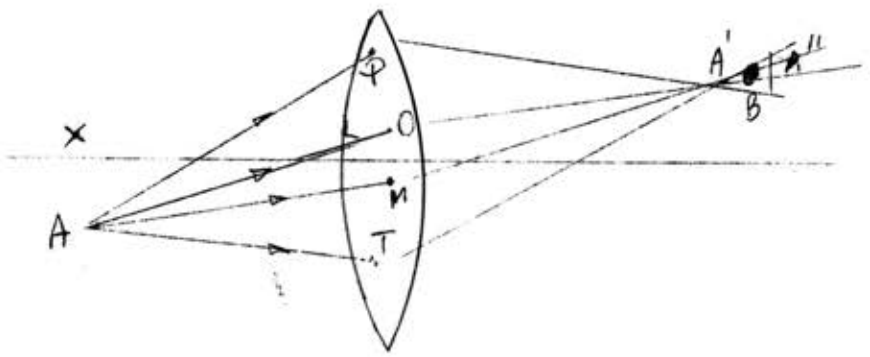
บทที่ 5

ภาคผนวก

เพทซ์วอน เซอร์เฟส (Petzval surface)

ความคลาดโค้งและแอสติคมาติซึม มักจะปรากฏคู่กันเสมอ ในกรณีที่ไม่มีแอสติคมาติซึม มีแต่ความคลาดโค้งอย่างเดียว เรียกว่า เพทซ์วอน เซอร์เฟส (Petzval surface)

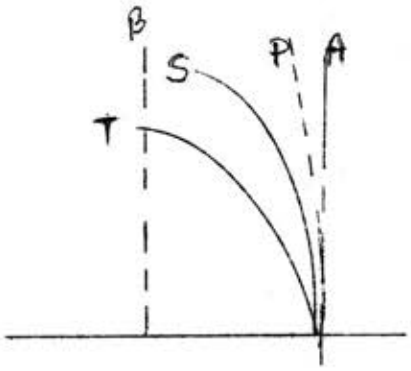
จากรูปที่ 5.1 แสดงถึงเลนซ์ที่แสงไปโฟคัสให้ภาพที่จุด A บนแกน XA จุด P,O และ T บนเลนซ์คือเส้นขนานกับ XA ถ้าเราทำให้ POT แคบลงกว่าเดิม และพิจารณาลำแสงทั้งหมดที่ผ่านแต่ละส่วนของเลนซ์ ระนาบจะประกอบด้วยจุด A และเส้น POT อยู่ในแนวแกนของแสง เราเรียกระนาบนี้ว่า แทนเย็นเชี่ยล เซอร์เฟส(Tangential surface และเส้น LOM เรียกว่า แซคกิตอล เซอร์เฟส(Sagittal surface ซึ่งจะไปโฟคัสที่จุด A" ภาพจะไม่เป็นจุดแต่จะเป็นเส้นสั้น ๆ ภาพของ A ที่บนฉากจะชัดที่สุดที่ B แต่ก็จะเป็นรูปวงกลมซึ่งเรียกว่าวงกลมที่สับสนน้อยที่สุด



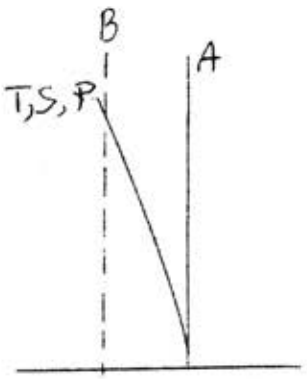
รูปที่ 5.1 แอสติคมาติซึม

จากรูป 5.3 ถ้าหากไม่มีแอสติคมาติซึม ระนาบแทนเย็นเชี่ยล เซอร์เฟส และ แซคกิตอล เซอร์เฟส จะอยู่ที่เดียวกัน เรียกว่า เพทซ์วอน เซอร์เฟส (Petzval surface) ซึ่งเป็นระนาบที่ไม่มี แอสติคมาติซึม ระยะของ แซคกิตอล และ แทนเย็นเชี่ยล เซอร์เฟส จาก เพทซ์วอน เซอร์เฟส จะเป็นอัตราส่วน 1 : 3 ความโค้งของ เพทซ์วอน เซอร์เฟส เรียกว่า เพทซ์วอน เคอร์เวเจอร์ (Petzval curvature) ซึ่งมักจะมีค่าคงที่สำหรับแต่ละระบบ ตามปกติมักวัดแต่ระยะตามแนวแกนที่จุดหนึ่งจุดใดในระนาบจากจุดที่เกิดภาพของแสงตกตามแนวแกนถึง เพทซ์วอน เซอร์เฟส

ถ้าหากวางฉากไว้ที่จุด A รูป 5.2 ตรงจุดกลางภาพจะชัดเจน แต่ตรงริมจะมัว เนื่องจากผลของแอสติคมาติซึม และความคลาดโค้งถ้าวางฉากที่ B ขอบของภาพจะชัดขึ้น แต่ก็ยังมัวเนื่องจากแอสติคมาติซึม และกลางภาพก็ยังมัว ถ้าหากได้แก้แอสติค-มาติซึมแล้ว รูปร่างจะเป็นดังรูป 5.3 ทั้ง เพทซ์วอน, แทนเย็นเชี่ยล และ แซคกิตอล เซอร์เฟส จะตกที่ระนาบเดียวกัน



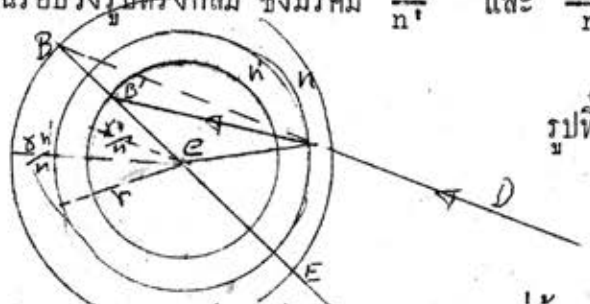
รูปที่5.2 แสดงระนาบของ T,S,P



รูปที่ 5.3 เมื่อไม่มีแอสติคมาติซึม

แอพลานาติค เซอร์เฟส (Aplanatic surface)

เพื่อเป็นการแสดงว่า กำลังแยกของเลนซ์ใกล้วัตถุขึ้นกับ Numerical aperture ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ Numerical aperture ที่ limit สูงสุด ต้องพิจารณาดูในรูป 5.4 ให้ P เป็นจุดบนเส้นรอบวงของรูปทรงกลมรัศมี r รังสี DP อยู่บนระนาบที่มีเส้นรัศมี CB'B และชี้ไปที่จุด B จุด B' และ B อยู่บนเส้นรอบวงรูปทรงกลม ซึ่งมีรัศมี $\frac{rn}{n'}$ และ $\frac{rn'}{n}$ เมื่อ n' เป็นดัชนีหักเห



รูปที่ 5.4 แสดงแอพลานาติค เซอร์เฟส ของทรงกลม

ของทรงกลมและ n เป็นดัชนีหักเหของตัวกลางที่ล้อมรอบ แสดงว่ารังสี DP ที่ชี้ตรงไปที่จุด B จะหักเหผ่าน B' ที่จุดปลายนี้ แสดงว่า DPB เป็นไปตามกฎของการหักเห จากรูปเราเขียนได้

$$\frac{CB'}{CP} = \frac{n}{n'} = \frac{CP}{CB}$$

รูป Δ BCP และ ΔPCB' จะมีมุมรวมกันเป็นสามเหลี่ยมคล้าย

จาก $B\hat{P}C$ = มุมตก $B\hat{B}'C$ และ $C\hat{P}B'$ = มุมหักเห

แต่จาก $\frac{\text{Sin}\,B\hat{B}'C}{\text{SIN}\,C\hat{P}B'} = \frac{CP}{CB'} = \frac{n'}{n}$

จากกฎของการหักเห รังสีใดๆที่ตรงไปที่ B และหักเหไปที่ B' เมื่อหักเหครั้งแรกที่ผิวทรงกลม ถ้าลองหมุนไดอะแกรมนี้รอบแกน CB จะเห็นรูปกรวยของแสงที่มุ่งตรงไปที่ B และหักเหตรงไปที่ B' ถ้าหาก n' > n "แอพลานาติค" เซอร์เฟส นี้จะอยู่บน B และ B' ดังรูป แต่ถ้า n > n' จุด B จะอยู่ในทรงกลมขณะที่ B' อยู่ข้างนอก

จากที่กล่าวแล้ว $C\hat{B}P = C\hat{P}B'$ และ

$$\frac{\text{Sin}\,C\hat{B}'P}{\text{Sin}\,CBP} = \frac{\text{Sin}\,C\hat{B}'P}{\text{Sin}\,C\hat{P}B'} = \frac{CP}{CB'} = \frac{n'}{n} \quad \text{(คงที่)}$$

แสดงว่าการหักเหเป็นไปตาม "Sine condition" และไม่มีความคลาดทรงกลมและความคลาดเนื่องจากวัตถุอยู่นอกแกน (Coma) ซึ่งเรียกว่าเป็น "แอพลานาติค" (Aplanatic)