หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ (star) ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด เป็นแหล่งให้แสงสว่างแก่โลก และให้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ แก่โลกด้วย ดวงอาทิตย์แผ่รังสีและพลังงานออกมาหลายรูปแบบ เช่นในรูปคลื่นมีทั้งคลื่นวิทยุ คลื่นแสง คลื่นขนาดอุลตราไวโอเลต และรังสีเอกซ์ นอกจากนี้ยังมีในรูปแบบลมสุริยะ (solar wind) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดต่าง ๆ ลมสุริยะชนิดที่เป็นผลจากการระเบิดปะทุของบริเวณกัมมันต์ (active region ) ของดวงอาทิตย์มีผลต่อการสื่อสารทางวิทยุของโลก ฟิลาเมนต์ (filament) เป็นปรากฏการณ์ที่เห็นบนตัวดวงอาทิตย์หรือพวยกาซ (prominence) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์เดียวกันแต่ปรากฏที่ขอบดวงเป็นปรากฏการณ์หนึ่งของการกัมมันต์และเกี่ยวข้องกับบริเวณกัมมันต์อื่น ๆ การศึกษาเรื่องฟิลาเมนต์จึงมีประโยชน์ในการที่จะทำความเข้าใจปรากฏการณ์และวิวัฒนาการบางอย่างของบริเวณกัมมันต์ เช่นความรุนแรงของการกัมมันต์เป็นต้น

## 1.1 ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลก $149.6 \times 10^6$ กิโลเมตร มีมวล $1.99 \times 10^{30}$ กิโลกรัม รัศมี $6.9 \times 10^5$ กิโลเมตร ความหนาแน่น 1.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีอัตราหมุนรอบตัวเอง 25.4 วัน ที่แนวอิเควเตอร์ และ 33 วัน ที่เส้นรุ้ง 75 องศาเหนือ หรือใต้ มีอุณหภูมิที่ผิวการเปล่งรังสี 5800 K (Glasstone, 1965) แหล่งที่ให้พลังงานแก่ดวงอาทิตย์อยู่ภายในตัวดวง ซึ่งเราไม่สามารถสังเกตได้ทางทัศนศาสตร์ เราสังเกตดวงอาทิตย์ได้เพียงบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ ดวงอาทิตย์ บรรยากาศนี้มีอยู่ 3 ระดับใหญ่ ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติและปรากฏการณ์ต่างกันไป คือระดับโฟโตสเฟียร์ (photosphere) ซึ่งเป็นระดับในสุดใกล้ผิวดวง ระดับกลางมีความหนาไม่มากนัก คือระดับโครโมสเฟียร์ (chromosphere) และระดับนอกสุดซึ่งมีความหนาเปลี่ยนแปลงได้มากตามย่วงกัมมันต์ของดวงอาทิตย์คือ ระดับโคโรนา (corona)

### 1.1.1 โฟโตสเฟียร์

เป็นระดับที่มีการให้พลังงานของดวงอาทิตย์ ระดับนี้เป็นตัวดวงอาทิตย์ที่เราสังเกตเห็นด้วยตาเปล่า มีสีขาวเนื่องจากการเปล่งรังสีออกมาทุกความยาวคลื่น เมื่อเรานำแสงสีขาวนี้มาแยก

โดยใช้สเปกโตรกราฟจะพบว่าแสงจะเป็นแบบสเปกตรัมต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงที่ไวต่อตา (visible) และจะเห็นเส้นมืดอยู่กระจายทั่วไปในแถบแสง เส้นนี้คือเส้นฟรอนโฮเฟอร์ (Fraunhofer line) ซึ่งมีอยู่มากกว่า 25,000 เส้น (Glasstone, 1965) จากเส้นฟรอนโฮเฟอร์นี้ทำให้เราทราบอุณหภูมิ และธาตุที่มีอยู่ในบรรยากาศชั้นนี้ ซึ่งเราพบว่าในชั้นโฟโตสเฟียร์นี้ ร้อยละ 90 ของจำนวนอะตอม (ร้อยละ 70 โดยมวล) เป็นธาตุไฮโดรเจน, ร้อยละ 9.9 ของจำนวนอะตอม (ร้อยละ 28 โดยมวล) เป็นธาตุฮีเลี่ยม ที่เหลือเป็นธาตุหนักเพียง ร้อยละ 0.1 ของจำนวนอะตอม (ร้อยละ 2 โดยมวล) ซึ่งมีธาตุต่าง ๆ อยู่ราว 60 ถึง 70 ชนิด ที่มีจริงบนโลก (Glasstone, 1965) อุณหภูมิเฉลี่ย 5800 K ความหนาแน่นราว $10^{-7}$ กรัม ต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปรากฏการณ์ที่สำคัญในชั้นนี้คือ ดอกดวงหรือกรานูล (granule) จุดมืด (sunspot) และแฟคิวเล (faculae)

จากภาพถ่ายในแสงขาวดวงอาทิตย์ที่ได้จากสังเกตการณ์ในระดับสูงจากพื้นโลกมาก ๆ จะพบว่าบนพื้นผิวดวงอาทิตย์มีเม็ดซึ่งสว่างกว่าผิวทั่ว ๆ ไป เราเรียกแต่ละเม็ดนี้ว่าดอกดวงหรือกรานูล กรานูล (Glosstone, 1965) มีรูปหลายเหลี่ยมไม่แน่นอน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจาก 300 ถึง 1500 กิโลเมตร มีช่วงอายุราว 4 นาที และอุณหภูมิสูงกว่าผิวปรกติราว 200 K มีความเร็วสัมพัทธ์ลอยขึ้นราว 0.8 กิโลเมตรต่อวินาที ที่ขอบกรานูลจะมีบริเวณคล้ำกว่าบริเวณรอบ ๆ ซึ่งทำหน้าที่เหมือนขอบกรานูลและมีการเคลื่อนที่ลงสู่ตัวดวงข้างล่าง

การเกิดกรานูลนี้เป็นปรากฏการณ์ของการพา (convection) ความร้อนจากผิวข้างล่างขึ้นมาสู่ผิวบนเหมือนกับการต้มน้ำ น้ำที่ร้อนจะลอยขึ้นจากก้นภาชนะที่ร้อนกว่ามาสู่ผิวบนซึ่งเย็นกว่า ซึ่งเราเปรียบเป็นกรานูล ขณะเดียวกันน้ำส่วนบนที่เย็นกว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าจะตกลงไปสู่ก้นภาชนะซึ่งเราเปรียบเป็นขอบคล้ำของกรานูล

จุดมืดเป็นบริเวณคล้ำกว่าโฟโตสเฟียร์ทั่ว ๆ ไป เมื่อสังเกตจากภาพที่มีกำลังขยายสูงจะเห็นว่าประกอบด้วยบริเวณที่คล้ำมากตรงกลางเรียกว่าเขตมืดหรืออัมบรา (umbra) และรอบ ๆ บริเวณคล้ำมากเป็นส่วนที่จางกว่าเรียกว่าเขตม้วหรือพีนัมบรา (penumbra) จุดมืดมีขนาดจาก 2,500 กิโลเมตร ถึง 50,000 กิโลเมตร แต่บางอันเคยมีถึง 130,000 กิโลเมตร จุดมืดมักปรากฏในรูปหลาย ๆ จุดมืดอยู่ด้วยกันเรียกกลุ่มจุด (sunspot groups) ซึ่งบางครั้งกลุ่มจุดอาจกินอาณาเขตกว้างถึง 300,000 กิโลเมตร อุณหภูมิจุดมืดจะต่ำกว่าพื้นผิวทั่ว ๆ ไปราว 2000 K (Glasstone,1965)

จุดมืดเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กแรงมากบางครั้งมีค่าสูงกว่า 300 เกาซ์ (gauss) เทียบกับสนามแม่เหล็กทั่วไปบนดวงอาทิตย์ซึ่งมีค่าขนาด 1 เกาซ์ (Glasstone, 1965) จุดมืดมักปรากฏเป็นคู่โดยจุดที่เกิดก่อน ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดใหญ่กว่ามีอายุนานกว่าและอยู่ใกล้แนวอิเควเตอร์มากกว่า เราเรียกว่า จุดนำ (preceding spot) ช่วงเวลาต่อมาจึงเกิดจุดตาม (following spot) ซึ่งอยู่ห่างจากแนวอิเควเตอร์มากกว่าและมีขั้วแม่เหล็กตรงข้ามกับจุดนำ ในช่วงเวลาเดียวกันนี้ที่อีกด้านหนึ่งของแนวอิเควเตอร์จะเกิดจุดมืดจุดนำขึ้น ณ เส้นรุ้งและเส้นแวงใกล้เคียงกับอีกด้านหนึ่งของแนวอิเควเตอร์ที่เกิดก่อน และจุดนำทั้งสองด้านของแนวอิเควเตอร์นี้จะมีขั้วแม่เหล็กตรงข้ามกัน

จุดมืดโดยปรกติเกิดอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 35 องศาเหนือและ 5 องศาเหนือ และระหว่างเส้นรุ้ง 35 องศาใต้และ 5 องศาใต้ โดยเริ่มต้นปรากฏขึ้นที่เส้นรุ้งสูง มีจำนวนไม่กี่จุด เมื่อเวลาผ่านไปจำนวนจุดจะมากขึ้นและเกิดที่เส้นรุ้งต่ำลงเรื่อยจนเวลาผ่านไปราว ๆ 11 ปี จุดจะเกิดมีมากที่สุด ช่วง 11 ปี นี้เรียกว่าวงรอบจุดมืด (sunspot cycle) แต่ช่วงต่อมาจุดนำที่เริ่มเกิดที่เส้นรุ้งสูง ๆ เพื่อเริ่มวงรอบใหม่นั้นจะมีขั้วแม่เหล็กตรงข้ามกับจุดนำในวงรอบที่ผ่านมา แล้วก็เริ่มเกิดที่เส้นรุ้งต่ำลงไปอีกจนวงรอบที่สามขั้วแม่เหล็กของจุดนำจึงมีขั้วเหมือนของจุดนำในวงรอบที่หนึ่ง ดังนั้นวงรอบขั้วแม่เหล็กของจุดมืดจึงมีช่วงอายุ 22 ปี ช่วงที่จุดมืดมีมากเราเรียกว่าดวงอาทิตย์อยู่ในช่วงกัมมันต์ (active sun) ส่วนช่วงที่มีจุดมืดมีจำนวนน้อยเรียกว่าดวงอาทิตย์อยู่ในช่วงสงัด (quiet sun)

แฟคิวเลเป็นบริเวณที่สว่างกว่าฟิ้นโฟโตสเฟียร์ทั่ว ๆไปร้อยละ 10 (Glasstone, 1965) อยู่รอบ ๆ บริเวณจุดมืด จากการสังเกตพบว่าบริเวณแฟคิวเลนี้ลอยตัวสูงกว่าพื้นผิวทั่ว ๆ ไป โดยทั่วไปจะสังเกตเห็นแฟคิวเลก่อนการเกิดจุดมืด และมันยังคง ปรากฏอยู่หลังจากจุดมืดสลายไปแล้ว มักปรากฏในอาณาบริเวณเดียวกับกลุ่มจุดคือระหว่างเส้นรุ้ง 35 องศาถึง 5 องศา ทั้งซีกดวงเหนือและซีกดวงใต้ แต่ก็ปรากฏมีแฟคิวเลอยู่ทั่ว ๆไปในช่วงเส้นรุ้งสูงกว่า 35 องศาทั้งในซีกดวงเหนือและซีกดวงใต้ แต่ไม่มีจุดมืดทั้งนี้อาจเป็นเพราะการรบกวนจากภายในไม่แรงพอที่จะทำให้เกิดจุดมืดได้ที่เส้นรุ้งสูง ๆ

1.1.2 โครโมสเฟียร์

ปรากฏเป็นชั้นสีแดงลอยตัวเหนือระดับโฟโตสเฟียร์เมื่อเกิดสุริยคราสเต็มดวง เห็นได้ชัดในเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนที่ความยาวคลื่น 6563 อังสตรอม ซึ่งเรียกว่า $H_\alpha$ และเส้นสเปกตรัมของ

แคลเซียมที่มีความยาวคลื่น 3968 อังสตรอม (เส้น H) และ 3934 อังสตรอม (เส้น K) เป็นชั้นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามความสูงคือจาก 4500 K ที่ฐานโครโมสเฟียร์ แต่ที่ความสูง 10,000 ถึง 16,000 กิโลเมตรอุณหภูมิขึ้นถึง 1,000,000 K ความหนาแน่น $10^{-8}$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ฐานโครโมสเฟียร์ และที่ส่วนบนโครโมสเฟียร์ ที่สูงถึงชั้นโคโรนามีความหนาแน่นเพียง $10^{-15}$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ลักษณะที่แปลกของบรรยากาศชั้นนี้คือ มันจะให้สเปกตรัมเป็นเส้นสว่าง (flash spectrum) แทนที่เส้นมืดในสเปกตรัมจากโฟโตสเฟียร์ โดยบางเส้นจะเข้มขึ้นเช่น เส้นของพวกโลหะหนักและฮีเลียมที่แตกตัวแต่บางเส้นจะสว่างและอาจหายไป นอกจากนี้ยังให้สเปกตรัมในช่วงอุลตราไวโอเล็ตเช่นเส้น 584 อังสตรอมของฮีเลียม (He II)

ลักษณะของสิ่งปรากฏบนชั้นนี้คือ สปีคุล (spicules) พวยกาซ (prominences) หรือฟิลาเมนต์ (filament) พลาจ (plages) การลุกจ้าหรือแฟลร์ (flares)

เมื่อสังเกตขอบโครโมสเฟียร์ในบริเวณสงัดด้วยเครื่องมือที่มีกำลังแยกสูง จะพบว่าขอบโครโมสเฟียร์ ไม่เรียบแต่คล้ายกับกอหญ้า มีเปลวพุ่งสูงขึ้นไปจากระดับโครโมสเฟียร์ เราเรียกว่าสปีคุล มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 800 กิโลเมตร ลอยขึ้นด้วยอัตราเร็ว 25 ถึง 32 กิโลเมตรต่อวินาทีสู่ความสูง 10,000 ถึง 16,000 กิโลเมตรจากฐานโครโมสเฟียร์ มีช่วงอายุ 4 หรือ 5 นาที ร้อยละ 1 ของพื้นที่ดวงอาทิตย์จะมีสปีคุลราว 100,000 อัน เมื่อสปีคุลลอยขึ้นถึงจุดสูงสุดของมันแล้ว มันจะคงที่อยู่ชั่วขณะแล้วอาจตกลงมาหรือค่อย ๆ จางหายไป (Glasstone, 1965)

พวยกาซเป็นกลุ่มกาซสว่างเทียบกับภูมิพื้นข้างหลังปรากฏเห็นที่ขอบดวงอาทิตย์ในภาพถ่ายที่บรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์ แต่เมื่อพวยกาซปรากฏผ่านตัวดวงอาทิตย์จะเห็นเป็นส่วนคล้ำที่ตัวดวงอาทิตย์ เราเรียกว่า ฟิลาเมนต์ พวยกาซที่สำคัญมี 2 ประเภท คือ พวยกาซสงัด (quiescent prominence) ซึ่งมีการเคลื่อนไหวช้าและมักมีขนาดใหญ่ อาจคงรูปอยู่ได้นานถึงหลายเดือน อาจยาวถึง 150,000 กิโลเมตร หนาราว 5,000 กิโลเมตร และ ลอยตัวสูงจากขอบดวง โดยเฉลี่ยราว 40,000 กิโลเมตร อุณหภูมิราว 10,000 K ส่วนอีกแบบคือพวยกาซกัมมันต์ (active prominence) เป็นพวยกาซที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่วนมากมักพัฒนามาจากพวยกาซสงัดที่มีอายุมาก อุณหภูมิพวยกาซกัมมันต์ราว 30,000 K และมีการลอยตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอัตราเร็วถึง 1000 - 2000 กิโลเมตรต่อวินาที รายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 3

พลาจเป็นบริเวณที่ส่วางเมื่อมองในภาพถ่ายจากแส้น $H_\alpha$ หรือเส้น H และเส้น K ของแคลเซียม โดยปรกติพลาจจะอยู่รอบจุดมืดเมื่อดูภาพในเส้นแคลเซียมพลาจจะดูมีขนาดใหญ่และเข้มกว่าเมื่อสังเกตการณ์ที่ความยาวคลื่น $H_\alpha$ ซึ่งแสดงว่าพลาจมีการพัฒนาอย่างมากในบรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์ที่ระดับสูง พลาจมักปรากฏให้เห็นก่อนการเกิดจุดมืดเหมือนแฟคิวเล และยังคงอยู่แม้ว่าจุดมืดจะหายไป พลาจจะเห็นได้ทั่ว ๆ ไปในแถบที่มีกลุ่มจุดศือที่ช่วงเส้นรุ้ง 35 องศา ถึง 5 องศา ทั้งในซีกดวงเหนือและซีกดวงใต้ของดวงอาทิตย์ เราคิดว่าพลาจก็คือแฟคิวเลที่เห็นที่ชั้นโฟโตสเฟียร์ ดังนั้นบางครั้งเราจึงเรียกพลาจว่าแฟคิวเลของโครโมสเฟียร์ (chromospheric faculae)

แฟลร์หรือการลุกจ้าเป็นปรากฏการณ์ของการรบกวนดวงอาทิตย์รุนแรงที่สุดที่สังเกตเห็นที่ชั้นโครโมสเฟียร์ และมีผลรบกวนต่อการสังเกตที่พื้นโลกมาก เช่นผลต่อการสื่อสารในคลื่นวิทยุและคลื่นสั้น แฟลร์เป็นบริเวณที่ส่วางอย่างมากชั่วขณะอย่างทันทีทันใดในบริเวณ พลาจมักปรากฏเห็นในช่วงละติจูด 40 องศาเหนือถึง 40 องศาใต้ ขนาดและความส่วางของแฟลร์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วถึงค่าสูงสุดภายใน 5 ถึง 10 นาที แล้วค่อย ๆ ส่ลายลง ซึ่งอาจใช้เวลา 1 ถึง 3 ชั่วโมงหรือมากกว่า แฟลร์จะมีมากในช่วงที่มีจุดมืดมาก โดยมากจะมีในช่วงสัปดาห์แรก ๆ ที่เกิดจุดมืด แฟลร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจากไม่กี่พันกิโลเมตรถึง 30,000 กิโลเมตร พุ่งขึ้นสู่ความสูงราว 2,000 ถึง 10,000 กิโลเมตร โดยเฉลี่ยแล้วราว 7,000 กิโลเมตร (Glasstone, 1965)

แฟลร์จะให้พลังงานออกมามากนอกจากรังสีอุลตราไวโอเลตแล้วยังมีรังสีเอกซ์ คลื่นวิทยุ และอนุภาคที่มีประจุและมีพลังงานสูงซึ่งมีความเร็วอาจมากกว่า 100,000 กิโลเมตรต่อวินาที

1.1.3 โคโรนา

โคโรนาเป็นบริเวณนอกสุดของบรรยากาศดวงอาทิตย์ สังเกตเห็นได้ในช่วงสุริยคราสเต็มดวง หรือโดยใช้โคโรนากราฟ (coronagraphs) โดยจะปรากฏเป็นรัศมีส่วางเทียบกับฉากพื้น รูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามจุดมืด ในช่วงจุดมืดน้อยโคโรนาในแถบอิเควเตอร์จะกว้างกว่าแถบขั้วมาก แต่ในช่วงจุดมืดมีมากโคโรนาจะส่มมาตรทุกทิศทาง โคโรนาให้ส่เปกตรัมในช่วงตามองเห็นเป็นส่เปกตรัมส่วางราว 30 เส้น เช่น เส้นสีเขียวและสีแดงของเหล็ก Fe XIV ที่ 5303 อังส่ตรอมและ FeX ที่ 6347 อังส่ตรอม นอกจากนี้ยังมีส่เปกตรัมในช่วงอุลตราไวโอเลต เช่น เส้น 284 อังส่ตรอมของ Fe XV อุณหภูมิของโคโรนามีค่าสูงมากจากการวัดจากข้อมูลส่เปกตรัมได้ถึง 1,000,000 K แต่จากการใช้

การกว้างออกของเส้นตามผลดอฟเปลอร์ (Doppler broadening) พบว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 2,000,000 K (Glasstone, 1965)

ปรากฏการณ์ที่น่าสนใจของโคโรนามีสองอย่างคือ จุดร้อน (hot spots) หรือการกลั่นตัวของโคโรนา (coronal condensation) เป็นบริเวณโคโรนาที่อยู่เหนือบริเวณกัมมันต์ในโฟโตสเฟียร์และโครโมสเฟียร์ มีอุณหภูมิสูงกว่าโคโรนาอื่นที่อยู่ใกล้ ๆ มาก โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 4,000,000 K เห็นได้ชัดที่ความยาวคลื่น 569 อังสตรอมของ Ca XV

อีกอย่างคือบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่นเรียกว่าจุดเย็น (cool spot) ซึ่งเห็นได้จากเส้น Ca I ซึ่งเส้นนี้แสดงว่าอุณหภูมิต้องไม่เกิน 20,000 K เพราะถ้าเกินนี้แคลเซียมจะแตกตัวไม่ให้เส้นสเปกตรัมเส้นนี้ (Glasstone, 1965)

1.2 ประวัติการศึกษาพวยกาซ (Tandberg-Hanssen, 1974)

คศ. 1239 มูราตอรี (Muratori) สังเกตโคราน่าระหว่างสุริยคราสเต็มดวงพบว่ามีรูเผาไหม้ (burning holes)ในโคโรนา รูเผาไหม้ที่เห็นนี้อาจเป็นพวยกาซ

1733 วาสเซเนียส (Vassenius) สังเกตเห็นพวยกาซ 3 - 4 อัน เขาเรียกว่าเปลวแดง (red flames) เขาเชื่อว่าเป็นเมฆในบรรยากาศของดวงจันทร์

1779 อุลโลอา (Ulloa) สังเกตเห็นสิ่งที่อาจเป็นพวยกาซกัมมันต์จากการสังเกตสุริยคราสในปี 1778 และเขาคิดว่าเป็นหลุมในดวงจันทร์

1842 ไบเลย์,แอรี (Bailey, Airy) และคนอื่น สังเกตเห็นพวยกาซระหว่างเกิดสุริยคราสเต็มดวงเขาบรรยายว่า พวยกาซมีรูปร่างไม่แน่นอน และคิดว่าเป็นฝเขาบนดวงอาทิตย์

1860 เซกกี (Secchi) ได้เริ่มใช้การถ่ายรูปในการสังเกตดวงอาทิตย์ในช่วงที่มีสุริยคราส

1868 เซกกี เดอ ลารู (Secchi, de la Rue) ได้พัฒนาการศึกษาดวงอาทิตย์โดยใช้สเปกโตรกราฟเป็นครั้งแรกพบว่าพวยกาซมีเส้นสว่างที่สำคัญคือพบเส้น 5876 อังสตรอม ซึ่งเป็นอะตอมที่ไม่มี ที่พื้นโลกจึงตั้งชื่อว่าฮีเลียม (Helium)

1868 แจนเส่น (Janssen) สามารถศึกษาพวยกาซในเวลากลางวันได้โดยการเล็งช่องแคบของสเปกโตกราฟไปที่ขอบดวงอาทิตย์ เขาประสบความสำเร็จพร้อม ๆ กับลอกเยอร์ (Lockyer) และฮักกินส์ (Huggins) ในปีเดียวกัน

คศ. 1869 ฮักกินส์(Huggins)ใช้หลักการเบี่ยงเบนของสเปกโตกราฟทำให้สามารถได้ภาพพวยก๊าซในแสงสีเดียว

1906 ชวาซชายด์ (Schwarzschild) ได้วัดความเข้มของแสงอย่างเป็นระบบของเส้นสเปกตรัมในพวยก๊าซ

หลังจากปี 1890 ได้มีการศึกษาพวยก๊าซโดยใช้สเปกโตรเฮลิโอกราฟ (spectoheliograph) พบว่าพวยก๊าซปรากฏที่ตัวดวงเป็นส่วนคล้ำเรียกว่าฟิลาเมนต์

1936 สีโอ (Lyot) ได้ประดิษฐ์โคโรนากราฟทำให้การสังเกตพวยก๊าซสะดวกขึ้นไม่ต้องรอให้เกิดสุริยคราสเต็มดวง

1.3 การศึกษาพวยก๊าซในช่วง 10 ปีหลัง

คศ. 1971 อิรายามา (Hirayama) หาอุณหภูมิจลน์ที่ศูนย์กลางพวยก๊าซได้ 6000-7000 K และสูงถึง 12000 K ที่ขอบพวยก๊าซและอาจเป็นที่ไปลายบนด้วยความเร็วปั่นป่วน (turbulent velocity) ที่ศูนย์กลางพวยก๊าซมีขนาด7-9 กิโลเมตรต่อวินาที และค่อย ๆ เพิ่มที่ส่วนนอกจนถึง 20 กิโลเมตรต่อวินาทีที่ส่วนนอก

1971 พิเคลเนอร์ (Pikel'ner) เสนอแบบจำลอง (model) ของพวยก๊าซว่ามีมวลสารไหลขึ้นจากโฟโตสเฟียร์ภายในลำสนามแม่เหล็กที่ขาทั้งสองของพวยก๊าซไปรวมกันที่ตอนบนพวยก๊าซซึ่งมีลักษณะบุ๋มลง

1971 โกลดสมิธ(Goldsmith) พบว่าการเกิดพวยก๊าซรูปบ่วง (loop prominenes) หลังการเกิดแฟลร์มีรูปร่างและช่วงเวลาขึ้นอยู่กับคูลลิงฟังชัน (cooling function) ของสสารและขึ้นกับรูปร่างของสนามแม่เหล็กที่อยู่ใกล้

1972 ดอดสัน เฮดแมน และ เมซีลี (Dodson, Hedeman and Meceli) ศึกษาการสลายตัวอย่างทันทีของพวยก๊าซ พบว่า ร้อยละ 30 ของพวยก๊าซขนาดใหญ่และพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างฟิลาเมนต์ที่หายไป, การเกิดแฟลร์ขนาดใหญ่, จุดมืดและการโตขึ้นของพลาจ

1972 อิงโวลด์ (Engvold) ศึกษาการเลื่อนความยาวคลื่นของโครงสร้างละเอียดในเส้น K ของศัลเซียมจากพวยกาซสงัด พบว่ามีความเร็วในแนวสังเกต 1 กิโลเมตรต่อวินาที ส่วนพวยที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีความเร็ว 1 - 4 กิโลเมตรต่อวินาที ส่วนที่ต่อของพวยกาซกับโครโมสเฟียรไม่ปรากฏการเคลื่อนไหวของโครงสร้างที่ละเอียด

1972 มาคาโด กัลลีกัส และซีลวา (Machado Gallegas and Silva) ศึกษาระบบพวยกาซแบบบ่วงจากสเปตรัมพบว่ามีอุณหภูมิ 13200 K ความหนาแน่นอะตอมของไฮโดรเจน $n(H) \simeq 10^{10}$ ต่อลูกบาศ์เซนติเมตร

1975 บาโนส และ โพรคาคีส (Banos and Prokakis) ได้ศึกษาการหายไปอย่างทันทีของพวยกาซส่องฮัน ฮันแรกยาว 700,000 กิโลเมตรเป็นพวยกาซสงัดพบว่าค่อย ๆ หายไปภายในเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีความเร็วลอยขึ้น 12 กิโลเมตรต่อวินาที ฮันที่สองยาว 100,000 กิโลเมตร อยู่ใกล้แฟลร์พบว่ามันหายไปในเวลา 15 นาทีด้วยความเร็วลอยขึ้นมากกว่า 40 กิโลเมตรต่อวินาที

1970 ไดเซอร์ (Dizer) พบว่าพวยกาซรูปบ่วง (loop prominence) ที่เกี่ยวข้องกับแฟลร์มีการเปล่ง soft X - ray ขนาด 0.5 - 20 อังสตรอม

1978 กิโกลาซวิลิ (Gigolashvili) ศึกษาพวยกาซสงัด พบว่ามีการตกลงแบบเกรียวหมุนซ้าย (lefthand screw) ที่ซีกดวงเหนือของดวงอาทิตย์และมีการหมุนแบบเกรียวหมุนขวาในบริเวณซีกดวงใต้ของดวงอาทิตย์

1979 โม คุก และ แมงโก (Moe Cook and Mango) ศึกษาพวยกาซสงัดสามฮันพบว่าส่องฮันมีความดันอิเลคตรอน 0.04 - 0.08 ดายน์ ต่อตารางเซนติเมตร ส่วนพวยกาซฮันที่สามซึ่งเข้มมากมีความดันอิเลคตรอน 0.07 - 0.22 ดายน์ ต่อตารางเซนติเมตร

1979 ฟอนเตนลา (Fontenla) ศึกษาความเข้มและรูปทรงของเส้นสเปกตรัมของพวยกาซ พบว่ามีอุณหภูมิ 6400 K ความเร็วลอยขึ้น 5.7 กิโลเมตรต่อวินาที การสูญเสียพลังงานโดยการแผ่รังสีที่ศูนย์กลางพวยกาซมีขนาด $10^7$ เอิรก์ ต่อวินาทีต่อตารางเซนติเมตร

1.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ คือ เพื่อออกแบบสร้างเลนส์จากแก้วที่มีอยู่ให้มีความคลาดทางทัศนศาสตร์น้อยที่สุด เพื่อใช้ร่วมกับเครื่องกรองแสงขนาดความยาวคลื่นของ $H_\alpha$ สังเกตการณ์โครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์โดยการถ่ายภาพที่ความยาวคลื่น$H_\alpha$ ศึกษาปรากฏการณ์และวิวัฒนาการของฟิลาเมนต์เพื่อเพิ่มความรู้เกี่ยวกับฟิลาเมนต์

1.5 วิธีดำเนินงาน

วิธีดำเนินงานในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ศึกษาการออกแบบและสร้างเลนส์
2. ออกแบบเลนส์คู่ให้มีความคลาดน้อยที่สุด
3. ฝนเลนส์สองตัวให้มีความโค้งผิวตามต้องการ
4. ทดสอบหาคุณภาพของเลนส์ทั้งสองตัว
5. ฝึกหัดตั้งกล้องโทรทรรศน์เพื่อถ่ายภาพดวงอาทิตย์ ทดลองถ่ายรูปและล้างฟิล์ม
6. เก็บข้อมูลโดยการถ่ายรูปดวงอาทิตย์วันละสองครั้งต่างกันราว 8 ชั่วโมง ทุกวันเป็นเวลา 2 เดือน
7. วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับฟิลาเมนต์จากรูปถ่ายดวงอาทิตย์