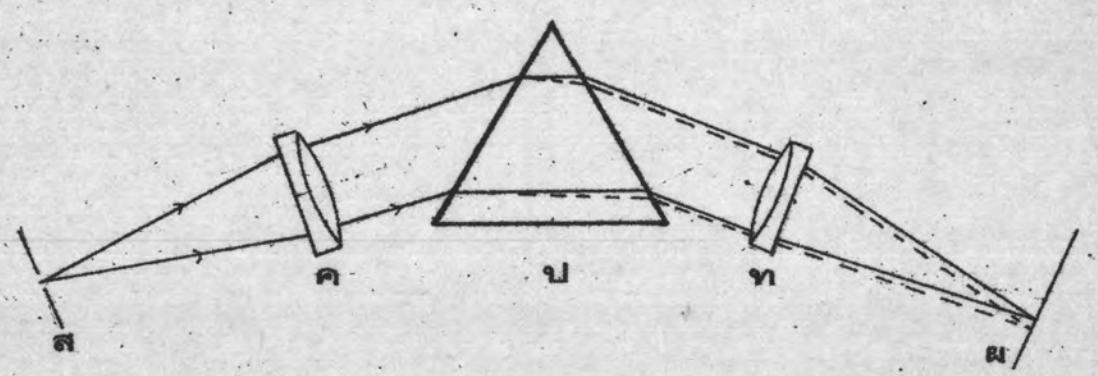
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

องค์ประกอบของสเปกโตรกราฟ

โดยทั่วไปสเปกโตรกราฟประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ สลิท (slit) เลนส์ คอลลิเมเตอร์ (collimator lens) ปริซึม (prism) เลนส์โทรทัศน์ (Telescope lens) และแผ่นบันทึกภาพ (photographic plate) โดยจัดเรียงเพื่อให้ได้สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังแผนผังที่แสดงในรูป 4.1



รูป 4.1 แผนภาพแสดงการจัดองค์ประกอบของสเปกโตรกราฟ

ส. คือสลิท ค. คือเลนส์คอลลิเมเตอร์ ป. คือปริซึม ท. คือ เลนส์โทรทัศน์ และ ผ. คือ แผ่นบันทึกภาพ

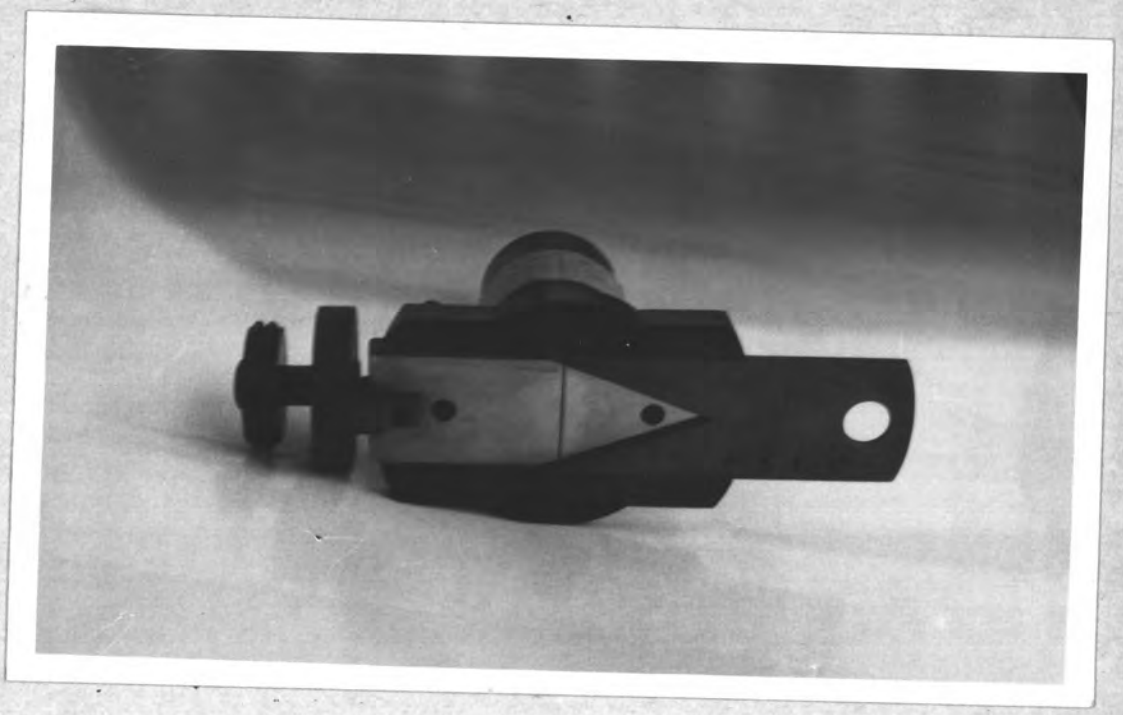
ในการศึกษาใช้งานสเปกโตรกราฟมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจในรายละเอียดขององค์ประกอบแต่ละส่วน อย่างไรก็ตามในที่นี้จะกล่าวเฉพาะในส่วนที่นำมาใช้กับสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์เท่านั้น ดังนั้นส่วนของเลนส์คอลลิเมเตอร์ และเลนส์โทรทัศน์ จึงจะกล่าวถึงรวมกันเป็นเรื่องของเลนส์ เพราะเลนส์ทั้งสองใช้เพียงเลนส์เดียวในสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์

1. สลิท

สลิทคือช่องรูปสี่เหลี่ยมขนาดแคบ ๆ ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร สำหรับให้แสงเข้าไปในสเปกโตรกราฟ เมื่อมีแสงมาตกกระทบสลิท สลิทประพฤติตัวเสมือนแหล่งกำเนิดแสงอันหนึ่ง ภาพของสลิทเมื่อผ่านสเปกโตรกราฟออกมาคือเส้นสเปกตรัมของแสงที่ส่องที่สลิท สลิทมีส่วนทำให้ภาพสเปกตรัมที่ได้มีคุณภาพดีหรือไม่ดี ดังนั้นจึงจะต้องพิจารณาจัดสภาพของสลิทให้อยู่ในภาวะอันยังผลเลิศแก่สเปกตรัมที่ได้

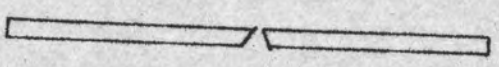
ขอบของสลิทจะต้องเป็นเส้นตรงและขนานกัน เพื่อจะได้ภาพที่ชัดเจน นอกจากนี้จะต้องคมบาง (sharp) เพื่อหลีกเลี่ยงการสะท้อนของแสงจากขอบเข้าไปในสเปกโตรกราฟ แสงที่สะท้อนจากขอบสลิทที่ไม่คมมักจะมีแนวโน้มที่จะทำให้ภาพที่ออกมาหยาบและเลือนลาง (Sawyer, 1951)

โดยทั่วไปสลิททำจากโลหะ สามารถปรับความกว้างและความยาวได้ สำหรับสลิทของสเปกโตรกราฟแบบลิทโทรว์ที่ใช้ทำจากโลหะปรับความกว้าง-ยาวได้ ดังแสดงในรูป 4.2



รูป 4.2 สลิทของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ สกรูด้านขวามือของภาพใช้ปรับความกว้าง เหล็กรูปขากรรไกรใช้เลื่อนปรับความสูง

โลหะผสมที่ดีที่สุดสำหรับการทำสลิทคือ แพลทตินอยด์ (platinoid) ซึ่งเป็นโลหะที่ผสมจากทองแดง 60 % สังกะสี 24 % นิเกิล 14 % และทังสะเตน 2 % มีความเหนียวมากและไม่เป็นสนิมหรือผุกร่อน อย่างไรก็ตามในการพัฒนาต่อ ๆ มาได้มีการนำแผ่นควอตซ์มาใช้แทนโลหะ เพราะเมื่อเฉือนแผ่นควอตซ์ตามแบบที่ทำกับโลหะแล้ว (ดูรูป 4.3) ขอบของสลิทนี้จะทำหน้าที่เป็นปริซึมซึ่งจะหักเหแสงที่ตกกระทบออกไป คงให้แต่แสงที่ผ่านตรงกลางเข้าสู่สเปกโตรกราฟต่อไป (Baly , 1924)



รูป 4.3 ลักษณะของสลิทมองด้านข้าง

2. เลนส์

ในระบบของสเปกโตรกราฟมีการใช้เลนส์เพื่อประโยชน์สองประการใหญ่ ๆ โดยเรียกชื่อตามหน้าที่ของเลนส์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าส่วนใหญ่จะใช้เลนส์สองตัวเพื่อทำหน้าที่ทั้งสองนี้แยกกัน แต่สำหรับกรณีของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ใช้เลนส์เพียงตัวเดียวทำหน้าที่ทั้งสองดังได้กล่าวมาแล้ว เพื่อให้เข้าใจหน้าที่ของเลนส์ในสเปกโตรกราฟ ตลอดจนคุณสมบัติของแต่ละหน้าที่จะขอแยกกล่าวออกจากกันดังนี้

2.1 เลนส์คอลลิเมเตอร์ หน้าที่ของเลนส์คอลลิเมเตอร์ คือทำให้แสงจากแต่ละจุดของสลิทเป็นแสงขนาน เมื่อผ่านเลนส์ไปเพื่อที่ว่าแสงที่ตกลงบนผิวหน้าของปริซึมจะเสมือนหนึ่งมาจากแหล่งกำเนิดที่ระยะอนันต์ (infinte distance) ถ้าหากแสงที่ตกลงบนผิวหน้าของปริซึมเป็นลำแสงขนานทุกสีภาพเส้นสเปกตรัมที่เกิดจะเป็นเส้นตรงเพราะจากจุดบนสลิทจะเกิดภาพเป็นจุดหนึ่ง ๆ ในภาพ แต่ถ้าหากลำแสงไม่ขนานจากจุดบนสลิทจะเกิดความคลาดชนิดแอสติกมาติค (astigmatism) ขึ้น (Sawyer, 1951)

อย่างไรก็ตามเป็นไปไม่ได้สำหรับเลนส์โดยทั่วไปที่จะทำให้เกิดแสงขนานสำหรับแสงทุกความยาวคลื่นและทุกช่องกว้างที่รับแสง (aperture) เลนส์จะทำหน้าที่ทำแสงขนานได้ดีเพียงใดขึ้นกับโครงสร้างของเลนส์ , การออกแบบและการเลือกวัสดุทำเลนส์

ข้อบกพร่องของเลนส์ซึ่งมีผลต่อหน้าที่ของเลนส์คอลลิเมเตอร์ที่สำคัญมากมีอยู่อย่างด้วยกัน คือ ความคลาดรงค์ (chromatic aberration), ความคลาดทรงกลม (spherical abberration) และโคมา (coma)

2.1.1 ความคลาดรงค์ เป็นผลมาจากความจริงซึ่งค้นพบโดยนิวตันที่ว่าตัวกลางโปร่งแสงมีค่าดัชนีหักเห (index of refraction) ที่ต่างกันต่อแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน จากสมการที่ใช้หาค่าความยาวโฟกัสของเลนส์เดี่ยวดังนี้

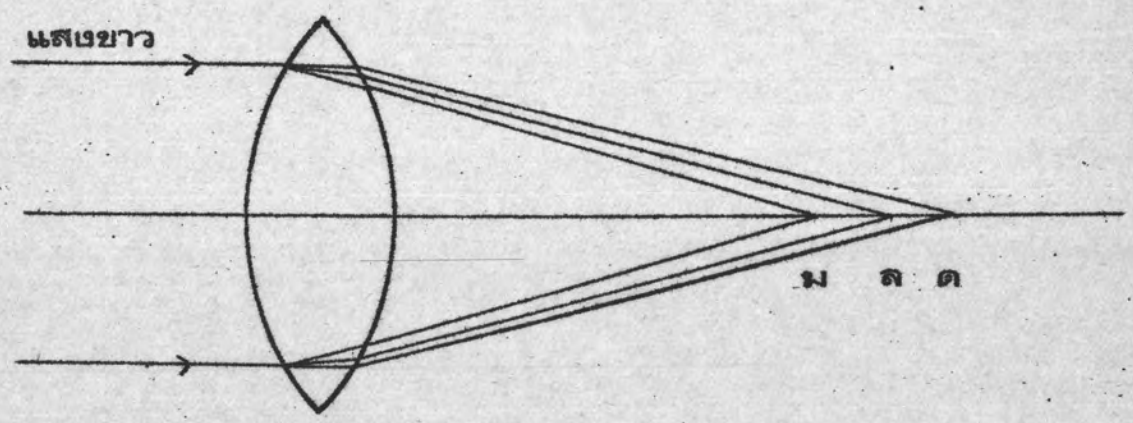
$$\frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \qquad \text{(Baly, 1929)} \qquad (4.1)$$

โดยที่ f คือความยาวโฟกัสของเลนส์

n คือดัชนีหักเหของวัสดุที่ใช้ทำเลนส์

r_1 และ r_2 คือความโค้ง (curvature) ของผิวที่ 1 และ 2 ของเลนส์

จะเห็นได้ว่าค่าความยาวโฟกัสเป็นฟังก์ชันของดัชนีหักเห ซึ่งยังผลให้เลนส์เดี่ยวตัวหนึ่งซึ่งสามารถทำให้แสงสีหนึ่งสีใดเป็นลำแสงขนานได้ จะไม่สามารถทำให้ลำแสงสีอื่น ๆ กลายเป็นแสงขนานได้ในขณะเดียวกัน

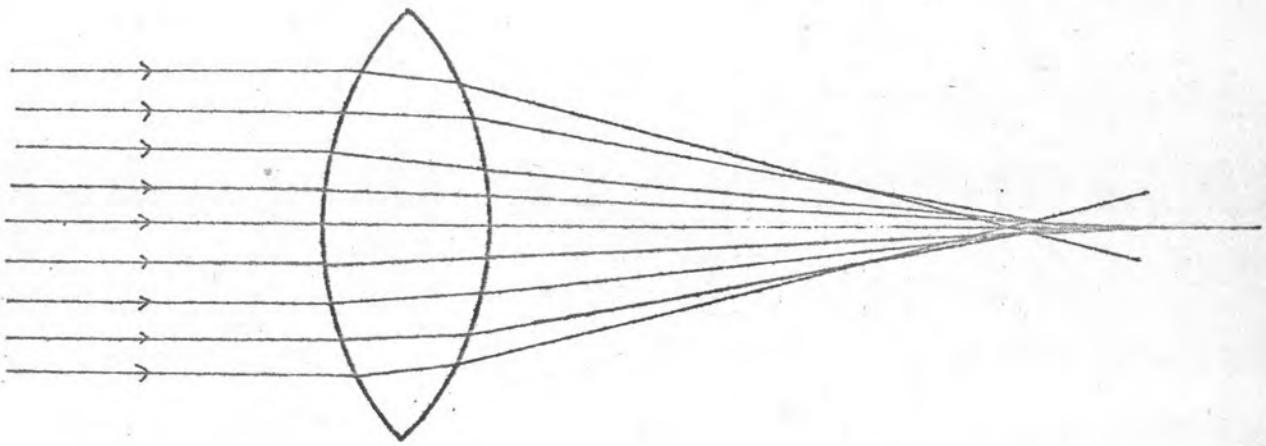


รูป 4.4 แผนภาพแสดงความคลาดรงค์ ม. คือแสงสีม่วง ล. คือแสงสีเหลือง และ ด. คือแสงสีแดง

ความคลาดรงค์มี 2 ลักษณะคือ ความคลาดรงค์ตามแนวแกน เรียกว่า axial or longitudinal chromatic aberration และความคลาดรงค์ตามแนวขวาง เรียกว่า lateral chromatic aberration (Jenkins and White, 1957) การแก้ความคลาดรงค์ในระบบของสเปกโตรกราฟอาจทำได้โดยใช้เลนส์ชนิดอโปโครแมทส์ (apochromats) ซึ่งสามารถโฟกัสแสงสีต่าง ๆ ได้สามสี หรือมากกว่านั้นไปสู่จุดโฟกัสเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวใช้น้อยมาก นอกจากเพราะว่าจะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายแล้ว โดยภาระสำคัญเราต้องการกระจายแสงออกเป็นสีต่าง ๆ และพยายามให้ไปโฟกัส ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวยาวตลอดของแผ่นบันทึกภาพ จึงมักจะใช้วิธีเอียงแผ่นบันทึกภาพ หรือทำให้โค้งหรือทั้งสองวิธีในการแก้ความคลาดรงค์

นอกจากนี้ผลของการที่ขาดแคลนวัสดุที่ยอมให้อุลตราไวโอเลตผ่านเพื่อใช้คู่กับควอตซ์สเปกโตรกราฟขนาดใหญ่ ๆ ที่ใช้ควอตซ์ เช่น แบบลิตโทรว์ จึงใช้เลนส์ทำจากควอตซ์ชนิดเลนส์เดี่ยวและขจัดปัญหาความคลาดรงค์ด้วยวิธีทำที่ใส่แผ่นบันทึกภาพชนิดเอียงทำมุมต่าง ๆ ได้ นั่นคือ ใช้การเอียงของแผ่นบันทึกภาพเตรียมรับความยาวโฟกัสที่ต่างกันของแสงสีต่าง ๆ ที่ปริซึมแยกออกมา (Sawyer, 1951)

2.1.2 ความคลาดทรงกลม ข้อบกพร่องที่สำคัญของเลนส์ หรือระบบเลนส์ของสเปกโตรกราฟคือ ไม่สามารถทำให้แสง (สีเดียว) ทุกส่วนที่ผ่านเลนส์ไปโฟกัสที่จุดเดียวกัน ซึ่งเรียกว่าความคลาดทรงกลม ในกรณีของเลนส์นูนสองด้าน (biconvex lens) ซึ่งมีผิวโค้ง 2 ด้าน ลำแสงขนานที่ผ่านเลนส์ในระยะไกลจากแกน (axis) ออกไปจะไปโฟกัส ณ ตำแหน่งที่ใกล้เลนส์เข้า ดังแสดงในรูป 4.5 ผลคือภาพของจุดที่ระยะไกล ๆ จะไม่ปรากฏเป็นจุดบนแกน แต่จะเป็นช่วงของจุดหลาย ๆ จุดตามแนวแกนซึ่งเมื่อรับด้วยฉากจะมองเห็นเป็นวงกลมที่ไม่ชัด (blur)



รูป 4.5 แผนภาพแสดงความคลาดทรงกลมของเลนส์นูนสองด้าน แสงขนานนี้เป็นแสงสีเดียว

การมีของเลนส์คอลลิเมเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนรังสีทุกรังสีจากจุดหนึ่ง ๆ ของสลิทให้เป็นลำแสงขนานจะไม่อาจทำได้ครบทุกรังสี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจุดนั้นจะอยู่ไกลจากแกนของเขตยังผล (effective zone) ของเลนส์มากเท่าใด

ด้วยเหตุนี้เมื่อลำแสง (ซึ่งไม่อาจทำให้ขนานกันได้ทั้งหมด) กระจายออกมาเป็นสีต่าง ๆ ก็จะยังคงไม่ขนานกันต่อไปและไม่ว่าเลนส์โทรทัศน์จะมีความสมบูรณ์ (perfect) เพียงใดก็จะไม่ได้เส้นสเปกตรัมที่คม

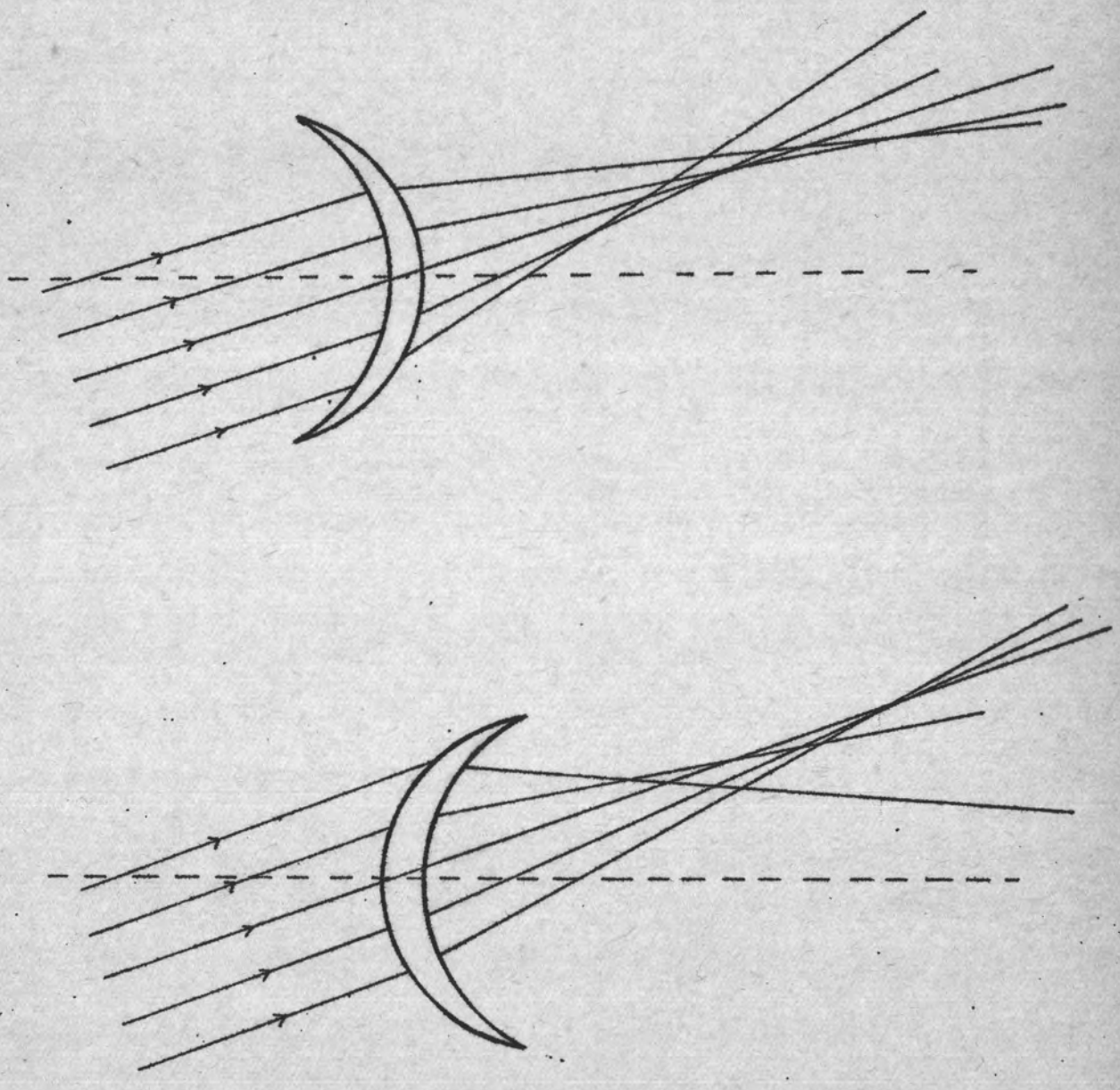
การแก้ความคลาดทรงกลมของเลนส์เดี่ยวอาจทำได้โดยทำให้รูปร่างของเลนส์นั้นเปลี่ยนจากผิวโค้งธรรมดามาเป็นผิวโค้งเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ทุกส่วนของเลนส์มีความยาวโฟกัสเดียวกัน แม้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับเลนส์ที่ไม่มีความคลาดนี้ หรือเลนส์อะสเฟียริก (aspherical lens) จะสูง แต่ความสำคัญในการขจัดความคลาดดังกล่าวนี้ทำให้สเปกโตรกราฟส่วนมากต้องใช้เลนส์อะสเฟียริก

โดยเฉพาะอย่างยิ่งสเปกโตรกราฟที่ใช้ควอตซ์ซึ่งมีปัญหาในการใช้เลนส์หลาย ๆ ตัว (Sawyer, 1951)

2.1.3 โคมา ความคลาดทรงกลมของรังสีซึ่งผ่านเลนส์โดยไม่ได้ขนานกับแนวแกนของเลนส์ เรียกว่าโคมา เนื่องจากการเฉียงของลำแสงที่ตกกระทบเลนส์ทำให้รังสีที่ผ่านตอนล่างและตอนบนของเลนส์มีความแตกต่างกันเกิดเป็นภาพอสมมาตร (unsymmetric) ดังรูป 4.6 ในขณะที่ความคลาดทรงกลมตามแนวแกนทำให้เกิดวงกลม (ซึ่งสมมาตร) ที่ไม่ชัดเจนของวัตถุที่เป็นจุดโคมาจะทำให้เกิดภาพจุดที่ไม่สมมาตรมองดูคล้ายดาวหาง ด้วยเหตุนี้กรณีที่เป็นภาพของสลิทโคมาจะทำให้ได้ภาพลักษณะขอบไม่ชัดเจน ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพสเปกตรัมที่มีคุณภาพสูงจึงต้องขจัดโคมาให้ได้

จากรูป 4.6 จะเห็นได้ว่าผลจากโคมาจะกลับกันถ้าหากกลับด้านรับแสงของเลนส์ ดังนี้แม้แต่เลนส์เดียวก็เป็นไปได้สำหรับการเลือกความโค้ง 2 ลักษณะ เพื่อขจัดโคมา นอกจากนี้การใช้แผ่นไดอะแฟรม (diaphragm) วางไว้หน้าเลนส์เพื่อไม่ให้แสงที่เอียง (จากแนวแกน) มาตกบนผิวเลนส์เพื่อลดโคมาอีกด้วย

จะเห็นได้ว่ากรณีของสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ซึ่งใช้เลนส์คอลลิเมเตอร์แบบเลนส์เดี่ยว การแก้ปัญหาจากความคลาดทั้ง 3 ชนิดจะทำได้โดย การเลือกความโค้งของผิว , การใช้ไดอะแฟรม , และการเอียงของแผ่นบันทึกภาพ ตามที่ได้บรรยายมาแล้ว ซึ่งทำให้ภาพสเปกตรัมที่ได้มีคุณภาพดีพอใช้งานได้



รูป 4.6 แผนภาพแสดงโคมา

2.2 เลนส์โทรทัศน์ หน้าที่อันสำคัญของเลนส์โทรทัศน์ คือทำให้แสงสีต่าง ๆ ที่ผ่านจากปริซึมออกมาไปโฟกัสเป็นภาพของสลิทที่แผ่นบันทึกภาพ แสงสีต่าง ๆ เหล่านี้ผ่านออกจากปริซึมด้วยมุมต่าง ๆ กัน และจะไปโฟกัสที่ระยะทางต่าง ๆ กัน

นอกจากความคลาดทั้งสามแบบซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1 แล้วสำหรับเลนส์ที่ทำหน้าที่เป็น "เลนส์โทรทัศน์" ยังมีปรากฏการณ์อื่นอันน่าพิจารณาอีกบางประการซึ่งจะแยกกล่าวถึงดังนี้

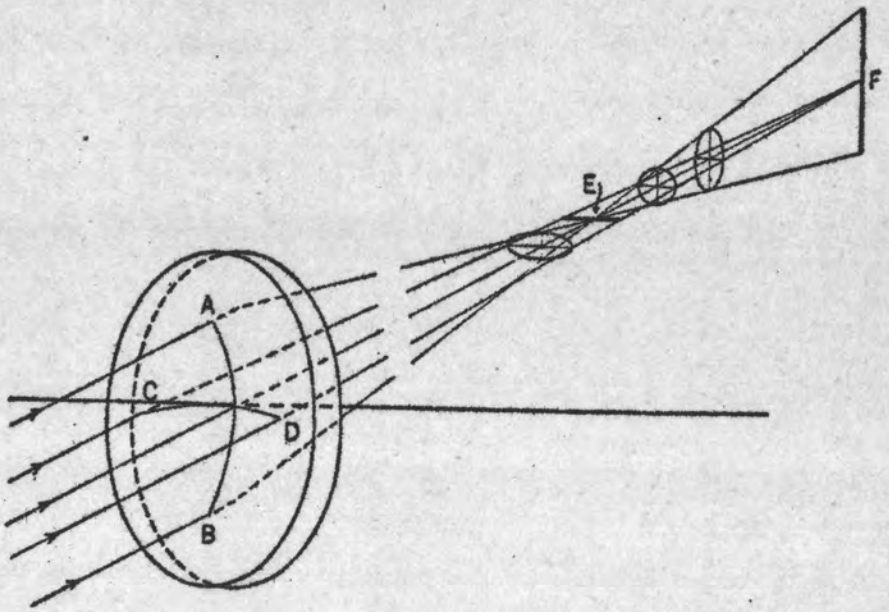
2.2.1 แอสติกมาติสมและความโค้งของภาพ (Astigmatism and curvature or image) ในกรณีอุดมคติ หรือเมื่อพิจารณาว่าเลนส์คอลลิเมเตอร์สามารถทำให้ลำแสงทุกความยาวคลื่นกลายเป็นลำแสงขนานได้อย่างสมบูรณ์ หรืออาจกล่าวว่าทำให้เสมือนว่าสลิทไปอยู่ ณ ระยะอนันต์ เลนส์โทรทัศน์จึงจะต้องทำหน้าที่สร้างภาพของแหล่งกำเนิดแสงซึ่งอยู่ในระยะไกล จะมีบางส่วนของภาพของสลิทไปปรากฏ ณ ตำแหน่งที่ห่างออกไปจากแกนทัศน์ของเลนส์ (optic axis) ซึ่งเหตุนี้ทำให้เกิดผลอันใหม่ซึ่งไม่ได้ปรากฏกับเลนส์คอลลิเมเตอร์

ผลอันใหม่คือแอสติกมาติสม[1] และความโค้งของภาพที่เกิดขึ้น เกิดจากการเอียงของลำแสงเช่นเดียวกับกรณีเกิดโคมา และยังคงเกิดแม้ว่าเลนส์นั้นจะผ่านการออกแบบเพื่อขจัดความคลาดโค้งและโคมาแล้วก็ตาม

การเกิดแอสติกมาติสม แสดงในรูป 4.7 ในกรณีนี้ถือว่าไม่มีความคลาดโค้ง ซึ่งสังเกตได้จากการที่รังสีจากระนาบถึง AB ไปโฟกัสที่จุด E เดียวกัน อย่างไรก็ตาม รังสีจากระนาบระดับ CD ไปโฟกัสที่จุด F ซึ่งอยู่ห่างจากเลนส์มากกว่าจุด E ภาพของเส้นที่ได้ 2 เส้นแสดงภาพที่คมที่สุดของจุดที่อยู่นอกแกนของเลนส์ เมื่อความเอียงของ

---

(1) คำว่าแอสติกมาติสม ในที่นี้หมายถึงความคลาดเนื่องจากการเอียงของลำแสงที่มีค่ามาก ในขณะที่ โคมา ใช้กับความคลาดจากการเอียงของลำแสง 1 องศา หรือน้อยกว่านั้น คำนี้เมื่อใช้กับปริซึมมีความหมายอีกอย่างหนึ่งซึ่งมีกล่าวไว้ในหัวข้อ 3



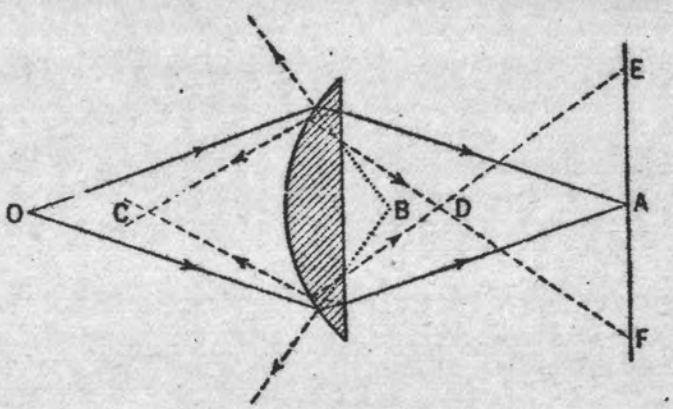
รูป 4.7 แผนภาพแสดงแอสติกมาติสม

ลำแสงเข้าสู่ศูนย์เส้นทั้งสองจะเคลื่อนเข้ารวมกันในภาพจากวัตถุที่อยู่ตรงแกน เพราะว่าเส้นคือการเรียงตัวของจุดจะได้ว่าภาพที่ดีที่สุดของเส้นตั้งซึ่งตั้งฉากกับแกนทัศน์ จะเป็นภาพแนวตั้งที่ซ้อนกันของจุดที่ประกอบเป็นเส้นในขณะที่เส้นแนวระดับ จะเป็นภาพที่ดีที่สุดโดยภาพเส้นในแนวระดับ

ภาพของเส้นเหล่านี้โดยทั่วไปแล้วจะไม่อยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับแกน แต่อยู่ในพื้นผิวโค้งสำหรับเลนส์รวมแสงภาพของวัตถุที่อยู่ไกล ๆ ในแนวระดับ จะอยู่บนพื้นผิวโค้งที่โค้งเข้าหาเลนส์ และผิวโค้งนี้จะใกล้กับเลนส์มากกว่าความโค้งของพื้นผิวของภาพของเส้นแนวตั้ง

ปรากฏการณ์การโค้งของภาพข้างต้นเรียกว่า ความโค้งแอสติกมาติคของภาพ (astigmatic curvature of the image) การขจัดความโค้งนี้ทำโดยจัดให้ผิวโค้งของภาพแนวระดับกับแนวตั้งเข้ารวมกันจะยังคงเหลือการโค้งของภาพอยู่ซึ่งจะต้องได้รับการแก้ไขโดยอิสระด้วยการออกแบบเลนส์แต่ต้น

2.2.2 การสว่างจ้าทัศน์ (optical flare) ในการออกแบบความโค้งของเลนส์เพื่อแก้ความคลาดดังได้อภิปรายไว้ข้างต้นนั้นจะต้องคำนึงถึงว่าจะต้องออกแบบให้มีการสว่างจ้าทัศน์น้อยที่สุด การสว่างจ้าทัศน์เป็นผลจากการที่แสงสะท้อนที่ผิวหน้าของเลนส์แล้วไปโฟกัส ณ ตำแหน่งอันหนึ่งซึ่งอาจปรากฏเป็นแสงรบกวนในแผ่นบันทึกภาพ



รูป 4.8 แผนภาพแสดงตัวอย่างของการสว่างจ้าทัศน์

ตัวอย่างง่าย ๆ ของการสว่างจ้าทัศน์แสดงในรูป 4.8 ลำแสงจากจุด O ตกลงบนเลนส์และไปโฟกัสที่ A ส่วนหนึ่งของแสงสะท้อนจากผิวแรก (the first surface) และถ่างออกไปประหนึ่งว่าจะเกิดภาพเสมือน (virtual image) ที่ B แสงส่วนนี้จะไปถึงพื้นผิวของภาพ (image surface) นอกจากนั้นจะไปสะท้อนกับอุปกรณ์ติดเลนส์หรือผิวอื่น ๆ

แสงอีกส่วนหนึ่งซึ่งสะท้อนที่ผิวราบ (ผิวที่สอง) จะทำให้เกิดภาพจริงที่ C อย่างไรก็ตามแสงที่สะท้อนจากผิวราบนี้จะไปสะท้อนกลับอีกครั้งหนึ่งที่ผิวโค้ง (ดูรูป) และไปปรากฏเป็นภาพจริงที่ D ซึ่งจะตกลงในอาณาบริเวณ EF ของแผ่นบันทึกภาพด้านขวามือ แสงนี้คือการสว่างจ้าทัศน์ ซึ่งอาจปรากฏในแผ่นบันทึกภาพของสเปกโตรกราฟ แน่นอนว่ามีแสงปริมาณเล็กน้อยที่มาถึงจุดสว่างจ้า (flare spot) แต่อย่างไรก็ตามความยุ่งยากอาจเกิดขึ้นบ้างในกรณีการบันทึกเส้นสเปกตรัม ทั้งนี้เพราะภาพของเส้นที่ A มีความยาวคลื่นเดียวในขณะที่มีแสงหลายความยาวคลื่นตกกระทบเลนส์ที่มุมต่าง ๆ กันร่วมกันก่อให้เกิดการสว่างจ้าในอาณาบริเวณ EF

ไม่มีเลนส์ชนิดใดเป็นอิสระจากการสะท้อนของแสง แต่การออกแบบที่ระมัดระวังทำให้การสว่างจ้าทัศน์น้อยลงได้โดยหลีกเลี่ยงให้เลนส์โค้งไม่มาก เพราะว่าปริมาณของแสงที่สะท้อนจะมากขึ้นเมื่อมุมตกกระทบใหญ่ขึ้น นอกจากนี้พยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้มีช่องอากาศระหว่างเลนส์หลาย ๆ ตัว เพราะจะทำให้มีการสะท้อนหลายผิวซึ่งมีปริมาณมากขึ้น และโดยการเคลือบผิวเลนส์และหรือโดยจัดเรียงเลนส์ให้ภาพจากแสงที่สะท้อนไปตกลงบนจอสำหรับกันแสง (Sawyer, 1951)

เลนส์โทรทัศน์สำหรับสเปกโตรกราฟในอุดมคติจะต้องเป็นอิสระหรือได้รับการแก้ไขความคลาดต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นคือ ความคลาดทรงกลม, โคมา, แอสติกมาติสม และความโค้งของภาพ อย่างไรก็ตามในสภาพเป็นจริงนั้นย่อมจะเป็นไปไม่ได้ที่จะแก้ความคลาดทุกชนิดได้ครบถ้วน แต่ละแบบของสเปกโตรกราฟจึงจะต้องมีการพิจารณาแก้ความคลาดต่าง ๆ ให้มากเท่าที่ทำได้ภายใต้เขตจำกัดของการออกแบบ

3. <u>ปริซึม</u>

อาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของสเปกโตรกราฟคือ ปริซึม ทั้งนี้เพราะเมื่อพิจารณาถึงหน้าที่สำคัญในการแยกแสงสีต่าง ๆ ของสเปกโตรกราฟแล้ว หน้าที่นี้จะทำไม่ได้ถ้าขาดปริซึม (หรือส่วนที่ทำหน้าที่กระจายแสงชนิดอื่น ๆ)

ในการพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ของปริซึมซึ่งจะกล่าวต่อไปนี้นั้นจะเป็นไปโดยอาศัยหลักพื้นฐานทั่วไปของปริซึมสองหน้าและเข้าสู่จุดสรุปสำหรับใช้กับปริซึมแบบที่ใช้ในสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ ซึ่งเรียกว่า ปริซึม 30 องศา หรือปริซึมครึ่ง (half prism) ในระบบแสดงการเดินของแสงของปริซึม 30 องศานี้นั้นจะสมมูลย์กับการเดินของแสงในปริซึม 60 องศา (Sawyer , 1951)

3.1 <u>แอสติกมาติสมของปริซึม</u> เมื่อแสงผ่านปริซึมจะเกิดผลอันน่าสนใจอันหนึ่งเกิดขึ้นเรียกว่า แอสติกมาติสม กล่าวคือภาพของแหล่งกำเนิดที่เป็นจุดจะไม่ปรากฏเป็นจุดแต่จะเป็นเส้น 2 เส้นที่ระยะต่างกัน ทั้งสองเส้นตั้งฉากซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับแนวรังสี ภาพของเส้นที่เรียกว่า เส้นภาพแอสติกมาติก (astigmatic image-lines) นี้เกิดขึ้นในกรณีของแสงที่เอียงกับแนวแกนของเลนส์ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.1 บทเดียวกันนี้เช่นกัน ถ้าหากว่าแหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแนวระดับและแนวดิ่ง ผลจากแอสติกมาติสมจะทำให้ภาพของเส้นแนวดิ่งปรากฏเป็นภาพในพื้นผิวอันหนึ่งในขณะที่เส้นแนวระดับจะปรากฏเป็นภาพในพื้นผิวอีกอันหนึ่ง แต่เนื่องจากในวิชาสเปกตรัม (spectroscopy) เราสนใจกับภาพของเส้นแนวดิ่ง ดังนั้นสภาพแอสติกมาติสมจึงเป็นสิ่งพอทนได้ ภาพของสลิทที่มีคุณภาพสูงจะได้จากการวางแผ่นบันทึกภาพ ณ ระยะโฟกัสของพื้นผิวภาพของเส้นแนวดิ่ง ซึ่งแอสติกมาติสมจะเกิดขึ้นน้อยที่สุด

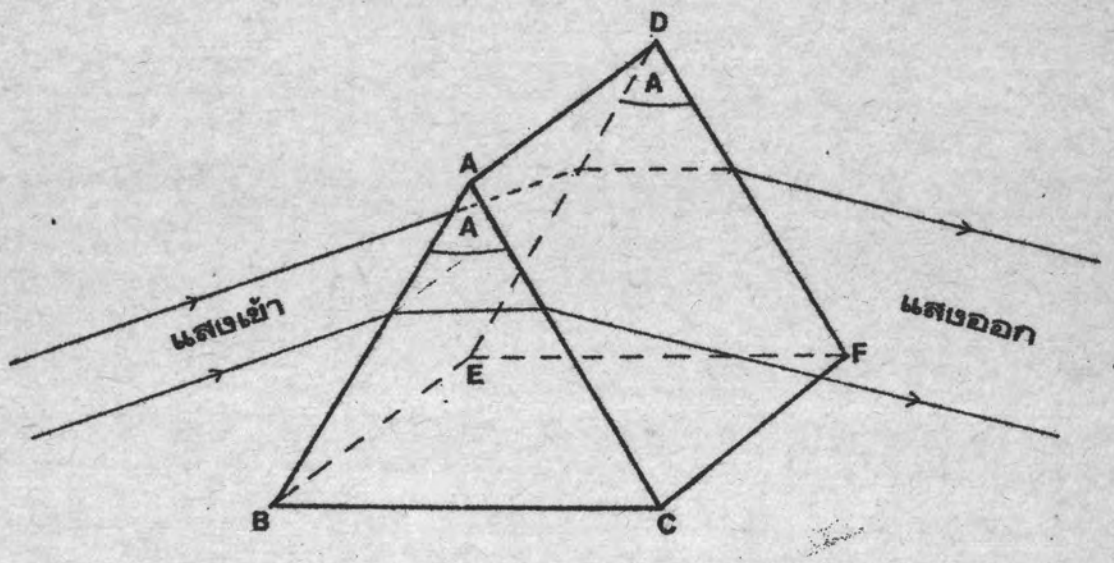
ภาพของสลิทจะดีที่สุดถ้าหากการเดินของแสงผ่านปริซึมเกิดในกรณีดังนี้

1) แสงที่ผ่านปริซึมต้องเป็นแสงขนาน

2) สลิทขนานกับขอบของปริซึม (edge of the prism)

3) รังสีของแสงขนานกับภาคตัดขวางหลักของปริซึม (principal section of prism) ภาคตัดขวางนี้ตั้งฉากกับขอบปริซึม

4) รังสีของแสงผ่านปริซึมอย่างสมมาตร คือมีการหักเหที่เท่ากันทั้ง 2 ผิว ซึ่งเรียกว่าเกิดการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด (minimum deviation)

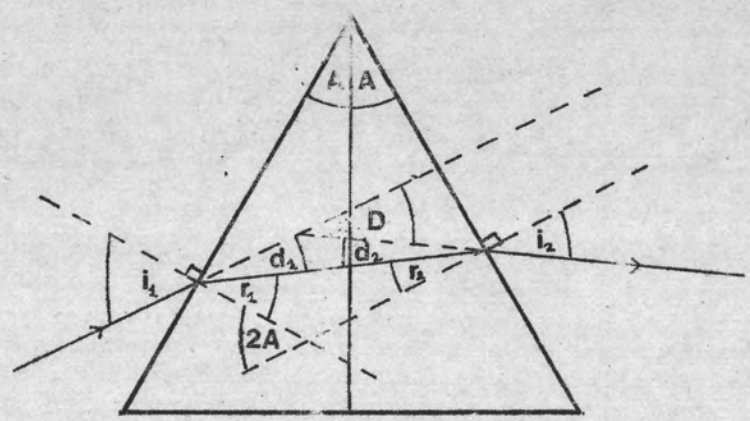


รูป 4.9 แสดงชื่อเรียกส่วนต่าง ๆ ของปริซึม

ระนาบ ABED และ ACFD เรียกว่าผิวหักเห (refracting face) มุมระหว่างระนาบ ABED กับระนาบ ACFD หรือมุม A เรียกว่า มุมของปริซึม (angle of the prism) รอยต่อระหว่างผิวหักเห ABED และ ACFD เรียกว่า ขอบหักเห (refracting edge) ระนาบตัดขวางที่ตั้งฉากกับขอบหักเห เรียกว่าภาคตัดขวางหลัก (principal section)

เงื่อนไขทั้ง 4 ข้างต้นนี้ไม่อาจจัดได้อย่างสมบูรณ์ได้ในปฏิบัติการเกี่ยวกับสเปกโตรกราฟ ซึ่งพิจารณาศึกษาแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงหนึ่งพร้อม ๆ กัน หรือเมื่อใช้สลิทที่มีความยาวจำกัดหนึ่ง ๆ (finite) และใช้อะเพอร์เจอร์ (aperture) ค่าหนึ่ง ๆ แต่สามารถจัดให้เข้าสู่เงื่อนไขทั้ง 4 ได้ใกล้เคียงที่สุด

3.2 <u>การเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด</u> เส้นทางเดินของแสงสีเดียวผ่านภาคตัดขวางหลักของปริซึมที่มีมุม 2A ดังแสดงในรูป 4.10 มุมของการเบี่ยงเบนของแสงเมื่อผ่านปริซึมคือมุม D



รูป 4.10 เส้นทางเดินของแสงผ่านภาคตัดขวางหลักของปริซึมที่มีมุมยอด 2A

พิจารณาจากรูป 4.10 จะพบว่า

$$2A = r_1 + r_2$$

และ
$$D = d_1 + d_2$$
$$= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$
$$= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$$
$$= i_1 + i_2 - 2A \qquad \text{(Sawyer, 1951)} \qquad (4.2)$$

ถ้าแสงผ่านปริซึมอย่างสมมาตร $i_1 = i_2$ และ $r_1 = r_2$ มุมของการเบี่ยงเบน (D) จะน้อยที่สุด ในสภาวะนี้เรียกว่าปริซึมถูกจัดให้อยู่ในสภาพที่มีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด ได้กล่าวแล้วว่าในสภาพนี้จะได้ผลในการถ่ายสเปกตรัมที่ดีที่สุด ดังนั้นในการพิจารณาเกี่ยวกับการกระจายแสง (dispersion) และกำลังแยก (resolving power) ของปริซึมจึงจะหมายถึงกรณีที่มีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุดนี้

3.3 <u>การกระจายแสงของปริซึม</u> หมายถึงความสามารถในการกระจายแสงจากแสงขาวเป็นแสงสีต่าง ๆ เมื่อผ่านปริซึม

จากสมการ (4.2) เมื่อมีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด จะได้เป็น

$$D = 2i - 2A$$

โดยที่ให้ $i = i_1 = i_2$

หรือ $$i = \frac{D + 2A}{2}$$

แต่จาก $2A = r_1 + r_2 = 2r$ $(r_1 = r_2 = r)$ ดังนั้น

$$r = \frac{2A}{2} = A$$

จากกฎของสเนล (Snell's law) ที่ว่า

$$n = \frac{\sin (\text{มุมตกกระทบ})}{\sin (\text{มุมหักเห})}$$

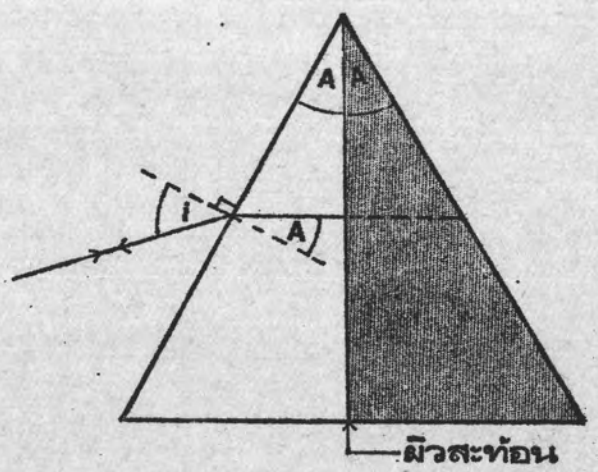
โดยที่ n คือดัชนีหักเหของปริซึม จะได้ว่า

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin\frac{D + 2A}{2}}{\sin A} \qquad (4.3)$$

สมการ (4.3) นี้เป็นสมการพื้นฐานสำหรับการหาค่าดัชนีหักเหของปริซึม โดยวัดมุมของการเบี่ยงเบนน้อยที่สุด (D) และมุมยอดของปริซึม (2A) โดยที่ปริซึมนี้เป็นปริซึมที่มีผิวหักเห 2 หน้า

สำหรับการทำปริซึมครึ่งซึ่งใช้ในสเปกโตรกราฟแบบลิดโทรว์นั้นเสมือนหนึ่งแบ่งครึ่งปริซึมในรูป 4.10 ซึ่งจะได้ดังรูป 4.11 จะหาค่าดัชนีหักเหโดยวิธีออโตคอลลิเมต (Autocollimating) ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากรูปว่าได้ดัชนีหักเหเป็น

$$n = \frac{\sin i}{\sin A} \qquad (4.4)$$



รูป 4.11 การหาค่าดัชนีหักเหของปริซึมครึ่งมุมยอด A โดยวิธีการคอลลิเมตอัตโนมัติ แสงเข้าและออกทับกัน

จะเห็นได้ว่าสมการ (4.4) และ (4.3) สมมูลย์กันเพราะ

มุม $i = \frac{D + 2A}{2}$ นั่นเอง

โดยการดิฟเฟอเรนทิเอท (differentiate) สมการ (4.3) จะได้

$$\frac{dn}{dD} = \frac{\cos \frac{D + 2A}{2}}{2 \sin A}$$

หรือ $$\frac{dD}{dn} = \frac{2 \sin A}{\cos \frac{D + 2A}{2}}$$

โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์และสมการ (4.3) จะได้

$$\frac{dD}{dn} = \frac{2 \sin A}{(1 - n^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}}} \qquad (4.5)$$

เนื่องจากสมการ (4.5) เป็นจริงต่อเมื่อ dD มีค่าน้อยมากเท่านั้น แต่ที่มุม dD ราว ๆ $8 - 10^{\circ}$ ก็ยังพอใช้ได้ จึงเขียนได้เป็น

$$\Delta D = \Delta n \frac{2 \sin A}{(1 - n^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}}}$$

ในการหาค่ามุมที่แตกต่างกัน (ΔD) ของรังสี 2 ลำที่มีความยาวคลื่น (λ_1 และ λ_2 ดัชนีหักเห n_1 และ n_2 ตามลำดับ $\Delta n = n_1 - n_2$ และ n ใช้ค่าเฉลี่ยแทน คือ

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

ดังนั้นได้ $$\Delta D = (n_1 - n_2) \frac{2 \sin A}{(1 - \bar{n}^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}}} \qquad (4.6)$$

สมการ (4.6) นี้ใช้กับปริซึมครึ่งที่มีมุมยอด A ได้ทันทีและเป็นประโยชน์สำหรับการหาความยาวแผ่นบันทึกภาพของสเปกโตรกราฟที่มีความยาวโฟกัส f

ทั้งนี้เพราะระยะห่างของเส้นสเปกตรัม (Δx) หรือการกระจายเชิงเส้น (linear dispersion) หาได้จากสมการ

$$\Delta x = f \Delta D \qquad (4.7)$$

เมื่อทราบค่าการกระจายเชิงมุม (angular dispersion) ΔD จากสมการ (4.6) ก็จะทราบว่าเส้นทั้ง 2 จะห่างกันเท่าไร ทำให้เลือกขนาดความยาวของแผ่นบันทึกภาพเพื่อบันทึกเส้นสเปกตรัมได้ครบตลอดช่วงที่ต้องการศึกษา

ค่าการกระจายเชิงมุมที่แท้จริงซึ่งหมายถึง $\frac{dD}{d\lambda}$ คือการเปลี่ยนแปลงมุมของการเบี่ยงเบนต่อการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นของแสงนั้น หาได้จากความสัมพันธ์นี้

$$\frac{dD}{d\lambda} = \frac{dD}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \qquad (4.8)$$

ค่า dD/dn หาได้จากสมการ (4.5) ส่วน $dn/d\lambda$ นั้นอาจหาได้จากการประมาณ โดยใช้ค่าความชัน (slope) ของกราฟระหว่าง n กับ λ

สมการสำหรับการคำนวณค่า $dn/d\lambda$ ซึ่งใช้ได้ดีในช่วงแคบ คือสูตรของฮาร์ทแมน (Hartmann)

$$\lambda = \lambda_o + \frac{C}{n - n_o} \quad \text{(Sawyer, 1951)} \qquad (4.9)$$

ดังนั้น $$n = n_o + \frac{C}{\lambda - \lambda_o}$$

โดยที่ C = constant

$$\frac{dn}{d\lambda} = -\frac{C}{(\lambda - \lambda_o)^2} \qquad (4.10)$$

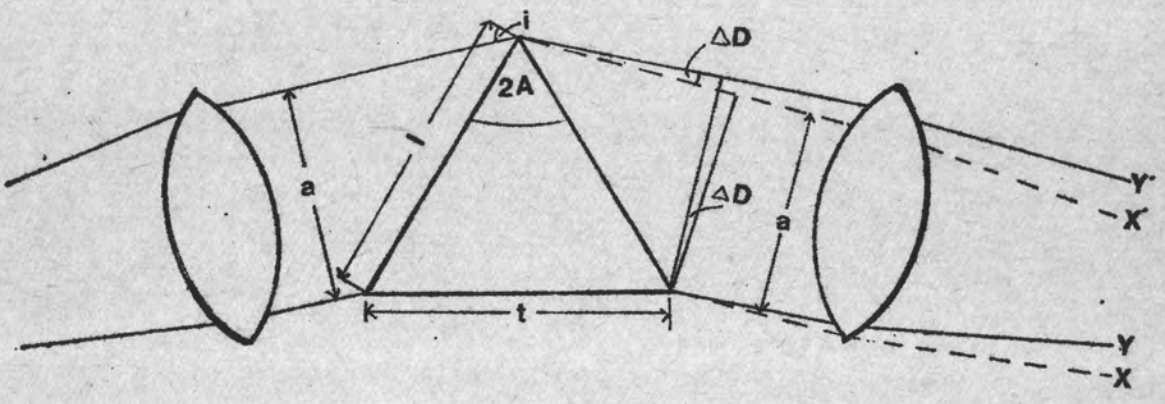
แทนค่า $\frac{dD}{dn}$ และ $\frac{dn}{d\lambda}$ ใน (4.8) จะได้

$$\frac{dD}{d\lambda} = \frac{2 \sin A}{(1 - n^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{-C}{(\lambda - \lambda_o)^2} \qquad (4.11)$$

การหาค่าการกระจายเชิงมุมโดยใช้สมการ (4.11) นี้จะต้องหาค่า C และ λ_o ในสมการ (4.9) ก่อนโดยจะได้รู้ค่าดัชนีหักเหสำหรับแสง 3 ความยาวคลื่นเสียก่อน เพราะในสมการ (4.9) มีตัวคงที่ 3 ตัวคือ λ_o ,Cและ n_o

3.4 <u>กำลังแยก</u> ของปริซึม ค่าทางทฤษฎีของกำลังแยก ของปริซึมขณะอยู่ในตำแหน่งที่มีการเบี่ยงเบนน้อยที่สุดนั้นพิจารณาได้ดังนี้

แสงจากสลิทที่แคบอนันต์ (an infinitely narrow slit) ผ่านปริซึมซึ่งมีหน้ารับแสงเป็นรูปสี่เหลี่ยม จะกระจายออกมาเป็นลำแสงสองลำคือ XX' และ YY' (ดูรูป 4.12) โดยมีความยาวคลื่น λ และ $\lambda + \Delta\lambda$ ตามลำดับ



รูป 4.12 แสดงเส้นทางเดินของแสงผ่านปริซึมของแสง 2 ความยาวคลื่น

ลำแสงที่ผ่านออกมาทั้ง 2 ลำแสงแยกออกจากกันเป็นมุม ΔD โดยที่

$$\Delta D = \frac{\lambda}{a} \qquad \text{(Sawyer, 1951)} \qquad (4.12)$$

ในที่นี้ a คือ อะเพอร์เจอร์ยังผล (effective aperture) แต่กำลังแยกขยาย $(\lambda/\Delta\lambda)$ เขียนในเทอมของการกระจายเชิงมุมได้เป็น

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{\lambda}{\Delta D} \cdot \frac{\Delta D}{\Delta\lambda} = \frac{\lambda}{\Delta D} \cdot \frac{dD}{d\lambda} \qquad \text{(Sawyer, 1951)} \qquad (4.13)$$

ถ้าให้ $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ แทน ΔD จาก (4.12) ใน (4.13) จะได้

$$R = a\frac{dD}{d\lambda}$$

จากสมการ (4.8) ที่ว่า $\frac{dD}{d\lambda} = \frac{dD}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$

จะได้ $R = a \frac{dD}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$

แทนค่า $\frac{dD}{dn} = \frac{2 \sin A}{(1 - n^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}}}$ และ $(1 - n^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}} = \cos i$

จะได้ $R = \frac{2a \sin A}{\cos i} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$

แต่จากรูป 4.12 จะเห็นว่า $a = \ell \cos i$ และ $2\ell \sin A = t$ (t คือความหนาของปริซึม) จะได้

$$R = t \frac{dn}{d\lambda} \qquad (4.14)$$

จะเห็นได้ว่าค่ากำลังแยก (R) จากสมการ (4.14) นี้ใช้กับกรณีที่ใช้ผิวหน้าของปริซึมทั้งหมด หากมิได้ใช้ทั้งหมดค่า ความหนา (t) จะต้องเป็นค่าความหนายังผล (t - effective)

ค่ากำลังแยก ไม่ขึ้นกับความสูงของปริซึม ดังนั้นแม้ว่าในตอนที่แสงออกมาจากปริซึมหากจะมีการตัดความสูงของลำแสงออกไปก็จะไม่ทำให้กำลังแยก ผิดไปจากเดิม

จากสมการ (4.14) จะเห็นได้ว่าหากทราบค่า $dn/d\lambda$ แล้วค่ากำลังแยก ของปริซึมก็จะทำได้ง่ายโดยคูณกับค่าความหนายังผลเท่านั้น

3.5 <u>ความโค้งของเส้นสเปกตรัมจากปริซึม</u> ดังได้กล่าวแล้วว่าข้อจำกัดอันหนึ่งสำหรับการได้ภาพของสเปกตรัมที่ดีนั้นคือ แสงจะต้องขนานกับภาคตัดขวางหลัก (principal section) ของปริซึม แสงจากสลิทที่อยู่ในแนวแกนของเลนส์คอลลิเมเตอร์จะเป็นไปตามข้อแม้ดังกล่าว แต่เนื่องจากสลิทมีความยาวแสงจากตำแหน่งนอกแนวแกนดังกล่าวจะผ่าน

ปริซึมโดยจะต้องเอียงทำมุมกับภาคตัดขวางหลักโดยที่มุมจะมากขึ้นเมื่อสลิทยาวขึ้น

ลำแสงทำมุมดังกล่าวนี้จะเดินในปริซึมด้วยระยะทางมากกว่าแสงที่ขนานกับภาคตัดขวางหลัก ซึ่งทำให้ถูกกระจายออกไปเป็นมุมมากกว่า คือมีการเบี่ยงเบนมากกว่า เป็นเหตุให้ภาพของสลิทที่ได้เป็นเส้นโค้ง

เส้นโค้งนี้ประมาณได้ว่าเป็นรูปพาราโบลา (parabola) รัศมีของความโค้งที่เวอร์เทค (vertex) ได้เป็น

$$r = \frac{n^2 f}{2(n^2-1)} \cot i \qquad \text{(Sawyer, 1951)} \qquad (14.15)$$

โดยที่ r = รัศมีของความโค้งที่เวอร์เทค (radius of curvature at the vertex)

n = ดัชนีหักเห

i = มุมตกกระทบ

f = ความยาวโฟกัสของเลนส์โทรทัศน์

จะเห็นได้ว่า r จะมีค่าน้อย ซึ่งหมายความว่ามีความโค้งมาก เมื่อความยาวโฟกัสน้อยลงหรือค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้น

เนื่องจากค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้นจากแสงสีแดงเข้าหาแสงสีม่วงดังนี้สำหรับสเปกโตรกราฟเครื่องหนึ่ง ๆ (f คงที่) เส้นจะมีความโค้งมากขึ้นเข้าหาแสงสีม่วง

ตัวอย่างเช่นปริซึม 60 องศาทำด้วยแก้วฟลินท์ทึบ (dense flint) ณ ตำแหน่งที่มีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด เลนส์โทรทัศน์มีความยาวโฟกัส 10 นิ้ว ค่ารัศมีความโค้ง(r) และดัชนีหักเหของแสงสีต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังนี้

	สีแดง		เหลือง		ม่วง
n	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74
r (นิ้ว)	4.738	4.608	4.481	4.356	4.231

จะเห็นได้ชัดว่ารัศมีของความโค้ง (r) ในบริเวณทางสีม่วงจะน้อยกว่าบริเวณสีแดง คือโค้งกว่านั่นเอง (Kingslake , 1969)

3.6 <u>การขยายภาพของปริซึม</u> ในสเปกโตรกราฟนั้น โดยปกติจะใช้งานในตำแหน่งใกล้เคียงกับเมื่อมีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุด แสงที่ตกกระทบและออกจากปริซึมจึงมีความกว้างเท่ากันถ้าหากว่าเลนส์โทรทัศน์และเลนส์คอลลิเมเตอร์มีความยาวโฟกัสเท่ากัน (เช่นแบบลิตโทรว์) หากไม่คำนึงถึงปัญหาดิฟแฟรคชัน (diffraction) ภาพและความกว้างของสลิตจะเท่ากันคือไม่มีการขยายเกิดขึ้น

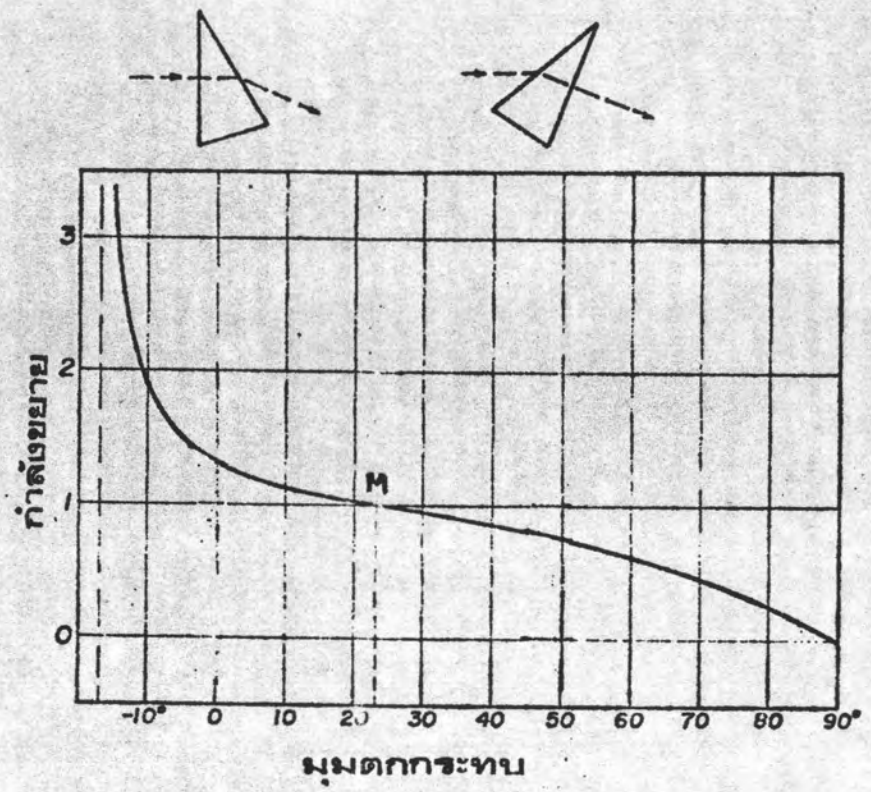
อย่างไรก็ตามหากมุมตกกระทบและมุมที่แสงออกมาไม่เท่ากัน ภาพของสลิตและขนาดของสลิตจะไม่เท่ากันจะเกิดการขยายขึ้น

พิจารณาจากรูป 4.10 จะพบว่า กำลังขยาย (magnifying power) หรือ M.P. มีค่าดังนี้

$$M.P. = -\frac{dD}{di_1} = \frac{\cos i_1 \cos r_2}{\cos r_1 \cos i_2} \quad \text{(Sawyer, 1951)} \quad (4.16)$$

ค่ากำลังขยายมีตั้งแต่ 0 เมื่อแสงตกกระทบแบบเฉียด (grazing) ซึ่ง i = 90 องศา ถึงอนันต์ (infinite) เมื่อแสงออกมาแบบเฉียด และจะเป็น 1 ซึ่งคือไม่มีการขยายเมื่ออยู่ในตำแหน่งเบี่ยงเบนน้อยที่สุด

ตัวอย่างของการเกิดการขยายและย่อของปริซึมชนิด 30 องศา ค่าดัชนีหักเห 1.523 สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังปรากฏในรูป 4.13



รูป 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขยายกับมุมตกกระทบของปริซึม มุมยอด 30 องศา n = 1.523 ตำแหน่ง M ซึ่งมีค่ากำลังขยายเป็น 1 ตรงกับมุมตกซึ่งให้การเบี่ยงเบนน้อยที่สุด

จากรูป 4.13 จะพบว่าที่มุมตกกระทบต่ำกว่ามุมที่มีการเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุดจะมีกำลังขยายมากกว่า 1 ซึ่งแสดงว่ามีการขยาย ขนาดภาพจะใหญ่กว่าสลิท ส่วนที่มุมที่มีการเบี่ยงเบนน้อยที่สุด (ประมาณ 20.3 องศา) มีกำลังขยายเท่ากับ 1 คือไม่มีการขยาย สำหรับกรณีที่มุมตกกระทบมากกว่ามุม 20.3 องศาจะมีกำลังขยายน้อยกว่า 1 คือภาพมีขนาดเล็กกว่าสลิท (Kingslake, 1969).

การขยายภาพโดยปริซึมจะไม่มีผลต่อการแยก (resolution) ของสเปกตรัม (Sawyer, 1951)

3.7 วัสดุสำหรับทำปริซึม วัสดุที่เหมาะแก่การนำมาทำปริซึมที่สุดนั้นมีคุณสมบัติดังนี้

-ให้สเปกตรัมช่วงกว้างตลอดผ่านไปได้ดี

-สม่ำเสมอ (isotropic) คือมีคุณสมบัติเดียวกันตลอด ไม่ว่าแสงจะผ่านแนวใด

-หาได้ในสภาพที่มีขนาดใหญ่พอ

-ขัดถูได้ง่าย

-มีความต้านทานต่อบรรยากาศของห้องทดลองสูง

-มีการกระจายแสงเฉพาะตัว (characteristic dispersion) ($dn/d\lambda$) มาก

-มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของดัชนีหักเห (temperature coefficient of index of refraction , dn/dt) น้อย

ในธรรมชาติไม่มีวัสดุใดที่ยอมให้สเปกตรัมตลอดทั้งหมดผ่านได้ แต่สำหรับงานชิ้นหนึ่ง ๆ นั้นมีวัสดุที่เหมาะสมแก่งานนั้นได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานในช่วงแสงที่มองเห็น (visible region)

วัสดุที่ใช้ทำปริซึมมีทั้งในสภาพของแข็งและของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกันจะพบว่าของเหลวมีการกระจายแสงเฉลี่ย (mean dispersion) มากกว่าของแข็ง แต่ก็มีข้อเสียคือมี dn/dt มากด้วยเช่นกัน

ข้อควรพิจารณาประการหนึ่งของวัสดุที่ใช้ทำปริซึมคือช่วงกว้างของความยาวคลื่นที่วัสดุนั้นยอมให้ผ่านไป ตัวอย่างแสดงวัสดุและช่วงที่ยอมให้รังสีผ่านไปแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 วัสดุบางชนิดและช่วงความยาวคลื่นเป็นไมครอน (micron) ของรังสีที่ยอมให้ผ่านไปได้ดี (Sawyer, 1951)

ความยาวคลื่น	วัสดุ
แสงที่มองเห็น - 2.7	ควอ๊ตซ์
2.7 - 5.5	ลิเธียม ฟลูออไรด์ (Lithium fluoride)
5.0 - 9.0	ฟลูออไรท์ (Fluorite)
8.0 -16.0	เกลือหิน (Rock salt)
15.0 -28.0	โปตัสเซียม โบรไมด์ (Potassium bromide)
24.0 -40.0	ธัลเลียม โบรโมไอโอไดด์ (Thallium bromoiodide)

สำหรับการใช้งานเฉพาะเจาะจงต้องพิจารณาเลือกวัสดุทำปริซึม กรณีสเปกโตรกราฟแบบลิตโทรว์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าใช้ได้ดีกับการศึกษาสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ช่วงแสงที่มองเห็นและเลยไปถึงช่วงอุลตราไวโอเลต (ultraviolet) เล็กน้อยเนื่องจากปริซึมที่ใช้เป็นควอ๊ตซ์