การออกแบบสร้างและใช้สเปกโตรกราฟเพื่อเก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์และนำมาวิเคราะห์ในชั้นต้น

นายสธน วิจารณ์วรรณลักษณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-797-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015757

i 10304344

Design and Construction of a Grating Spectrograph and Its Utilization in Collecting and Preliminary Analysis of Astronomical Data

Mr. Sathon Vijarnwannaluck

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-797-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบสร้างและใช้สเปกโตรกราฟเพื่อเก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์และนำมาวิเคราะห์ในชั้นต้น
โดย	นายสธน วิจารณ์วรรณลักษณ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรชัย พัชรินทร์ตนะกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. รัชนี รักวีรธรรม)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ระวี ภาวิไล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เส็งหะพันธุ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ เจริญกูล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย พัชรินทร์ตนะกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ : การออกแบบสร้างและใช้สเปกโตรกราฟเพื่อเก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์และนำมาวิเคราะห์ในชั้นต้น (DESIGN AND CONSTRUCTION OF A GRATING SPECTROGRAPH AND ITS UTILIZATION IN COLLECTING AND PRELIMINARY ANALYSIS OF ASTRONOMICAL DATA) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ระวี ภาวิไล และ ผศ.ดร.พรชัย พัชรินทร์ตนะกุล , 138 หน้า

ได้ออกแบบและสร้างสเปกโตรกราฟสำหรับเก็บข้อมูลสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ เพื่อการวิเคราะห์และสเปกโตรกราฟสำหรับเก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเนบูลาเปล่งแสง สเปกโตรกราฟสำหรับเก็บข้อมูลสเปกตรัมของแสงอาทิตย์มีการกระจายเชิงเส้น 0.053 มม./อังสตรอมบนแผ่นฟิล์ม กำลังแยกเชิงสีที่ 5000 อังสตรอม เป็น 2000 นำสเปกโตรภราฟนี้ไปใช้บันทึกภาพสเปกตรัมของแสงอาทิตย์เพื่อวิเคราะห์หารูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของแคลเซียมไอออน ที่ความยาวคลื่น 3933.68 อังสตรอม ผลการวิเคราะห์แสดงว่าสเปกโตรกราฟที่สร้างขึ้นใช้งานได้ในระดับปานกลาง ให้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงในส่วนที่ห่างจากแกนของเส้นมากกว่า 8 อังสตรอม และเบี่ยงเบนไปในส่วนใกล้แกนของเส้น โดยสรุปสเปกโตรกราฟนี้เหมาะที่จะใช้ในงานที่ต้องการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพมากกว่าในเชิงปริมาณ เว้นแต่จะเพิ่มกำลังแยกเชิงสีให้มากขึ้นอีก

สำหรับสเปกโตรกราฟที่ออกแบบสร้างสำหรับเก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเนบูลาเปล่งแสง เพื่อการวิเคราะห์มีการกระจายเชิงเส้น 0.018 มม./อังสตรอมบนฟิล์ม เก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์สว่างได้ 12 ดวง กระจุกดาว 2 กลุ่ม สเปกตรัมที่ได้แสดงการเปลี่ยนความแรงของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของไฮโดรเจนและธาตุโลหะต่างๆ และแสดงถึงความแตกต่างของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของดาวฤกษ์ในลำดับหลักและดาวฤกษ์ในกลุ่มดาวฤกษ์ยักษ์ สเปกตรัมเปล่งออกของกลุ่มแกสในเนบูลานายพรานที่บันทึกได้ แสดงสเปกตรัมเปล่งออกของธาตุไฮโดรเจน (HI) ธาตุฮีเลียม (HeI) และไอออนของธาตุออกซิเจน (OIII) โดยสรุปสเปกโตรกราฟที่สร้างขึ้นนี้ใช้งานได้ดีกับเทห์ฟากฟ้าที่มีโชติมาตรปรากฏน้อยกว่า 4

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

SATHON VIJARNWANNALUCK : DESIGN AND CONSTRUCTION OF A GRATING SPECTROGRAPH AND ITS UTILIZATION IN COLLECTING AND PRELIMINARY ANALYSIS OF ASTRONOMICAL DATA. THESIS ADVISORS : PROFESSOR RAWI BHAVILAI, Ph.D. AND ASSISTANT PROFESSOR PORNCHAI PACHARIN-TANAKUN, Ph.D. 138 PP.

A solar spectrograph and a spectrograph for collecting stellar spectra and nebula emission spectra have been designed and constructed. The former have a linear dispersion of 0.053 mm./angstrom and a chromatic resolution at 5000 angstrom of 2000. The latter has a linear dispersion of 0.018 mm./angstrom. The solar spectrograph was used to study the line profile of CaII line at 3933.68 angstrom. The results have some corespondence with the reference data near the wing region but have some distortion near the line's core. These show that this spectrograph is more effective in applications for qualitative analysis program than in quantitative ways except that its chromatic resolution be incresed. The second spectrograph was used to collect spectra of twelve stars, two star clusters and Orion Nebula. The spectra show variations in strengths of Hydrogen Balmer's lines and lines of some metal elements, and show the line differences in strengths and sharpness between main sequence stars and super giant stars. The emission spectra of the Orion Nebula show some spectral lines of HI , HeI and OIII. In conclusion, the spectrograph is suitable for the study of celestial bodies having the apparent visual magnitude less than 4.

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความกรุณาจาก ศ.ดร. ระวี ภาวิไล และ ผศ.ดร. พรชัย พัชรินทร์ตนะกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และควบคุมดูแลการวิจัย อย่างใกล้ชิดมาโดยตลอดจนลุล่วง รศ.ดร. รัชนี รักวีรธรรม และ ผศ.ดร. ภิญโญ เจริญกูล ที่ได้กรุณาอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการทัศนศาสตร์ และเครื่องมือประจำห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ข้อมูล คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยมาโดยตลอด ผู้เขียนขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณปรีดา ภาวิไล คุณสถาพร อัชชสมบูรณ์ คุณสุทัศน์ รัตนกถิกานนท์ และคุณวิจิตริ ศรีดาวเรืองผู้ให้ความช่วยเหลือในการสร้างและประกอบชุดสเปกโทรกราฟ และร่วมในการเก็บข้อมูล ณ จังหวัดเพชรบูรณ์ และขอขอบคุณ ศูนย์พัฒนาศาสนา มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย อาจารย์พร รัตนสุวรรณ เจ้าหน้าที่และลูกจ้างของศูนย์ทุกท่าน ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูล ที่พัก และอำนวยความสะดวกต่างๆ

ทั้งนี้ในระหว่างศึกษาวิจัยผู้เขียนได้รับทุนผู้ช่วยวิจัย จากคณะวิทยาศาสตร์ ระหว่างปี พ.ศ.2529 ถึง พ.ศ.2530 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1. **บทนำ** 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษาสเปกตรัมของเทห์ฟากฟ้า 1

เป้าหมายของโครงงาน 1

การดำเนินงาน 2

2. **สเปกตรัมและการกว้างของสเปกตรัม** 4

ลักษณะสเปกตรัมของเทห์ฟากฟ้า 4

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ 6

รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัม 12

การจำแนกประเภทสเปกตรัมของดาวฤกษ์ 15

การจำแนกประเภทความสุกสว่างของดาวฤกษ์ 18

3. **ความทึบแสงและมาตรความทึบแสง** 20

ความทึบแสง 20

เส้นลักษณะของน้ำยา 21

มาตรความทึบแสงอย่างละเอียด 22

มาตรความทึบแสงอย่างละเอียดแบบวัดการเบี่ยงเบน

ของบริษัทฮิลเกอร์และวัตต์ 26

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

4. **หลักการของสเปกโทรกราฟ** 32
เกรตติงเลี้ยวเบน 33
สมการเกรตติง 35
การกระจายของสเปกโทรกราฟ 36
กำลังแยกของสเปกโทรกราฟ 37
หลักการเบื้องต้นในการเก็บข้อมูลสเปกตรัมของดาวฤกษ์ 39
5. **การจัดอุปกรณ์และตัวแปรต่างๆของสเปกโทรกราฟ** 40
อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบสเปกโทรกราฟ 40
การจัดอุปกรณ์สำหรับศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ 42
การจัดอุปกรณ์สำหรับศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์ 46
การคาดหมายตัวแปรสำหรับชุดสเปกโทรกราฟ 46
การเทียบมาตรฐานสเปกโทรกราฟที่สร้างขึ้น 47
6. **เส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์ของดวงอาทิตย์** 58
การดูดกลืนความเข้มจำเพาะของแสงจาก
การสะท้อนและหักเหที่ผิวของเลนส์บาง 59
ความสัมพันธ์ระหว่างการให้แสงแก่ฟิล์ม
และความเข้มจำเพาะที่ผิวของดวงอาทิตย์ 63
การสังเกตการณ์เพื่อเก็บข้อมูลสเปกตรัม
ของแสงอาทิตย์และวิเคราะห์ในชั้นต้น 70
สรุปและวิเคราะห์ผลการสังเกตการณ์ 87
7. **สเปกตรัมของเทห์ฟากฟ้าอื่น** 89
ความแรงของเส้นสเปกตรัม 89

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

การสังเกตการณ์สเปกตรัมของ
แสงสะท้อนจากผิวดวงจันทร์ 93
การสังเกตการณ์สเปกตรัมของแสงจากดาวฤกษ์ 94
การสังเกตการณ์และบันทึกภาพของเนบูลาเปล่งแสง 118
สรุปการบันทึกภาพสเปกตรัมของดาวฤกษ์
และเนบูลาเปล่งแสง 122
8. **สรุปผลและข้อเสนอแนะต่อโครงงาน** 123
สรุปผลการออกแบบสร้างและการใช้งาน
สเปกโทรกราฟเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ 123
สรุปผลการออกแบบสร้างอุปกรณ์เก็บข้อมูล
สเปกตรัมของดาวฤกษ์และเนบูลาเปล่งแสง 125
ข้อแนะนำสำหรับแก้ไขสเปกโทรกราฟ
ที่ออกแบบสร้างขึ้น 125
เอกสารอ้างอิง 127
ภาคผนวก 129
ประวัติผู้เขียน 138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงเส้นเฟรานโฮเฟอร์ที่สำคัญ.....	11
3-1	แสดงค่าความทึบแสงของแผ่นบันไดทอนแสง T-14.....	29
5-1	ตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมเฟรานโฮเฟอร์วัดจาก เส้น Hδ ที่ 4101.75 อังสตรอมจากการวัดด้วย มาตรความทึบแสง.....	48
5-2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของสมการแทนความสัมพันธ์ ของเส้นลักษณะของน้ำยา.....	54
6-1	แสดงความทึบแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่นต่างๆสำหรับ บันไดทอนแสงแต่ละขั้น.....	76
6-2	แสดงค่าความทึบแสงของระดับแสงต่อเนื่องที่อ่านได้ กับลอการิทึมฐานสิบของการให้แสงสัมพัทธ์($\log_{10}(\epsilon)$) ที่ 3933.68 อังสตรอม.....	76
6-3	แสดงความทึบแสงและค่าการให้แสงสัมพัทธ์ที่ตำแหน่ง λ และค่าเปรียบเทียบกับการให้แสงสัมพัทธ์ของแสงต่อเนื่อง ($\epsilon(\lambda)/\epsilon_c(\lambda_o)$) จากข้อมูลที่ถ่ายเมื่อวันที่ 6 เม.ย. พ.ศ.2532 รูปที่ 3.....	81
6-4	แสดงความทึบแสงและค่าการให้แสงสัมพัทธ์ที่ตำแหน่ง λ และค่าเปรียบเทียบกับการให้แสงสัมพัทธ์ของแสงต่อเนื่อง ($\epsilon(\lambda)/\epsilon_c(\lambda_o)$) จากข้อมูลที่ถ่ายเมื่อวันที่ 6 เม.ย. พ.ศ.2532 รูปที่ 4.....	82
6-5	แสดงความทึบแสงและค่าการให้แสงสัมพัทธ์ที่ตำแหน่ง λ และค่าเปรียบเทียบกับการให้แสงสัมพัทธ์ของแสงต่อเนื่อง ($\epsilon(\lambda)/\epsilon_c(\lambda_o)$) จากข้อมูลที่ถ่ายเมื่อวันที่ 6 เม.ย. พ.ศ.2532 รูปที่ 10.....	83

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7-1	บันทึกวันและเวลาที่เปิดหน้ากล้อง ประเภทสเปกตรัม และความสุกสว่างสำหรับดาวฤกษ์แต่ละดวงและกระจุกดาว.....	97
7-2	เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของดาวฤกษ์ Regulus และ Rigel[2].....	117
7-3	แสดงเส้นสเปกตรัมเปล่งออกของเนบูลานายพราน[2].....	119

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	แสดงรูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมดูดกลืนเฟราน์โฮเฟอร์ของแคลเซียมไอออน(CaII)ที่ 3933.68 อังสตรอม (K-line)[6]	14
2-2	แสดงความสัมพันธ์ของเส้นสเปกตรัมต่างๆและอุณหภูมิของบรรยากาศของดาวฤกษ์และดาวฤกษ์ที่มีสเปกตรัมประเภทต่างๆ	17
2-3	สเปกตรัมของดาวฤกษ์ที่มีประเภทสเปกตรัมต่างๆ[1].....	17
2-4	แสดงแผนภูมิจัดจำแนกความสุกสว่างของดาวฤกษ์.....	18
3-1	แสดงเส้นลักษณะของน้ำยาโดยประมาณ.....	21
3-2	เส้นลักษณะของฟิล์มโกดัก ไตร-เอกซ์แพน (ใช้สารทำให้เกิดภาพ D-76)[8].....	23
3-3	เส้นลักษณะของฟิล์มโกดัก เวอริโครมแพน (ใช้สารทำให้เกิดภาพ D-76)[8].....	23
3-4	เส้นลักษณะของฟิล์มโกดักทีแมกซ์(ใช้สารทำให้เกิดภาพ D-76)(ก)สำหรับฟิล์มโกดักทีแมกซ์-100 (ข) สำหรับฟิล์มโกดักทีแมกซ์-400[9].....	24
3-5	มาตรความทึบแสงอย่างละเอียดของบริษัทฮิลเกอร์ และวัตต์.....	26
3-6	แสดงวงจรที่ใช้ TIL 81 เป็นอุปกรณ์วัดแสงร่วมกับวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นศักย์ที่ใช้ในมาตรความทึบแสง.....	28
3-7	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\log_{10}[(R_o-R_b)/(R-R_b)]$และความทึบแสง.....	31
4-1	การจัดสเปกโทรกราฟสำหรับเกรตติงสะท้อนแสง (ก)แบบใช้กับกระจกเว้า (ข)แบบใช้กับเลนส์.....	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-2	แสดงการจัดสเปกโทรกราฟสำหรับเกรตติงแสงผ่านแบบที่นิยมกัน.....	34
4-3	แสดงภาคตัดขวางของเกรตติงแสงผ่านและแนวทางเดินของแสง.....	35
5-1	แสดงแนวทางเดินของแสงอาทิตย์ผ่านกล้องโทรทรรศน์จนเข้าสู่ห้องสังเกตการณ์.....	42
5-2	แสดงรูปลักษณะจริงของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการสร้างภาพของดวงอาทิตย์ที่ช่องแคบเดี่ยวในห้องสังเกตการณ์.....	43
5-3	แสดงแนวการวางอุปกรณ์ของชุดสเปกโทรกราฟเพื่อใช้ในการศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ภายในห้องสังเกตการณ์ เมื่อมีอุปกรณ์ดังนี้ (ก) ช่องแคบเดี่ยว (ข) เลนส์สร้างแสงขนาน ความยาวโฟกัส 1200 มม.f:15 (ค) เกรตติงแสงผ่าน (ง) เลนส์สร้างภาพความยาวโฟกัส 600 มม.f:4 กับ Teteplus x3 (จ) ฟิล์ม.....	44
5-4	อุปกรณ์ของชุดสเปกโทรกราฟที่ใช้สำหรับศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ส่วนที่อยู่ในกล่องดำ.....	45
5-5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะบนฟิล์มและผลต่างของความยาวคลื่นเมื่อให้เส้น Hδ ที่ 4101.75 อังสตรอมเป็นหลัก.....	50
5-6	แสดงเส้นลักษณะของน้ำยา (ก) ที่ 5889.97 อังสตรอม (ข) ที่ 5896.94 อังสตรอม.....	55
5-7(ก)	รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมที่ 5889.97 อังสตรอม.....	56
5-7(ข)	รูปลักษณ์ของเส้นสเปกตรัมที่ 5896.97 อังสตรอม.....	57

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
6-1	แสดงรูปของพื้นที่ dA_1 และ dA_2	58
6-2	แสดงแนวทางเดินของแสงที่เข้าและออกจากเลนส์บาง	59
6-3	แสดงการหักเหที่ผิวแรกของเลนส์เมื่อแสงเข้าเป็นแสงขนานและอยู่ในแนวเดียวกับแกนมุขสำคัญของเลนส์	61
6-4	แสดงการหักเหที่ผิวที่สองของเลนส์มาเกิดภาพ	62
7-1	แสดงลักษณะของความแรงของเส้นสเปกตรัมของธาตุไฮโดรเจนในอนุกรมของบัลเมอร์(พิจารณาเส้น Hγ)	93
7-2	แสดงสเปกตรัมของแสงจันทร์เมื่อวันที่ 21 มีนาคม พ.ศ.2532 เปิดหน้ากล้องนาน 3 นาที ใช้ฟิล์มโกดัก ทีแมกซ์-400 ที่ความไวแสง ISO 1600	95
7-3	แสดงสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่มีค่าการกระจายเชิงเส้นของสเปกตรัมเท่ากับสเปกตรัมในรูปที่ 7-2 เพื่อเปรียบเทียบ	95
7-4	สเปกตรัมของ α-Vir หรือชื่อทั่วไปว่า Spica มีสเปกตรัมประเภท B1V	98
7-5	สเปกตรัมของ α-Leo หรือชื่อสามัญว่า Regulus มีสเปกตรัมประเภท B7V	99
7-6	สเปกตรัมของ β-Ori หรือชื่อสามัญว่า Rigel มีสเปกตรัมประเภท B8Ia	100
7-7	สเปกตรัมของ α-CMa หรือชื่อทั่วไปว่า Sirius มีสเปกตรัมประเภท A1V	101
7-8	สเปกตรัมของ α-Gem หรือชื่อทั่วไปว่า Caster มีสเปกตรัมประเภท A1V	102
7-9	สเปกตรัมของ α-CMi หรือชื่อทั่วไปว่า Procyon มีสเปกตรัมประเภท F5IV	103

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7-10	สเปกตรัมของ α-Aur หรือชื่อทั่วไปว่า Capella มีสเปกตรัมประเภท G8III	104
7-11	สเปกตรัมของดวงอาทิตย์ ประเภทสเปกตรัม G2V	105
7-12	สเปกตรัมของ β-Gem หรือชื่อทั่วไปว่า Pollux มีสเปกตรัมประเภท K0III	106
7-13	สเปกตรัมของ α-Boo หรือชื่อสามัญว่า Arcturus สเปกตรัมเป็นประเภท K2pIII	107
7-14	สเปกตรัมของ α-Tau หรือชื่อทั่วไปว่า Alderbaran ประเภทสเปกตรัม K5III	108
7-14	สเปกตรัมของ α-Sco หรือชื่อทั่วไปว่า Antares มีสเปกตรัมประเภท M1Ib	109
7-16	สเปกตรัมของ α-Ori หรือชื่อทั่วไปว่า Betelgeuse มีประเภทสเปกตรัม M2I	110
7-17	สเปกตรัมของกระจุกดาว Hyades ที่อยู่ในกลุ่มดาว ราศีพฤษภ(ก) เทียบกับภาพของกลุ่มดาว(ข)	111
7-18	สเปกตรัมของกระจุกดาวลูกไก่(Pleiades) มีประเภทสเปกตรัมในช่วง B6 ถึง B8	112
7-19	แสดงภาพสเปกตรัมของเนบูลานายพรานจากการ สังเกตการณ์เมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2532	120
7-20	แสดงภาพสเปกตรัมของเนบูลานายพรานจากการ สังเกตการณ์และบันทึกภาพเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ 2532	121