บทที่ 5

การจัดอุปกรณ์และตัวแปรต่างๆของสเปกโทรกราฟ

อุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการประกอบสเปกโทรกราฟสำหรับโครงงานนี้เป็นอุปกรณ์ที่ทางหน่วยวิชาดาราศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีอยู่แล้วทั้งสิ้น การนำมาประกอบเป็นสเปกโทรกราฟนั้น เป็นแต่เพียงเอาอุปกรณ์ต่างๆมาดัดแปลงแต่เพียงเล็กน้อยให้เหมาะแก่การประกอบ รายการของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการประกอบสเปกโทรกราฟรวมทั้งการจัดตั้ง การคาดหมายตัวแปรต่างๆของสเปกโทรกราฟ การวัดค่าตัวแปรต่างๆของสเปกโทรกราฟจะได้กล่าวในรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบสเปกโทรกราฟ</u>

อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบสเปกโทรกราฟในโครงงาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) กล้องโทรทรรศน์ สำหรับศึกษาดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยกระจกราบ 2 บาน และเลนส์ความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร f:60 อีก 1 ชิ้นพร้อมระบบติดตามดวงอาทิตย์(guiding system) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ก) กระจกราบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความหนา 7 เซนติเมตร ฉาบผิวหน้าด้วยโลหะอลูมิเนียมและเคลือบด้วยซิลิกอนโมนอกไซด์ ติดตั้งอยู่กับกล้องโทรทรรรศน์ระบบศูนย์สูตร สามารถหมุนตามดวงอาทิตย์ได้ด้วยการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์ กระจกบานนี้สามารถปรับมุมเดคลิเนชั่นเพื่อสะท้อนแสงอาทิตย์ผ่านเลนส์ขนาดความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร f:60 ที่อยู่ตรงแกนการหมุนของกล้อง แสงที่ผ่านเลนส์มาแล้วจะถูกสะท้อนเข้าห้องสังเกตการณ์ด้วยกระจกราบบานที่ 2

ข) เลนส์ความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร f:60 เป็นเลนส์อิสระติดตั้งบนกรอบทำด้วยโลหะอลูมิเนียม สามารถนำมาติดตั้งบนแกนหมุนของกล้องระหว่างกระจกบานแรกและกระจกบานที่ 2 เลนส์นี้จะสร้างภาพดวงอาทิตย์ขนาดประมาณ 11.2

เซนติเมตรบนฉากและช่องแคบเดี่ยวในห้องสังเกตการณ์

ค) กระจกราบสะท้อนแสงเข้าสู่ห้องสังเกตการณ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ฉาบด้วยโลหะอลูมิเนียมและเคลือบด้วยซิลิกอนมอนอกไซด์ เช่นเดียวกับกระจกราบบานแรก กระจกนี้วางบนฐานเพื่อปรับระดับของแสงสะท้อนให้ได้ระดับกับช่องที่จะให้แสงเข้าสู่ห้องสังเกตการณ์ มีหน้าที่สะท้อนแสงที่มาจากเลนส์ ข) เพื่อให้เกิดภาพบนฉากที่ช่องแคบเดี่ยว

(2) ช่องแคบเดี่ยว ปรับค่าความกว้างได้ด้วยการหมุนสกรูเลื่อนแผ่นช่องแคบ สำหรับโครงงานนี้จัดค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวคงที่ ขนาดช่องแคบเดี่ยวจากการวัดภาพถ่ายแล้วคำนวณตามสมการ(4-8) ได้ค่าความกว้างเป็น 0.073 มิลลิเมตร ความยาวของช่องแคบเดี่ยวเป็น 2.25 เซนติเมตร สามารถปรับความยาวได้ด้วยการใช้แผ่นโลหะที่ปลายแยกเป็นแฉกปิดข้างหน้า

(3) เลนส์สร้างแสงขนาน(collimating lens) ขนาดความยาวโฟกัส 1200 มิลลิเมตร f:15

(4) เกรตติงแสงผ่าน รูปสี่เหลี่ยมจตุรัสกว้าง 11 เซนติเมตร ขีดเป็นร่องในอัตรา 300 ร่องต่อมิลลิเมตร มีมุมเบลซ(blaze angle) ที่ 8 องศา 48 ลิบดา ที่ค่าความยาวคลื่น 5100 อังสตรอม ผลิตโดยบริษัท Bausch & Lomb พร้อมกรอบติดตั้ง

(5) เลนส์สร้างภาพพร้อมระบบบันทึกภาพ ใช้เลนส์ Takuma 6x7 ผลิตโดยบริษัท Asahi Optical limited ขนาดความยาวโฟกัส 600 มิลลิเมตร f:4 พร้อมกับกล้องถ่ายรูป 2 กล้อง คือ กล้อง Asahi Pentax 6x7 1 กล้อง และกล้อง Pentax K1000(ใช้กับฟิล์มขนาด 35 มิลลิเมตร)สร้างข้อต่อให้ปรับเข้ากับเลนส์ Takuma 6x7 ได้ และใช้ร่วมกับTeleplus x3 ขยายความยาวโฟกัสของเลนส์เป็น 1800 มิลลิเมตร f:12

6.) ฟิล์ม ใช้ฟิล์มของบริษัทโกดัก เลือกใช้ฟิล์มตามความเหมาะสมของงานดังนี้ ฟิล์มโกดัก เวอริโครม แพน และฟิล์มโกดัก ทีแมกซ์-100 ใช้กับชุดสเปกโทรกราฟสำหรับศึกษาแสงอาทิตย์ ฟิล์มโกดัก ไตร-เอกซ์ แพน และฟิล์ม ทีแมกซ์-400 ใช้ในการเก็บข้อมูลดวงจันทร์และดาวฤกษ์ บางครั้งในกรณีที่ต้องการภาพสี ใช้ฟิล์มสีโกดักโกลด์-100

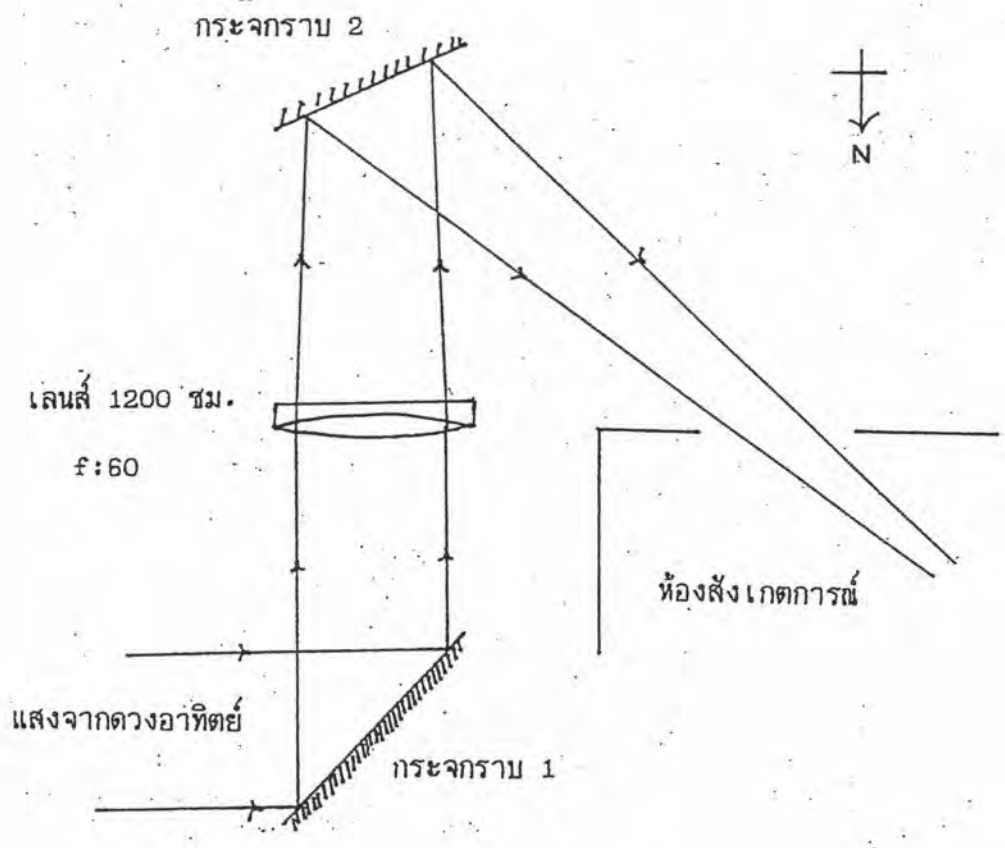
7.) หลอดแกสโซเดียม ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับเทียบมาตรฐานของระบบสเปกโทรกราฟ คือพิจารณาว่าจะสามารถแยกแสงโซเดียมที่ 5889.97 อังสตรอมกับ

5895.94 อังสตรอม ว่าสามารถแยกออกจากกันได้หรือไม่

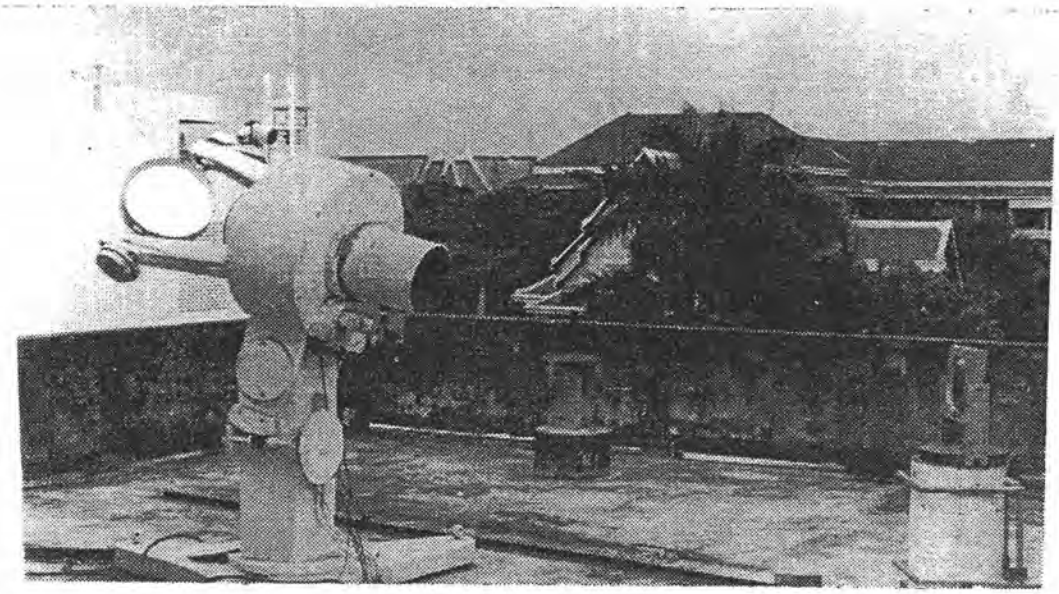
8.) เลนส์สร้างภาพ ที่ใช้สำหรับสร้างภาพของแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานบนช่องแคบเดี่ยว ใช้เลนส์ Takuma 6x7 ความยาวโฟกัส 55 มิลลิเมตร เป็นเลนส์หน้าของกล้องถ่ายรูป นำมาสร้างกรอบติดตั้งให้สามารถติดตั้งกับระบบสเปกโทรกราฟได้

<u>การจัดอุปกรณ์สำหรับศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์</u>

ในการจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาดวงอาทิตย์ แบ่งอุปกรณ์เป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งคือชุดสเปกโทรกราฟที่ประกอบขึ้นบนรางเลื่อน อยู่ภายในห้องสังเกตการณ์บนดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ 1 ส่วนที่ 2 คือกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้สร้างภาพของดวงอาทิตย์ให้ตกลงบนช่องแคบเดี่ยวภายในห้องสังเกตการณ์ แนวทางเดินของแสงที่ผ่านกล้องโทรทรรศน์จนเข้าสู่ห้องสังเกตการณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5-1 และรูปแสดงลักษณะของอุปกรณ์จริงได้แสดงไว้ในรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-1 แสดงแนวทางเดินของแสงอาทิตย์ผ่านกล้องโทรทรรศน์จนเข้าสู่ห้องสังเกตการณ์

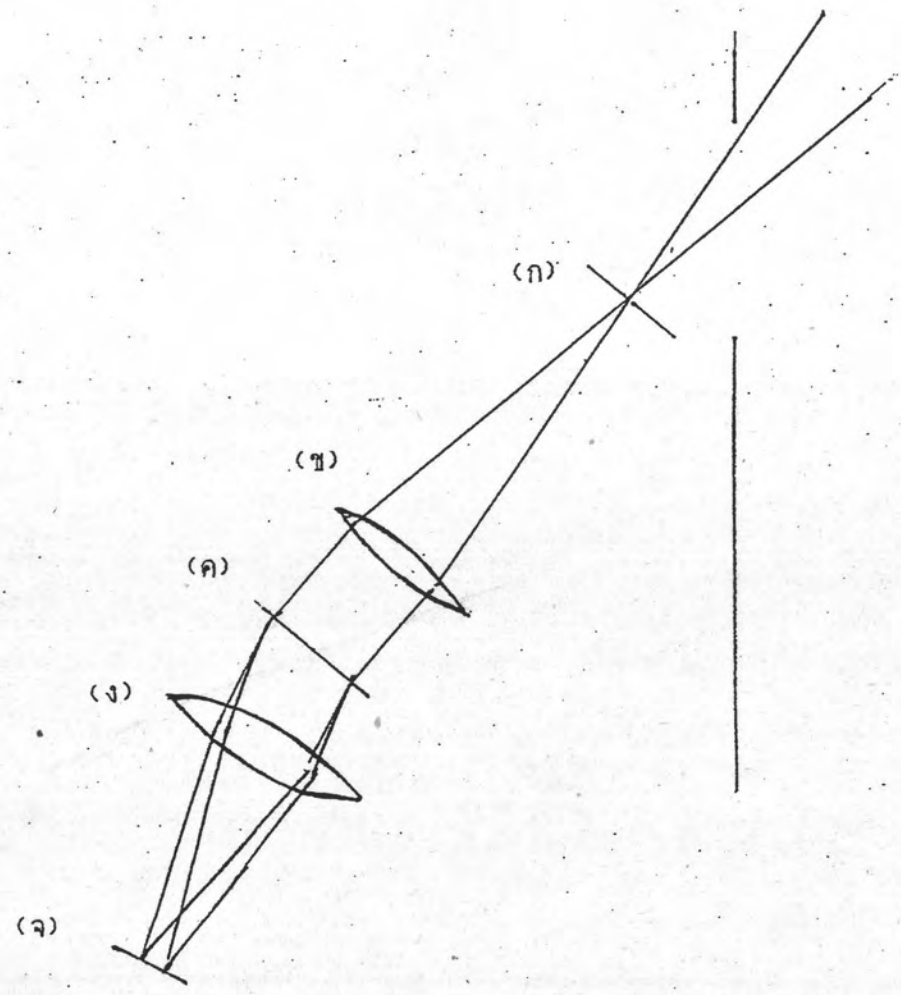


รูปที่ 5-2 แสดงรูปลักษณะจริงของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการสร้างภาพของดวงอาทิตย์ที่ช่องแคบเดี่ยวในห้องสังเกตการณ์

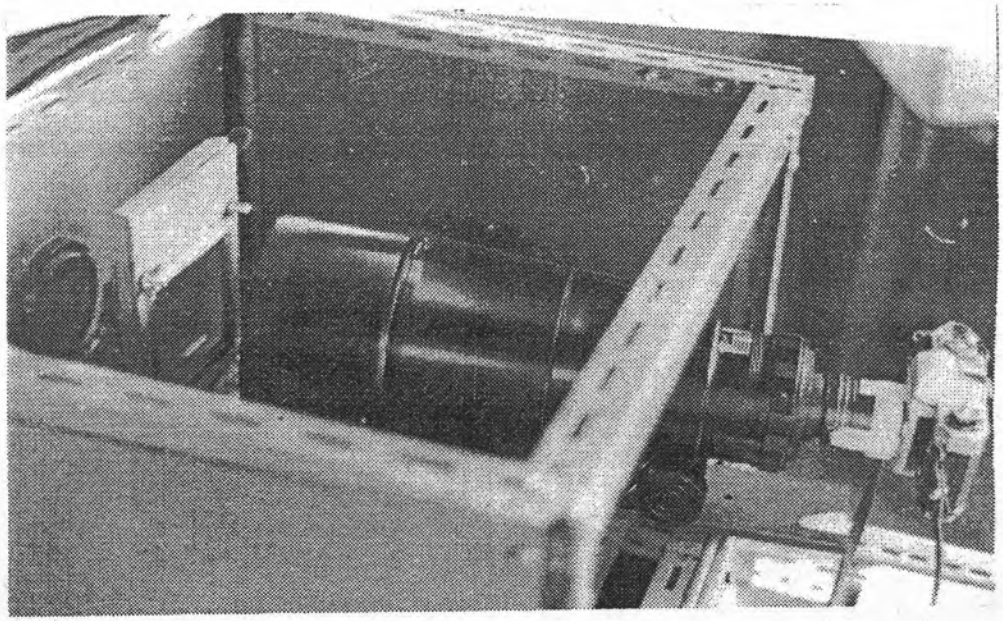
แสงอาทิตย์จะสะท้อนที่กระจกราบบานที่ 1 ผ่านเลนส์ความยาวโฟกัส 1200 เซนติเมตร f:60 แล้วสะท้อนที่กระจกราบบานที่ 2 ไปปรากฏเป็นภาพดวงอาทิตย์บนฉากและช่องแคบเดี่ยวภายในห้องสังเกตการณ์ ภาพดวงอาทิตย์ที่ได้จะมีขนาดประมาณ 11.2 เซนติเมตร

สำหรับช่องแคบเดี่ยว เลนส์สร้างแสงขนาน เกรตติง และกล้องถ่ายรูป จะจัดให้อยู่บนรางเหล็กที่ปรับความสูงให้ได้ระดับกับแนวทางเดินของแสงจากกระจกราบบานที่ 2 ที่สะท้อนเข้ามา ส่วนของสเปกโทรกราฟนับตั้งแต่เลนส์สร้างแสงขนานจะอยู่ในกล่องดำเพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอกขณะถ่ายภาพ สำหรับกรณีที่ต้องการถ่ายภาพสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานเพื่อเทียบมาตรฐานของสเปกโทรกราฟ อุปกรณ์ทั้งหมดจะติดตั้งอยู่ภายในห้องสังเกตการณ์ ด้วยการใช้หลอดเปล่งแสงที่บรรจุแกสโซเดียมเป็นแหล่งกำเนิดแสงแทนดวงอาทิตย์ และเลนส์ Takuma 6x7 ขนาดความยาวโฟกัส 105 มิลลิเมตรเพื่อ

สร้างภาพของหลอดโซเดียมลงบนช่องแคบเดี่ยว รูปที่ 5-3 แสดงแนวการวางอุปกรณ์ของสเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ภายในห้องสังเกตการณ์ รูปที่ 5-4 เป็นรูปแสดงลักษณะของสเปกโทรกราฟส่วนที่อยู่ในกล่องดำ



รูปที่ 5-3 แสดงแนวการวางอุปกรณ์ของชุดสเปกโทรกราฟเพื่อใช้ในการศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ภายในห้องสังเกตการณ์ เมื่อมีอุปกรณ์ดังนี้ (ก) ช่องแคบเดี่ยว (ข) เลนส์สร้างแสงขนานความยาวโฟกัส 1200 มม.f:15 (ค) เกรตติงแสงผ่าน (ง) เลนส์สร้างภาพความยาวโฟกัส 600 มม.f:4 กับ Teleplus x3 (จ) ฟิล์ม



รูปที่ 5-4 อุปกรณ์ของชุดสเปกโทรกราฟที่ใช้สำหรับศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ ส่วนที่อยู่ในกล่องดำ

การจัดอุปกรณ์สำหรับศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์

การจัดอุปกรณ์สำหรับศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์สำหรับโครงงานนี้ ได้จัดตั้งอุปกรณ์ตามแบบ objective prism แต่ดัดแปลงใช้เกรตติงแทนปริซึมดังได้อธิบายไว้ในบทที่ 4 แล้ว ในการนี้นำเกรตติงที่ใช้มาวางบังไว้เลนส์ Takuma 6x7 ความยาวโฟกัส 600 มิลลิเมตร f:4 ถ่ายรูปด้วยกล้อง Asahi Pentax 6x7 อุปกรณ์ทั้งชุดติดตั้งบนโครงโลหะอลูมิเนียมโดยเลนส์และกล้องถ่ายรูปจะติดตั้งบนแผ่นโลหะอลูมิเนียมที่หมุนได้ มีจุดหมุนอยู่ใต้แผ่นเกรตติง เพื่อจัดให้กล้องอยู่ในทิศทางของแสงที่เลี้ยวเบนออกมาจากเกรตติงได้ ชุดอุปกรณ์ทั้งหมดจะนำขึ้นติดตั้งบนกล้องโทรทรรศน์ของหน่วยวิชาดาราศาสตร์ ที่มีเลนส์หน้าขนาดความยาวโฟกัส 1500 มิลลิเมตร f:10 กับเลนส์ตาที่มีเส้นภากบาทเรืองแสงสำหรับใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของดาว กล้องโทรทรรศน์นี้สามารถควบคุมติดตามการเคลื่อนที่ของดาวได้ด้วยระบบอัตโนมัติ ในการถ่ายภาพสเปกตรัมจะจัดให้ดาวเคลื่อนที่ในแนวมุมชั่วโมงหรือใกล้เคียงเพื่อให้ภาพที่ได้มีลักษณะของแถบสเปกตรัมที่มีเส้นสเปกตรัมดูดกลืนติดอยู่ด้วย เพื่อควบคุมแสงที่เข้าสู่กล้องให้ผ่านมาจากเกรตติง จึงทำกล่องดำที่เปิดเฉพาะส่วนหน้าเกรตติงให้แสงเข้า และยังช่วยป้องกันน้ำค้างไม่ให้ตกลงถูกหน้าเกรตติงอีกด้วย

การคาดหมายตัวแปรสำหรับชุดสเปกโทรกราฟ

(1) กำลังแยกของสเปกโทรกราฟ

จากสมการที่ (4-7) เราสามารถคำนวณค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมได้สำหรับชุดอุปกรณ์ที่มีความกว้างของช่องแคบเดี่ยวเป็น 0.073 มิลลิเมตร ถ่ายที่สเปกตรัมอันดับที่ 1 ใช้เลนส์สร้างแสงขนานขนาดความยาวโฟกัส 1200 มิลลิเมตร กับเกรตติงที่มีจำนวนร่อง 300 ร่องต่อมิลลิเมตร จะได้ค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัม ดังนี้

$$\delta\lambda = aw'/nF_{coll} = 2.0 \times 10^{-7} \text{ มิลลิเมตร}$$

$$= 2.0 \text{ อังสตรอม} \qquad (5\text{-}1)$$

นั่นคือสเปกโทรกราฟที่ประกอบขึ้นควรจะมีความสามารถที่จะแยกแสงสองความยาวคลื่นที่ต่างกันมากกว่า 2 อังสตรอมออกจากกันได้ หรือมีค่ากำลังแยกเชิงสีเป็น 2500 ที่ 5000 อังสตรอม

สำหรับชุดสเปกโทรกราฟสำหรับศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์ เนื่องจากจัดให้แสงจากดาวฤกษ์ตกลงบนเกรตติงโดยตรง และเลนส์กล้องถ่ายรูปมีขนาดใหญ่กว่าหน้า

เกรตติง ดังนั้นจึงใช้ร่องบนหน้าเกรตติงทั้งหมด ถ้าพิจารณากำลังแยกเชิงสีของเกรตติงที่อันดับสเปกตรัมที่ 1 ความกว้างของหน้าเกรตติงที่มีร่องเป็น 10 เซนติเมตร คิดเป็นจำนวนร่อง 30,000 ร่อง ดังนั้นกำลังแยกเชิงสีจะเป็น

$$R = \lambda/\Delta\lambda = nN = 30,000$$

ถ้าพิจารณาที่ 5000 อังสตรอมจะพบว่าสามารถแยกแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันมากกว่า 0.17 อังสตรอม ออกจากกันได้

(2) <u>การกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรแกรม</u>

จากสมการของเกรตติงเมื่อแสงเข้าสู่เกรตติงในแนวตั้งฉาก(4-2) เรา.สามารถประมาณค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรแกรมได้ ในกรณีที่เลือกใช้อันดับของสเปกตรัมที่ 1 สำหรับแสงสว่างจะเลี้ยวเบนออกจากเกรตติงเป็นมุมประมาณ 8 องศา ดังนั้นถ้าใช้เลนส์สร้างภาพความยาวโฟกัส F_{cam} และประมาณว่า $\sin\beta$ มีค่าประมาณค่า $\tan\beta = x/F_{cam}$ เมื่อ x คือระยะที่ความยาวคลื่นนั้นจากตำแหน่งช่องแคบเดี่ยวบนฉาก ดังนั้นสมการ(4-2) จะลดรูปเป็น

$$\lambda = ax/F_{cam}$$

ดังนั้นถ้าหาอนุพันธ์เทียบกับความยาวคลื่นแล้ว จะได้ว่า

$$dx/d\lambda = F_{cam}(d\beta/d\lambda) = F_{cam}/a$$

จากอุปกรณ์ชิ้นต่างๆที่นำมาประกอบเป็นสเปกโทรกราฟ ความยาวโฟกัสของเลนส์กล้องถ่ายรูปเป็น 600 มิลลิเมตรร่วมกับ Teleplus x3 ได้ความยาวโฟกัสรวมเป็น 1800 มิลลิเมตร ใช้เกรตติงขนาด 300 ร่องต่อมิลลิเมตร จะได้

$$dx/d\lambda = 1800x300 = 5.4 \times 10^5$$

$$dx/d\lambda = 0.054 \text{ มิลลิเมตรต่ออังสตรอม} \qquad (5-2)$$

ค่านี้เป็นค่าประมาณการของค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟ

<u>การเทียบมาตรฐานสเปกโตรกราฟที่สร้างขึ้น</u>

ในหัวข้อที่แล้วได้กล่าวถึงการคาดคะเนค่าการกระจายเชิงเส้นและค่ากำลังแยกของสเปกโทรกราฟ ค่าที่ได้จะเป็นค่าประมาณการทางทฤษฎีของสเปกโตรกราฟ ในการใช้งานจริงจำเป็นต้องเทียบมาตรฐานสเปกโทรกราฟ เพื่อจะได้ทราบว่าค่ากำลังแยก และค่าการกระจายเชิงเส้นจริงของสเปกโทรกราฟ สอดคล้องหรือแตกต่างจากค่าที่คาดคะเน

มากน้อยเพียงใด ดังนี้

(1) <u>การกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟ</u>

การกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟจะหาได้โดยวัดจากการกระจายของเส้นสเปกตรัมของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งๆ ในที่นี้ใช้สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ โดยอาศัยการพิจารณาจากการกระจายของเส้นสเปกตรัมดูดกลืนเฟรานโฮเฟอร์เป็นหลัก

แผ่นฟิล์มข้อมูลที่นำมาอ่านเป็นแผ่นฟิล์มบันทึกภาพสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ เมื่อวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2532 ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 3900 อังสตรอมถึง4200 อังสตรอม การบันทึกภาพบันทึกลงบนแผ่นฟิล์มโกดัก ทีแมกซ์-100 เปิดหน้ากล้องนาน 1/15 และ 1/30 วินาที นำมาล้างด้วยสารทำให้เกิดภาพ D-76 นาน 9 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แช่ในตัวตรึง(fixer) F-5 นาน 15 นาทีที่อุณหภูมิเดียวกัน

การอ่านข้อมูลนำฟิล์มมาอ่านค่าความทึบแสงด้วยมาตรความทึบแสงอย่างละเอียดที่ปรับปรุงไว้ดังกล่าวในบทที่ 3 แสดงผลเป็นกราฟทางเครื่องบันทึกแผนภูมิ ของบริษัท Allen Datagraph,Inc รุ่น 925M หาตำแหน่งของเส้นเฟรานโฮเฟอร์ต่างๆบนแผ่นฟิล์ม เทียบกับตำแหน่งเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของธาตุไฮโดรเจนที่ความยาวคลื่น 4101.75 อังสตรอม(เส้น Hδ) ผลการวัดโดยเฉลี่ยแสดงไว้ในตารางที่ 5-1 นำค่าที่วัดได้มาเขียนกราฟ ดังภาพที่ 5-5 ค่าความชันของกราฟจะเป็นค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโตรกราฟ

ตาราง 5-1 ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์วัดจากเส้น Hδ ที่ 4101.75 อังสตรอมจากการวัดด้วยมาตรความทึบแสง

เส้นสเปกตรัม เฟรานโฮเฟอร์	ความยาวคลื่น (อังสตรอม)	ระยะบนฟิล์ม (มิลลิเมตร)
FeI	4045.83	-2.97
FeI	4063.61	-2.02
FeI	4071.75	-1.59

เส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์	ความยาวคลื่น (อังสตรอม)	ระยะบนฟิล์ม (มิลลิเมตร)
Hδ	4101.75	0.00
FeI	4132.07	1.62
FeI	4143.88	2.22

ตาราง 5-1(ต่อ) ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์วัดจากเส้น Hδ ที่ 4101.75 อังสตรอม จากการวัดด้วยมาตรความทึบแสง

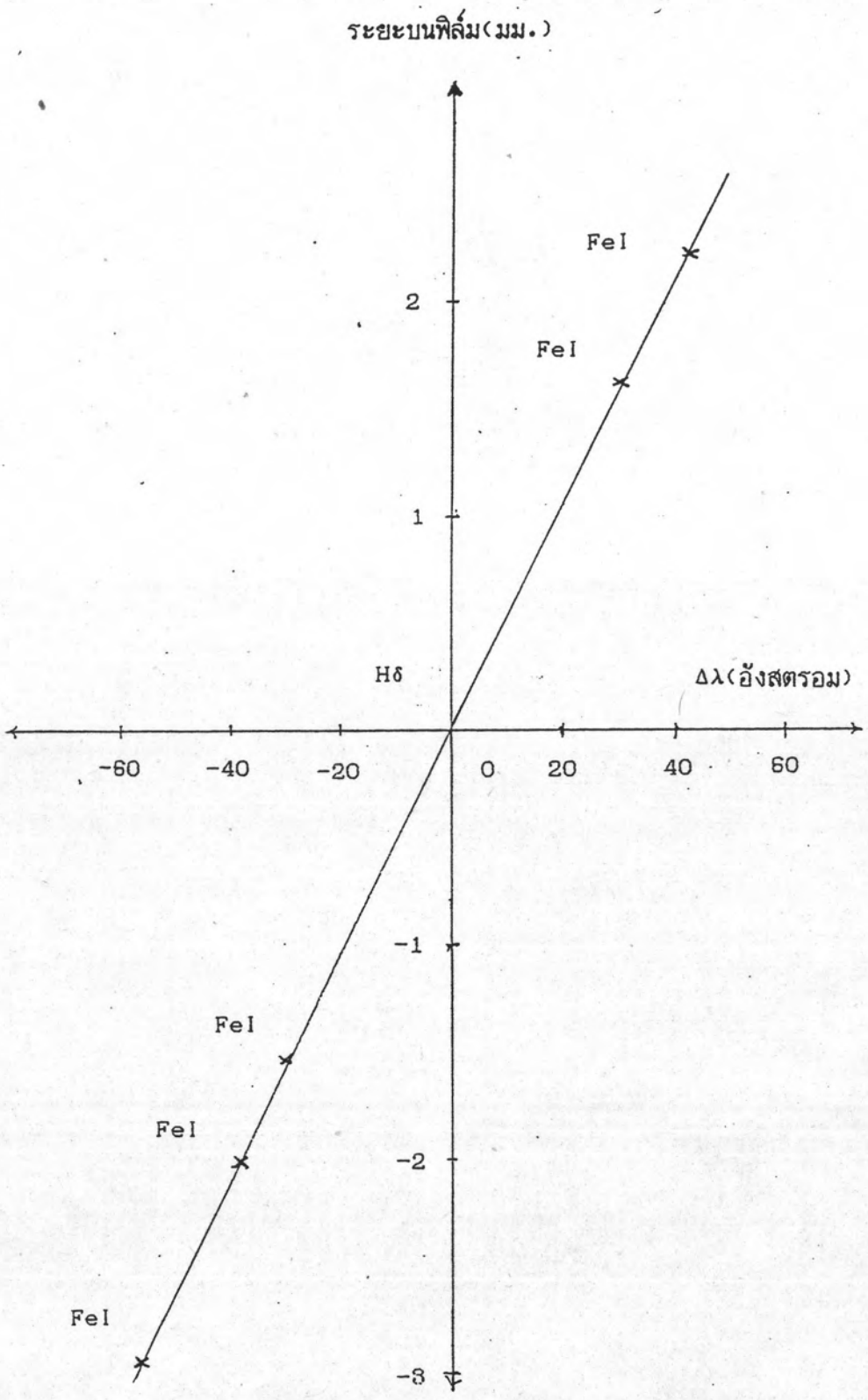
จากตาราง 5-1 ความชันของกราฟจากการคำนวณการถดถอยเชิงเส้นมีค่า 0.053 มิลลิเมตรต่ออังสตรอม ดังนั้นค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟที่ประกอบขึ้น จะสอดคล้องกับค่าที่คาดคะเนทางทฤษฎี

(2) <u>กำลังแยกของสเปกโทรกราฟ</u>

เนื่องจากสเปกโทรกราฟที่ประกอบขึ้นมีชิ้นส่วนมากชิ้น ชิ้นส่วนเหล่านี้จะมีผลต่อกำลังแยกของสเปกโทรกราฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่องแคบเดี่ยวที่มีขนาดพอสมควรจะมีผลต่อค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัม ตามสมการ(4-6) และ (4-7) ในทางปฏิบัติเราจะทำได้แต่เพียงวัดความกว้างของเส้นสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นหนึ่งๆเพื่อเทียบกับค่าที่ประมาณไว้ในสมการ(5-1)

ในการวัดความกว้างของเส้นสเปกตรัม เราต้องเปลี่ยนค่าความทึบแสงที่อ่านได้เป็นค่าการให้แสงที่ให้แก่ฟิล์ม การเปลี่ยนค่าจะทำได้เมื่อทราบเส้นลักษณะของน้ำยาสำหรับฟิล์มนั้นๆ การหาเส้นลักษณะของน้ำยา มีหลักการดังนี้

นำแผ่นบันไดทอนแสงปิดหน้าช่องแคบเดี่ยวเพื่อทอนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ผ่านแผ่นบันไดทอนแสงออกมาจะมีความเข้มมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความทึบแสงของแผ่นบันไดทอนแสงขั้นนั้นๆ ถ้ากำหนด d_i เป็นความทึบแสงของแผ่นบันไดทอนแสงขั้นที่ i จะได้ว่า



รูปที่ 5-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะบนฟิล์มและผลต่างของความยาวคลื่นเมื่อให้เส้น Hδ ที่ 4101.75 อังสตรอมเป็นหลัก

$$d_i = \log_{10}[I(\lambda,0)/I(\lambda,i)]$$

เมื่อ $I(\lambda,0)$ คือความเข้มแสงที่ตกลงบันไดทอนแสง ที่ความยาวคลื่น λ

$I(\lambda,i)$ คือความเข้มแสงที่ออกจากบันไดทอนแสงขั้นที่ i ที่ความยาวคลื่น λ

ค่า d_i ถือว่าเป็นตัวตัดแสงทุกความยาวคลื่นเท่ากันหมด เมื่อนำเอาแผ่นบันไดทอนแสงมาปิดหน้าช่องแคบเดี่ยว ถ้า $\beta(\lambda)$ เป็นสัมประสิทธิ์การให้แสงผ่านของทัศนูปกรณ์อื่นๆจนถึงฟิล์ม ความเข้มแสงที่ตกถึงระนาบฟิล์มจากแผ่นบันไดทอนแสงขั้นที่ i จะเป็น $\beta(\lambda)I(\lambda,i)$ ถ้าให้ $E(\lambda,i)$ และ $E(\lambda,j)$ เป็นการให้แสงที่ระนาบฟิล์มเนื่องจากแสงที่ออกจากแผ่นบันไดทอนแสงขั้นที่ i และ j และชุดสเปกโทรกราฟที่ใช้เป็นชุดเดียวกัน จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\log_{10}[E(\lambda,i)/E(\lambda,j)] = \log_{10}[I(\lambda,i)/I(\lambda,j)]$$
$$= d_j - d_i$$

ถ้าค่า $d_j = 0$ คือไม่ผ่านแผ่นบันไดทอนแสง พบว่า

$$\log_{10}[E(\lambda,i)/E(\lambda,0)] = -d_i \qquad (5\text{-}3)$$

นั่นคือ ค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ จะแปรผันตรงกับค่าความทึบแสงของแผ่นบันไดทอนแสง d_i จากตาราง(3-1) ที่แสดงค่าความทึบแสงของแผ่นบันไดทอนแสง เราอาจหาค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ที่บันไดทอนแสงขั้นที่ i ได้ ถ้ามีฟิล์มข้อมูลที่ช่องแคบเดี่ยวถูกบังด้วยบันไดทอนแสงขั้นที่ i ที่ความยาวคลื่นλ วัดความทึบแสงได้เป็น $D_i(\lambda)$ นำ $D_i(\lambda)$ กับค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์มาเขียนเป็นกราฟโดยให้ $D_i(\lambda)$ อยู่ทางแกนตั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองนี้จะบอกเส้นลักษณะของน้ำยา

หลังจากที่ทราบเส้นลักษณะของน้ำยาแล้ว จะสามารถหารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมได้ ค่าความกว้างของเส้นสเปกตรัมเรากำหนดจากตำแหน่งความเข้มแสงลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของความเข้มสูงสุด เรียกว่า ความกว้างที่ครึ่งความเข้ม ขั้นตอนการหาความกว้างที่ครึ่งความเข้ม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) ถ่ายภาพสเปกตรัมเปล่งออกของแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานที่บรรจุแกสโซเดียมที่ให้แสง 2 ความยาวคลื่นที่ 5889.97 อังสตรอม และ 5895.94 อังสตรอม

รวมทั้งภาพสเปกตรัมที่ช่องแคบเดี่ยวถูกบังด้วยแผ่นบันไดทอนแสงทุกขั้นด้วย

(ข) จากค่าความทึบแสงสูงสุดของสเปกตรัมที่ช่องแคบเดี่ยวถูกบังด้วยแผ่นบันไดทอนแสงแต่ละขั้น นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทึบแสงและค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ ด้วยวิธีปรับเส้นโค้งแบบกำลังสองน้อยที่สุด(least square curve fitting)

(ค) จากสมการแทนความสัมพันธ์ของเส้นลักษณะของน้ำยาที่ได้มาจากข้อ (ข)เปลี่ยนค่าความทึบแสงที่ตำแหน่งต่างๆห่างจากความยาวคลื่น 5889.97 อังสตรอม และ 5895.94 อังสตรอมเล็กน้อยเป็นค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ เปลี่ยนค่าเป็นการให้แสงสัมพัทธ์ แล้วเขียนกราฟของค่าการให้แสงสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งต่างๆของเส้นจะได้รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมแต่ละความยาวคลื่น หาค่าความกว้างที่ครึ่งความเข้มว่ามีขนาดเท่าใดบนฟิล์ม จากค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟในข้อ (1) หาค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัม

แผ่นฟิล์มข้อมูลที่นำมาวัดค่า ใช้ฟิล์มโกดัก ทีแมกซ์-100 ทำการถ่ายภาพเพื่อเทียบมาตรฐานเมื่อวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2532 ล้างฟิล์มด้วยสารทำให้เกิดภาพ D-76 นาน 9 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แช่ในตัวตรึง F-5 นาน 15 นาที จากข้อมูลที่วัดได้ นำมาหาสมการแทนความสัมพันธ์ของเส้นลักษณะของน้ำยา ได้สมการที่มีรูปร่างดังนี้

$$D = a_o + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4 + a_5X^5$$

เมื่อ $X = \log_{10}[E(\lambda)/E(\lambda,0)]$ เป็นตัวแทนค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ขนาดต่างๆ(ขณะนี้มิได้คิดแต่เพียงเฉพาะที่มาจากแผ่นบันไดทอนแสงแต่ละขั้นแล้ว แต่เป็นการให้แสงสัมพัทธ์ในกรณีทั่วไป จึงละสัญญลักษณ์ i ที่แทนบันไดทอนแสงขั้นต่างๆไว้)

ค่า a_o ถึง a_5 ของเส้นสเปกตรัมที่ความยาวคลื่น 5889.97 อังสตรอม และที่ความยาวคลื่น 5895.94 อังสตรอมได้แสดงไว้ในตารางที่5-2 เส้นลักษณะของน้ำยาแสดงไว้ในรูปที่ 5-6 (ก) และ (ข)

จากเส้นลักษณะของน้ำยาพบว่าค่าลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์ที่ใกล้ศูนย์ ให้ค่าความทึบแสงลดลง คืออยู่ในช่วงย้อนกลับ ดังนั้นจึงเลือกอ่านฟิล์มข้อมูลที่ช่องแคบเดี่ยวถูกกั้นด้วยแผ่นบันไดทอนแสงขั้นที่ 1 เพื่อหารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมแทน

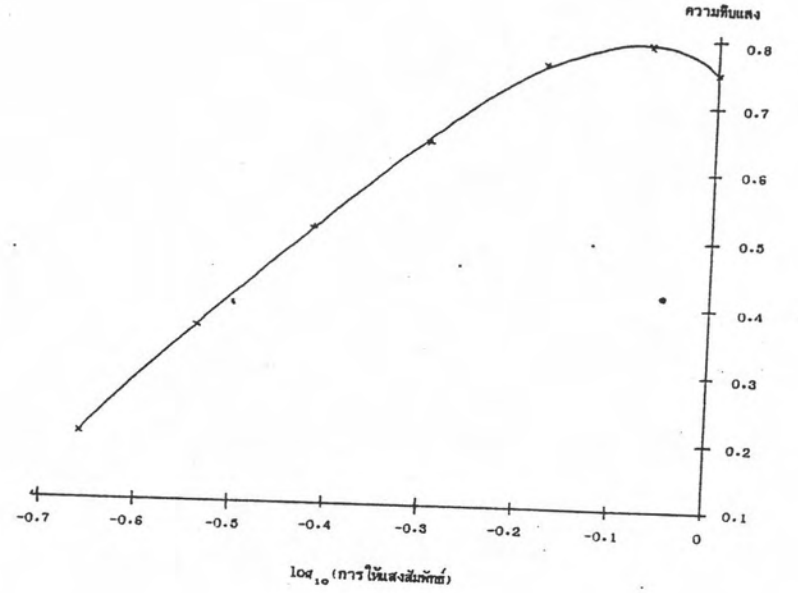
รูปที่ 5-7 (ก) และ(ข) แสดงรูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมที่ 5889.97 อังสตรอมและที่ 5896.94 อังสตรอม จากการหาค่าความทึบแสงเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆในฟิล์มข้อมูลดังกล่าว

จากการวัดพบว่าค่าความกว้างที่ครึ่งความเข้ม ของทั้งสองความยาวคลื่นมีค่าใกล้เคียงกันคิดเป็นระยะบนฟิล์มเท่ากับ 0.14 มิลลิเมตร

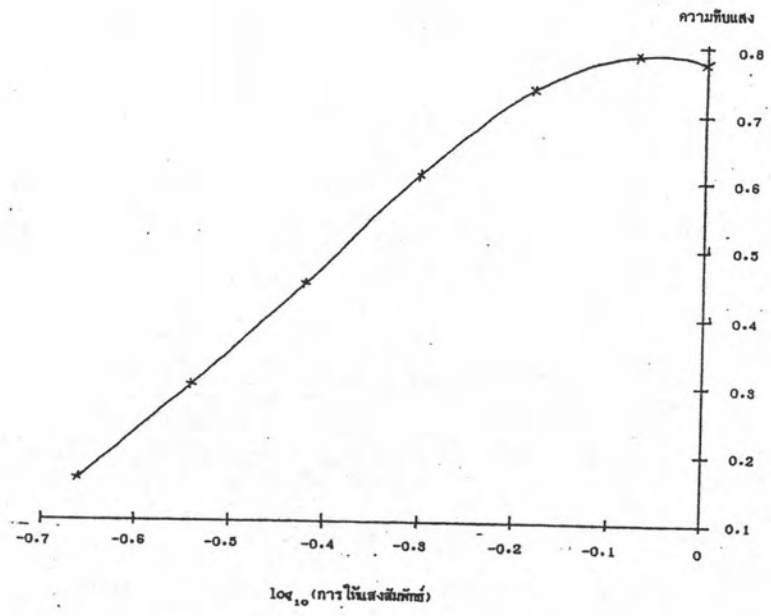
จากการกระจายเชิงเส้นของสเปกโทรกราฟเราได้ค่าความบริสุทธิ์ของสเปกตรัมเป็น 2.5 อังสตรอม คิดเป็นกำลังแยกเชิงสีที่ 5000 อังสตรอมเท่ากับ 2000

สัมประสิทธิ์ของสมการ	ความยาวคลื่น	
	5889.97 อังสตรอม	5895.94 อังสตรอม
a_0	0.74	0.78
a_1	-1.12	-0.37
a_2	-8.28	-2.89
a_3	-14.53	4.99
a_4	-12.02	18.07
a_5	-3.34	12.75

ตาราง 5-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของสมการแทนความสัมพันธ์ของเส้นลักษณะของน้ำยา

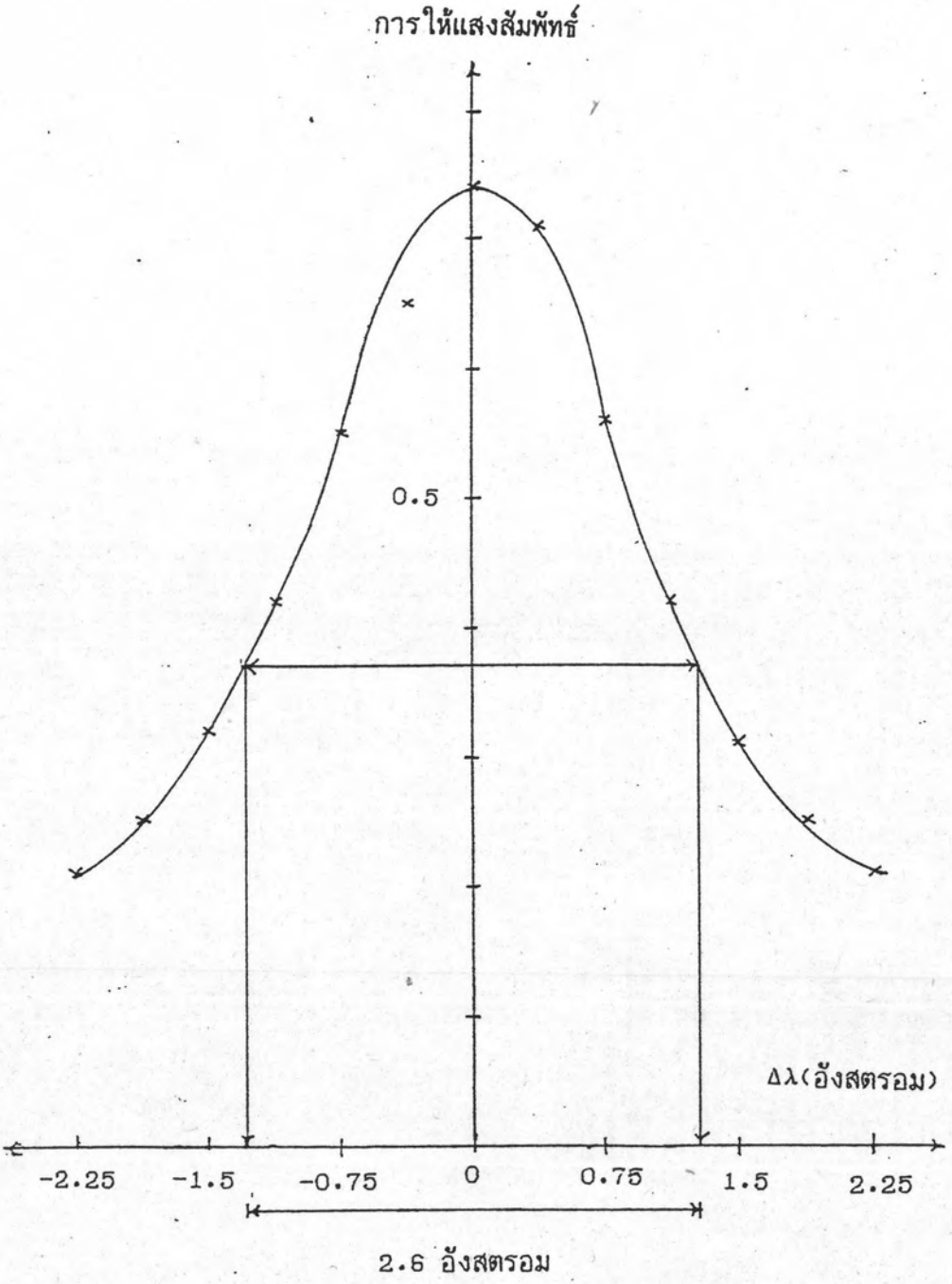


(ก)

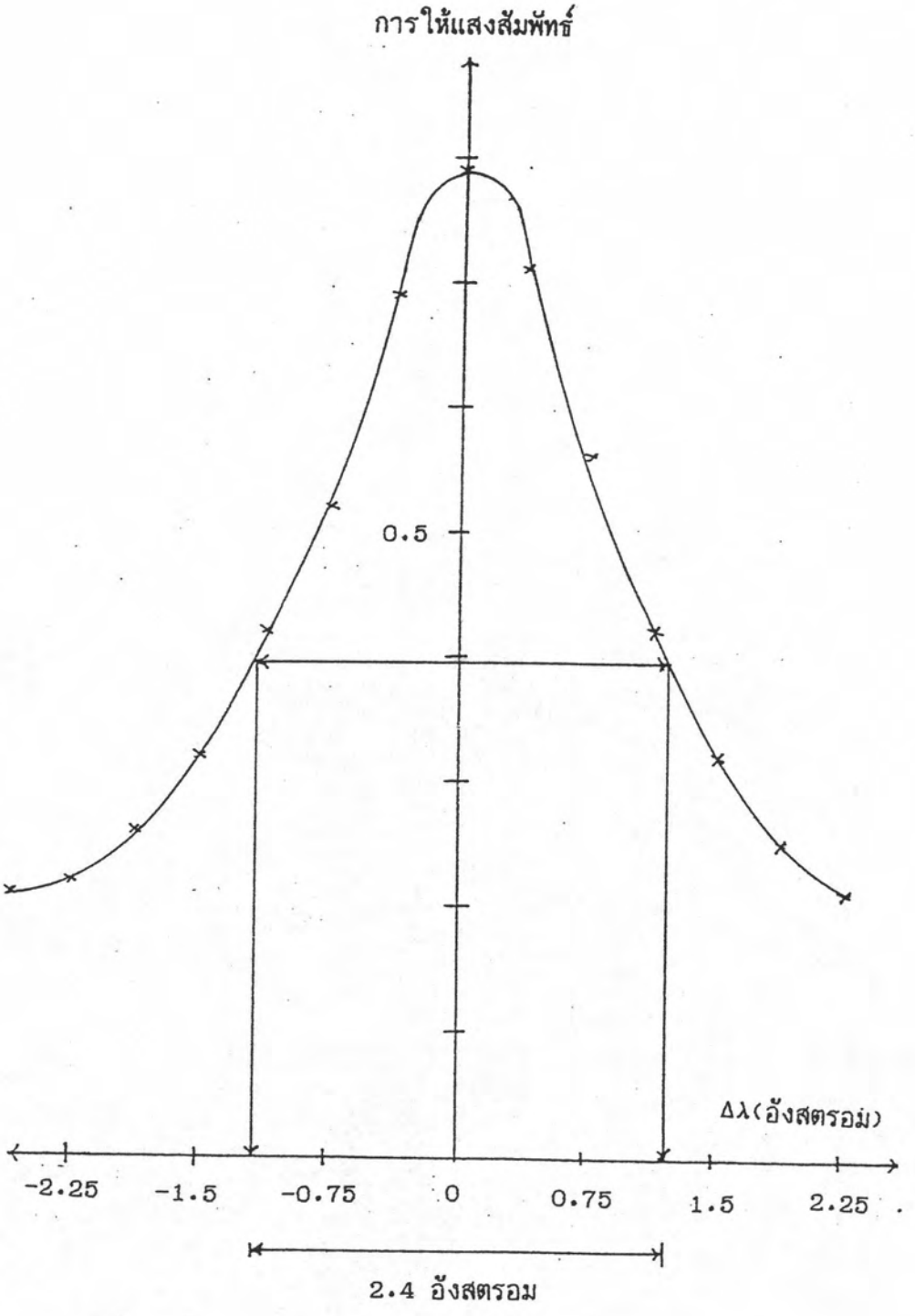


(ข)

รูปที่ 5-6 แสดงเส้นลักษณะของน้ำยา (ก) ที่ 5889.97 อังสตรอม (ข) ที่ 5895.94 อังสตรอม



รูปที่ 5-7 (ก) รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมที่ 5889.97 อังสตรอม



รูปที่ 5-7 (ข) รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมที่ 5895.94 อังสตรอม