หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

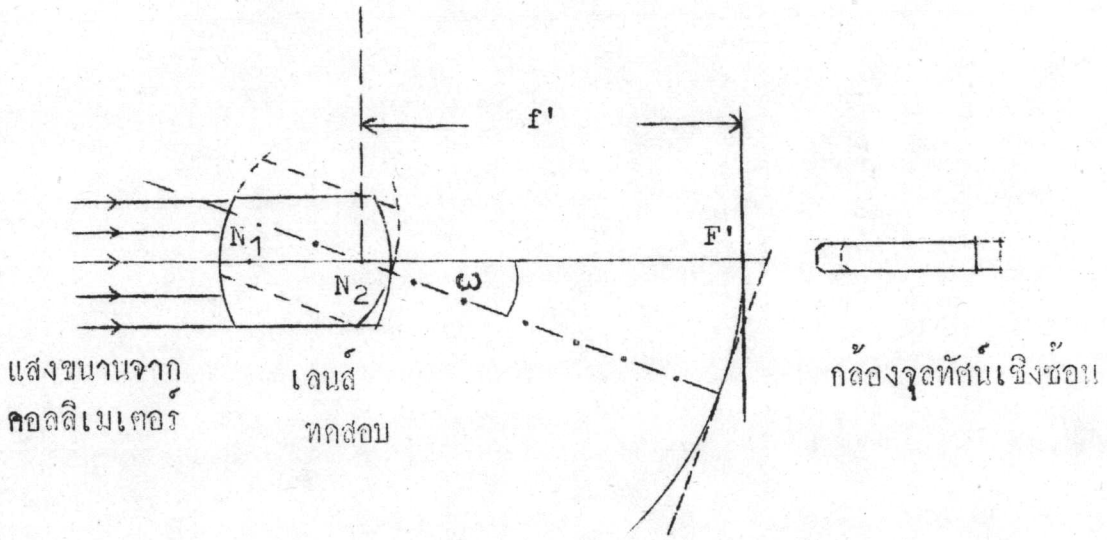
บทที่ 5

การออกแบบและการสร้างแท่นยึด

โนดัลสไลดเบนช์ที่จะสร้างขึ้นนี้ได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ว่า จะได้นำมาใช้กับเลนส์หนาที่มีทางยาวโฟกัสในช่วง 50 มิลลิเมตร ถึง 200 มิลลิเมตร และสามารถปิดไปได้เป็นมุมถึง ±30 องศา จากแกน ในบทนี้ จะได้กล่าวถึงส่วนที่ใช้ยึดเลนส์ที่ได้สร้างเตรียมไว้แล้ว ได้แก่ กอลลิเมเตอร์ และกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อน และกลไกของโนดัลสไลดเบนช์ ได้แก่ แท่นวางเลนส์ทดสอบและแท่นวางกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อน

1. หลักของโนดัลสไลดเบนช์

เลนส์หนาทุก ๆ ระบบจะมีแกนหมุนที่ตัดกับแกนมุขยสำคัญของระบบเลนส์อยู่เพียงหนึ่งแกน ซึ่งเมื่อปิดเลนส์รอบแกนหมุนนี้ไปเป็นมุมเล็กน้อย ภาพที่ได้จะอยู่กับที่ไม่เคลื่อนออกไปทางด้านข้าง กรณีที่ระยะวัตถุมีค่าอนันต์และเพื่อจะได้ภาพจุดอยู่นิ่งเมื่อปิดเลนส์แกนหมุนนี้ต้องผ่านจุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์หนา ดังที่ได้พิสูจน์ไว้แล้วในบทที่ 1 ว่า ถ้าตัวกลางที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังของเลนส์เป็นตัวกลางชนิดเดียวกัน จุดโนดัลทุติยภูมิกับจุดมุขยสำคัญทุติยภูมิของเลนส์จะเป็นจุดเดียวกัน ด้วยสมบัตินี้ถ้าสามารถจัดให้จุดโนดัลทุติยภูมิอยู่ตรงกับแกนหมุนที่ได้ตั้งขึ้น ระยะระหว่างภาพจุดของวัตถุที่อยู่ไกลกับแกนหมุนนี้จะเป็นทางยาวโฟกัสของเลนส์หนาที่ทดสอบนั่นเอง ดังรูปที่ 5.1 แกนหมุนของเลนส์ผ่านจุด N_2 ซึ่งเป็นจุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์หนา ดังนั้นระยะระหว่างจุด N_2 กับจุดโฟกัส F' ก็คือ ทางยาวโฟกัสยังผลของเลนส์หนานั่นเอง



รูปที่ 5.1 หลักของโนดัลสไลดเบนช

ภาพจุดที่ได้จะสังเกตด้วยกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อนซึ่งวางตัวในแนวราบ สามารถเคลื่อนตัวตามยาวและตามขวางของเบนช เพื่อที่จะได้โฟกัสภาพและสังเกตภาพที่เคลื่อนออกไปทางด้านข้างเมื่อบิดเลนส์รอบแกนหมุนไปตามลำดับ แต่ถ้ามุมที่บิดเลนส์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ภาพที่ปรากฏจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแสงที่ตกกระทบทำมุมกับแกนมุขยสำคัญของเลนส์มากขึ้น จะก่อให้เกิดความคลาดอื่น ๆ ได้แก่ โคมา และความคลาดเอียง ซึ่งทำให้คุณภาพของภาพด้อยลง

2. <u>ลำกล้องของคอลลิเมเตอร์และกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อน</u>

ลำกล้องของกล้องทั้งสองได้สร้างขึ้นเอง โดยใช้เครื่องกลึงของหน่วยซ่อมแซมอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลนส์สำหรับคอลลิเมเตอร์ที่สร้างเตรียมไว้แล้วมีขนาด 50 มิลลิเมตร ระยะจากระนาบโฟกัสปฐมภูมิของเลนส์อยู่ห่างจากผิวที่ 1 ไปทางด้านซ้ายเป็นระยะ 220.9 มิลลิเมตร

จึงใช้ท่อทองเหลืองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางวงในขนาด 2 นิ้ว หรือประมาณ 5.08 มิลลิเมตร ยาว 240.0 มิลลิเมตร กลึงบ่าเล็กน้อยที่ด้านในของปลายข้างหนึ่ง ใส่วงแหวนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงนอกเท่ากับปลายท่อที่กลึงแล้ว และเส้นผ่าศูนย์กลางของวงแหวนเล็กกว่าขนาดของเลนส์เพื่อกันไม่ให้เลนส์หลุดเข้าไปในท่อ กลึงเกลียวที่ด้านในของปลายทั้งสองข้าง ใส่เลนส์ที่ได้เตรียมไว้แล้วจึงยึดเลนส์ไม่ให้หลุดออกจากท่อด้วยวงแหวนที่มีขนาดพอดีกับท่อและกลึงเกลียวที่ด้านนอก ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งปิดด้วยฝาทองเหลือง ที่จุดกึ่งกลางของฝาทำเป็นช่องแคบยาว 10 มิลลิเมตร ทั้งนี้ต้องจัดให้ผิวแรกของเลนส์อยู่ห่างจากช่องแคบเป็นระยะ 220.9 มิลลิเมตร เพื่อให้ช่องแคบเป็นต้นกำเนิดแสงอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์พอดี

ส่วนกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อนนั้นประกอบด้วย เลนส์หน้าที่มีขนาด 10 มิลลิเมตร มีจุดโฟกัสอยู่หลังผิวที่ 4 ของเลนส์ เป็น 20.1 มิลลิเมตร และเลนส์ใกล้ตาที่มีขนาด 10 มิลลิเมตร มีจุดโฟกัสปฐมภูมิอยู่หน้าผิวที่ 1 ของเลนส์เป็น 22.0 ต้องการให้ความยาวทางทัศนศาสตร์ของกล้องเป็น 50.0 มิลลิเมตร ดังนั้น เลนส์หน้าและเลนส์ใกล้ตาจะต้องห่างกันเท่ากับ 20.1 + 50.0 + 22.0 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 92.1 มิลลิเมตร ในการสร้างกล้องจุลทัศน์นี้ เพื่อให้ระยะห่างของเลนส์หน้าและเลนส์ใกล้ตาเปลี่ยนได้เล็กน้อย จะใช้ท่อทองเหลืองขนาดพอเหมาะ ติดเลนส์หน้าเข้าที่ปลายข้างหนึ่งของท่อทองเหลือง โดยวิธีเช่นเดียวกันกับที่ยึดเลนส์ของคอลลิเมเตอร์เข้ากับลำกล้อง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะสวมกับท่อทองเหลืองอีกท่อหนึ่งซึ่งใช้ยึดเลนส์ใกล้ตา ปลายที่ยึดเลนส์ใกล้ตาของท่อทองเหลืองนี้กลึงเช่นเดียวกับปลายที่ยึดเลนส์ของคอลลิเมเตอร์ แต่ใช้วงแหวนสปริงยึดไม่ให้เลนส์หลุดออก อีกปลายหนึ่งของท่อมีรูขนาด 5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นตำแหน่งลำแสงขาออกเล็กสุดของกล้อง รูนี้จะห่างจากผิวที่ 4 ของเลนส์ใกล้ตาเป็นระยะ 30.8 มิลลิเมตร

กล้องจุลทัศน์เชิงซ้อนที่สร้างขึ้นนี้มีระยะใช้งาน 28.1 มิลลิเมตร จากผิวแรกของเลนส์หน้า ตำแหน่งของลำแสงขาออกเล็กสุดของกล้องอยู่หลังผิวที่ 4 ของเลนส์ใกล้ตา

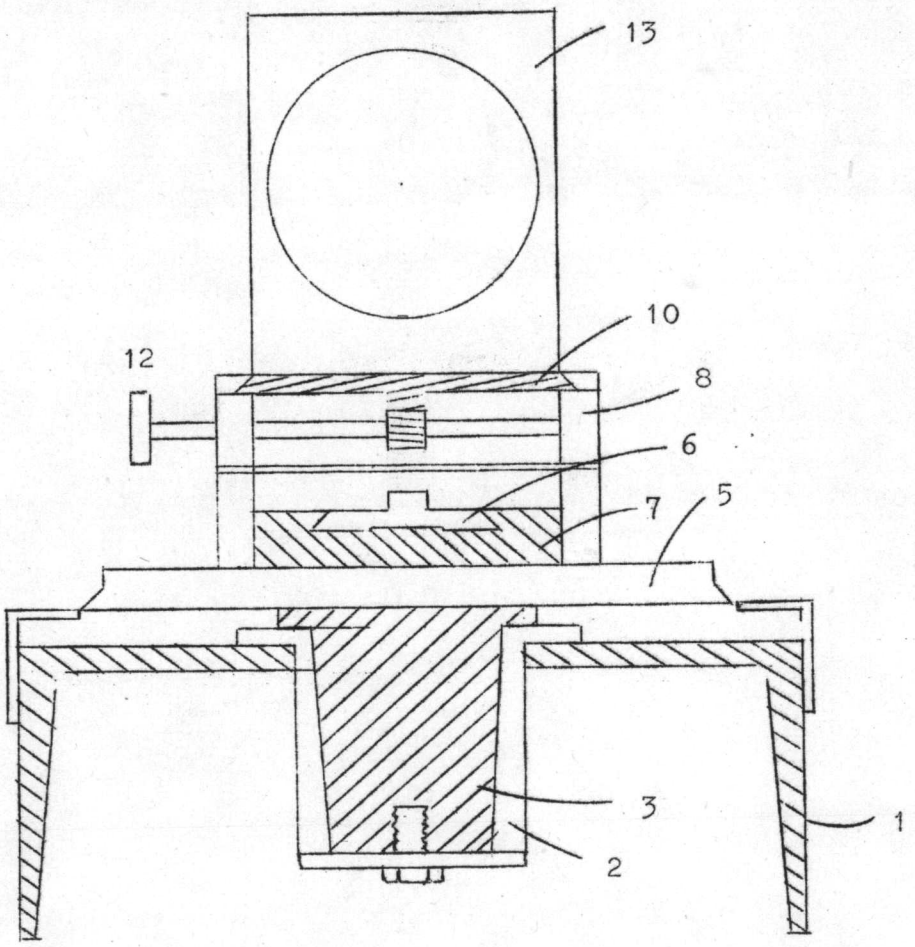
เป็นระยะ 30.8 มิลลิเมตร มุมสนามด้านวัตถุเป็น 2.8 องศา และกำลังขยายของกล้องเป็น 25 เท่า

3. <u>การออกแบบและการสร้างแท่นวางเลนส์ทดสอบและแท่นของกล้องจุลทัศน์</u> (5,6)

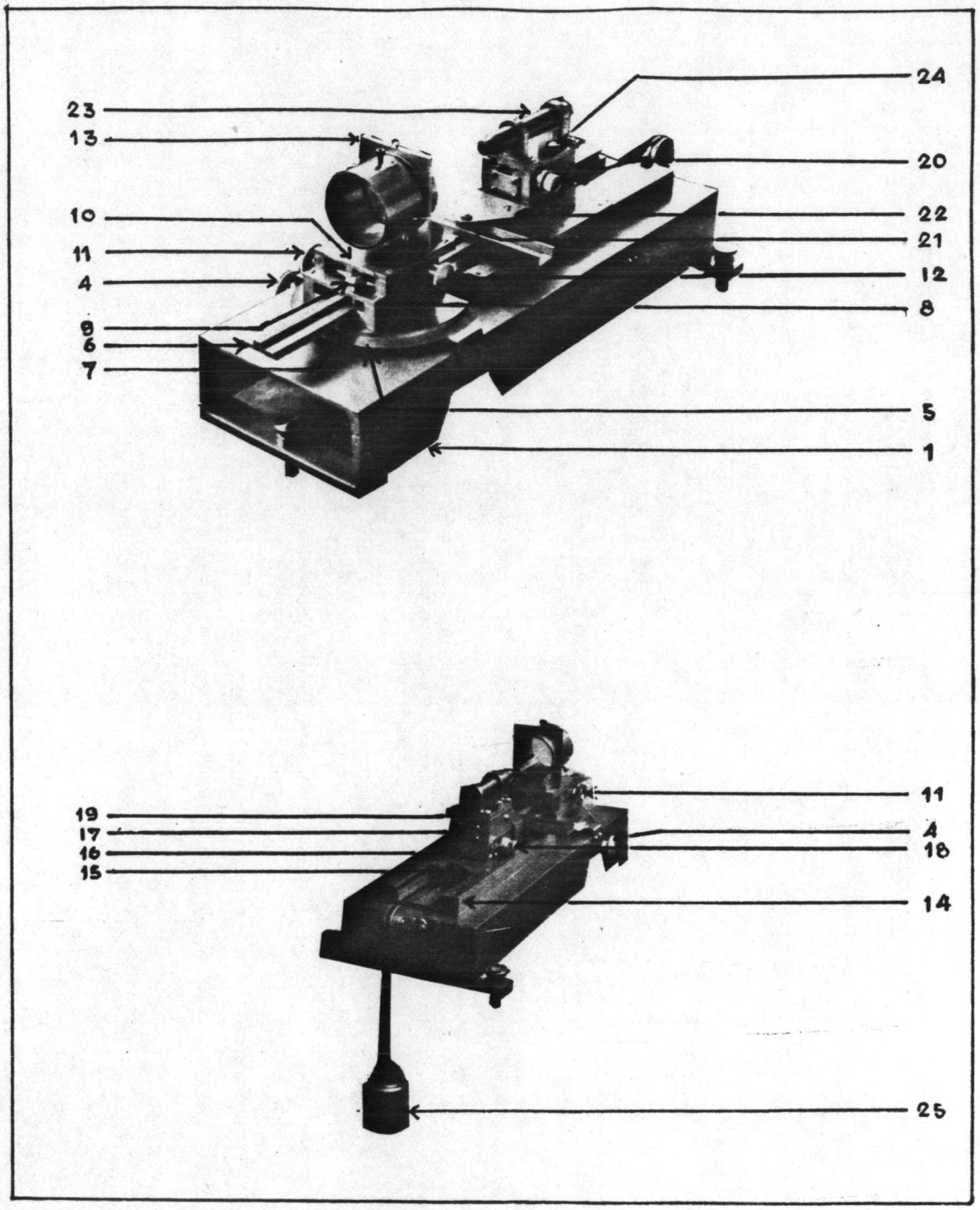
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแท่นวางเลนส์ทดสอบและแท่นของกล้องจุลทัศน์เชิงซ้อน ขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นแท่นวางเลนส์ทดสอบ และแท่นของกล้องจุลทัศน์ จะแสดงไว้ในภาคผนวก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าได้ออกแบบให้แท่นวางเลนส์ทดสอบ และแท่นของกล้องจุลทัศน์วางอยู่บนฐานเหล็ก (1) ซึ่งเป็นรูปตัวยู (⊔) ดังรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 ที่ด้านล่างของปลายทั้งสองของฐานมีน็อตตัวผู้ (bolt) 3 ตัว สำหรับปรับระดับของฐานเหล็ก(1) ปลายข้างหนึ่งของก้านบนฐานเหล็กมีเบ้าเหล็ก(2) สำหรับใส่เหล็กรูปกระสวย(spindle)(3)ติดอยู่ แกนหมุนของกระสวยเหล็กเป็นแกนหมุนของเลนส์ทดสอบที่ผ่านจุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์นั้นด้วย ล้อ(4) ใช้สำหรับยึดเมื่อไม่ต้องการให้กระสวยเหล็ก(3)หมุน จานทองเหลือง(5) ซึ่งแบ่งขีดไว้ขีดละ 1 องศา ยึดติดกับกระสวยเหล็ก ตัวเลื่อนตัวล่าง(6) ทำเป็นหางเหยี่ยว (dovetail) และทำด้วยเหล็กมีลักษณะเป็นรูปตัวที (T) และเคลื่อนอยู่บนเหล็กที่ทำเป็นร่องหางเหยี่ยว(7) ซึ่งตรึงติดกับจานทองเหลือง(5) สกรูทองเหลือง(9) ใช้สำหรับยึดตัวเลื่อนรูปตัว T (6) ไม่ให้เลื่อนได้ เมื่อหมุนจานทองเหลือง(5) ที่วางเลนส์(13) ซึ่งทำด้วยแผ่นทองเหลืองยึดติดกับตัวเลื่อนตัวบน(10) ซึ่งเป็นหางเหยี่ยว ตัวเลื่อนตัวบนนี้เคลื่อนที่ได้ด้วยเฟืองสะพานและล้อ(12) และเคลื่อนอยู่บนชิ้นส่วนหมายเลข (8) ซึ่งยึดติดกับชิ้นส่วน(7)

ส่วนแท่นของกล้องจุลทัศน์ประกอบด้วยแผ่นเหล็ก(15)เคลื่อนที่อยู่บนรางเหล็ก(14) ซึ่งตรึงติดบนฐานเหล็ก(1) ตัวเลื่อน(17) ทำเป็นหางเหยี่ยว และทำจากเหล็กเคลื่อนได้ในแนวตามขวางของเบนช์ด้วยล้อ(18) ซึ่งแบ่งขีดไว้ขีดละ 0.03 มิลลิเมตร และเคลื่อนอยู่บนเหล็กทำเป็นร่องหางเหยี่ยว(16) ซึ่งยึดติดกับแผ่นเหล็ก(15) กล้องจุลทัศน์(23)

ยึดติดบนฐานเหล็ก(19) ซึ่งเป็นตัวเลื่อนทำเป็นหางเหยี่ยวเคลื่อนที่ในแนวตามยาวของตัวเลื่อน(17) ได้ด้วยเฟืองสะพานและล้อ(20) ซึ่งแบ่งขีดไว้ขีดละ 1.35 มิลลิเมตร สกรูทองเหลือง(24) 2 ตัว สำหรับยึดไม่ให้ตัวเลื่อน(19) เคลื่อนที่ได้ ตลับลูกปืน(21) ยึดติดกับชิ้นส่วน(22) ซึ่งยึดติดบนแผ่นเหล็ก(15) ตุ้มน้ำหนัก(25) ใช้ถ่วงเพื่อให้ตลับลูกปืน(21) สัมผัสกับส่วนขวางของตัวเลื่อนรูป T (6) อยู่เสมอ ส่วนหน้าของแท่นของกล้องจุลทัศน์มีเวอร์เนียร์สเกลติดอยู่ สำหรับบอกระยะที่แท่นของกล้องจุลทัศน์เคลื่อนที่ไปและอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.2 ภาคตัดขวางของแท่นวางเลนส์ทดสอบ



รูปที่ 5.3 โนดัลสไลดเบนช

4. วิธีการใช้โนดัลสไลดเบนช

การใช้โนดัลสไลดเบนชเพื่อหาทางยาวโฟกัสของเลนส์หนา โดยให้แสงขนานตกกระทบบนเลนส์หนาที่จะทดสอบ ปฏิบัติตามลำดับต่อไปนี้

1. จัดให้แท่นวางเลนส์ทดสอบอยู่ตำแหน่ง 0 องศา โดยสังเกตที่จานทองเหลือง(5)

2. จัดให้แกนมุขยสำคัญของเลนส์หนาอยู่ตรงกับแกนของกล้องจุลทัศน์ เพื่อจะสังเกตจุดโฟกัสทุติยภูมิของเลนส์หนาด้วยกล้องจุลทัศน์ได้

3. คลายสกรู(9) ที่ยึดตัวเลื่อนรูป T (6) และใช้ล้อ(11) เลื่อนหาตำแหน่งของจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบ โดยสังเกตจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบผ่านกล้องจุลทัศน์

4. ขันสกรู(9) ให้ยึดตัวเลื่อนรูป T (6) แล้วหมุนจานทองเหลือง(5) ไปเล็กน้อย พร้อมกับสังเกตจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบว่าเคลื่อนออกไปทางด้านข้างหรือไม่ ขณะที่หมุนจานทองเหลือง(5)

5. ถ้าจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบเคลื่อนออกไปทางด้านข้าง แสดงว่าแกนหมุนยังไม่ผ่านจุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์ จัดให้จุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์อยู่ในแนวของแกนหมุนโดยหมุนล้อ(12) ใช้วิธีการในข้อ 3 หาตำแหน่งของจุดโฟกัส และวิธีการในข้อ 4 พิจารณาว่าจุดโนดัลทุติยภูมิของเลนส์ทดสอบอยู่ตรงกับแกนหมุนหรือไม่

6. ถ้าจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบอยู่นิ่งขณะที่หมุนจานทองเหลือง(5) แสดงว่าแกนหมุนของแท่นวางเลนส์ทดสอบผ่านจุดโนดัลทุติยภูมิ ดังนั้น ระยะระหว่างแกนหมุนของแท่นวางเลนส์กับจุดโฟกัสของเลนส์ทดสอบ คือ ทางยาวโฟกัสของเลนส์ทดสอบนั่นเอง ซึ่งอ่านค่าได้จากเวอร์เนียร์สเกลที่ติดอยู่กับแท่นของกล้องจุลทัศน์

ได้ทดสอบการทำงานของโนดัลสไลดเบนช โดยนำเลนส์หนามาอันหนึ่งซึ่งมีค่าทางยาวโฟกัสกำกับอยู่บนกรอบของเลนส์เป็น 190.5 มิลลิเมตร มาวัดทางยาวโฟกัสใช้แสงจากหลอดโซเดียมเป็นแสงตก ได้ทางยาวโฟกัสยังผลเฉลี่ยของเลนส์จากการใช้โนดัลสไลดเบนชวัด 10 ครั้ง เป็น 190.2 ± 0.2 มิลลิเมตร เมื่อนำเลนส์นี้มาหาทางยาวโฟกัสยังผลโดยวิธีทดสอบกำลังขยายดังกล่าวในหัวข้อที่ 3 ของบทที่ 4 ได้เป็น 190.2 ± 2.1 มิลลิเมตร นับว่าผลที่ได้ใกล้เคียงกันมาก