

บทที่ 5

กล้องโทรทรรศน์

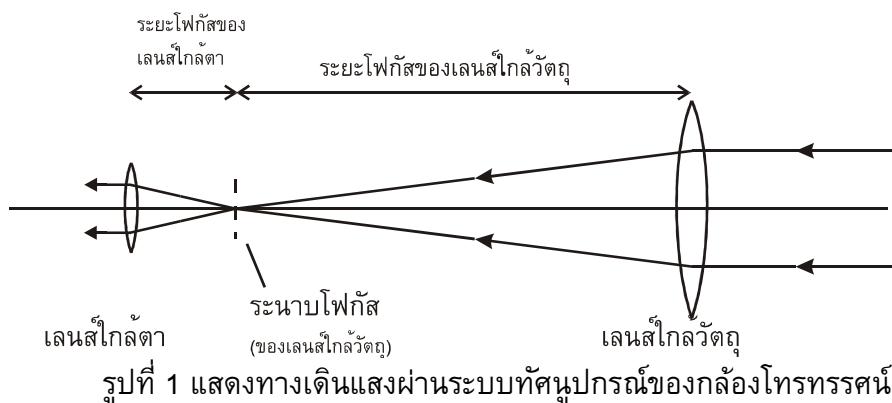
ก่อนศตวรรษที่ 17 การสังเกตทางดาราศาสตร์อาศัยตาเปล่า และเครื่องกลช่วยในการวัดมุม ต่อมาในประเทศฮอลแลนด์ได้มีผู้ประดิษฐ์กล้องส่องทางไกลขึ้น จากนั้นในปี ค.ศ.1609 กาลิเลโอ กาลิเลอี ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ดูดาวขึ้นเป็นครั้งแรก นับเป็นการเปลี่ยนแปลงวงการดาราศาสตร์ที่สำคัญยิ่ง จนมาถึงปลายศตวรรษที่ 19 ภาพวัตถุท้องฟ้าจากกล้องโทรทรรศน์จึงถูกบันทึกได้บนกระจก ออบนํ้ายาถ่ายภาพ และเพียงไม่กี่สิบปีมานี้เองที่เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาแทนที่ฟิล์ม ปัจจุบันด้วยกล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัลที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาดช่วยให้การถ่ายภาพจากกล้องโทรทรรศน์สะดวกมากขึ้น ทุกวันนี้นักดาราศาสตร์ได้ขยายขอบเขตของการสังเกตไปสู่ความยาวคลื่นอื่น ๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านับตั้งแต่ความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดย่านรังสีแกมมาถึงช่วงที่ยาวที่สุดของคลื่นวิทยุ

1. หน้าที่ของกล้องโทรทรรศน์

สำหรับผู้สังเกตบนโลกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านแสงที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าสะดวกที่จะศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้อุปกรณ์ทัศนศาสตร์ โดยทำหน้าที่ที่สำคัญ 3 อย่าง คือ

- ก. สะสมแสงจากวัตถุท้องฟ้า เพื่อให้ศึกษาแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีแสงน้อยได้
- ข. ทำหน้าที่เพิ่มขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุ และเพิ่มกำลังแยกภาพ
- ค. ใช้วัดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า

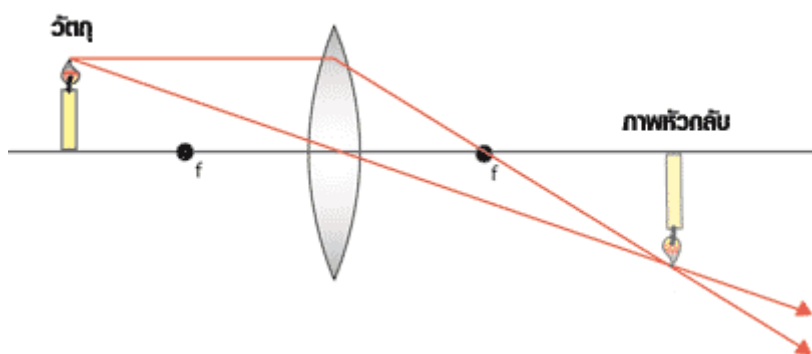
หน้าที่ผิวของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการรวบรวมแสงมีทั้งที่เป็นเลนส์และกระจก ทำให้แบ่งชนิดของกล้องโทรทรรศน์ได้เป็นสามชนิดคือ กล้องหักเหแสง (Refractors) กล้องสะท้อนแสง (reflectors) และกล้องโทรทรรศน์แบบผสม (Catadioptrics) กล้องโทรทรรศน์ทั้งสามชนิดนี้มีหลักการของทางเดินแสงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 1 คือ มีเลนส์ใกล้วัตถุทำหน้าที่รับแสงดาวแล้วรวมแสงนั้นให้เกิดภาพที่ระนาบโฟกัส เลนส์นี้จะเป็เลนส์นูน ในกล้องหักเหแสง แต่จะเป็นกระจกเว้าในกล้องสะท้อนแสง ภาพที่เกิดขึ้นสามารถขยายให้เห็นรายละเอียดได้ด้วยเลนส์ใกล้ตา โดยที่ระยะระหว่างเลนส์ใกล้ตาและระนาบโฟกัสสามารถปรับได้เพื่อให้ได้ภาพชัดเจน ส่วนกล้องโทรทรรศน์แบบผสมจะใช้หลักการของการหักเหแสงและสะท้อนแสงจากเลนส์และกระจกที่ประกอบเป็นตัวกล้อง



2. หลักการเบื้องต้นของกล้องโทรทรรศน์

อุปกรณ์ที่สำคัญของกล้องโทรทรรศน์คือ “เลนส์นูน” มีหน้าที่รวมแสงให้มาตกที่ “จุดโฟกัส” (focus) เราเรียก ระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของเลนส์กับจุดโฟกัสว่า “ความยาวโฟกัส”

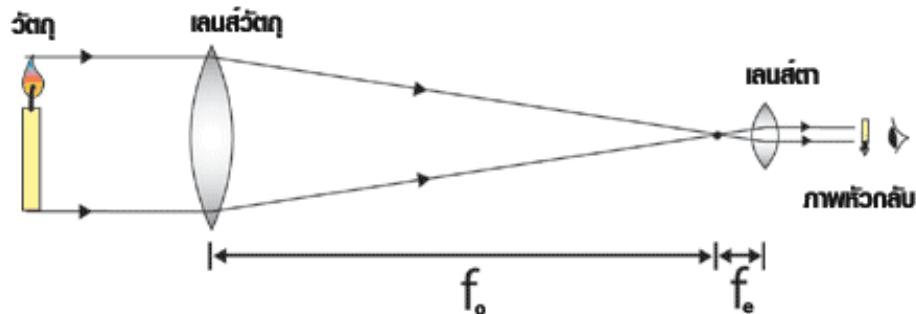
- หากเราใช้เลนส์นูนส่องมองวัตถุที่ ระยะใกล้กว่าความยาวโฟกัส จะเห็นว่า เลนส์นูนช่วยในการขยายภาพ
- หากเราใช้เลนส์นูนส่องมองวัตถุที่ ระยะไกลกว่าความยาวโฟกัส จะเห็นว่า เลนส์นูนรวมแสงและให้ภาพหัวกลับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เลนส์นูนหักเหแสงให้ภาพหัวกลับ

การทำงานของกล้องโทรทรรศน์ ใช้หลักการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูนจำนวน 2 ชุด โดยเลนส์แต่ละชุดประกอบด้วยเลนส์จำนวน 2 - 3 ชิ้น สร้างจากเนื้อแก้วที่ต่างกัน ประกบกันเพื่อแก้ความคลาดสี (ถ้าใช้เลนส์เดี่ยว จะให้ภาพขอบของวัตถุเป็นสีรุ้ง เนื่องจากแสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน จึงทำให้มีความยาวโฟกัสไม่เท่ากัน) เลนส์ชุดหน้ามีขนาดใหญ่ เรียกว่า “เลนส์วัตถุ”

(Objective Lens) ทำหน้าที่รวบรวมแสง เลนส์ชุดหลังมีขนาดเล็ก ซึ่งใช้มอง เรียกว่า “เลนส์ตา” (Eyepiece) ทำหน้าที่เพิ่มกำลังขยาย ดังที่แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทำงานของเลนส์กล้องโทรทรรศน์

2.1 กำลังรวมแสง

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของกล้องโทรทรรศน์คือ “กำลังรวมแสง” (light gathering power) กล้องโทรทรรศน์ช่วยให้นักดาราศาสตร์มองเห็นเทหวัตถุในอวกาศ อาทิเช่น กาแล็กซี เนบิวลา และกระจุกดาวต่างๆ ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากระยะทางที่ไกลมาก ทำให้แสงของมันจางลง

เลนส์นูนของกล้องโทรทรรศน์มีพื้นที่รับแสงได้มากกว่าดวงตาของมนุษย์ จึงมีกำลังรวมแสงที่มากกว่า อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถกำหนด ค่ากำลังรวมแสงของเลนส์เป็นค่าเฉพาะได้ หากแต่กำหนดได้ด้วยการเปรียบเทียบเท่านั้น

$$\text{อัตราส่วนของกำลังรวมแสง} = \left[\frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเลนส์ A}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเลนส์ B}} \right]^2$$

ยกตัวอย่าง: เมื่อเปรียบเทียบเลนส์ของกล้องโทรทรรศน์ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm กับดวงตาของเรา (กระจกตาดำ) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 cm จะเห็นว่าเลนส์ของกล้องโทรทรรศน์ มีขนาดใหญ่กว่าถึง 100 เท่า และมีกำลังรวมแสงมากกว่าถึง 10,000 เท่า (100 ยกกำลังสอง)

ลองคิดดูว่า กล้องโทรทรรศน์ Keck ที่ใหญ่ที่สุดในโลก บนเกาะฮาวาย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เมตร จะมีกำลังรวมแสงมากกว่าดวงตาของมนุษย์ กี่เท่า?

2.2 กำลังขยาย

นอกจากคุณสมบัติในการรวมแสงแล้ว นักดาราศาสตร์ยังต้องการ “กำลังขยาย” (Magnification) ในการศึกษารายละเอียดของเทหวัตถุท้องฟ้า อาทิเช่น พื้นผิวของดาวเคราะห์ และดวงจันทร์ พวกเขาสามารถปรับกำลังขยายของกล้องโทรทรรศน์ ด้วยการเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ตา ได้ตามสูตร

$$\text{กำลังขยาย} = \frac{\text{ความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ}}{\text{ความยาวโฟกัสของเลนส์ตา}}$$

ยกตัวอย่าง

ถ้าความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ = 1000 mm ความยาวโฟกัสของเลนส์ตา = 10 mm

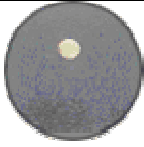
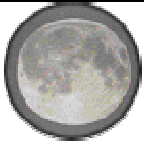

กำลังขยายย่อมเท่ากับ 1000/10 คือ 100 เท่า

ทว่าในทางปฏิบัตินั้น ถ้าเราเพิ่มกำลังขยายขึ้น 2 เท่า ความสว่างของภาพจะลดลง 4 เท่า

ดังนั้น กำลังขยายสูงสุดที่ใช้งานได้จริง จึงอยู่ที่ค่าประมาณ 50 คูณด้วย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเลนส์วัตถุ ซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้ว (แต่ไม่เกิน 400 เท่า) เป็นต้นว่า กล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ก็จะมีกำลังขยายที่ใช้งานได้ไม่เกิน $50 \times 4 = 200$ เท่า

การใช้กำลังขยายที่สูงมาก จะทำให้ได้ภาพคุณภาพต่ำ มีด มัว และสั่นไหว เนื่องจากขณะที่เราขยายภาพดาว ก็จะขยายภาพของบรรยากาศโลกตามไปด้วย ทำให้ได้ภาพพร่ามัว และไหล คล้ายการมองเห็นวัตถุที่อยู่ในน้ำ

ตารางเปรียบเทียบกำลังขยายของกล้องโทรทรรศน์

กำลังขยายต่ำ (10-20 เท่า)	ใช้สำรวจกระจุกดาวขนาดใหญ่ กาแล็กซีแอนโดรเมิดา ทางช้างเผือก และค้นหาดาวหาง	
กำลังขยายปานกลาง (20-70 เท่า)	ใช้สำหรับใช้งานทั่วไป สำรวจกระจุกดาวเปิด เนบิวลา และกาแล็กซี	
กำลังขยายสูง (70-200 เท่า)	ใช้สำรวจรายละเอียดของดาวเคราะห์ และสำรวจเทหวัตถุขนาดเล็ก เช่น ดาวคู่ซึ่งอยู่ชิดกันมาก	

2.3 อัตราส่วนโฟกัส

อัตราส่วนโฟกัส (Focal ratio) เป็นคุณสมบัติอีกข้อหนึ่งที่สำคัญของเลนส์กล้องโทรทรรศน์ เป็นค่าอัตราส่วน ระหว่างความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ กับ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเลนส์วัตถุ เรามักเห็นค่านี้แสดงด้วย "f/" บนเลนส์ของกล้องถ่ายรูปทั่วไป

$$\text{อัตราส่วนโฟกัส} = \frac{\text{ความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเลนส์วัตถุ}}$$

ยกตัวอย่าง:

เลนส์วัตถุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ความยาวโฟกัส 1,000 mm มีค่า "f/10"

เลนส์วัตถุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ความยาวโฟกัส 500 mm มีค่า "f/5"

เลนส์ที่มีค่าตัวเลข f/ น้อย จะให้ขอบภาพกว้าง และสว่างกว่า เลนส์ที่มีค่าตัวเลข f/ มาก

เลนส์ที่มีค่าตัวเลข f/ มาก จะให้ความชัดลึกของภาพมากกว่า เลนส์ที่มีค่าตัวเลข f/ น้อย

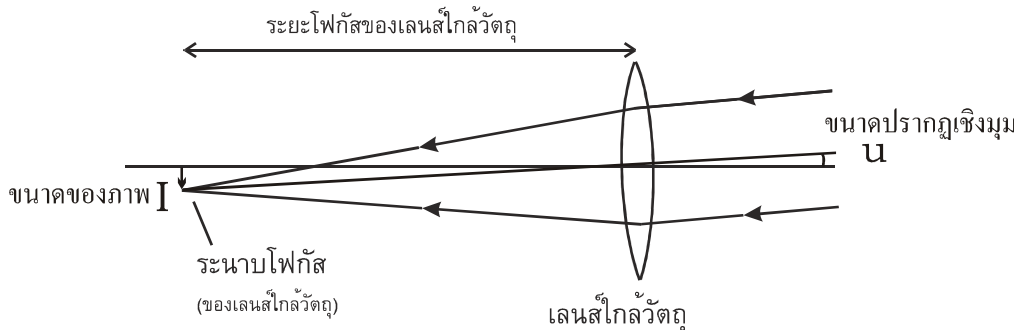
หมายเหตุ: ห้ามใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องมองดูดวงอาทิตย์ โดยปราศจากแผ่นกรองแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพ โดยเด็ดขาด

3. คุณสมบัติของกล้องโทรทรรศน์ที่ควรรู้

(1) ค่า f / n โดยที่ n คืออัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัสของกล้อง ต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้องนั้น อัตราส่วนนี้บ่งถึงความไวในการสะสมแสงของกล้องโทรทรรศน์ ถ้าค่าอัตราส่วนมีค่าน้อย เช่น $f / 1 \dots f / 3$ จะเรียกว่าเป็นกล้องที่มีความไวแสงสูง แต่โดยทั่วไปกล้องมักจะมีค่าไวแสงต่ำกว่านี้เช่น $f / 8 \dots f / 15$ เป็นต้น

(2) ขนาดของภาพ (I) ที่เกิดตรงระนาบโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ จะมีค่าเท่ากับ $f \tan u$ โดยที่ f คือความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ u คือขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุท้องฟ้า ขนาดของภาพที่ปรากฏตรงระนาบโฟกัสนี้สามารถบันทึกได้ด้วยกล้องถ่ายภาพ และถ้านำเลนส์ใกล้ตาขยายก็จะเห็นภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่นขณะที่ใช้ส่องดูดาวดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ แต่สำหรับกรณีดาวฤกษ์ ขนาดปรากฏเชิงมุมของดาวฤกษ์มีขนาดเล็กเกินไปที่จะขยายให้เห็นใหญ่ขึ้นมาได้ (หมายเหตุ: ขนาดปรากฏเชิงมุม ไม่ใช่ขนาดจริงของวัตถุที่เห็น แต่เป็นเพียงขนาดที่ปรากฏต่อสายตา หรือภาพถ่าย วัตถุออกมาในหน่วยค่าของมุม เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงจันทร์มีค่าประมาณครึ่งองศา หรือ 30 ลิปดา

ตัวอย่างเช่นทดลองวัดโดยการยืดแขนไปจนสุด แล้วใช้นิ้วชี้ยกขึ้นบังดวงจันทร์ จะพบว่าขนาดความกว้างของนิ้วชี้สามารถบังดวงจันทร์ได้ถึงสองดวง เนื่องจากขนาดความกว้างของนิ้วชี้เมื่อมองห่างที่ระยะหนึ่งช่วงแขนของแต่ละคนจะทำมุมได้ถึงหนึ่งองศาโดยเฉลี่ย)



รูปที่ 4 แสดงทางเดินแสงและขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุท้องฟ้า

(3) กำลังขยายของภาพเมื่อส่องผ่านกล้องโทรทรรศน์ มีค่าเท่ากับ ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุหารด้วย ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา ดังนั้นจะเห็นว่าสามารถเปลี่ยนกำลังขยายได้ถ้าเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา แต่ในทางปฏิบัติ กำลังขยายที่จะให้รายละเอียดของภาพได้เต็มที่คือมีค่าประมาณเท่ากับค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหน้ากล้องในหน่วยมิลลิเมตร เช่นกล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร กำลังขยายสูงสุดที่ดีคือ 60 เท่า ถ้ามากกว่านี้ก็ใช้ได้แต่จะไม่ช่วยให้เห็นรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น และผลของบรรยากาศก็จะทำให้คุณภาพของภาพที่เห็นด้อยลงได้

4. ความคลาดของอุปกรณ์ทัศนศาสตร์ที่สำคัญ

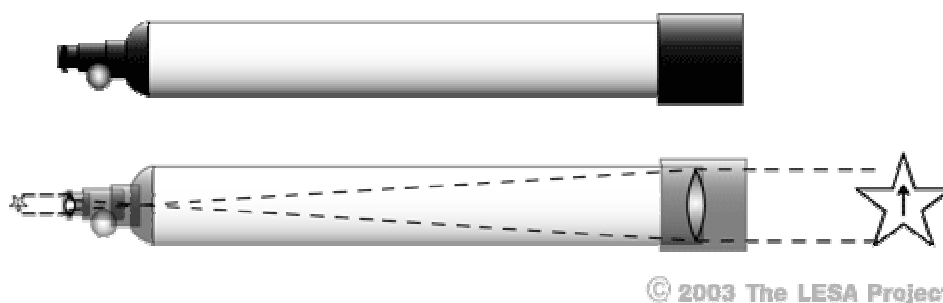
(1) ความคลาดทรงกลม (spherical aberration) ในกรณีเลนส์ใกล้วัตถุมีผิวโค้งเป็นทรงกลม จะทำให้แสงที่มาจากกระหนาบบริเวณขอบกล้องจะมีจุดโฟกัสต่างไปจากจุดโฟกัสของแสงที่ตกบริเวณกลางกล้อง ทำให้ภาพที่เห็นไม่คมชัด วิธีแก้ไขคือเพิ่มความยาวโฟกัสเมื่อเทียบกับขนาดหน้ากล้อง หรือทำให้ค่า f/n มากขึ้น

(2) ความคลาดรงค์ (chromatic aberration) จะเกิดขึ้นกับกล้องระบบหักเหแสง เนื่องจากแสงสีขาวประกอบด้วยคลื่นแสงสีต่าง ๆ การหักเหของคลื่นเหล่านี้ผ่านเลนส์จะมีค่าต่างกันทำให้จุดโฟกัสของแต่ละสีเป็นคนละตำแหน่ง ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ภาพเกิดสีรุ้ง วิธีแก้ไขจะทำได้ยาก แต่อาจปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นโดยใช้เลนส์ประกอบมากกว่าหนึ่งชิ้นขึ้นไป ทำจากเนื้อแก้วต่างชนิดกันเพื่อให้ตำแหน่งสุดท้ายของลำแสงทุกสีมารวมกันที่จุดเดียว

5. ชนิดของกล้องโทรทรรศน์

5.1 กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง (Refractor)

เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้เลนส์ในการรวมแสง สามารถพบเห็นโดยทั่วไป มีใช้กันอย่างแพร่หลาย กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงส่วนมากมีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับใช้สังเกตการณ์พื้นผิวดวงจันทร์และดาวเคราะห์ เนื่องจากให้ภาพคมชัด แต่มีข้อเสียคือ เมื่อส่องดูดาวที่สว่างมาก อาจมีความคลาดสี ถ้าหากคุณภาพของเลนส์ไม่ดีพอ

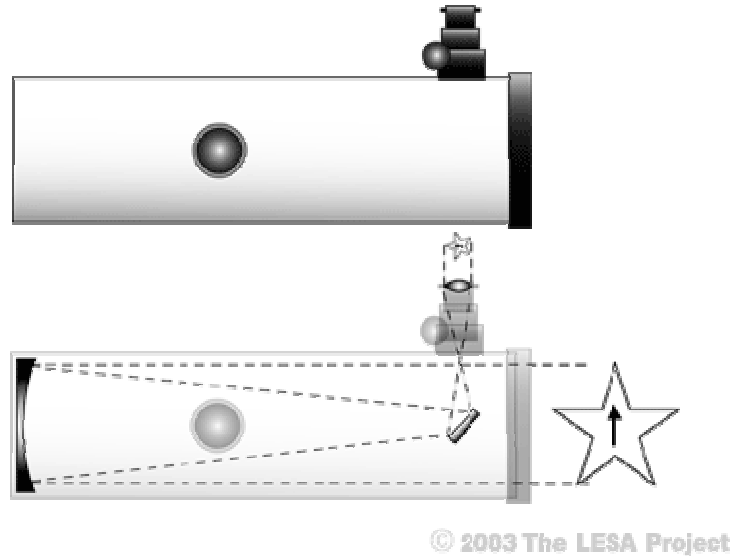


ภาพที่ 5 กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง

กล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสงโดยทั่วไป ไม่เหมาะกับงานสำรวจ เนบิวลา และกาแล็กซี เนื่องจากเทหวัตถุประเภทนี้มีความสว่างน้อย จำเป็นต้องใช้กำลังรวมแสงสูง เลนส์ขนาดใหญ่ที่มีความยาวโฟกัสสั้น สร้างยาก และมีราคาแพงมาก เลนส์ที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ลำกล้องยาวและมีน้ำหนักมาก ไม่สะดวกต่อการใช้งาน

5.2 กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง (Reflector)

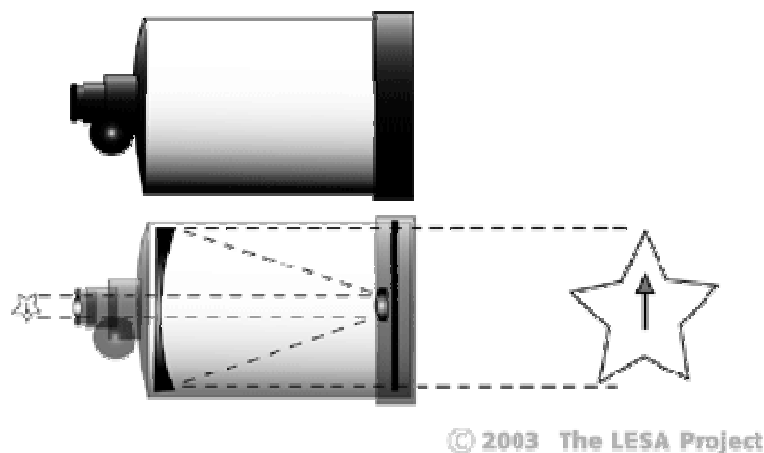
กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงถูกคิดค้นโดย “เซอร์ ไอแซค นิวตัน” จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า “กล้องโทรทรรศน์แบบนิวโทเนียน” (Newtonian telescope) กล้องโทรทรรศน์ชนิดนี้ใช้กระจกเว้าแทนเลนส์นูน ทำให้มีราคาประหยัด กระจกขนาดใหญ่ให้กำลังรวมแสงสูง จึงเหมาะสำหรับใช้สังเกตการณ์เทหวัตถุที่อยู่ไกลมากและไม่สว่าง เช่น เนบิวลา และกาแล็กซี ถ้าเปรียบเทียบกับกล้องแบบหักเหแสงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันแล้ว กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงจะมีราคาถูกกว่าประมาณสองเท่า



ภาพที่ 6 กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง

อย่างไรก็ตาม กล้องนิวโทเนียนมีกระจกทุติยภูมิ ตรงปากลำกล้อง เพื่อสะท้อนแสงจากชั้นสู่เลนส์ตา ซึ่งอยู่ทางข้างลำกล้อง จึงเป็นอุปสรรคขวางทางเดินของลำแสง เมื่อเปรียบเทียบกล้องแบบหักเหแสงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน กล้องแบบหักเหแสงจะให้ภาพสว่างและคมชัดกว่า) และในทำนองเดียวกับกล้องชนิดหักเหแสง ยิ่งใช้กระจกขนาดใหญ่และมีความยาวโฟกัสมากขึ้น ลำกล้องก็จะต้องใหญ่โตเทอะทะ และมีน้ำหนักมาก

5.3 กล้องโทรทรรศน์แบบผสม (Catadioptric)



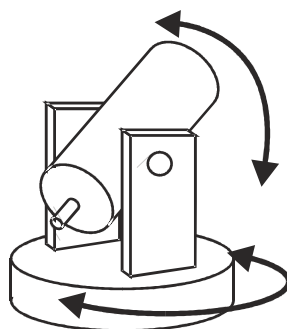
ภาพที่ 7 กล้องโทรทรรศน์แบบผสม

กล้องโทรทรรศน์แบบผสมแบ่งเป็นชนิดย่อย ๆ ได้หลายชนิด อาทิเช่น ชมิดท์-แคสสิเกรนส์ (Schmidt-Cassegrains), มักซุตอฟ-แคสสิเกรนส์ (Maksutov-Cassegrains) ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไป ตามองค์ประกอบทางทัศนูปกรณ์ ซึ่งอาจใช้เลนส์หรือกระจกผสมกัน แต่โดยหลักการแล้ว กล้องประเภทนี้เป็นกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ซึ่งใช้กระจก 2 ชุด สะท้อนแสงกลับ ไป-มา เพื่อช่วยลดความยาวและน้ำหนักของลำกล้อง กล้องโทรทรรศน์แบบผสมบางชนิด อาจมีการนำเอาเลนส์มาใช้ในการแก้ไขภาพให้คมชัด แต่มีใช้เพื่อจุดประสงค์ในการรวมแสง ดังเช่น เลนส์ของกล้องแบบหักเหแสง เราจะพบว่า กล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ที่อยู่ในหอดูดาว ส่วนใหญ่ มักจะเป็นกล้องโทรทรรศน์แบบนี้

6. ฐานกล้องโทรทรรศน์

อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ของกล้องโทรทรรศน์เป็นส่วนสำคัญของกล้องโทรทรรศน์ แต่สิ่งสำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ ฐานตั้งกล้อง เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้ดาวมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ผู้สังเกตต้องอาศัยฐานตั้งกล้องตามดาวที่สังเกตนั้น ฐานตั้งกล้องแบ่งได้สองชนิดคือ

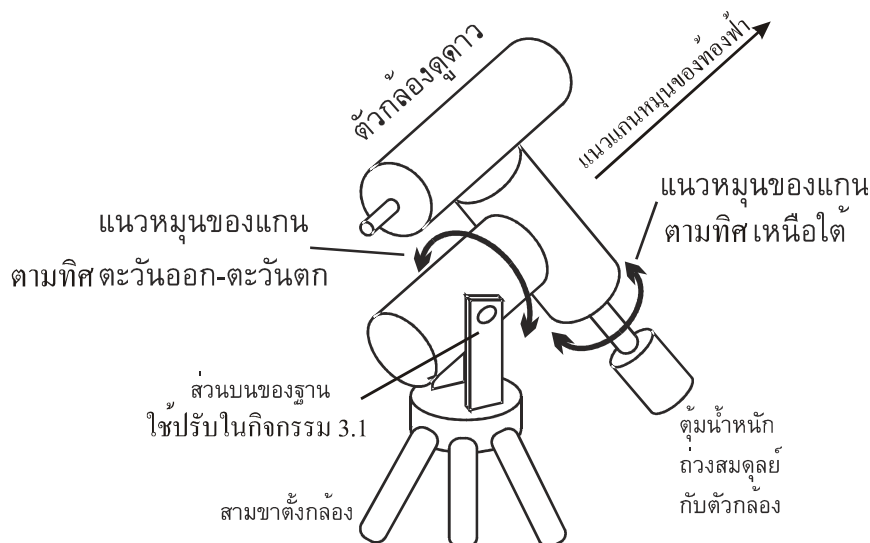
(1) ฐานระบบขอบฟ้า มีแกนหมุนได้ในแนวนอนและแนวตั้งตามระบบพิกัดขอบฟ้า ง่ายต่อการสร้างแต่ระบบควบคุมการเคลื่อนที่จะซับซ้อนถ้าต้องการตามดาวให้พอดีตลอดเวลา เนื่องจากมีการเปลี่ยนตำแหน่งทั้งสองแกน ด้วยอัตราที่ไม่คงที่



ภาพที่ 8 แสดงฐานระบบขอบฟ้า และแนวการหมุน

(2) ฐานระบบศูนย์สูตร มีแกนหมุนสองแกนตามระบบพิกัดศูนย์สูตร ทำให้หมุนกล้องเลียนแบบการขึ้นตกของดาวจริงในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งเป็นแกนของค่าไรท์แอสเซนชัน แกนนี้จะหมุนตามดาวด้วยอัตราเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลก ส่วนอีกแกนใช้สำหรับชี้ตำแหน่งดาวที่มีค่าเดคลิเนชัน(ในแนวทิศเหนือ-ใต้)ที่ต้องการเท่านั้น เมื่อชี้ดาวได้แล้วแกนนี้ไม่จำเป็นต้องหมุนจนกว่าจะเปลี่ยนชี้ที่ดาวดวงใหม่ ทำให้ฐานระบบศูนย์สูตรไม่ยุ่งยากในระบบควบคุมการเคลื่อนที่เพราะมีการหมุน

ตลอดเวลาแกนเดียว แต่ก่อนใช้งานต้อง ตั้งแกนไรท์แอสเซนชันให้ขนานกับแกนหมุนของท้องฟ้าก่อน เพื่อให้สอดคล้องกับทิศตะวันออก-ตะวันตก



ภาพที่ 9 แสดงฐานระบบศูนย์สูตร และแนวการหมุน

7. ฝึกตั้งกล้องและประกอบกล้องโทรทรรศน์

กล้องโทรทรรศน์โดยทั่วไปในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์เมื่อถูกผลิตขึ้นมาแล้ว ถ้าไม่มีการกระทบกระเทือนจนกระทั่งแนวทางเดินของแสงเปลี่ยนไปก็ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งใดๆ เมื่อประกอบเข้ากับฐานสามารถนำไปใช้งานได้ทันที

กิจกรรม 3.1 ฝึกตั้งกล้องและประกอบกล้องโทรทรรศน์

ศึกษาการหมุนของแกนทั้งสองของฐานกล้องโทรทรรศน์ และอุปกรณ์ควบคุมการหมุนรวมทั้งอุปกรณ์การปรับระดับหรือการวางตัวอื่นๆของฐานกล้องตั้งกล้องโทรทรรศน์พร้อมใช้งานภาคสนามในเวลากลางคืน ในกรณีฐานแบบขอบฟ้าควรตั้งฐานให้ได้ระดับไม่เอนเอียง และศึกษาทิศต่าง ๆ ตรงบริเวณที่ทำการสังเกตแต่ในกรณีฐานแบบศูนย์สูตรต้องตั้งแกนตะวันออกตะวันตกให้ขนานกับแกนหมุนของโลก การตั้งแกนอย่างง่ายที่สุดคืออาศัยดาวเหนือ ควรใช้กำลังขยายน้อยที่สุดในการเล็ง หรือใช้กล้องเล็งขนาดเล็กที่อาจติดอยู่ข้าง ๆ กล้องใหญ่ (ในกรณีมีกล้องเล็งขนาดเล็ก ต้องทำการปรับกล้องเล็งให้ขนานกับกล้องใหญ่ก่อนตามวิธีที่เขียนไว้ในหมายเหตุท้ายหัวข้อนี้) จากนั้นตั้งขาตั้งให้ได้ระดับ หมุนแกนเหนือใต้ให้กล้องชี้ไปทางทิศเหนือแล้วปรับความเอียงของส่วนบนของฐานให้ได้มุมเงยเท่ากับค่าเส้นรุ้งของตำบลที่ทำการสังเกต เมื่อส่องผ่านเลนส์ใกล้ตาของกล้องเล็งควรจะเป็นดาวเหนือปรากฏอยู่ที่ใดที่หนึ่งในช่องมองภาพนั้น จากนั้นปรับให้ส่วนบนของฐานหมุนไปทางซ้ายหรือขวาด้านบนกับพื้นดิน และ

ปรับมุมเงยของส่วนบนของฐานนี้ด้วยถ้าจำเป็น เพื่อให้ภาพดาวเหนือมาปรากฏอยู่บริเวณกลางช่องมองภาพของกล้องเล็ก วิธีนี้เป็นวิธีปรับแบบพอใช้งานได้ จากนี้ก็สามารถชี้ดาวที่ต้องการ และปรับแกนตะวันออกตะวันตกให้หมุนตามดาวได้อย่างสอดคล้องกับการหมุนของโลก

หมายเหตุ : การปรับกล้องเล็กให้ขนานกับกล้องใหญ่ เริ่มจากเล็งกล้องใหญ่ไปที่วัตถุที่เห็นได้ง่ายเช่น ดวงจันทร์ หรือยอดสิ่งก่อสร้างที่อยู่ระยะไกล เลือกตำแหน่งวัตถุให้แน่นอน เช่น หลุมบนดวงจันทร์ หรือ ยอดเสาอากาศเป็นต้น จากนั้นปรับปุ่มบังคับตัวกล้องเล็กให้ชี้ไปที่เดียวกับกล้องใหญ่ ทำให้กล้องเล็กพร้อมใช้งานสำหรับเล็งวัตถุอื่นๆก่อนใช้กล้องใหญ่

คำถาม ฐานกล้องที่เป็นระบบขบฟ้าจะปรับให้ใช้งานเป็นฐานระบบศูนย์สูตรได้หรือไม่?

8. สร้างกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย

กล้องโทรทรรศน์แบบง่ายที่สุดประกอบจากเลนส์ใกล้วัตถุ 1 ชิ้น และเลนส์ใกล้ตา 1 ชิ้น คุณภาพของเลนส์จะขึ้นกับราคา กระบอกที่ใช้ประกอบเลนส์ทำได้จากทั้งท่อประปาสำเร็จรูป และท่อโลหะ ควรเลือกให้เหมาะสมกับราคาและคุณภาพของเลนส์

กิจกรรม 3.2 สร้างกล้องโทรทรรศน์อย่างง่าย

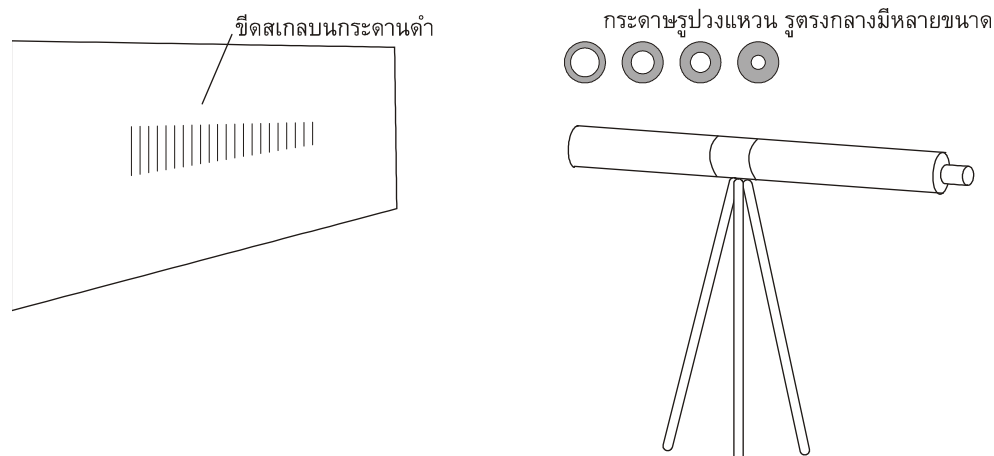
ตอนที่ 1

(1.1) ก่อนลงมือทำตัวกระบอกกล้องควรตรวจสอบความยาวโฟกัสทุกครั้ง อาจวัดในห้องโดยการวัดระยะวัตถุและระยะภาพแล้วคำนวณหาความยาว โฟกัส หรือวัดด้วยภาพดวงอาทิตย์ซึ่งจะเห็นระยะโฟกัสได้ชัดเจน โดยการนำไปปรับภาพดวงอาทิตย์ซึ่งถือว่าเป็นแสงขนานเข้าสู่เลนส์ ภาพจุดสว่างที่ตกบนฉากรับภาพ (ห้ามใช้ตาเปล่าส่องดวงอาทิตย์โดยตรง) เมื่อได้ขนาดเล็กลงที่สุดจะเป็นตำแหน่งของระนาบโฟกัสที่ต้องการ

(1.2) จากนั้นประกอบเลนส์เข้ากับท่อที่ตัดตามความยาวโฟกัส ในส่วนของเลนส์ใกล้ตาให้อยู่ในท่อขนาดเล็กที่สามารถเลื่อนเข้าออกจากระยะโฟกัสของ เลนส์ใกล้วัตถุได้

(1.3) สร้างฐานที่มั่นคงเพื่อยึดกล้องโทรทรรศน์ที่สร้างขึ้น ฐานแบบระบบขบฟ้าจะ สร้างได้ง่าย

(1.4) ทดสอบผลของความคลาดทรงกลม จัดเครื่องมือตั้งรูป เพื่อใช้กล้องส่องสเกลที่เขียนบน กระจาดำตัดกระจาดรูปวงแหวน ที่มีรูตรงกลางหลายขนาด จากนั้นนำมาบังหน้าเลนส์ที่ละอัน สังเกต ผลที่เกิดขึ้น อันใดเหมาะสมที่สุด สำหรับความชัดเจนของภาพและความสว่างที่ยอมรับได้



ภาพที่ 10 การจัดเครื่องมือเพื่อดูผลความคลาดทรงกลม

ตอนที่ 2 สังเกตวัตถุท้องฟ้าจริง เช่นดวงจันทร์

(2.1) เล็งกล้องไปที่ดวงจันทร์ แล้วถอดเลนส์ใกล้ตาออก นำกระจาดขาวมาเป็นฉากรับภาพของ ดวงจันทร์ เลื่อนกระจาดเข้าออกตามแนวกล้องจนได้ภาพคมชัดที่สุด แล้ววัดขนาดที่ปรากฏเทียบกับ ค่าที่คำนวณ (ถ้าเป็นวันที่ดวงจันทร์เต็มดวงจะเห็นได้ชัดเจน) ถ้าเปลี่ยนฉากรับภาพเป็นกล้องถ่ายภาพ ก็จะสามารถบันทึกภาพดวงจันทร์ได้

(2.2) ใส่เลนส์ใกล้ตาแล้วปรับโฟกัสให้ชัด สังเกตขนาดของดวงจันทร์ที่ใหญ่ขึ้นเป็นกี่เท่าเมื่อ เทียบกับขนาดของภาพดวงจันทร์บนกระจาด ภาพที่ขยายนี้เป็นผลจากกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตาและ ถ้าเทียบกับขนาดของดวงจันทร์ที่มองด้วยตาเปล่า จะต่างกันกี่เท่า ซึ่งจะเป็นผลของกำลังขยายของ กล้องโทรทรรศน์ทั้งระบบ

(2.3) เส้นผ่านศูนย์กลางของดวงจันทร์ที่ส่องผ่านกล้องเป็นก็ส่วนของมุมมองทั้งหมดที่เห็นได้ จากกล้องโทรทรรศน์นี้ ผลที่ได้ใช้คำนวณหามุมมองของกล้องโทรทรรศน์ เนื่องจากขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางปรากฏของดวงจันทร์มีค่าประมาณ 30 ลิปดา

(2.4) วาดภาพดวงจันทร์ที่เห็นได้จากกล้องโทรทรรศน์ เน้นรายละเอียดของหลุมบนดวงจันทร์ที่เล็กที่สุดที่เห็นได้ นำไปเทียบกับแผนที่ดวงจันทร์เพื่อคำนวณหาขนาดของหลุมที่เล็กที่สุดที่เห็นได้ในหน่วยกิโลเมตร (ดวงจันทร์ขึ้นก็ค่าจะเห็นรายละเอียดของหลุมได้ดีที่สุด)

(2.5) ในกรณีที่มีกล้องสองตา ลองทำการสังเกตเช่นเดียวกับการใช้กล้องโทรทรรศน์ และสังเกตว่ากล้องสองตาให้ความแตกต่างจากกล้องโทรทรรศน์อย่างไรบ้าง ซึ่งมีทั้งข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบ