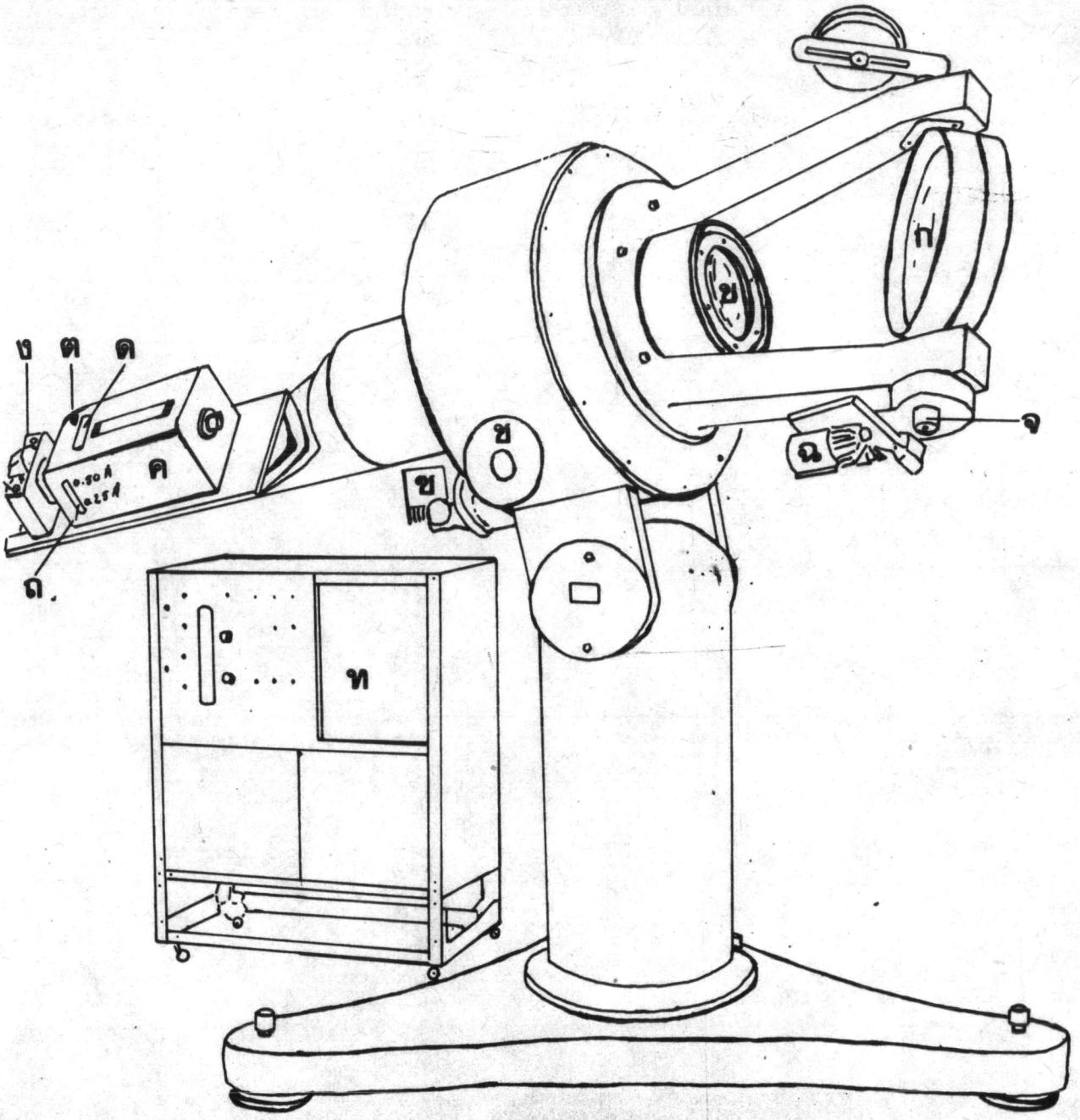
บทที่ ๒

เครื่องมือ และ วิธีการดำเนินการสังเกตการณ์

๒.๑ กล้องโทรทัศน์

๒.๑.๑ ชนิด การติดตั้ง และ ระบบการควบคุม

กล้องโทรทัศน์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องการลุกจ้านี้ เป็นกล้องโทรทัศน์ชนิดหักเหแสง (refracting telescope) ติดตั้งอยู่ที่หอดูดวงอาทิตย์ บนดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ ๑ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย กล้องโทรทัศน์นี้ติดตั้งแบบอีเควตอเรียลแบบฟอร์ค (equatorial mounting fork type) โดยที่ด้ามกลวงของฟอร์คเป็นแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้า (polar axis) ซึ่งวางให้ขนานกับแกนของโลก คือ วางทำมุมกับแนวราบเท่ากับค่าเส้นรุ้งของตำแหน่งที่ตั้งนั้น รอบแกนนี้กล้องโทรทัศน์จะหมุนขนานกับเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า นั่นคือกล้องโทรทัศน์จะหมุนตามวงกลมไดเออร์นอล (diurnal circle) การหมุนของกล้องโทรทัศน์รอบแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้านี้ เป็นการบอกตำแหน่งค่าไรท์แอสเซนชัน (right ascension) ของดวงอาทิตย์ตามวงกลมชั่วโมงต่าง ๆ แกนอีกแกนหนึ่ง คือ แกนในแนวสลักที่จับกระจกสะท้อนแสงกับขาของฟอร์ค ซึ่งตั้งฉากกับด้ามฟอร์ค แกนนี้ตั้งฉากกับแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้า และแกนนี้มีชื่อว่า แกนดีคลิเนชัน (declination axis) การหมุนรอบแกนนี้ กล้องโทรทัศน์จะหมุนตามวงกลมชั่วโมง (hour circle) และจะบอกค่าดีคลิเนชันของดวงอาทิตย์ แต่การติดตั้งจริง ๆ แทนที่เราจะหมุนกล้องโทรทัศน์รอบแกนนี้ เราใช้การหมุนกระจกสะท้อนแสงรอบแกนนี้แทน ซึ่งก็มีผลเท่ากับการหมุนกล้องโทรทัศน์ เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เราก็ตั้งกระจกรับแสงให้แสงสะท้อนสาดเข้ากล้องโทรทัศน์แล้วล็อกเอาไว้ กระจกนี้ก็จะหมุนไปรอบแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้า ซึ่งจะกวาดไปตามวงกลมไดเออร์นอลตามดวงอาทิตย์ แสงสะท้อนก็จะสาดเข้ากล้องโทรทัศน์ตลอดเวลา เนื่องจากตำแหน่งอาจจะคลาดเคลื่อนไปบ้าง เราก็ปรับได้โดยการใช้มอเตอร์ตัวหน้าเป็นตัวปรับ คือ ปรับมุมดีคลิเนชัน การปรับมุมไรท์แอสเซนชัน มีมอเตอร์ตัวหนึ่งหมุนอยู่ตลอดเวลาที่เราทำการศึกษาดวงอาทิตย์ ซึ่งหมุนสวนทางกับการหมุนของโลก ด้วยอัตรา



รูป 2.1 แสดงกล้องโทรทัศน์ที่ใช้ศึกษาวิจัยดวงอาทิตย์ บนดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ 1 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย (ก) กระจกสะท้อนแสง ϕ 400 มม (ข) เล็นส์วัตถุ ϕ 150 มม ความยาวโฟกัส 1500 มม (ค) เครื่องกรองแสงพิเศษของไซซ์ แบบ-เอ (ง) กล้องถ่ายรูปมิโนลต้า-35 มม (จ) ปุ่มล็อก-ปรับกระจกสะท้อนแสงให้หมุนรอบแกนดีคลิเนชั่นหมุนด้วยมือ (ฉ) มอเตอร์ปรับมุมดีคลิเนชั่น (ช) วงล้อปรับกระจกสะท้อนแสงให้หมุนรอบแกนที่ลากผ่านขั้วท้องฟ้า หมุนด้วยมือ (ซ) มอเตอร์ปรับมุมไรท์แอสเซนชั่น (ด) สเกลดูความยาวคลื่น (ต) ปุ่มเลือกความยาวคลื่นที่ปก หมุนด้วยมือ (ถ) คันโยกเลือกช่องกว้างที่ให้แสงผ่าน (ท) ตู้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเครื่องกรองแสงและมอเตอร์ต่างๆ .

เร็วเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลก เพื่อหมุนกล้องโทรทัศน์รอบแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้าติดตามดวงอาทิตย์ตามวงกลมชั่วโมงต่าง ๆ โดยอัตโนมัติ แต่เนื่องจากอาจจะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง ก็มีมอเตอร์อีกตัวหนึ่งสำหรับปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ กล้องโทรทัศน์ที่ติดตั้งตามดวงอาทิตย์แบบนี้ เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า กล้องโทรทัศน์ศึกษาดวงอาทิตย์แบบโพลาร์ เฮลิโอสเตท (polar heliostat solar telescope)

๒.๑.๒ กระจกสะท้อนแสง

กระจกสะท้อนแสง ทำด้วยซีรามิกที่ไม่มีการขยายตัว (zero expansion ceramic) มีความถูกต้องแน่นอนถึง $\lambda/20$ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๔๐๐ มม และหนา ๗๐ มม ฉาบด้วยอลูมิเนียมและซิลิกอนออกไซด์ (aluminized SiO coated) เป็นตัวที่รับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วปรับให้แสงสะท้อนสาดเข้าไปยังเลนส์วัตถุที่ค้ามฟอร์คตลอดเวลา

๒.๑.๓ เลนส์วัตถุของกล้องโทรทัศน์

เลนส์วัตถุของกล้องโทรทัศน์ เป็นเลนส์อรงค์ (achromatic objective) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๕๐ มม มีความยาวโฟกัส ๑,๕๐๐ มม ซึ่งทำให้เกิดภาพดวงอาทิตย์เต็มดวงที่ระนาบโฟกัส (focal plane) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑๔.๒ มม

๒.๒ ระบบเครื่องกรองแสงพิเศษ และการควบคุมอุณหภูมิ

๒.๒.๑ ระบบเครื่องกรองแสงพิเศษ

ในการศึกษาเรื่องการลุกจ้านี้ เราต้องศึกษาในแสงสีเดียว คือ แสงไฮโดรเจนอัลฟา ($H\alpha$,6562.8 อังสตรอม) แสงนี้ได้จากเครื่องกรองแสงสีเดียวไฮโดรเจนอัลฟาของไซซ์ แบบ-เอ (Zeiss Hydrogen-Alpha Monochromator Type-A) เครื่องกรองแสงสีเดียวแบบ-เอ นี้ สามารถเลือกความยาวคลื่นศึกษาได้ถึง $\pm$ ๑๖ อังสตรอม จากใจกลางเส้นไฮโดรเจนอัลฟา สเกลแบ่งละเอียดถึง ๐.๒๕ อังสตรอม การเลือกความยาวคลื่นต่าง ๆ เพื่อศึกษานี้ ทำได้โดยใช้มือหมุนปุ่มเลือกคลื่นไปทางซ้ายหรือขวา ตามที่เราต้องการ ช่องกว้างที่ให้แสงผ่าน

(transmission bandwidth) สามารถเลือกได้ ๒ ค่า คือ ๐.๒๕ และ ๐.๕๐ อังสตรอม การกำหนดความยาวคลื่นแสงไฮโดรเจนอัลฟาของเครื่องกรองแสงนี้ ใช้โฟโตมิเตอร์ที่มีความไว โดยอาศัยเส้นมืดของเหล็ก ที่อยู่ห่างจากเส้นไฮโดรเจนอัลฟาไปทางแดง มีค่า ๖.๔๓๒ อังสตรอม ในการศึกษาการลุกจ้าของเรา เราเลือกช่องกว้างที่ให้แสงผ่าน มีค่า ๐.๒๕ อังสตรอม ตลอดเวลา

๒.๒.๒ การควบคุมอุณหภูมิ

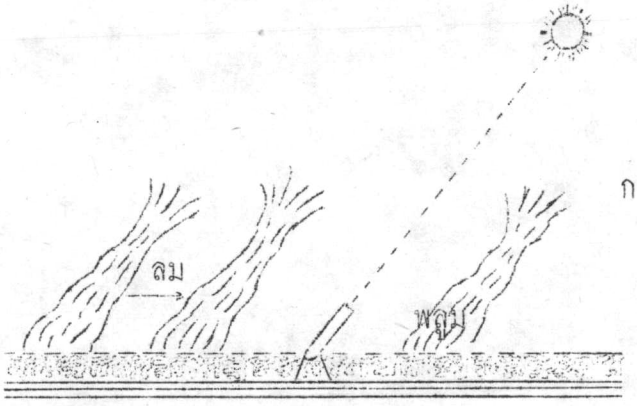
เนื่องจากเครื่องกรองแสงสีเดียวไฮโดรเจนอัลฟาของไซซ์ แบบ–เอ นี้ใช้ ควอทซ์ และแคลไซท์ (quartz and calcite) ซึ่งมีคุณสมบัติไบรีฟรินเจนซ์ (birefringence) ของมันจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ดังนั้น การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง เครื่องควบคุมอุณหภูมินี้มีวงจรอีเลกโทรนิกส์คอยควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ มีปุ่มเลือกอุณหภูมิอยู่ ๒ ปุ่ม คือ ๓๕°ซ และ ๔๕°ซ วงจรนี้จะควบคุมอุณหภูมิให้คงที่โดยมีความคลาดเคลื่อน ±๐.๐๕° ซ ของเราขณะที่ศึกษาได้ตั้งอุณหภูมิคงที่ไว้ที่ ๔๕°ซ ซึ่งจริง ๆ แล้วมันอาจจะเป็นในช่วง ๔๕ ± ๐.๐๕°ซ อุณหภูมิจะคงที่อยู่ตลอดเวลาที่ทำการศึกษาดวงอาทิตย์

๒.๓ สภาพทางการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์

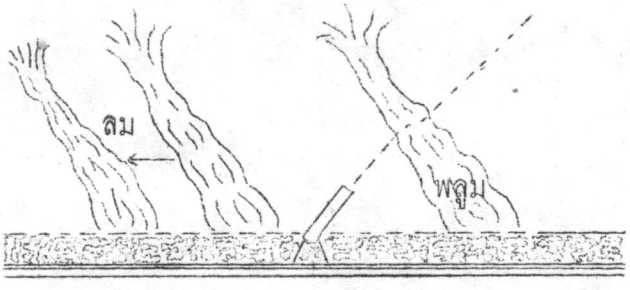
สภาพทางการสังเกตการณ์ (seeing) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เราเห็น หรือถ่ายรูปดวงอาทิตย์มีคุณภาพดีเพียงไร สภาพทางการสังเกตการณ์ไม่ดี จะทำให้เราเห็นดวงอาทิตย์มัว ไม่ชัดเจน รูปร่างเบี้ยว ภาพเต้น และขอบดวงอาทิตย์เป็นคลื่น เวลาถ่ายรูปก็จะได้รูปถ่ายที่มีคุณภาพไม่ดี การเกิดภาพมัว รูปร่างเบี้ยว เต้น และขอบดวงอาทิตย์เป็นคลื่นนี้ เนื่องมาจากการที่แสงอาทิตย์ต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่หนา การหักเหในชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นต่างกัน อาจทำให้เกิดข้อเสียดังกล่าว เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนาของบรรยากาศ ดังนั้น หอดูดาว หอดูดวงอาทิตย์ มักจะตั้งอยู่ในที่สูง ๆ เช่น ตั้งอยู่บนภูเขา เป็นต้น เพื่อลดความหนาของชั้นบรรยากาศ การแก้ปัญหาเพียงแค่นี้ยังไม่เพียงพอที่จะแก้ข้อเสียดังกล่าว ยังมีองค์ประกอบอื่นอีกที่จะต้องพิจารณา คือ กระแสลม ถ้ากระแสลมแรง จะทำให้เกิดการปั่นป่วนในมวลอากาศ ทำให้สภาพทางการสังเกตการณ์เลวลง แต่ถ้ากระแสลมอ่อน หรือ สงบ จะทำให้สภาพทางการสังเกตการณ์ดีขึ้น เพราะไม่มีการรบกวนจากกระแสอากาศ บริเวณที่มีระบบความกด

อากาศสูง (high pressure system) สภาพทางการสังเกตการณ์จะดี ทั้งนี้เนื่องจากมวลอากาศที่ตกลงมาอย่างช้า ๆ นั่นเอง แนวความคิดนี้ได้จากการสำรวจสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีตามหอดูดวงอาทิตย์ต่าง ๆ พบว่า ถ้ามีระบบความกดอากาศสูงแล้ว จะมีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี สำหรับสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีนั้น แต่ละหอดูดาว หรือหอดูดวงอาทิตย์ มีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีแตกต่างกันไป และชนิดของลมที่พัดผ่านก็มีอิทธิพลต่อสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีด้วย นอกจากนั้นยังมีการเคลื่อนที่ขึ้นของมวลอากาศ เนื่องจากได้รับความร้อนจากพื้นดินในเวลากลางวัน การเคลื่อนที่ขึ้นของมวลอากาศนี้ จะเคลื่อนที่ขึ้นเป็นคอลัมน์ เรียกว่า พลูม (plume) และมีกระแสอากาศเย็นเคลื่อนที่ลงมาอย่างช้า ๆ ในระหว่างพลูมนี้ มวลอากาศในระหว่างพลูมก็จะเป็นมวลอากาศที่ค่อนข้างจะสงบ ก็จะได้สภาพทางสังเกตการณ์ที่ดี สภาพทางการสังเกตการณ์จะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศคงที่ หรือ เกือบจะคงที่ ซึ่งลักษณะอากาศเช่นนี้จะพบที่ระดับสูง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก. สภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี



ข. สภาพทางการสังเกตการณ์ที่เลว

รูป ๒.๒ แสดงคอลัมน์อากาศที่เรียกว่า พลูม และสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี (ก), เลว (ข)

นอกจากนั้น สภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดียังเกี่ยวข้องกับปัญหาภายในกล้องโทรทัศน์อีกด้วย ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกี่ยวกับความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรวมแสงอาทิตย์ การแก้ก็โดยการออกแบบกล้องโทรทัศน์ เลนส์ที่ใช้ควรมีความยาวโฟกัสที่ยาว เพราะว่าถ้าเลนส์มีความยาวโฟกัสสั้น ก็จะทำให้มีความร้อนมากที่ระนาบโฟกัสของเลนส์ ทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิแตกต่างกัน นอกจากนั้น ยังแก้โดยการใช้ระบบดูดอากาศที่ใกล้ ๆ กับผิวที่รับแสงทุก ๆ ผิว เพื่อทำให้อากาศที่ล้อมรอบมีสมบัติเหมือนกัน ก็จะช่วยทำให้มีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี

ดังนั้น ปัญหาเกี่ยวกับสภาพทางการสังเกตการณ์ เราจะต้องคำนึงถึง สถานที่ตั้ง สภาพของลม และทิศทางลม รวมทั้งการออกแบบของกล้องโทรทัศน์ ก็จะช่วยให้ได้สภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี

สภาพทางการสังเกตการณ์ของเรานั้น ได้แก้ปัญหาในทางความสูง โดยติดตั้งกล้องโทรทัศน์บนดาดฟ้าของตึกฟิสิกส์ชั้นที่ ๓ สภาพของลมก็ไม่แรงนัก แต่พื้นเป็นซีเมนต์ อาจจะทำให้มีกระแสอากาศเคลื่อนที่ขึ้นรบกวน แต่จากการสังเกต เมื่อมีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่อำนวย เราจะมีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีประมาณ ๓-๔ ชั่วโมง คือ ประมาณ ๐๘.๐๐ น ถึง เที่ยง ส่วนภาคบ่าย ส่วนใหญ่สภาพทางการสังเกตการณ์ไม่ค่อยดี แต่อย่างไรก็ดี การมีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีนั้น ใช่ว่าจะเป็นช่วงยาวเป็นชั่วโมง หามิได้ มันมักจะมีช่วงที่มีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดีเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาก็ไม่นานนัก การสังเกตของเราก็โดยการมองผ่านเลนส์ตา (eye piece) ว่า ภาพดวงอาทิตย์คมชัดไหม ภาพเต้นไหม ถ้าเมื่อใดมีภาพคมชัด ภาพไม่เต้น เราก็ถ่ายรูปดวงอาทิตย์ได้ ถ้าภาพเต้นเราก็ไม่ถ่ายรูป เป็นการประหยัดฟิล์ม

๒.๔ วิธีดำเนินการศึกษา และการถ่ายรูป

๒.๔.๑ การเตรียมกล้องโทรทัศน์

ทุก ๆ เช้าก่อนที่จะทำการสังเกตดวงอาทิตย์ เราจะต้องเตรียมกล้องโทรทัศน์ให้พร้อมที่จะทำงาน จะเรียกว่าการอุ่นเครื่องก็เห็นจะได้ การอุ่นเครื่องนี้ทำโดย เสียบพลักไฟฟ้าตัวผู้ของเครื่องเข้ากับพลักตัวเมียของไฟบ้าน ๒๒๐ โวลท์ พร้อมกับโยกสวิทช์ของเครื่องมาที่ตำแหน่ง

ON ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง เครื่องก็พร้อมที่จะทำงาน โดยสังเกตเข็มที่หน้าปัดของเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะหยุดนิ่ง การอุ่นเครื่องนี้เป็นการเตรียมตัวกรองแสงให้มีอุณหภูมิ ๔๕°ซ เพื่อที่เครื่องกรองแสงจะให้แสงไฮโดรเจนอัลฟาที่เราต้องการ เมื่อเครื่องกรองแสงพร้อมที่จะทำงาน เราก็เริ่มเปิดกล้องโทรทัศน์ ปรับกระจกสะท้อนแสงด้วยมือ โดยปลดล็อกปรับให้สะท้อนแสงอาทิตย์สาดเข้าไปที่เลนส์วัตถุ จากนั้นก็ปลดล็อกกล้องโทรทัศน์ ใช้มือหมุนวงล้อทางด้านขวาของกล้องโทรทัศน์ หมุนกล้องโทรทัศน์รอบแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้า เพื่อให้แสงสะท้อนสาดเข้าไปยังเลนส์วัตถุ เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ก็ล็อกกล้องโทรทัศน์เอาไว้ พร้อมกับเปิดสวิทช์มอเตอร์ที่หมุนกล้องโทรทัศน์ตามดวงอาทิตย์โดยอัตโนมัติ มอเตอร์ตัวนี้จะหมุนอยู่ตลอดเวลา จากนั้นเราก็ไปมองที่เลนส์ตา ซึ่งติดไว้ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของเครื่องกรองแสง ปรับมอเตอร์อีก ๒ ตัว ซึ่งปรับค่า ไรท์แอสเซนชัน และ ดีคลิเนชันปรับให้เห็นดวงอาทิตย์เต็มดวง เราก็จะได้ภาพของดวงอาทิตย์เต็มดวงที่จะศึกษาตามต้องการ

๒.๔.๒ <u>การสังเกตด้วยตาเปล่า</u>

เมื่อเราได้เตรียมกล้องโทรทัศน์เรียบร้อยแล้ว เราก็เริ่มทำการสังเกตในวันนั้น ๆ การสังเกตด้วยตาเปล่านี้ เป็นการสังเกตสำรวจสภาพโดยทั่ว ๆ ไป ของดวงอาทิตย์ รวมทั้งการเฝ้าติดตามปรากฏการณ์ที่น่าสนใจที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ เราทำด้วยกัน ๒ วิธี

๒.๔.๒.๑ <u>การศึกษาโดยใช้เลนส์ตา</u> ทำได้โดยเอาเลนส์ตาไปติดเข้ากับปลายอีกข้างหนึ่งของเครื่องกรองแสง แล้วเราก็มองผ่านเลนส์ตา การดูดวงอาทิตย์ด้วยเลนส์ตานี้เป็นการสำรวจสิ่งที่น่าสนใจที่ปรากฏบนพื้นผิวของดวงอาทิตย์ว่า มีอะไรที่น่าสนใจบ้าง รวมทั้งการตรวจสอบสภาพทางการสังเกตการณ์ว่าดีหรือไม่ดีเพียงไร โดยสังเกตความคมชัดของขอบดวงอาทิตย์ ภาพดวงอาทิตย์เต้นไหม ขอบมีลักษณะคล้ายลูกคลื่นหรือไม่ ถ้าพบว่า มีสภาพทางการสังเกตการณ์ที่ดี เราก็ถอดเอาเลนส์ตาออก และติดกล้องถ่ายรูปเข้าไปแทน เพื่อถ่ายรูปดวงอาทิตย์ การดูด้วยตาผ่านเลนส์ตานี้เราดูในแสงไฮโดรเจนอัลฟา พร้อมทั้งเปลี่ยนความยาวคลื่นไปที่ปีกทั้งสองข้างถึง $\pm$ ๓ อังสตรอม การเปลี่ยนความยาวคลื่นไปถึง $\pm$ ๓ อังสตรอมก็เพื่อจะสำรวจจุดหรือกลุ่มจุดบนดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในวันนั้น ๆ การศึกษาโดยการมองผ่านเลนส์ตานี้ มีความจำเป็นสำหรับการศึกษาของเรามาก เพราะเราได้ใช้ตรวจสภาพทางการสังเกตการณ์ รวมทั้งการเฝ้าติดตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วง

ที่เราไม่ได้ถ่ายรูป แต่การมองผ่านเลนส์ตานาน ๆ กล้ามเนื้อตาจะเมื่อยล้า เราก็พักสายตาโดยการมองผ่านเลนส์ตาเป็นช่วง ๆ

๒.๔.๒.๒ <u>การศึกษาจากภาพบนจอ</u> แทนที่จะมองผ่านเลนส์ตา เราปล่อยให้ภาพของดวงอาทิตย์ไปตกบนจอ ภาพที่ปรากฏบนจอมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๖ นิ้ว เราเตรียมกระดาษขาวที่มีรูปดวงอาทิตย์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๖ นิ้ว เอากระดาษนี้ทาบลงไปบนจอ และวาดภาพของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เห็นบนดวงอาทิตย์ในวันนั้น ๆ ลงไป เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ โพรมิเนนซ์ ฟิลาเมนต์ พลาจ เป็นต้น จากนั้นเราก็หยุดมอเตอร์ที่หมุนกล้องโทรทัศน์รอบแกนลากผ่านขั้วท้องฟ้า ประมาณ ๑ นาที ทำเครื่องหมายที่วงกลม ๒ วงตัดกัน ซึ่งตำแหน่งนั้นก็คือ ขั้วเหนือ ขั้วใต้ ของดวงอาทิตย์ในวันนั้น เสร็จแล้วเราก็ปล่อยให้มอเตอร์หมุนใหม่ เพื่อขับกันให้กล้องโทรทัศน์หมุนตามดวงอาทิตย์ การศึกษาแบบนี้เป็นการบันทึกปรากฏการณ์ที่เราได้เห็นและเป็นการหาขั้วเหนือขั้วใต้ของดวงอาทิตย์ด้วย

๒.๔.๓ <u>การถ่ายรูปดวงอาทิตย์</u>

การถ่ายรูปดวงอาทิตย์เราใช้กล้อง มินอลตา – ๓๕ มม (Minolta-35) ใช้ฟิล์มโกดัก เอส โอ – ๓๙๒ (Kodak Solar Flare Patrol SO-392) ซึ่งเป็นฟิล์มสำหรับถ่ายรูปการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์โดยเฉพาะ การถ่ายรูปของเรา ถ่าย ๒ ระบบ ด้วยกัน

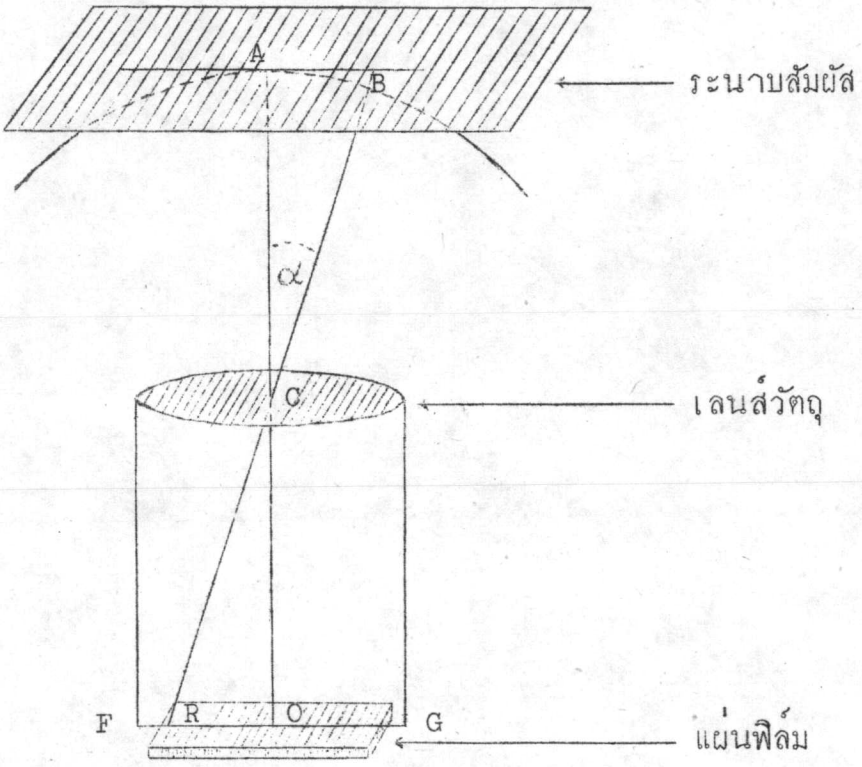
๒.๔.๓.๑ <u>ระบบถ่ายรูปเต็มดวง</u> เราถ่ายรูป ๒ แบบ คือ $H\alpha$ และ $H\alpha \pm 0.5$Å โดยถ่ายเป็น ๒ ชุด คือ รูปที่ ๑ – ๖ ลำดับรูปเป็น $H\alpha+0.5, H\alpha, H\alpha-0.5$; $H\alpha+0.5, H\alpha, H\alpha-0.5$Å โดยใช้ความเร็วของชัตเตอร์เป็น ๑/๕๐๐ วินาที สำหรับ $H\alpha \pm 0.5$Å และ ๑/๒๕๐ วินาทีสำหรับ $H\alpha$ ใช้ช่องกว้างให้แสงผ่านจากเครื่องกรองแสงมีค่า 0.25Å รูปต่อไปถ่ายอีกแบบหนึ่ง โดยถ่ายดังนี้ คือ $H\alpha+3, H\alpha+2, H\alpha+1, H\alpha+0.75, H\alpha+0.5, H\alpha+0.25, H\alpha, H\alpha-0.25, H\alpha-0.5, H\alpha-0.75, H\alpha-1, H\alpha-2$ และ $H\alpha-3$Å ในชุดนี้ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ดังนี้ คือ $H\alpha \pm 3, H\alpha \pm 2$ และ $H\alpha \pm 1$Å ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ ๑/๑๐๐๐ วินาที $H\alpha \pm 0.75$ และ $H\alpha \pm 0.5$Å ใช้ความเร็วของชัตเตอร์๑/๕๐๐ วินาที $H\alpha \pm 0.25$ Åและ $H\alpha$ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ ๑/๒๕๐ วินาที เมื่อถ่ายรูปชุดนี้หมดแล้ว เราก็ถ่ายรูปย้อนกลับไปอีก คือ $H\alpha-2, H\alpha-1, H\alpha-0.75, H\alpha-0.5$Å และต่อไป

จนฟิล์มหมดม้วน ทุกวันที่ทำการสังเกตดวงอาทิตย์ ถ้าสภาพทางการสังเกตการณ์อำนวยให้ เราถ่ายรูปเต็มดวงอย่างน้อย ๒ ม้วน

๒.๔.๓.๒ <u>ระบบถ่ายรูปขยาย</u> การถ่ายรูประบบนี้ เราใช้เลนส์ชุดถ่ายรูปขยาย (close up set) ซึ่งขยายได้ ๓ เท่า ติดเลนส์ชุดนี้ไว้ที่หน้ากล้องถ่ายรูป การถ่ายรูปขยาย เราถ่ายเฉพาะบริเวณที่เรามีความสนใจเป็นพิเศษเท่านั้น เช่น โพรมิเนนซ์ เป็นต้น หรือจุดที่เรามีความสนใจเป็นพิเศษ การถ่ายรูปลำดับรูปจะเป็น รูปที่ ๑ – ๖ จะเป็น H α ตลอด โดยใช้ความเร็วของชัตเตอร์เป็น ๑/๑๒๕, ๑/๖๐ และ ๑/๓๐ วินาที ซึ่งถ่ายรูปเป็น ๒ ชุด จากรูปที่ ๗ จนหมดม้วนฟิล์ม เราถ่ายรูปดังนี้ คือ Hα +3, Hα +2, Hα +1, Hα +0.75, Hα +0.5, Hα +0.25, Hα, Hα -0.25, Hα -0.5, Hα -0.75, Hα -1, Hα -2 และ Hα -3Å แล้วถ่ายย้อนกลับไปอีก โดยใช้ความเร็วของชัตเตอร์ดังนี้ คือ Hα $\pm$3, Hα $\pm$2 และ Hα $\pm$1Å ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ ๑/๑๒๕ วินาที Hα $\pm$0.75 และ Hα $\pm$0.5Å ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ ๑/๖๐ วินาที Hα $\pm$0.25 Å และ Hα ใช้ความเร็วของชัตเตอร์ ๑/๓๐ วินาที นอกจากนั้น ในช่วงที่มีการลุกจ้า เราก็ถ่ายรูปแบบเว้นช่วงเวลา โดยใช้แสงไฮโดรเจนอัลฟาตลอด ความเร็วของชัตเตอร์ใช้ ๑/๓๐ วินาที

๒.๔.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของภาพกับระยะทางบนดวงอาทิตย์

๒.๔.๔.๑ การหาขนาดของภาพดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม



รูป ๒.๓ แสดงการหาขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม

ให้ C เป็นศูนย์กลางของเลนส์วัตถุของกล้องโทรทัศน์ CO เป็นแกนแสง (optical axis) ของกล้องโทรทัศน์ FG เป็นระนาบโฟกัสของเลนส์วัตถุ ซึ่งตั้งฉากกับ CO เอาแผ่นฟิล์มวางไว้ให้ผิวที่ฉาบน้ำยาอยู่ที่ระนาบโฟกัสพอดี ให้ CO ผ่านจุดศูนย์กลางของแผ่นฟิล์ม คือ O เป็นศูนย์กลางของแผ่นฟิล์ม

พิจารณาจุด A เป็นวัตถุ ในทิศทาง CA (OC ที่ต่อออกไป) รังสีของแสงจะตกบนเลนส์วัตถุ และไปโฟกัสที่ O O ก็จะเป็นภาพของ A

พิจารณาจุด B เป็นวัตถุ ในทิศทาง CB รังสีของแสงจะตกลงบนเลนส์วัตถุ และไปโฟกัสที่ R (BC ที่ต่อออกไป) นั่นคือ ภาพของ B จะปรากฏที่ตำแหน่ง R บนฟิล์ม

เราจะพิจารณาได้ว่า ระยะ AB บนวัตถุ จะปรากฏเป็นระยะ OR บนแผ่นฟิล์ม ถ้าเรา

พิจารณาว่า AB คือ รัศมีของดวงอาทิตย์,OR คือ ขนาดภาพของ AB ที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม นั่นคือ 2OR ก็คือ ขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม เราจะแทนด้วย l

เนื่องจาก $OR = OC \tan R\hat{C}O$

$= OC \tan A\hat{C}B$

$\therefore l = 2OC \tan A\hat{C}B$

$l = 2OC \tan \alpha$ .....(1)

ในเมื่อ α = ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์ ค่ามุม α นี้เราได้จากหนังสือ อีฟีเมอริสทางดาราศาสตร์ (Astronomical Ephemeris) ในวันต่าง ๆ ที่เราต้องการ

กล้องโทรทัศน์ของเราที่ใช้ เลนส์วัตถุมีความยาวโฟกัส ๑๕๐๐ มม เมื่อเราทราบความยาวโฟกัส (OC) ทราบค่ามุม α เราก็สามารถหาขนาดของภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์มได้จากสูตร (๑) ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๗ (ค.ศ. ๑๙๗๔)

ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์ = ๑๖′ ๑๒.″๕๒

ความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ = ๑๕๐๐ มม

โดยสูตร (๑) ขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม $l = 2 \times ๑๕๐๐ \tan ๑๖′ ๑๒.″๕๒$

$l = ๒ \times ๑๕๐๐ \times ๐.๐๐๔๗๑$

ขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม l = ๑๔.๑๓ มม

เราวัดขนาดภาพของดวงอาทิตย์วันนี้ได้ = ๑๔.๓ มม

วันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๗ (ค.ศ. ๑๙๗๔)

ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์ = ๑๖′ ๑๗.๑๐″

ความยาวโฟกัสของเลนส์วัตถุ = ๑๕๐๐ มม

โดยสูตร(๑)ขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม l = ๒ x ๑๕๐๐ tan ๑๖′ ๑๗.๑๐″

l = ๒ x ๑๕๐๐ x ๐.๐๐๔๗๓

ขนาดภาพของดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม l = ๑๔.๑๔ มม

เราวัดขนาดภาพของดวงอาทิตย์วันนี้ได้ = ๑๔.๔ มม

๒.๔.๔.๒ <u>การเทียบระยะทางเชิงมุมกับระยะทางบนดวงอาทิตย์</u> ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๗

รัศมีของดวงอาทิตย์มีค่า = ๖๙๖,๐๐๐ กม

ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์ = ๑๖′ ๑๒.๙๒″

๑ ฟิลิบดา คิดเป็นระยะทาง = $\frac{๖๙๖,๐๐๐}{๙๗๒.๙๒}$ กม

๑″ = ๗๑๕.๓๗ กม

วันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๗

รัศมีของดวงอาทิตย์มีค่า = ๖๙๖,๐๐๐ กม

ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์ = ๑๖′ ๑๗.๑๐″

๑ ฟิลิบดา คิดเป็นระยะทาง = $\frac{๖๙๖,๐๐๐}{๙๗๗.๑๐}$ กม

๑″ = ๗๑๒.๓๑ กม

๒.๔.๔.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในภาพกับระยะทางบนดวงอาทิตย์ ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๗

ระยะทาง ๑๔.๑๓ มม ในภาพ คิดเป็นระยะทางบนดวงอาทิตย์ = ๒ x ๖๙๖,๐๐๐ กม

ในระบบถ่ายรูปเต็มดวง ขยาย ๒๔ เท่า เราจะได้ว่า

๑๔.๑๓ x ๒๔ มม = ๒ x ๖๙๖,๐๐๐ กม

๑ มม = $\frac{๒ \text{ x } ๖๙๖,๐๐๐}{๑๔.๑๓ \text{ x } ๒๔}$ กม

๑ มม = ๔๑๐๔.๗๔ กม

วันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๗

ระยะทาง ๑๔.๑๔ มม ในภาพ คิดเป็นระยะทางบนดวงอาทิตย์ = ๒ x ๖๙๖,๐๐๐ กม

ในระบบถ่ายรูปเต็มดวง ขยาย ๒๔ เท่า เราจะได้ว่า

๑๔.๑๔x ๒๔ มม = ๒ x ๖๙๖,๐๐๐ กม

๑ มม = $\frac{๒ \text{ x } ๖๙๖,๐๐๐}{๑๔.๑๔ \text{ x } ๒๔}$ กม

๑ มม = ๔๐๘๗.๓๘ กม

ค่าตัวเลขในหัวข้อ ๒.๔.๔.๒ และ ๒.๔.๔.๓ เป็นค่าตัวเลขที่ใช้ได้อย่างใกล้เคียงในบริเวณกลาง ๆ ดวงเท่านั้น ที่บริเวณใกล้ขอบดวงใช้ไม่ได้ และค่าตัวเลขในหัวข้อ ๒.๔.๔.๒

i 17995929

และ ๒.๔.๔.๓ เราหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในภาพกับระยะทางเชิงมุมบนดวงอาทิตย์ได้ดังนี้

วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๑๗

ในระบบถ่ายรูปเต็มดวงอัดขยาย ๒๔ เท่า

เราได้ว่า ๑ ° มม = ๔๑๐๔.๗๔ กม

๑ // = ๗๑๕.๓๗ กม

∴ ๑ มม ในภาพคิดเป็นระยะทางเชิงมุม = $\frac{๔๑๐๔.๗๔}{๗๑๕.๓๗}$

๑ มม = ๕.๗๔ //

วันที่ ๒๒ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๗

ในระบบถ่ายรูปเต็มดวงอัดขยาย ๒๔ เท่า

เราได้ว่า ๑ มม = ๔๐๘๗.๓๘ กม

๑ // = ๗๑๒.๓๑ กม

∴ ๑ มม ในภาพคิดเป็นระยะทางเชิงมุม = $\frac{๔๐๘๗.๓๘}{๗๑๒.๓๑}$

๑ มม = ๕.๗๔ //