NSF)*

อุปกรณ์ในภาพขวา คือ อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีคอสมิก***ซูเปอร์-กามิโอกันเด (Super-Kamiokande)*** ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสร้างขึ้นใต้ชั้นหินลึก 1 กิโลเมตร ในเหมืองเก่า อุปกรณ์นี้จำเป็นต้องอยู่ใต้ดินที่ลึกมากเนื่องจากต้องการให้มีแต่รังสีคอสมิกเท่านั้นที่แผ่ลงมาถึง เพราะรังสีคอสมิกมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูงมาก

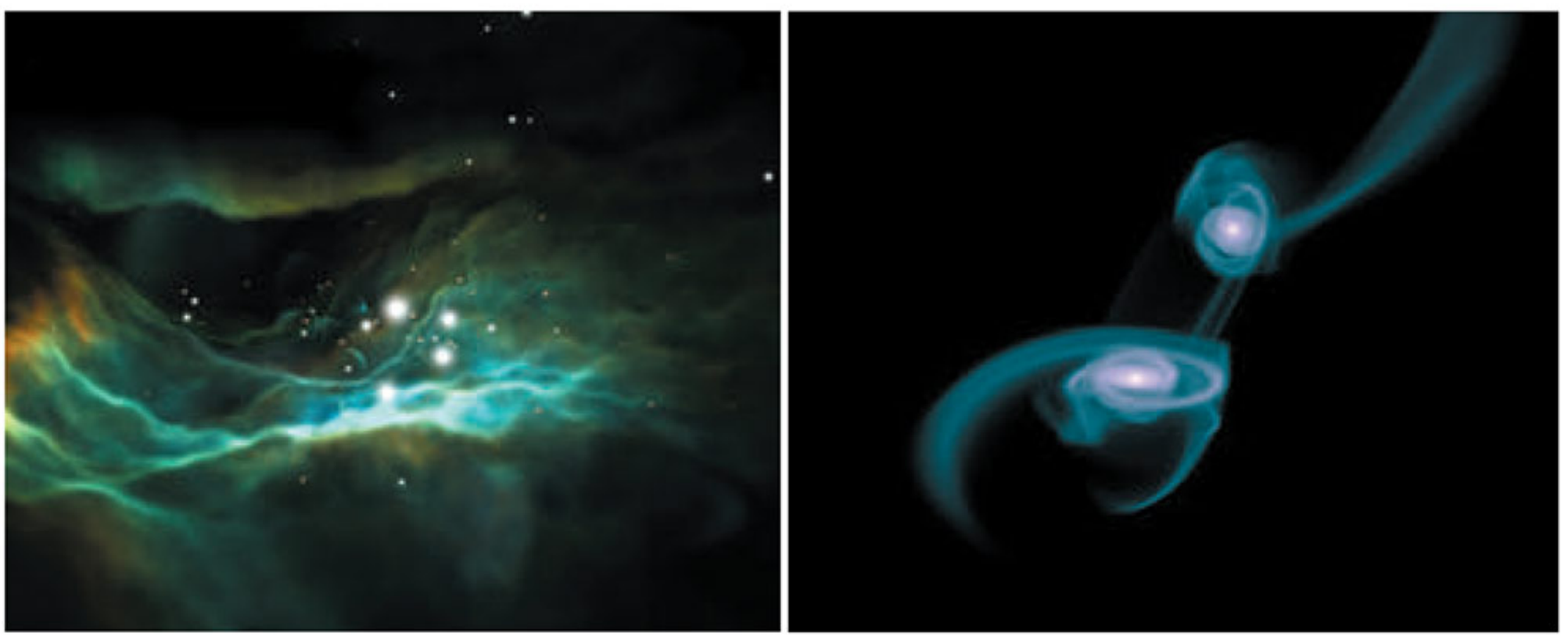
ซูเปอร์-กามิโอกันเด ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำที่บรรจุน้ำบริสุทธิ์ถึง 50,000 ตัน และรายล้อมด้วยหลอดรับแสงความไวสูงจำนวนถึง 11,200 หลอด (อุปกรณ์รูปทรงกลมที่ติดอยู่ตามผนังในภาพ) โดยคณะนักดาราศาสตร์ต้องการตรวจวัดแสงที่เรืองขึ้นขณะรังสีคอสมิกและอนุภาคพลังงานสูงเคลื่อนที่ผ่านน้ำในอ่าง

ในภาพ ผู้เชี่ยวชาญกำลังตรวจสอบความพร้อมของหลอดรับแสงรอบอ่างเก็บน้ำโดยใช้แพยางเป็นพาหนะ *(ภาพอนุเคราะห์โดย Kamioka Observatory, ICRR (Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo)*

หลังจากสามารถสังเกตและตั้งสมมติฐานทางดาราศาสตร์ได้เป็นที่เรียบร้อย ขั้นตอนต่อมาคือการทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ซึ่งนักดาราศาสตร์มักเผชิญกับข้อจำกัดอีกประการหนึ่ง เนื่องจากปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ส่วนใหญ่กินเวลานานมาก เช่น ดาวฤกษ์ใช้เวลารวมตัวประมาณ 10 ล้านปี ดวงอาทิตย์โคจรรอบดาราจักรทางช้างเผือกครบรอบในเวลา 250 ล้านปี หรือการชนกันของดาราจักรมักใช้เวลากว่า 1,000 ล้านปี จึงจะเข้าสู่เสถียรภาพ ฯลฯ นักดาราศาสตร์จึงไม่สามารถเฝ้าสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้

ข้อจำกัดดังกล่าวสามารถชดเชยได้ด้วยการศึกษาวัตถุท้องฟ้าจำนวนมาก และหาวัตถุสมบัติคล้ายคลึงกัน แต่วิวัฒนาการไปแล้วมากกว่าเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ตัวอย่างที่น่าสนใจ คือ การที่นักดาราศาสตร์สังเกตการ "เติบโต" ของดาวฤกษ์ในช่วงต่าง ๆ จากวัตถุท้องฟ้าจำนวนมาก เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ*การกำเนิดและชีวิตของดาวฤกษ์* (รายละเอียดในบทชีวิตดาว)

นอกจากการสังเกตวัตถุจำนวนมาก นักดาราศาสตร์ยังใช้*ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ (Supercomputer)* ความเร็วสูง ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลคำสั่งนับล้านล้านคำสั่งต่อวินาที ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้น เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐาน และตรวจสอบสภาวะแวดล้อมที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น *การคำนวณหาอุณหภูมิที่ศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ การจำลองสภาวะการณ์ในช่วงเสี้ยววินาทีแรกของการระเบิดของซูเปอร์โนวา* หรือ*การจำลองการชนกันของดาราจักร* เป็นต้น



ภาพจำลองทางดาราศาสตร์จากซูเปอร์คอมพิวเตอร์

(ภาพซ้าย) ภาพจำลองสามมิติของเนบิวลากลุ่มดาวนายพราน แสดงศูนย์กลางของเนบิวลาและดาวเกิดใหม่จำนวนมาก (ภาพเนบิวลากลุ่มดาวนายพรานที่สังเกตด้วยกล้องโทรทรรศน์อยู่ในบทชีวิตดาว) *(ภาพอนุเคราะห์โดย David R. Nadeau, Jon Genetti, Jon Meyer แห่ง San Diego Supercomputer Center, UCSD และ Carter Emmart, Erik Wesselak แห่ง Hayden Planetarium)*

(ภาพขวา) ภาพจำลองการชนกันของดาราจักรทางช้างเผือก และดาราจักรแอนโดรเมดา ในเวลา 3,700 ล้านปีข้างหน้า *(ภาพอนุเคราะห์โดย John Dubinski แห่ง University of Toronto)*

วิธีการที่กล่าวไปข้างต้นทั้งหมด เป็นตัวอย่างของวิธีการที่นักดาราศาสตร์ใช้เฟ้นหาความจริงจากจุดแสงริบหรี่มากมายบนท้องฟ้า ซึ่งได้ผลการศึกษาเป็นองค์ความรู้ทางดาราศาสตร์ที่ผู้เขียนได้รวบรวมไว้อย่างย่อในหนังสือเล่มนี้ อย่างไรก็ตาม ยังมีกลไกของธรรมชาติอีกมากมายที่อยู่นอกขอบเขตของความเข้าใจในปัจจุบันออกไป สาเหตุที่เรามั่นใจเช่นนั้น เพราะในที่สุดแล้วการค้นหาย่อมนำเรากลับมาสู่จุดเริ่มต้น คือ *ตัวของเราเอง*

มนุษย์มีแนวโน้มที่จะมองว่าตนเป็นศูนย์กลางของสิ่งแวดล้อมตั้งแต่อดีตกาล และ*ความไม่รู้*ก็ทำให้ความเชื่อในการมองดังกล่าวยังคงฝังแน่นในรากฐานทางความคิดเรื่อยมา แต่การศึกษาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ช่วยให้มนุษย์มีความเข้าใจกลไกของธรรมชาติในลักษณะที่เป็นจริง และได้ทราบถึงสถานะของตนในกรอบที่กว้างขึ้น

ในปี ค.ศ.1521 ที่เรือของแมกเจลแลนเดินทางรอบโลกได้สำเร็จ ชาวยุโรปยอมรับว่านครวาติกันไม่ใช่ศูนย์กลางของโลกอีกต่อไป

ในปี ค.ศ.1610 ที่กาลิเลโอใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องดูดาว เราได้เรียนรู้ว่าโลกของเราไม่ใช่ศูนย์กลางของระบบสุริยะหากแต่เป็นดวงอาทิตย์

ในปี ค.ศ.1920 ที่แชพลีย์ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของกระจุกดาวรอบดาราจักรทางช้างเผือก เราได้เรียนรู้ว่าดวงอาทิตย์ของเราไม่ใช่ศูนย์กลางของดาราจักร หากแต่ตำแหน่งศูนย์กลางที่แท้จริงอยู่ห่างออกไป 28,000 ปีแสง

ในปี ค.ศ.1936 ผลสรุปการศึกษาดาราจักรของฮับเบิล ทำให้เรารู้ว่าดาราจักรทางช้างเผือกของเราไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล และไม่ได้มีความพิเศษเหนือดาราจักรอื่นๆ อีกนับแสนล้านดาราจักรเลย

ณ วันนี้ เรารู้ว่าเอกภพทั้งหมดกำลังขยายตัวออก แม้ว่ายังไม่รู้ว่าการขยายตัวนี้จะนำไปสู่สถานะใด ยังไม่มีความรู้ว่าภายนอกเอกภพที่เรารู้จักคืออะไร และยังไม่อาจรู้ว่าเอกภพของเราเป็นศูนย์กลางของหมู่เอกภพอื่นๆ หรือไม่ แต่นักวิทยาศาสตร์ที่ยืนอยู่ *ณ สุดขอบแห่งความเข้าใจในจักรวาล* ก็พยายามทำทุกวิถีทางที่จะผลักดันให้ขอบเขตของความเข้าใจนี้แผ่ขยายออกไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ในวันพรุ่งนี้ เราจะมีความเข้าใจในจักรวาลมากขึ้น เราจะรู้จักตัวเองมากขึ้น และในวันหนึ่งเราจะเข้าใจถึงจุดประสงค์ที่แท้ของชีวิต

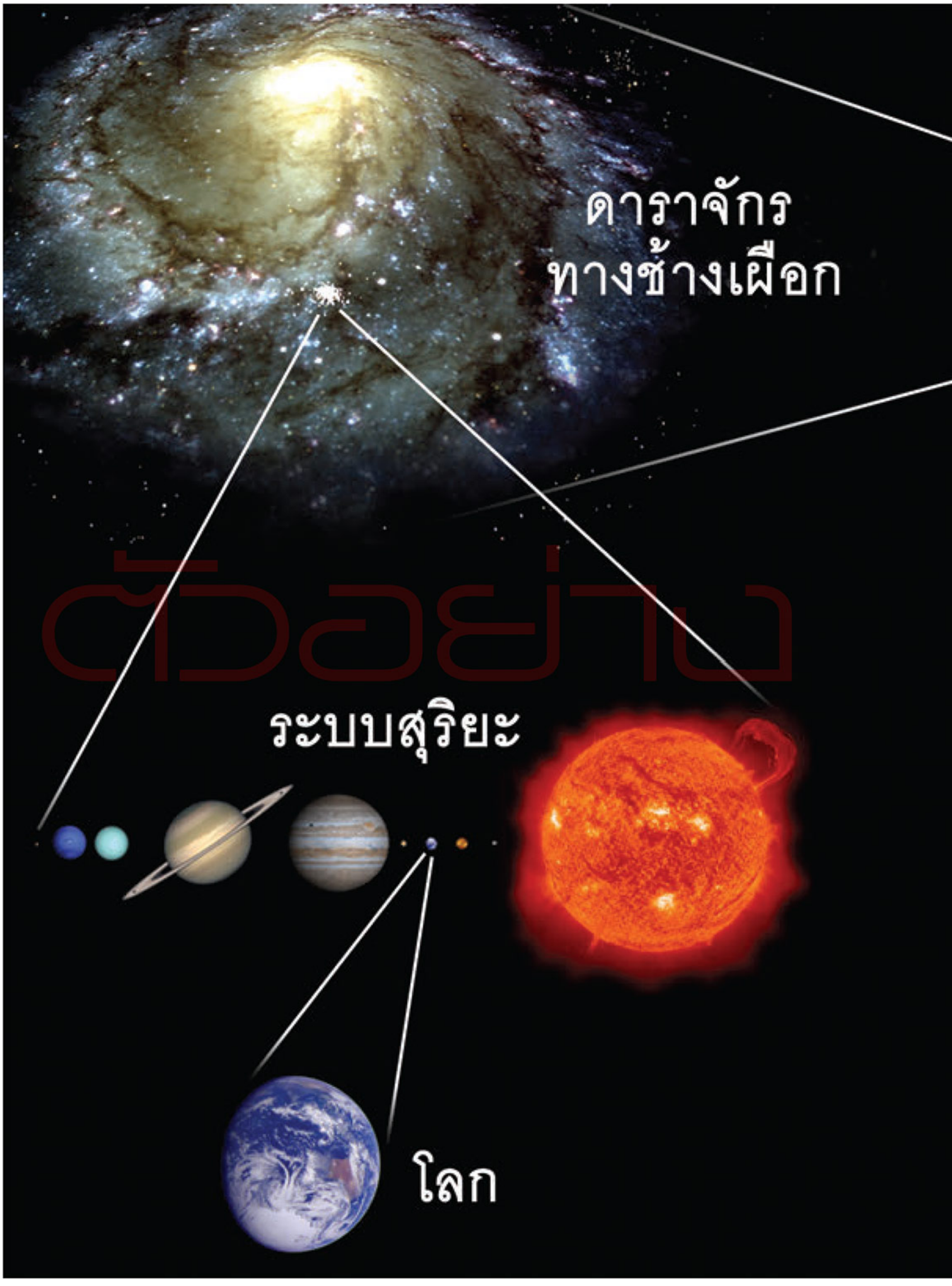
ข้างนอกมีอะไรบ้าง

ไปรษณียบัตรจากแดนไกล

ภาพของจักรวาลที่เรารู้จักในปัจจุบันมีโครงสร้างหลายระดับ คล้ายกับลักษณะการแบ่งระดับการปกครองในสังคมที่เราคุ้นเคย โดยในแต่ละระดับของโครงสร้างจักรวาลก็จะมีสมาชิก สภาวะแวดล้อมและธรรมชาติที่แตกต่างกันออกไป

โลกของเรา (The Earth) เป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งใน*ระบบสุริยะ (The Solar System)* ซึ่งประกอบด้วยดาวเคราะห์หลักเก้าดวงและมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ดวงอาทิตย์ของเราก็เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในจำนวนกว่าสองแสนล้านดวงใน*ดาราจักรทางช้างเผือก (The Milky Way Galaxy)* ดาราจักรทางช้างเผือกของเราก็เป็นดาราจักรดวงหนึ่งในจำนวนกว่าสามสิบดวงใน*กระจุกดาราจักรประจำถิ่น (The Local Group)* ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ*กระจุกดาราจักรยวดยิ่งเวอร์โก (The Virgo Supercluster)* และกระจุกดาราจักรเวอร์โก รวมทั้งกระจุกดาราจักรอื่น ๆ อีกมากมายจึงประกอบเป็นโครงสร้างโดยรวมของ*จักรวาล (The Universe)*

นักดาราศาสตร์คาดการณ์ว่า ในจักรวาลของเรามีดาราจักรประมาณ*แปดหมื่นล้านดาราจักร* ซึ่งจะมีจำนวนดาวฤกษ์รวมกัน*กว่าหนึ่งหมื่นล้านล้านล้านดวง* *หนึ่งในจำนวนนี้จะมีสิ่งมีชีวิตเช่นเราอยู่หรือไม่* *จักรวาลมีขอบเขตที่แน่นอนไหม* *หรือชีวิตบนโลกเกิดขึ้นได้อย่างไร* ล้วนเป็นคำถามที่นักดาราศาสตร์ต่างมุ่งมั่นเฟ้นหาข้อเท็จจริงจากแสงดาวริบหรี่อันเป็นประหนึ่งข่าวสารที่ร้อยเรียงส่งมาในไปรษณียบัตรจากแดนไกล


ดาราจักร
ทางช้างเผือก
ระบบสุริยะ
โลก

กระจุกดาราจักร
จักรวาล

กล้องโทรทรรศน์ และทัศนูปกรณ์

นับตั้งแต่ช่วงเวลากว่า 3,000 ปีก่อนคริสตกาล มาจนถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 17 นักดาราศาสตร์ใช้เพียงตาเปล่าเฝ้าสังเกตท้องฟ้าและบันทึกข้อมูลตำแหน่งของดาว งานของนักดาราศาสตร์เกือบทั้งหมดจึงเป็นการศึกษาดาราศาสตร์ในเชิงตำแหน่งของดวงดาวต่าง ๆ บนท้องฟ้าและการเคลื่อนที่ของดาวเท่านั้น อุปกรณ์ทางดาราศาสตร์ทั้งหมดในช่วงเวลานั้นเป็นเพียงอุปกรณ์ที่ช่วยวัดมุม หรือช่วยให้ใช้สายตากะเกณฑ์ตำแหน่งของดวงดาวให้แม่นยำได้มากขึ้น

การใช้ตาเปล่ามีข้อจำกัด เพราะดวงตาของมนุษย์มีรูม่านตาขนาดเพียงพอสำหรับกับการมองสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้เท่านั้น รูม่านตาเล็ก ๆ ของเราไม่สามารถรวมแสงได้มากเพียงพอเมื่อต้องการดูดาวหรือวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลและมีแสงสว่างน้อยมาก อีกทั้งยังไม่สามารถมองเห็นแสงจากวัตถุท้องฟ้าในหลายช่วงคลื่น เช่น อินฟราเรด อัลตราไวโอเลต หรือรังสีเอกซ์ นักดาราศาสตร์จึงจำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์และอุปกรณ์ถ่ายภาพต่าง ๆ ช่วยขยายขีดจำกัดในการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์แทบทุกสาขา

ในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 17 มีการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ตัวแรกขึ้น กล้องโทรทรรศน์ได้เปิดประตูไปสู่ยุคใหม่ของการศึกษาดาราศาสตร์ ที่นักดาราศาสตร์เห็นและเข้าใจธรรมชาติที่แท้จริงของวัตถุท้องฟ้าและจักรวาล ความเข้าใจนี้เองได้ช่วยผลักดันให้เกิดการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 17 ซึ่งเปลี่ยนวิถีทางของวิทยาศาสตร์ และวิถีชีวิตของมนุษยชาติไปโดยสิ้นเชิง

กล้องโทรทรรศน์ใช้รวมแสง

หน้าที่หลักของกล้องโทรทรรศน์ (Telescope) มิใช่การขยายภาพดังที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ หากแต่เป็น*การรวมแสง*ให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถมองเห็นวัตถุท้องฟ้าที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

วัตถุท้องฟ้าที่มีภาพตื่นตาตื่นใจปรากฏอยู่ตามหน้าหนังสือส่วนใหญ่มักจะมีขนาดปรากฏ[1]บนท้องฟ้าใหญ่มากจนคาดไม่ถึง แต่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเพียงเพราะว่าวัตถุเหล่านั้นมีความสว่างน้อยเกินไป กำลังขยายที่จะขยายให้ภาพใหญ่ขึ้นจึงไม่ใช่สิ่งจำเป็นมากนักและไม่ใช่ปัญหาหลักในการสังเกตทางดาราศาสตร์ สิ่งที่นักดาราศาสตร์ต้องการจากกล้องโทรทรรศน์ คือ *กำลังรวมแสง (Light Gathering Power)*

---

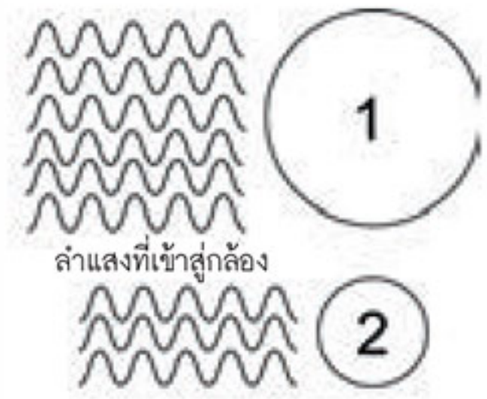
[1] Apparent Size หรือ Angular Size (ขนาดเชิงมุม) รายละเอียดเกี่ยวกับขนาดปรากฏสามารถอ่านได้จากภาคผนวก ก-5

ภาพแสดงอัตราส่วนจริงบนท้องฟ้าของเนบิวลากลุ่มดาวนายพราน (M 42) ดวงจันทร์เต็มดวง และดาราจักรแอนโดรเมดา (M 31) สังเกตว่าจริง ๆ แล้ววัตถุทั้งสองมีขนาดปรากฏใหญ่กว่าดวงจันทร์มากแต่ตาของเรามีความสามารถในการรับแสงไม่พอ จึงไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนเหมือนในภาพ *(ภาพ M 42 และ M 31 อนุเคราะห์โดย Robert Gendler, ภาพถ่ายดวงจันทร์โดยผู้เขียน)*

กล้องโทรทรรศน์ทำหน้าที่รวมแสงจากพื้นที่ทั้งหมดของหน้ากล้องมาสร้างภาพที่สว่างมากขึ้น จึงทำหน้าที่เสมือนช่วยเพิ่มพื้นที่รับแสงของรูม่านตาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากสมการพื้นที่ผิวของวงกลม[2]:

$$\text{พื้นที่รับแสงของกล้อง} = \pi \times \text{รัศมีหน้ากล้อง}^2$$

จะสังเกตว่ากล้องที่มีขนาดใหญ่กว่ากันสองเท่าจะมีความสามารถในการรับแสงมากกว่ากันถึงสี่เท่า ดังนั้น สิ่งสำคัญที่สุดของกล้องโทรทรรศน์ก็คือขนาดของหน้ากล้อง ยิ่งมีขนาดใหญ่ ก็ยิ่งรับแสงได้มาก และภาพก็จะยิ่งมีความคมชัดสูง อีกทั้งมีความสามารถส่องสังเกตวัตถุที่มีความสว่างน้อยมากได้



ความสามารถในการรับแสงของกล้องโทรทรรศน์ แปรตามค่ากำลังสองของรัศมีหน้ากล้อง

ตัวอย่างเช่น ขนาดของหน้ากล้องหมายเลข (1) ในภาพด้านซ้าย มีรัศมีมากกว่ากล้องหมายเลข (2) สองเท่า กล้องหมายเลข (1) จึงมีความสามารถในการรับแสงมากกว่ากล้องหมายเลข (2) เท่ากับ 2^2 เท่า หรือ 4 เท่า

กล้องหมายเลข (1) สามารถใช้สังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ได้ดีกว่ากล้องหมายเลข (2) เนื่องจากมีความสามารถในการรวมแสงจากวัตถุจาง ๆ ได้มากกว่า

[2] หมายเหตุ: π มีค่าประมาณ 3.142

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง (Refracting Telescope) เป็นกล้องโทรทรรศน์ประเภทแรกที่ได้รับการคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ.1608 โดย ฮานส์ ลิเพอร์ชี (Hans Lippershey) ช่างทำแว่นชาวฮอลแลนด์ ซึ่งค้นพบคุณสมบัติการขยายภาพเมื่อนำเลนส์นูนสองชิ้นมาเรียงกันในระยะที่เหมาะสม ต่อมา กาลิเลโอ กาลิเลอี (Galileo Galilei) เป็นบุคคลแรกที่ริเริ่มนำกล้องมาใช้สังเกตดวงดาวเมื่อปี ค.ศ.1609

หลักการทั่วไปของกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

ใช้เลนส์สองชิ้น คือ *เลนส์วัตถุ (Objective Lens)* ซึ่งเป็นเลนส์นูนที่อยู่หน้ากล้อง (ใกล้วัตถุมากกว่า) ทำหน้าที่หักเหแสงมารวมกันที่จุดโฟกัส และ *เลนส์ตา (Eyepiece)* อยู่หลังจุดโฟกัสของเลนส์วัตถุมาเล็กน้อย ทำหน้าที่ขยายภาพให้ผู้สังเกต

ส่วนประกอบและทางเดินแสงของกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงจะค่อนข้างยาว (กล้องที่เห็นเป็นท่อยาว ๆ โดยมากจะเป็นกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง) เพราะความยาวของกล้องเท่ากับความยาวของเลนส์วัตถุและเลนส์ตาบวกกัน

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงให้ภาพคมชัดที่สุดและสว่างที่สุดในบรรดากล้องทุกประเภทหากมีขนาดหน้ากล้องเท่ากัน เพราะในตัวกล้องไม่มีส่วนประกอบใดกั้นทางเดินแสงเลย และแสงจะเดินทางผ่านตัวกล้องทางเดียวเท่านั้น (ต่างจากกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ที่จะสะท้อนไปมา) ในกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงคุณภาพสูง แสงจะเดินทางผ่านตัวกล้องได้มากกว่า 99% โดยมีเพียงไม่ถึง 1% เท่านั้นที่ถูกดูดกลืนไปโดยเลนส์

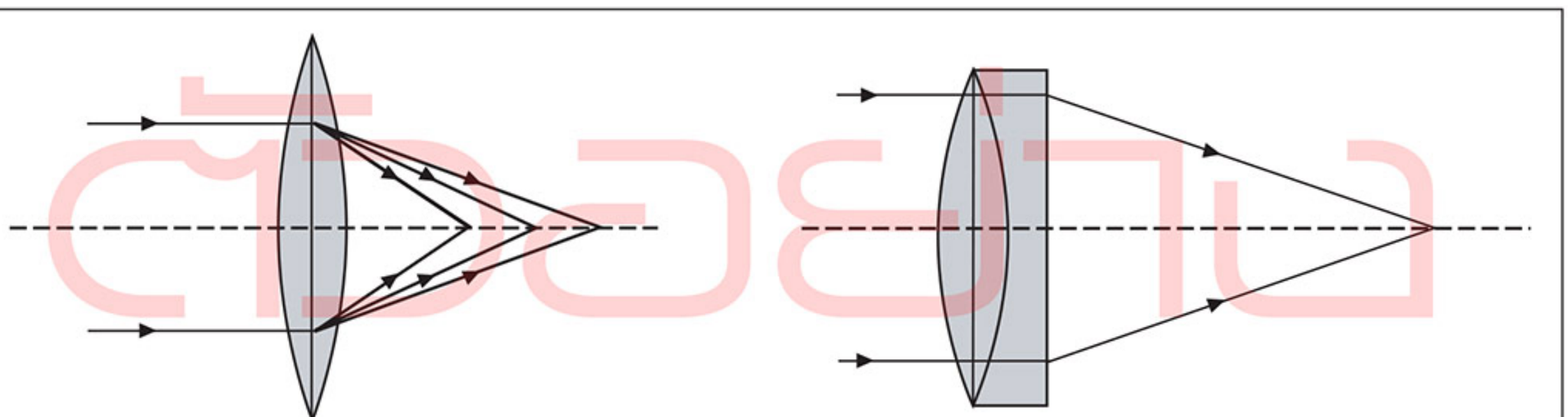
ภาพดาวที่บันทึกด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงจะมีลักษณะเป็นจุดกลมที่สมบูรณ์และคมชัดมาก นอกจากนี้กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงมีเลนส์ทั้งบริเวณหน้ากล้องและท้ายกล้อง จึงมีโอกาสที่จะมีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกเข้าไปได้น้อย การดูแลรักษาทำได้ง่าย และการที่เลนส์ยึดอยู่กับตัวท่อของกล้องอย่างมั่นคง ทำให้กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงไม่มี*ปัญหาความคลาดเคลื่อนของการวางตัวของระบบเลนส์ (Optical Alignment)* ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในกล้องโทรทรรศน์ประเภทอื่น ๆ

ข้อจำกัดของกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

● ประการแรก เลนส์นูนที่ใช้เป็นเลนส์วัตถุจะมี*ปัญหาความคลาดรงค์ (Chromatic Aberration)* ซึ่งเกิดจากการที่แสงความยาวคลื่นต่างกัน (สีต่างกัน) จะหักเหผ่านเลนส์เป็นมุมไม่เท่ากันและโฟกัสที่จุดต่างๆ กัน ไม่รวมเป็นจุดเดียว ภาพที่สังเกตผ่านกล้องจึงมีสีรุ้งอยู่ทั่วไปและไม่ชัดเจนนัก

ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการสร้างเลนส์เว้าประกบเข้าไปกับเลนส์วัตถุเพื่อปรับจุดโฟกัสของแสงสีต่างๆ ให้อยู่ที่จุดเดียวกัน โดยระบบเลนส์ใหม่นี้เรียกว่า *เลนส์อรงค์ (Achromatic Lens)* แปลว่า *"ไม่มีสี"* เพราะปัญหาสีรุ้งในภาพจะลดน้อยลงจนแทบสังเกตไม่เห็น

วิธีการใช้เลนส์อรงค์สร้างกล้องเป็นวิธีที่ค่อนข้างใหม่ (ตั้งแต่ปี ค.ศ.1756 เป็นต้นมา) ในสมัยของกาลิเลโอหรือนิวตัน นักดาราศาสตร์พยายามแก้ปัญหาความคลาดสีโดยการใช้เลนส์วัตถุความยาวโฟกัสยาวมากๆ ทำให้ปัญหาความคลาดสีปรากฏให้เห็นน้อยลง ซึ่งก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยได้ แต่ตัวกล้องจะมีความยาวหลายสิบเมตรทำให้สังเกตได้ไม่คล่องตัวนัก



ความคลาดรงค์ และเลนส์อรงค์

ความคลาดรงค์ เกิดจากธรรมชาติของแสงที่หักเหผ่านเลนส์ ซึ่งแสงแต่ละความยาวคลื่นจะรวมกันที่จุดโฟกัสต่างกัน **(ภาพซ้าย)** ปัญหาความคลาดรงค์สามารถแก้ไขได้โดยติดเลนส์เว้าอีกชิ้นหนึ่งเข้ากับเลนส์นูน ซึ่งจะช่วยให้แสงต่างช่วงคลื่นมารวมกันที่จุดเดียวกัน เลนส์คู่นี้มีจึงมีชื่อเรียกว่า *เลนส์อรงค์* **(ภาพขวา)**

● ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งของกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง คือ *แสงแต่ละความยาวคลื่นจะถูกดูดกลืนไปโดยเลนส์ไม่เท่ากัน* และแสงบางช่วงคลื่น เช่น รังสีอัลตราไวโอเลตจะไม่สามารถผ่านเลนส์แก้วได้เลย หรือถูกดูดกลืนไปทั้งหมด นักดาราศาสตร์จึงไม่สามารถใช้กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงสังเกตวัตถุท้องฟ้าในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลตได้

● ข้อจำกัดประการสุดท้าย คือ กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงมีราคาแพงมาก เมื่อเทียบกับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงที่มีขนาดเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อนของการขัดเลนส์สำหรับสร้างกล้อง (การขัดเลนส์สำหรับกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงจำเป็นต้องขัดผิวแก้ว

ทั้งสองด้าน ในขณะที่การขัดกระจกสำหรับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงจะขัดเพียงด้านเดียวเท่านั้น) อีกทั้งแก้วที่เลือกใช้เป็นวัสดุจะต้องเป็นแก้วคุณภาพสูงที่ปราศจากตำหนิใดๆ กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงส่วนใหญ่ในท้องตลาดจึงมีขนาดไม่เกิน 4-5 นิ้ว

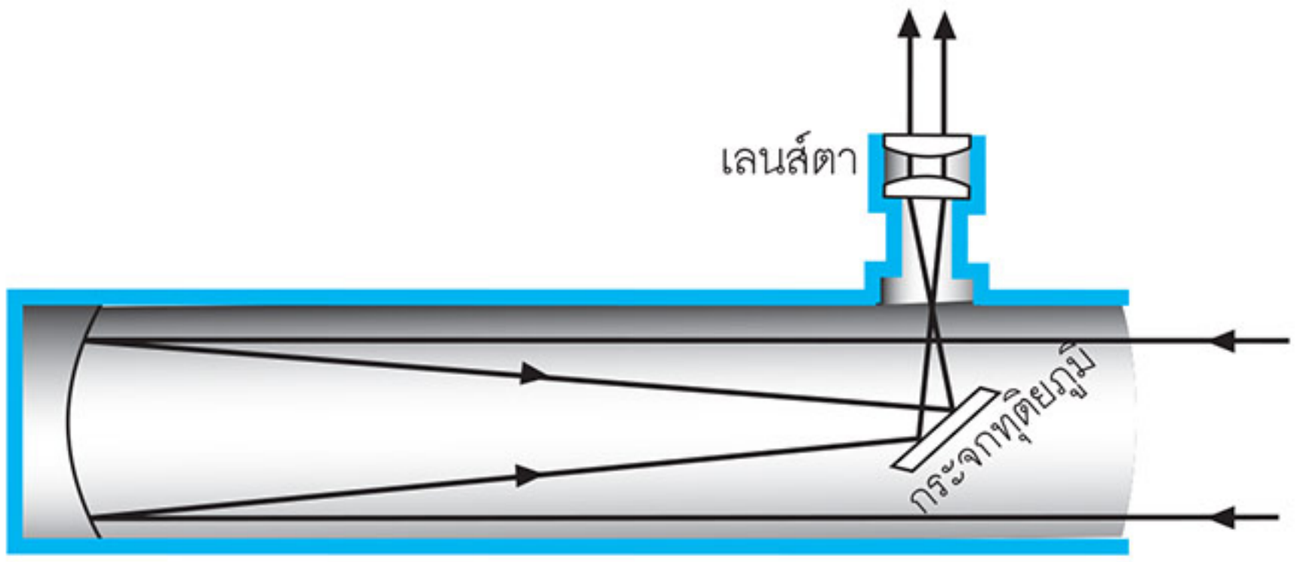
กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงที่ใหญ่ที่สุดในโลกตั้งอยู่ที่หอดูดาวเยอร์คส์ (Yerkes Observatory) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีขนาดหน้ากล้อง 1.02 เมตร (40 นิ้ว) และมีความยาวกล้อง 19.2 เมตร

กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง

หลังจากกาลิเลโอเริ่มสำรวจ*จักรวาล*ด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงได้ไม่นาน ความต้องการกล้องขนาดใหญ่เพื่อใช้รวมแสงจากวัตถุที่มีแสงริบหรี่ก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผนวกกับข้อจำกัดต่างๆในการสร้างกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงขนาดใหญ่ จึงมีผู้พยายามคิดค้นวิธีสร้าง*กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง (Reflecting Telescope)* ในปี ค.ศ. 1663 เจมส์ เกรกอรี (James Gregory) นักคณิตศาสตร์ชาวสกอต ได้ออกแบบกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขึ้นเป็นครั้งแรก แต่ในเวลานั้นเกรกอรีไม่สามารถหาช่างขัดกระจกที่มีความสามารถพอจะขัดกระจกโค้งตามแบบได้ จึงยังไม่มีการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขึ้นอย่างจริงจัง จนกระทั่ง เซอร์ ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) ออกแบบและประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงของเขาขึ้นในปี ค.ศ. 1668 และเสนอต่อราชบัณฑิตยสภาของอังกฤษในเดือนมกราคมปี ค.ศ.1672

หลักการทั่วไปของกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง

กล้องแบบดั้งเดิมของนิวตันใช้กระจกโค้งที่ท้ายกล้อง สะท้อนแสงที่เข้าสู่กล้องให้มารวมกันที่จุดโฟกัส โดยกระจกโค้งที่ใช้รวมแสงนี้เรียกว่า *กระจกปฐมภูมิ (Primary Mirror)* จากนั้นแสงจะถูกสะท้อนออกจากแนวของกล้องด้วย*กระจกทุติยภูมิ (Secondary Mirror)* ซึ่งเป็นกระจกราบ เข้าสู่เลนส์ตาเพื่อขยายภาพให้สังเกตได้คล้ายกับกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

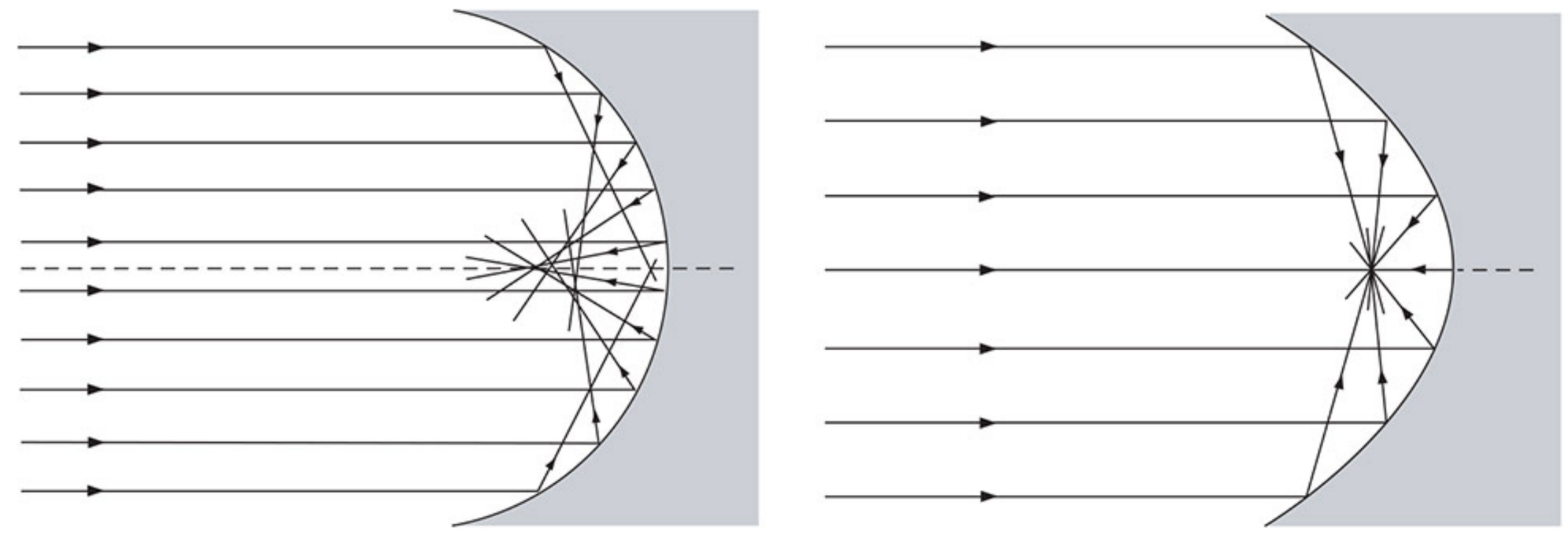


กระจกปฐมภูมิ

กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง

(ภาพซ้าย) ส่วนประกอบและทางเดินแสงของกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง **(ภาพขวา)** กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงต้นแบบที่สร้างขึ้นโดย เซอร์ ไอแซก นิวตัน เมื่อปี ค.ศ.1672 แผ่นกระจกด้านข้างของกล้องเป็นกระจกที่นิวตันใช้ในกล้องต้นแบบของนิวตัน ซึ่งปัจจุบันได้เสื่อมสลายไปตามกาลเวลา

กล้องในสมัยของนิวตัน ความโค้งของกระจกที่ใช้เป็นความโค้งแบบผิวทรงกลม (Spherical Curvature) ซึ่งจะประสบ*ปัญหาความคลาดทรงกลม (Spherical Aberration)* ทำให้ภาพของวัตถุที่เป็นวงกลมเห็นเป็นวงรี ในปัจจุบันปัญหานี้แก้ได้โดยขัดกระจกให้โค้งเป็นรูปพาราโบลา (Parabolic Curvature) ซึ่งจะทำให้แสงทุกสีสะท้อนไปโฟกัสที่จุดเดียวกัน กล้องสะท้อนแสงส่วนใหญ่จึงใช้กระจกที่มีพื้นผิวรูปพาราโบลา

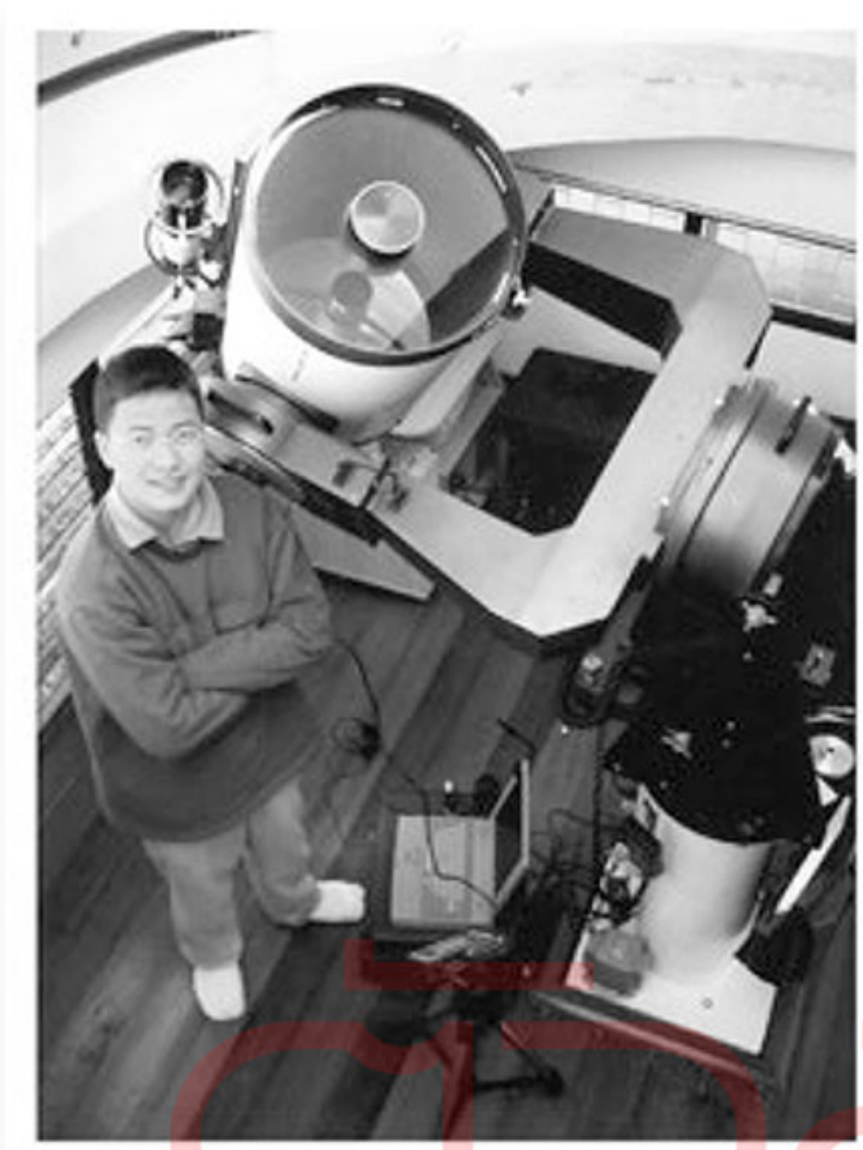


กระจกโค้งแบบผิวทรงกลม กระจกโค้งรูปพาราโบลา

ความคลาดทรงกลม

ธรรมชาติของแสงที่สะท้อนกับกระจกโค้งที่มีความโค้งแบบผิวทรงกลม **(ภาพซ้าย)** จะไม่รวมกันที่จุดเดียว ภาพที่ได้จึงเกิด*ความคลาดทรงกลม* ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้กระจกที่มีความโค้ง*แบบพาราโบลา* **(ภาพขวา)** ซึ่งแสงที่ตกกระทบจะสะท้อนไปรวมที่จุดเดียวกัน

เกี่ยวกับผู้เขียน



(ภาพบันทึกโดย ธรรมนิตย์ พิพัฒน์ศิลี)

เมื่ออายุได้ 3 ปี วิภู รุโจปการ มีความกลัวภาพของดวงจันทร์ในเวลากลางคืนเป็นอย่างมาก คุณพ่อและคุณแม่จึงได้นำหนังสือ *ปรากฏการณ์ธรรมชาติ* ของอาจารย์สิงโต ปุกหุต มาอ่านให้ฟังเสมือนเป็นนิทานก่อนนอน ด้วยความหวังว่าข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้วิภูสามารถมองดวงจันทร์ด้วยมุมมองใหม่ได้

ไม่เพียงความกลัวภาพของดวงจันทร์หมดไปในเวลาอันสั้น ความกลัวนั้นได้แปรเป็นความสนใจใคร่รู้ในธรรมชาติของปรากฏการณ์บนท้องฟ้า รวมทั้งปรากฏการณ์ต่างๆรอบตัว นับแต่นั้นมา วิภูได้หาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวิชาดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์กายภาพมาอย่างต่อเนื่อง

ในปี พ.ศ.2539 ขณะศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ณ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฯ วิภูได้เข้าร่วมงานศึกษาและเผยแพร่วิชาดาราศาสตร์กับ*หอดูดาวเกิดแก้ว* จังหวัดกาญจนบุรี (www.kirdkao.org) โดยได้ใช้เวลาว่างจากการเรียนปฏิบัติหน้าที่ผู้ควบคุมกล้องโทรทรรศน์ ผู้ดูแลเว็บไซต์ของหอดูดาว และผู้บรรยายทางดาราศาสตร์เบื้องต้น

หลังจากจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา (พญาไท) ในปี พ.ศ. 2544 วิภูได้เข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนที่จะได้รับทุน *โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.)* ของ *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)* เพื่อศึกษาต่อในสาขาวิชาฟิสิกส์และดาราศาสตร์ ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในระดับปริญญาตรี-ปริญญาเอก

หนังสือเล่มนี้เป็นงานเขียนที่รวบรวมข้อรู้ที่ได้ศึกษาและสะสมมาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งข้อคิดจากการบรรยายต่าง ๆของวิภูตลอดระยะเวลา 7 ปี เข้าด้วยกัน

ท่านสามารถติดต่อ วิภู ได้ทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ที่ *wiphu@kirdkao.org*