หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1. วัตถุประสงค์

ในการออกแบบและสร้างเลนส์หน้ากล้อง (objective) ของกล้องโทรทรรศน์ชนิดดูดาว (astronomical telescope) ในงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองนำเอาแก้วที่ไม่ใช่แก้วทางทัศนศาสตร์ (optical glass) มาสร้างเป็นเลนส์หน้ากล้อง และเนื่องจากแก้วที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีอยู่ชนิดเดียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างเลนส์หน้ากล้องเป็นแบบเลนส์เดี่ยว โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญดังนี้

1.1 ศึกษาหาสมบัติของแก้ว

1.2 ศึกษาความเหมาะสมของการที่จะนำแก้วชนิดนี้มาใช้งานในห้องปฏิบัติการทดลอง

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 ศึกษาและทดลองหาค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่จะนำมาทำเลนส์ สำหรับแสงสีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงิน แล้วนำมาคำนวณหาค่าวี (V - value) ของแก้ว

2.2 คำนวณออกแบบรูปร่างของเลนส์หน้ากล้องของกล้องโทรทรรศน์แบบเลนส์เดี่ยว โดยให้เลนส์มีความคลาดทรงกลม (spherical aberration) และโคมา (coma) น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.3 สร้างเลนส์ตามที่ได้ออกแบบไว้

2.4 ทดสอบคุณภาพของเลนส์ที่ได้

3. แก้วทางทัศนศาสตร์

แก้วทางทัศนศาสตร์เป็นแก้วที่สร้างขึ้นเพื่อใช้งานทางด้านทัศนศาสตร์โดยเฉพาะ เนื้อแก้วจะเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ไม่มีความเกร็ยด (strain) ในเนื้อแก้วซึ่งจะเกิดขึ้นได้ ถ้าการปล่อยให้แก้วเย็นตัว ทำด้วยความเร็วรีบเกินไป และในเนื้อแก้วต้องไม่มีฟองอากาศตกค้างอยู่(1) สมบัติทางทัศนศาสตร์ที่สำคัญคือ ค่าดรรชนีหักเห และค่าวีของแก้ว โดยทั่ว ๆ ไป บริษัทผู้ผลิตจะประทับค่าดรรชนีหักเหและค่าวีมาบนแผ่นแก้วทางทัศนศาสตร์ด้วยตัวเลข 6 ตัว ตัวเลข 3 ตัวแรกบอกถึงตัวเลขหลังจุดทศนิยมของค่าดรรชนีหักเห และตัวเลข 3 ตัวหลังบอกถึงค่าวีของแก้ว เช่น ตัวเลขที่กำกับมากับแผ่นแก้วเป็น 523522 หมายความว่า แก้วทางทัศนศาสตร์นั้นมีค่าดรรชนีหักเหเท่ากับ 1.523 และมีค่าวีเท่ากับ 52.2 เรียกค่าดรรชนีหักเหและค่าวีของแก้วว่าค่าคงที่ทางทัศนศาสตร์ (optical constants)

ค่าดรรชนีหักเหของตัวกลางใด ๆ(2) คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสูญญากาศกับความเร็วของแสงในตัวกลางนั้น นั่นคือ

$$\text{ค่าดรรชนีหักเหของแก้ว } (n) = \frac{\text{ความเร็วของแสงในสูญญากาศ}}{\text{ความเร็วของแสงในแก้ว}} \quad (1.1)$$

แสงสีขาวเป็นแสงที่ประกอบด้วยแสงหลาย ๆ สี แสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นต่างกัน ความเร็วของแสงแต่ละสีในตัวกลางใด ๆ ที่ไม่ใช่สูญญากาศจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจากสมการ (1.1) จะได้ว่าค่าดรรชนีหักเหของแก้วจะเปลี่ยนตามความยาวคลื่นของแสง

ให้ n_D เป็นค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้จากแสงสีเหลือง จากหลอดโซเดียม ความยาวคลื่นของแสงเป็น 589.3นาโนเมตร

n_C เป็นค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้จากแสงสีแดง จากหลอดไฮโดรเจน ความยาวคลื่นของแสงเป็น 656.3นาโนเมตร

n_F เป็นค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้จากแสงสีฟ้า จากหลอดไฮโดรเจน ความยาวคลื่นของแสงเป็น 486.1นาโนเมตร

โดยทั่ว ๆ ไป ค่าดรรชนีหักเหที่กำกับมากับแผ่นแก้วจะเป็นค่า n_D ซึ่งเป็นค่าที่นำมาใช้งานทางทัศนศาสตร์ และนิยมเขียนแทนด้วย **n**

$$\text{ค่าวี} = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \qquad (1.2)$$

ค่า $n_F - n_C$ เรียกว่า การกระจาย (dispersion)

จากสมการ (1.2) จะเห็นว่า ถ้าการกระจายมีค่ามาก ค่าวีจะมีค่าน้อย และถ้าการกระจายมีค่าน้อย ค่าวีจะมีค่ามาก

แก้วทางทัศนศาสตร์แบ่งกว้าง ๆ เป็น 2 ชนิด คือ

1. แก้วคราวน์ (crown glass)
2. แก้วฟลินท์ (flint glass)

แก้วคราวน์จะมีค่าวีสูงกว่าแก้วฟลินท์

4. <u>เลนส์หน้ากล้องของกล้องโทรทรรศน์</u>

กล้องโทรทรรศน์[3] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตวัตถุที่อยู่ในระยะไกล ๆ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ **2** ส่วน คือ

1. เลนส์หน้ากล้อง (objective)
2. เลนส์ใกล้ตา (eyepiece)

โดยทั่ว ๆ ไป ถ้าพิจารณาจากตัวรับแสงของกล้อง จะแบ่งกล้องโทรทรรศน์ได้เป็น 2 แบบ คือ

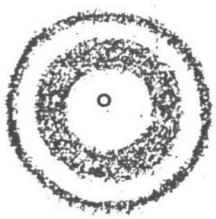
1. กล้องโทรทรรศน์แบบหักเห (refracting telescope) กล้องแบบนี้มีตัวรับแสงเป็นเลนส์นูน
2. กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อน (reflecting telescope)กล้องแบบนี้มีตัวรับแสงเป็นกระจกเว้า

รังสีจากต้นกำเนิดแสงที่อยู่ในระยะไกลจะเป็นรังสีขนานมาตกกระทบตัวรับแสงของกล้องโทรทรรศน์ จะได้ภาพจริงของต้นกำเนิดแสงที่ระนาบของจุดโฟกัสของตัวรับแสงในกล้องโทรทรรศน์ชนิดดูดาว ภาพนี้จะทำหน้าที่เป็นวัตถุจริงของเลนส์ใกล้ตา โดยจะอยู่ห่างจากเลนส์ใกล้ตาเท่ากับทางยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา เลนส์ใกล้ตาจะทำหน้าที่เหมือนกับเป็นเลนส์ขยาย ให้ภาพสุดท้ายของต้นกำเนิดแสงที่ตำแหน่งอนันต์ (infinity) เป็นภาพเสมือน

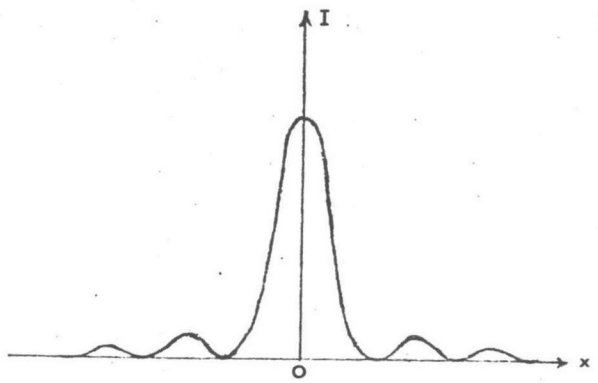
งานสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ สร้างเลนส์นูนเดี่ยวที่มีทางยาวโฟกัสมาก รับแสงจากวัตถุไกล นั่นคือสร้างเลนส์หน้ากล้องของกล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสงนั่นเอง เนื่องจากจะใช้ถ่ายภาพวัตถุบนท้องฟ้า เลนส์ใกล้ตาจึงไม่ต้องมี ดังนั้นนอกจากค่าทางยาวโฟกัสและขนาดของเลนส์หน้ากล้องแล้ว ค่าที่เกี่ยวข้องกับเลนส์หน้ากล้องที่ควรพิจารณาก็คือ กำลังแยก (resolving power) ของกล้องโทรทรรศน์

กำลังแยกของกล้องโทรทรรศน์[2] คือ มุมที่รับภาพของวัตถุที่เป็นจุดสองจุดที่อยู่ระยะไกลพอสมควร ให้เห็นแยกจากกันเมื่อ ณ ตำแหน่งของเลนส์หน้ากล้อง

เมื่อแสงจากต้นกำเนิดแสงที่เป็นจุดผ่านช่องเปิดที่เป็นรูปวงกลม (circular aperture) จะได้ภาพที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงเป็นวงสว่างและมืดสลับกัน ตรงกลางภาพจะเป็นวงกลมที่สว่างที่สุด ภาพนี้เรียกว่าจานกลมแอรี่ (Airy's disk) ดังรูปที่ 1.1 (ก) ซึ่งได้เขียนการกระจายของความเข้มของการส่องสว่างบนฉาก จะเป็นดังรูปที่ 1.1 (ข)

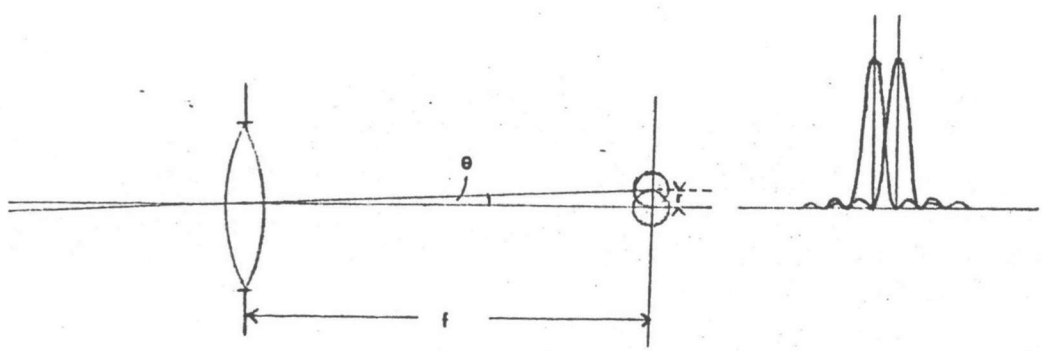


รูปที่ 1.1 (ก) ภาพจานกลมแอรี



รูปที่ 1.1 (ข) การกระจายของความเข้มของการส่องสว่างบนฉากของภาพจานกลมแอรี

ถ้ามีวัตถุ 2 จุดอยู่ใกล้ ๆ กัน ก็จะได้ภาพจานกลมแอรีเกิดขึ้น 2 ภาพ จะเห็นวัตถุ 2 จุดนั้นแยกจากกันได้พอดี เมื่อจุดศูนย์กลางของภาพจานกลมแอรีที่ 1 อยู่ที่จุดกึ่งกลางของวงมืดแรกของจานกลมแอรีที่ 2 หรือระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของจานกลมแอรีทั้งสองเท่ากับรัศมีของจานกลมแอรีนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 กำลังแยกของเลนส์

ในรูปที่ 1.2 r เป็น รัศมีของจานกลมแอรี่

f เป็น ทางยาวโฟกัสของเลนส์หน้ากล้อง

θ เป็น กำลังแยกของเลนส์ ซึ่งเป็นมุมที่จุดกลางเลนส์รับภาพครึ่งจานกลมแอรี่

จากรูปที่ 1.2 ได้ว่า $\tan\theta = \frac{r}{f}$ (1.4)

θ เป็นมุมเล็ก ดังนั้น $\tan\theta \approx \theta$ เรเดียน

จากสมการ (1.4) ได้ว่า $r = f\theta$ (1.5)

เมื่อช่องเปิดเป็นรูปวงกลม จากทัศนศาสตร์กายภาพ การเลี้ยวเบนเมื่อแสงผ่านช่องเปิดรูปวงกลมได้ว่า[2]

$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} \quad (1.6)$$

θ เป็น กำลังแยกของเลนส์

λ เป็น ความยาวคลื่นของคลื่นแสงที่ผ่านเลนส์

D เป็น เส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์

จากสมการ (1.5) และ (1.6) ได้ว่า

$$r = 1.22 \frac{f\lambda}{D} \quad (1.7)$$

นั่นคือ การเลี้ยวเบนของแสงโดยเลนส์ที่เป็นช่องเปิดรูปวงกลมจะเป็นตัวจำกัดกำลังแยกของกล้องโทรทรรศน์