# บทที่ ๓

## ดวงอาทิตย์ (The Sun)

๑. ลักษณะทั่วไปของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกเรามากที่สุดซึ่งโลกเป็นบริวารดวงหนึ่งที่โคจรเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่ง ความรี (eccentricity) ของทางโคจรนี้เป็น ๐.๐๑๗ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า ระยะทางที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด คือ ตำแหน่งเพริฮีเลียน (perihelion) มีค่าเท่ากับ ๑.๔๗๑ x $๑๐^{๑๓}$ เซนติเมตร ส่วนระยะที่ไกลที่สุดคือ ตำแหน่งอะฟีเลียน (aphelion) มีค่าเท่ากับ ๑.๕๒๑ x $๑๐^{๑๓}$ เซนติเมตร แต่การคำนวนทางดาราศาสตร์นั้นเพื่อความเหมาะสม เราจึงใช้ค่าเฉลี่ยเป็นมาตรฐาน ซึ่งเรียกว่า หน่วยดาราศาสตร์ (astronomical unit) มีค่าเท่ากับ ๑.๔๙๖ x $๑๐^{๑๓}$ เซนติเมตร

เมื่อวัดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดวงอาทิตย์จากโลกที่ระยะ ๑ หน่วยดาราศาสตร์ มีค่าเท่ากับ ๑๙๑๙ ฟิลิปดา สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงเส้นนั้นมีค่าเท่ากับ ๑.๓๙๒ x $๑๐^{๑๑}$ เซนติเมตร และดวงอาทิตย์มีมวล ๑.๙๘๙ x $๑๐^{๓๓}$ กรัม ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ ๑.๔๐๙ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ใจกลางดวงอาทิตย์มีความหนาแน่นประมาณ ๙๘ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แม้ว่าดวงอาทิตย์จะมีมวลสารปริมาณมากมาย แต่ก็ไม่ยุบตัว เนื่องจากอำนาจความโน้มถ่วงทั้งนี้เพราะมีแรงต้านหวนกรรยุบตัวโดยรังสีพลังงานที่เกิดขึ้นภายใน ประกอบกับการเคลื่อนไหวของอนุภาค เนื่องจากความร้อนจัด ต่อต้านอำนาจความโน้มถ่วงได้สมดุลย์ จึงทำให้ดวงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดตลอดระยะเวลาประมาณ ๔๕๐๐ ล้านปีที่ผ่านมา

| ความลึกจากผิวดวง | | อุณหภูมิคิดเป็นหน่วยล้านองศาสัมบูรณ์ | ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) | ความกดดันคิดเป็นจำนวนเท่าของความกดดันของบรรยากาศที่พื้นผิวโลก |
|---|---|---|---|---|
| $R/R_{\odot}$ | km. | | | |
| ๐.๐๐๕ | ๓,๕๐๐ | ๐.๐๒๗ | ๐.๐๐๐๐๒ | ๖๓ |
| ๐.๐๑ | ๗,๐๐๐ | ๐.๐๕๒ | ๐.๐๐๐๐๕ | ๒๕๐ |
| ๐.๐๕ | ๓๕,๐๐๐ | ๐.๑๖ | ๐.๐๐๔๔ | ๗๔๕๐ |
| ๐.๑ | ๗๐,๐๐๐ | ๐.๓๑ | ๐.๐๐๒ | $๘ \times ๑๐^{๓}$ |
| ๐.๒ | ๑๔๐,๐๐๐ | ๐.๖๘ | ๐.๐๑๘ | $๙.๖ \times ๑๐^{๖}$ |
| ๐.๓ | ๒๑๐,๐๐๐ | ๑.๒ | ๐.๐๘ | $๑.๒๖ \times ๑๐^{๗}$ |
| ๐.๔ | ๒๘๐,๐๐๐ | ๑.๙ | ๐.๓๕ | $๑.๐ \times ๑๐^{๘}$ |
| ๐.๕ | ๓๕๐,๐๐๐ | ๒.๘ | ๑.๑ | $๓.๙๘ \times ๑๐^{๘}$ |
| ๐.๖ | ๔๒๐,๐๐๐ | ๔.๒ | ๔.๐ | $๒.๕ \times ๑๐^{๙}$ |
| ๐.๗ | ๔๙๐,๐๐๐ | ๖.๐ | ๑๔ | $๑.๐ \times ๑๐^{๑๐}$ |
| ๐.๘ | ๕๖๐,๐๐๐ | ๘.๕ | ๔๒ | $๖.๓ \times ๑๐^{๑๐}$ |
| ๐.๙ | ๖๓๐,๐๐๐ | ๑๑.๖ | ๗๘ | $๑.๒๖ \times ๑๐^{๑๑}$ |
| ๐.๙๖ | ๖๗๒,๐๐๐ | ๑๓.๑ | ๙๕ | $๑.๖ \times ๑๐^{๑๑}$ |
| ๑.๐๐ | ๗๐๐,๐๐๐ | ๑๓.๖ | ๙๘ | $๒.๐ \times ๑๐^{๑๑}$ |

ตารางที่ ๖ รายการแสดงสภาพทางฟิสิกส์ที่ระดับต่าง ๆ ภายในดวงอาทิตย์ (ระวี ภาวิไล, ๒๕๑๖)

เนื่องจากบริเวณใจกลางมีความหนาแน่นมากและมีอุณหภูมิถึง ๑๓.๖ ล้านองศาเคลวินจึงเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกริยาเทอโมนิวเคลียร์หลอมไฮโดรเจนจนเป็นฮีเลียม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ทั้งหลายในเอกภาพ (ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒)

๒. บรรยากาศดวงอาทิตย์

หมายถึงส่วนที่ห่อหุ้มดวงอาทิตย์อยู่ ซึ่งประกอบด้วยสารที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีความแตกต่างกันทั้งโครงสร้างความหนาแน่นและอุณหภูมิ ซึ่งแบ่งออกได้ ๓ ชั้นคือ ชั้นในสุดเรียกว่าโฟโตสเฟียร์ (photosphere) ชั้นกลางเรียกว่าโครโมสเฟียร์ (chromosphere) และชั้นนอกสุดเรียกว่าโคโรนา (corona)

๒.๑ โฟโตสเฟียร์

เป็นชั้นที่ให้แสงสว่างทุกขนาดคลื่น (ระหว่าง ๔๐๐๐-๘๐๐๐ อังสตรอม) ปนเปกันมาซึ่งเราเรียกว่าแสงคอนตินูอัม (continuum light) หรือบางทีเรียกแสงขาว (white light) ปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความหนาแน่น จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ตามแนวรัศมีที่ผิวดวงมีอุณหภูมิ ๖๔๓๐ องศาเคลวิน ความดันกาซ ๑.๓๔ x $๑๐^{๕}$ ไดน์ต่อตารางเซนติเมตร

อะตอมของสารในชั้นนี้จะประกอบด้วย ไฮโดรเจนและฮีเลียม ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในสภาพเป็นกลางและอะตอมของโลหะส่วนมากจะแตกตัวเป็นไอออน ซึ่งอะตอมและไอออนเหล่านี้ จะดูดกลืนแสงบางความยาว คลื่นไว้ จึงทำให้สเปคตรัมของแสงที่มาจากโฟโตสเฟียร์ปรากฏเป็นเส้นมืดซึ่งเรียกว่าเส้นฟรอนโฮเฟอร์ (Fraunhofer lines) ซึ่งมีจำนวนนับเป็นหมื่นเส้น

ความเข้มจำเพาะ (specific intensity) ของการแผ่รังสี บริเวณกลางดวงจะมีค่ามากแล้วจะค่อยลดลง เมื่อห่างจากจุดศูนย์กลางไปยังขอบดวง ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกการมืดคล้ำที่ใกล้ขอบดวง (limb darkening) ทั้งนี้เพราะ รังสี ที่สังเกตเห็นจากขอบดวงเป็นรังสีที่มาจากบริเวณที่ระดับสูงกว่าดังนั้นจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่ารังสีที่มาจากบริเวณกลางดวง นอกจากนี้ยังมีปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เห็นในชั้นโฟโตสเฟียร์เช่น

๒.๑.๑ การเป็นดอกดวง (granulation)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิด ที่มีความสัมพันธ์จากโครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์ จากภาพถ่ายของโฟโตสเฟียร์ในวันที่มีสภาพทัศนวิสัยดีมาก จะเห็นลักษณะลวดลายของโฟโตสเฟียร์เป็นช่องเล็ก ๆ หรือลักษณะเป็นดอกดวง มีรูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ ๗๐๐ กิโลเมตร อายุ เฉลี่ยประมาณ ๔ นาที ซึ่งจะปรากฏเห็นชัดเจนขึ้นแล้วจางพร่าไปของเม็ดดอกดวง สลับกันไป การเกิดดอกดวงเป็นผลเนื่องจากการพาความร้อน (convection) ของกาซร้อนซึ่งประทุขึ้นบริเวณกลางดอกดวงแล้วไหลลงสู่เบื้องล่าง ณ ขอบดวง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เห็นสว่างบริเวณกลางดอกดวง

บริเวณกลางสว่างกว่าบริเวณขอบประมาณ ๑.๓ เท่า และมีอุณหภูมิต่างกันประมาณ ๓๐๐ องศาเคลวิน บริเวณสว่างนั้นกาซพุ่งขึ้นด้วยความเร็วเฉลี่ย ๔ x $๑๐^{๕}$ เซนติเมตร ต่อวินาที และไหลจากบริเวณกลางไปยังขอบด้วยความเร็วประมาณ ๔ x $๑๐^{๕}$ เซนติเมตรต่อวินาที (Allen, 1976)

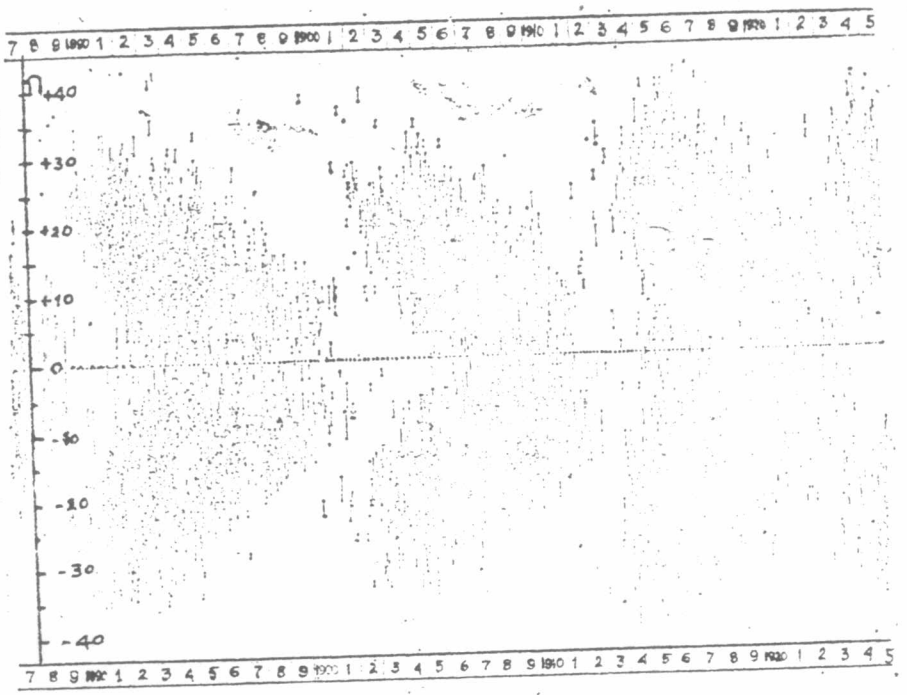
๒.๑.๒ จุดดวงอาทิตย์ (sun spot)

ในการอุบัติขึ้นของจุดดวงอาทิตย์นั้น เริ่มแรกมีลักษณะเป็นจุดดำ (pore) ในภาพที่สังเกตการณ์ในแสงขาวต่อมามีการพัฒนารูปร่างจนสามารถเห็นส่วนที่เป็นเขตมืด (umbra) อยู่ตรงกลางแล้วล้อมรอบด้วยเขตมัว (penumbra) จุดดวงอาทิตย์มีขนาดแตกต่างกันไป ขนาดของเขตมืดมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๒.๐ x $๑๐^{๘}$ ถึง ๒.๐ x $๑๐^{๙}$ เซนติเมตร สำหรับเขตมัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๔.๐ x $๑๐^{๘}$ ถึง ๕.๐ x $๑๐^{๙}$ เซนติเมตร (Kundu, 1965)

ปริมาณของจุดดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงคือ เพิ่มขึ้นลดลง ทำให้เกิดวัฏจักรสุริยะ (solar cycle) ซึ่งมีคาบของวัฏจักรประมาณ ๑๑ ปี จุดดวงอาทิตย์มักจะเกิดขึ้นบริเวณเส้นรุ้ง ๔๕ องศาเหนือ-ใต้ก่อน จากนั้นตำแหน่งเกิดจะเลื่อนเข้ามาหาเส้นศูนย์สูตร พร้อมทั้งเพิ่มจำนวนขึ้นด้วย (Aller, 1963) ถ้าเขียนกราฟสถิติตำแหน่งของจุดดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นตามเวลาในคาบหนึ่ง จะแสดงให้เห็นอาณาบริเวณซึ่งคล้ายกับผีเสื้อเกาะกางปีกอยู่ตัวหนึ่ง ต่อคาบวัฏจักรซึ่งเรียกว่าแผนผังรูปผีเสื้อ (butterfly diagram) (ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒)

จากการศึกษาสเปกตรัมของจุดดวงอาทิตย์พบว่า จุดดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำกว่าโฟโตสเฟียร์ ประมาณ ๑,๕๐๐ องศาเคลวิน และจากการแยกจากกันของเส้นสเปคตรัมของจุดดวงอาทิตย์ สรุปได้ว่า สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูง มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของจุดดวงอาทิตย์ (Aller, 1963)

ในปี ๑๙๖๑ แบบคอด (H.W. Babcock, 1961) ได้เสนอทฤษฎีการเกิดของจุดดวงอาทิตย์ โดยกล่าวว่า ดวงอาทิตย์มีการหมุนรอบตัวเองที่ต่างกันตามละติจูด ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กที่อยู่ใต้ผิวของดวงอาทิตย์มีการม้วนตัวโดยรอบตามแนวขนานกับเส้นศูนย์สูตร เมื่อเวลาผ่านนานไปจะมีการสับสนแล้วประทุขึ้นมาเหนือโฟโตสเฟียร์ ตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กประทุขึ้นมานี้จะมีการขัดขวางการพาความร้อนของกาซเกิดขึ้น จึงทำให้เกิดเป็นจุดดวงอาทิตย์ขึ้น และมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณรอบ ๆ ของโฟโตสเฟียร์ (Babcock, 1961)




รูปที่ ๓๑ แผนภาพ รูปผีเสื้อของมอนเดอ ( ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒ )

๒.๑.๓ แฟคคิวเลของโฟโตสเฟียร์ (photospheric faculae)

มีลักษณะเป็นรอยสะเก็ดหรือรอยถลอกหรือเป็นกิ่งก้านเปลี่ยนแปลงขนาดได้ ในช่วงเวลาสองสามชั่วโมง หรืออาจเป็นสัปดาห์ (Aller, 1963) แต่ถ้ามีขนาดใหญ่มาก ๆ อาจมีอายุถึง ๒.๗ เดือน (Kundu, 1965)

แฟคคิวเลเกิดขึ้น ในโฟโตสเฟียร์ สามารถสังเกตเห็นได้ในแสงสีขาวและขัดเจนที่บริเวณขอบดวงเรียกว่าแฟคคิวเลของโฟโตสเฟียร์ในโครโมสเฟียร์ก็สามารถสังเกตเห็นได้เช่นกัน เรียก แฟคคิวเลโครโมสเฟียร์ (chromospheric faculae) หรือพลาจ (plage) โดยปรกติแฟคคิวเลจะเกิดในบริเวณใกล้จุดดวงอาทิตย์ โดยปรกติ จะเกิดก่อนจุดดวงอาทิตย์และยังคงอยู่หลังจากจุดดวงอาทิตย์สลายตัวไปแล้วหลายรอบการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ การที่สังเกตเห็นชัดเจนที่ขอบดวงนั้น เพราะส่วนบนของแฟคคิวเล สว่างกว่าบริเวณข้างเคียง แต่ส่วนล่างของแฟคคิวเลนั้นจะมืดกว่าบริเวณใกล้เคียง ด้วยเหตุนี้ เมื่อสังเกตบริเวณกลางดวงจึงไม่เห็นชัดเจน เพราะความมืดและสว่างที่กล่าวมานั้นหักล้างกันไป แฟคคิวเลจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณข้างเคียงประมาณ ๑๐๐ องศาเคลวิน (Brandt and Hodge, 1964)

๒.๒ โครโมสเฟียร์

เป็นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ที่อยู่ถัดชั้นโฟโตสเฟียร์ออกมา ขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงเราสามารถมองเห็น ด้วยตาเปล่า เป็นบริเวณสีแดงจ้าล้อมรอบดวงกลม ซึ่งที่ขอบนอกมีลักษณะเป็นเปลวไฟพุ่งออกตามแนวรัศมี (Aller, 1963) ซึ่งมีความหนาของชั้นบรรยากาศประมาณ ๑๐,๐๐๐ ถึง ๑๕,๐๐๐ กิโลเมตร และมีองค์ประกอบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (inhomogenous)(Brandt and Hodge, 1964) ซึ่งมีฐานอยู่ห่างจากผิวดวงประมาณ ๓๒๐ กิโลเมตร ที่ฐานนี้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับโฟโตสเฟียร์ และถัดออกมาตามแนวรัศมีอุณหภูมิจะลดลง เช่น ระดับสูง ๒๐๐ กิโลเมตรจากฐานมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ ๔๑๘๘ องศาเคลวิน ถัดจากนี้ออกมาตามแนวรัศมีอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ขอบนอก มีอุณหภูมิประมาณ ๔.๗๐ x $๑๐^{๕}$ องศาเคลวิน (Allen, 1967)

การถ่ายภาพที่แสดงถึงบรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์ ซึ่งปกคลุมล้อมรอบดวงอาทิตย์อยู่ทำได้โดยอาศัยตัวกรองแสงที่เลือกแสงแถบช่วงคลื่นแคบเฉพาะบางความยาวคลื่น เช่น ไฮโดรเจนอัลฟลา($H_{\alpha}$) ซึ่งมีความยาวคลื่น ๖๕๖๒.๘๑ อังสตรอม หรือเส้นเคของศัลเซียม (K line of calium) ซึ่งมีความยาวคลื่น ๓๙๓๓.๖๘ อังสตรอม (Fredrick and Baker, 1974)

๒.๒.๑ ความสำคัญของการศึกษาโครโมสเฟียร์

ในบรรยากาศระดับชั้นโครโมสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ สสารที่ห่อหุ้มอยู่ในชั้นนี้ มีสถานะพลาสมา อุณหภูมิสูงและยังมีกริยากับสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีกระจายอยู่ทั่วไป และรวมตัวกันเป็นกระจุกเข้มข้นบนดวงอาทิตย์ จากข้อมูลและสังเกตการณ์ต่าง ๆ ที่มีผู้ได้ทำแล้ว แสดงให้เห็นว่าสสารในชั้นโครโมสเฟียร์นี้ รวมตัวกันเป็นลำพลาสมาร้อนและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง มีลักษณะบ่งถึงการถูกควบคุมโดยสนามแม่เหล็ก นอกจากนี้ ยังมีปรากฏการณ์การลุกจ้า (flare) หรือการระเบิด (eruption) มักจะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้กลุ่มจุด มีการเปลี่ยนแปลงขนาดอย่างรวดเร็ว เกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ ๒๐ นาที ถึง ๓ ชั่วโมง พลาสมาในบริเวณนั้น ปล่อยรังสีต่าง ๆ ออกมาอย่างมาก เช่น รังสีแกมมา จนถึงคลื่นวิทยุ พร้อมทั้งอนุภาคที่มีพลังงานสูงออกสู่อวกาศ ซึ่งกลไกในการเกิดปรากฏการณ์นี้ยังไม่มีผู้ใดสามารถอธิบายได้ชัดเจน และทำนายการเกิดล่วงหน้าได้

ผลที่ติดตามมาก็คือ ชั้นไอโอโนสเฟียร์ของโลก ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของดวงอาทิตย์โดยตรง มีการเปลี่ยนแปลงตามการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลต่อการสื่อสารทางวิทยุที่อาศัยคลื่นวิทยุสะท้อนไปมาระหว่างชั้นไอโอโนสเฟียร์และพื้นดิน ระหว่างสถานีรับส่ง บนพื้นผิวโลก

นับตั้งแต่กาลิเลโอเป็นคนแรกที่ใช้กล้องส่องดูดวงอาทิตย์และพบจุดบนดวงอาทิตย์ ต่อมาเครื่องมือในการศึกษาดวงอาทิตย์ได้พัฒนาไปอย่างมาก การวิจัยเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ประกอบด้วยสองลักษณะ คือ การวิจัยลักษณะที่ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานออกมาอย่างสม่ำเสมอ และอีกลักษณะหนึ่งคือการวิจัยลักษณะที่ดวงอาทิตย์อยู่ในสภาพปั่นป่วนหรือกัมมันต์ (disturbed sun or active sun) พลังงานที่ปล่อยออกมาเป็นปริมาณมาก และรุนแรงกว่าปกติมาก บริเวณที่ปรากฏสภาพกัมมันต์มักจะปรากฏสัญญลักษณ์ที่สังเกตเห็นได้เช่น จุดดวงอาทิตย์ การลุกจ้า พลาจ หรือพวยกาซบางชนิด เป็นต้น

๒.๒.๒ การลุกจ้า

การลุกจ้า เป็นปรากฏการณ์สว่างจ้าในเวลารวดเร็วเป็นบริเวณ จากนั้นจะค่อย ๆ ลดความสว่างลงไป มีอายุ ๒-๓ นาที และบางครั้งจะพบว่า จากเริ่มต้นเกิดแล้วสว่างจ้าที่สุดใช้เวลา ๑๕ นาที จากนั้นก็ค่อย ๆ ลดความสว่างลงไปในเวลา ๑ ชั่วโมง แต่ลักษณะเช่นนี้จะพบได้ยาก (Fredrick and Baker, 1974)

การลุกจ้าเป็นปรากฏการณ์ที่มีพลังงานรุนแรง และยังเป็นที่ไม่เข้าใจของนักดาราศาสตร์เพียงพอ ไม่ทราบแน่ชัดว่ามันเริ่มเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศใด ระดับใดของดวงอาทิตย์ขณะเกิดการลุกจ้านี้ จะแผ่รังสีออกมาหลายขนาดความยาวคลื่น ตั้งแต่รังสี เอกซ์ไปจนถึงคลื่นวิทยุ และยังมีอนุภาคพลังงานสูง โปรตรอน อีเลคตรอนและอื่น ๆ เรียกว่า รังสีคอสมิก (cosmic rays) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปรสภาพของชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเพียร์ ที่หุ้มห่อโลกอยู่ การเกิดการลุกจ้ามักจะเกิดในบริเวณกัมมันต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับจุดของดวงอาทิตย์ จากการตรวจสอบสเปคตรัมของการลุกจ้าทำให้เราทราบว่า การลุกจ้านั้นเป็นการแผ่รังสีออกมาจากธาตุต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม คัลเซียม เหล็ก และซิลิกอน (ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒)

การลุกจ้าขนาดใหญ่ให้พลังงาน ๒ x ๑๐$^{๓๒}$ เออร์กครึ่งหนึ่งของปริมาณนี้อยู่ในแสงไฮโดรเจนอัลฟลาและเพียงหนึ่งเปอร์เซ็นอยู่ในรังสีคอสมิกส่วนที่เหลืออยู่ในแบบอื่น ๆ กลไกเกิดรังสีคอสมิกในการลุกจ้านั้น เรายังไม่เข้าใจเพียงพอ เชื่อกันโดยทั่วไปว่า สนามแม่เหล็กมีบทบาทสำคัญ แต่พลังงานในสนามแม่เหล็กแปรรูปเป็นพลังงานการลุกจ้าได้อย่างไรนั้น ยังไม่มีทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป (ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒)

๒.๒.๓ พลาจ

พลาจ เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศโครโมสเพียร์ของดวงอาทิตย์ สังเกตเห็นเฉพาะในแสงสีเดียวของสเปคตรัมที่เกิดจากการกระตุ้น (excite) อย่างรุนแรง เช่น สเปคตรัมของไฮโดรเจนอัลฟลา ($H_{\alpha}$) ที่มีความยาวคลื่น เป็น ๖๕๖๒.๘ อังสตรอมหรือสเปกตรัมของไอออนคัลเซียม (Ca II) ที่เรียกว่า เส้น K และเส้น H (K-Line and H-Line) ที่มีความยาวคลื่นเป็น ๓๙๓๓.๗ อังสตรอมและ ๓๙๖๘.๔ อังสตรอม ถ้าหากสังเกตในเส้นสเปกตรัมเหล่านี้จะเห็นพลาจเป็นกลุ่มของไฮโดรเยน หรือกลุ่มของไอออนคัลเซียมกำลังลุกสว่าง ความเกี่ยวข้องระหว่างพลาจและแฟคคิวเลนั้นมักจะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริเวณเดียวกัน หรือในอาณาบริเวณเดียวกัน มีรูปร่างคล้ายคลึงกันมาก และสิ่งที่แตกต่างกันคือ พลาจจะสังเกตเห็นในแสงสีเดียวและเห็นได้ชัดเจนทั้งบริเวณกลางดวงและขอบดวง ส่วนแฟคคิวเล สังเกตเห็นในแสงสีขาวในบริเวณขอบดวงอาทิตย์ และเกิดในชั้นบรรยากาศโฟโตสเพียร์ดวงอาทิตย์ แฟคคิวเลเกิดขึ้นในพื้นที่กว้างกว่าพลาจที่เกิดในอาณาบริเวณเดียวกัน และเป็นที่คาดว่า พลาจและแฟคคิวเลน่าจะเป็น ปรากฏการณ์ที่ต่อเนื่องกัน ไม่ได้แยกจากกันอย่างแท้จริง แต่เกิดในระดับความสูงแตกต่างกันในชั้นบรรยากาศดวงอาทิตย์ นักดาราศาสตร์บางท่านเรียก พลาจ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ว่า แฟคคิวเลโครโมสเฟียร์ (chromospheric faculae)

พลาจและแฟคคิวเล เป็นปรากฏการณ์ที่มีอายุอยู่ได้นานในบริเวณกัมมันต์ และมีรูปร่างเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ และพลาจจะปรากฏอยู่ได้นานกว่าแฟคคิวเล แม้ว่า ดวงอาทิตย์จะหมุนรอบตัวเองได้หลายรอบ พลาจก็ยังคงอยู่ พลาจเกิดขึ้นได้ทั้งในบริเวณมีจุดและไม่มีจุด จากการสังเกตพลาจ ในแสงของเส้นสเปกตรัมไฮโดรเจนอัลฟลา เส้น H และเส้น K จะพบว่าเมื่อสังเกตที่ใจกลางเส้น K ของไอออนคัลเซียมนี้ พลาจจะมีพื้นที่มากที่สุด

๒.๒.๔ สปิกุล (spicules)

การสำรวจโครโมสเฟียร์ โดยอุปกรณ์มีคุณภาพสูงที่สามารถแยกรายละเอียดต่าง ๆ ได้ โดยเลือกรังสีเฉพาะขนาดความยาวคลื่น ที่แผ่รังสีมาจากธาตุที่อยู่ในชั้นโครโมสเฟียร์ดวงอาทิตย์ เช่น ไฮโดรเจน แคลเซี่ยม และ ฮีเลี่ยม เราจะพบโครงสร้างของโครโมสเฟียร์ มีลักษณะเป็นลำพลาสมาร้อน คล้ายไอพ่น พุ่งจากระดับต่ำขึ้นสู่ระดับสูง เรียกว่า สปิกุล มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ๘๐๐ กิโลเมตร ความเร็ว ๒๐-๓๐ กิโลเมตรต่อวินาที พุ่งขึ้นสูงเฉลี่ย ๘,๐๐๐ กิโลเมตร อายุเฉลี่ย ๕ นาที

ลักษณะคล้ายไอพ่นนั้นจะปรากฏให้เห็นที่ขอบดวง แต่ถ้าสำรวจบริเวณกลางดวงจะเห็นลักษณะโครงสร้างละเอียดเป็นลวดลาย เรียกว่า มอตเติล (mottle) มีทั้งมอตเติลมืด (dark mottle) และมอตเติลสว่าง (bright mottle)

เบคเกอร์ (Beckers, 1963) เชื่อว่าสปิกุลที่ขอบดวงเมื่อปรากฏให้เห็นบนตัวดวงในลักษณะของมอตเติลมืด ซึ่งสรุปโดยอาศัยข้อมูลแวดล้อม

ระวี ภาวิไล เชื่อว่าสปิกุลที่ขอบดวงเมื่อปรากฏให้เห็นบนตัวดวงในลักษณะมอตเติลสว่าง ซึ่งสรุปโดยอาศัยข้อมูลจากการถ่ายภาพสปิกุลพาดผ่านขอบดวงและหลักฐานอื่น ๆ (ระวี ภาวิไล. ๒๕๑๖) และยังมีผู้เสนอที่แตกต่างออกไป โดยคิดว่าสปิกุลอาจปรากฏได้ทั้งมอตเติลมืดและมอตเติลสว่าง

๒.๒.๕ ตาข่ายโครโมสเฟียร์ (chromospheric network)

เนื่องจากโครโมสเฟียร์ดวงอาทิตย์ไม่ใช่บรรยากาศเนื้อเดียวกัน ธาตุต่าง ๆ อยู่ในสถานะพลาสมา รวมตัวกันเป็นโครงสร้าง ชนิดต่าง ๆ ที่ซับซ้อน จากภาพถ่ายจากรังสีของความยาวคลื่นที่มาจากการแผ่รังสีของธาตุในชั้นโครโมสเฟียร์จากกลางไปยังขอบดวงจะเห็นรูปลักษณ์เป็นโซ่ตาข่ายต่อเนื่องกันไป ซึ่งบริเวณใกล้ขอบดวงจะมีลักษณะเป็นแถบซ้อนบังกัน เราเรียกว่า ตาข่ายโครโมสเฟียร์

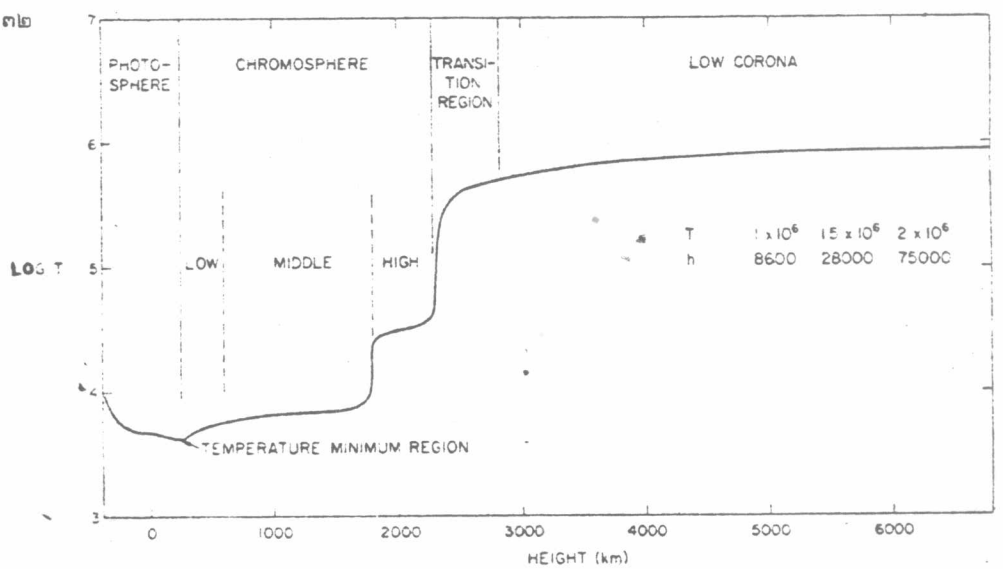
จากการศึกษาโครงสร้างละเอียดของมอตเติลสว่าง ที่เกิดบริเวณกลางของมอตเติล ดอกกุหลาบ (rosettes) หรือกลุ่มของมอตเติล (mottle clusters) จะทำให้เห็นเป็นลักษณะขอบเขตของตาข่ายโครโมสเฟียร์เกิดขึ้น (chromospere network boundary)(Bhavilai, 1975)

ถ้าสังเกตโดยอุปกรณ์ที่มีกำลังแยกไม่ดีนัก ตาข่ายโครโมสเฟียร์จะไม่เห็นรายละเอียด แต่ก็พอเห็นเป็นรอยหยาบ ๆ ตลอดทั้งดวง การสังเกตบางขนาดความยาวคลื่นของเส้นสเปคตรัม จะให้ความชัดเจนของตาข่ายต่างกันไป จากเส้นสเปคตรัมอื่น หรือแม้เส้นสเปคตรัมเดียวกัน ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนเส้นสเปคตรัมก็ให้ความแตกต่างเช่นกัน

ที่สเปคตรัมเส้นต่าง ๆ ตาข่ายอาจปรากฏให้เห็นเป็นลักษณะสว่างบนพื้นมืด หรือลักษณะมืดบนพื้นสว่าง เช่น เส้น H, K, λ8498 และ λ8542 ของ CaII, λ4 227 ของ CaI λ5896 ของ NaI, λ5173 ของ MgI, λ304 ของ HeII และ $H_\alpha$ จะเห็นตาข่ายโครโมสเฟียร์สว่างกว่าพื้น (Athay, 1976)

สำหรับ $H_\beta$ , $H_\gamma$ และ λ10830 ของ HeI จะเห็นตาข่ายโครโมสสเฟียร์มืดกว่าพื้น (Athey, 1976)

ตาข่ายโครโมสเฟียร์ จะปรากฏให้เห็น ที่ความสูงต่าง ๆ ตลอดชั้นโครโมสเฟียร์ จนกระทั่งถึงบริเวณทรานซิชั่น (transition region) ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศบาง ๆ อยู่ระหว่างชั้นโครโมสเฟียร์และชั้นโคโรนา มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความสูงจากขอบดวง พิจารณาได้จากรูปที่ ๓๒




รูปที่ ๓๒ แสดงอุณหภูมิบรรยากาศดวงอาทิตย์กับความสูงจากขอบดวง (Athay, 1976)

๒.๒.๖ พวยกาซ (prominences)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากบรรยากาศชั้นโครโมเฟียร์ถึงชั้นโคโรนา

การสังเกตโดยอาศัยสเปคโตรเฮลิโอกราฟ หรือตัวกรองแสงพิเศษ พวยกาซจะปรากฏให้เห็นเป็นโครงสร้างที่ขอบดวง และบนตัวดวงจะปรากฏให้เห็นเป็นเส้นมืดเรียกว่า ฟิลาเมนต์ (filament) ในพวยกาซมีธาตุที่แผ่รังสีออกมา เพียงพอสำหรับการสังเกตโดยเครื่องกรองแสงได้ แก่ ไฮโดรเจนอัลฟา หรือฮีเลียมหรือไอออนศัลเซียม ซึ่งมีความสูงประมาณ ๓๐,๐๐๐ - ๕๐,๐๐๐ กิโลเมตร บางครั้งอาจจะพบพวยกาซบางชนิดที่มีความสูงกว่านี้มาก เช่น พวยกาซระเบิด พวยกาซสงัด อาจมีความยาวถึง ๒๐๐,๐๐๐ กิโลเมตร ความหนาประมาณ ๕,๐๐๐-๑๐,๐๐๐ กิโลเมตร การกระจายส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตที่มีจุดดวงอาทิตย์ เช่นอาจจะอยู่ในบริเวณจุดดวงอาทิตย์หรือบริเวณใกล้เคียงสำหรับรูปร่าง พฤติกรรม และแหล่งกำเนิด แตกต่างกันไป ซึ่งนักดาราศาสตร์ใช้สิ่งเหล่านี้ในการจำแนกพวยกาซ

พวยกาซนี้จะไม่เกิดกระจายอยู่ทั่วไปบนตัวดวงกลมของดวงอาทิตย์ (solar disk) แต่จะเกิดอยู่สองบริเวณคือ บริเวณที่มีจุดดวงอาทิตย์ หรือกลุ่มจุดดวงอาทิตย์ สำหรับบริเวณที่สองนั้นจะเกิดอยู่ในขอบเขตประมาณ ละติจูด $\pm$ ๔๕ องศาในช่วงเริ่มต้นของรอบกัมมันต์ จากนั้นจะอพยพไปทางขั้วแล้วจะถึงขั้วเมื่อกัมมันต์สูงสุดของดวงอาทิตย์ (Aller, 1963)

๒.๒.๖.๑ รูปแบบของพวยกาซต่าง ๆ มีดังนี้

๑ พวยกาซสงัด (quiescent prominences)

ในวันที่ทัศนวิสัยดี เราสามารถสังเกตเห็นพวยกาซต่าง ๆ ปรากฏบนขอบดวงอาทิตย์ พวยกาซบางอันสามารถเห็นอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยรูปร่างส่วนใหญ่ยังคงเดิม พวยกาซแบบนี้เรียกพวยกาซสงัด ถ้าหากสังเกตโดยอุปกรณ์ที่มีกำลังแยกสูงของแสง $H_{\alpha}$ แล้ว พวยกาซสงัดนี้จะประกอบด้วยโครงสร้าง เป็นลำของมวลสารหลายอันหรือคล้ายเส้นเชือกเป็นจำนวนมาก มีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย ๓๐๐ กิโลเมตร มวลสารเหล่านี้เคลื่อนที่ลงสู่ที่ต่ำ (ขอบดวง) ในแนวดิ่ง ความเร็วหาได้อย่างคร่าว ๆ ประมาณ ๑๐-๒๐ กิโลเมตรต่อวินาที บางครั้งพวยกาซสงัดอาจจะถูกกระตุ้นหรือรบกวนจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่นการลุกจ้า หรือการมีขนาดโตขึ้นของจุด ซึ่งจะทำให้มวลสารภายในพวยกาซสงัดนี้มีความเร็วเพิ่มขึ้นประมาณ ๓๐-๕๐ กิโลเมตรต่อวินาที หรืออาจจะมากกว่านี้ได้

รูปร่างพวยกาซสงัดที่ปรากฏให้เห็นนั้นมีหลายแบบ เช่น อาจจะคล้ายรั้ว เป็นปุ่มหรือคล้ายกองดิน กองหญ้า คล้ายต้นไม้ คล้ายลำต้นไม้หรือตอไม้ และคล้ายผ้าม่านบาง ๆ กั้นอยู่ ซึ่งเป็นรูปร่างปรากฏให้เห็นเป็นส่วนมากนอกจากนี้อาจจะมีรูปร่างอื่น ๆ อีก พวยกาซสงัดที่มีอายุมาก นั้นอาจเปลี่ยนแปลงกลายเป็น พวยกาซกัมมันต์ หรือพวยกาซระเบิดได้ ถ้าหากว่า ได้มีการเกิดของพลาจ หรือศูนย์กลางกัมมันต์ (center of activity) เกิดขึ้นในบริเวณข้างเคียง หรือบางครั้งพวยกาซ นั้นอาจจะหายไป และเมื่อพลาจหรือศูนย์กลางกัมมันต์หมดไป พวยกาซนั้นจะปรากฏลักษณะเหมือนเดิม (Aller, 1963)

๒ พวยกาซกัมมันต์ (active prominences)

เป็นพวยกาซที่มีอายุสั้น เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย และมีความสัมพันธ์กับศูนย์กลาง หรือศูนย์ดึงดูด (centres of attraction) ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ที่จุดดวงอาทิตย์ หรืออยู่ในพวยกาซข้างเคียงหรือบริเวณข้างเคียง ก้อนมวลสาร หรือลำมวลสารที่ถูกดึงดูดนี้ มักจะมีทางเดินตามเส้นทางคล้ายกับว่าถูกกำหนดไว้แล้ว ในการเคลื่อนที่ไปยังศูนย์ดึงดูดมวลสารเหล่านี้จะไม่เคลื่อนที่แบบสุ่ม หรือเคลื่อนที่อย่างกระจัดกระจายออกไปโดยไม่มีระเบียบ

พวยกาซกัมมันต์บางชนิดจะไม่มีเส้นทางเดินไปยังศูนย์ดึงดูด ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนพลาสมาลอยอยู่เหนือระดับโครโมสเฟียร์ ซึ่งมีศูนย์ดึงดูดอยู่ในระดับต่ำกว่า แต่ถ้าหากว่าจุดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์ดึงดูด เราเรียกพวยกาซนี้ว่า พวยกาซจุดดวงอาทิตย์ซึ่งก็เป็นส่วนหนึ่งของพวยกาซกัมมันต์

พวยกาซกัมมันต์มักจะมีรูปร่างหลายแบบ และปรากฏให้เห็นอยู่ทั่ว ๆ ไปบนดวงกลมของดวงอาทิตย์ ซึ่งส่วนมากจะเปลี่ยนแปลงมาจากพวยกาซสงัด มาเป็นพวยกาซกัมมันต์และบางครั้งอาจเปลี่ยนแปลงต่อไปกลายเป็นพวยกาซระเบิดได้ พวยกาซกัมมันต์มักจะมีรูปร่างเป็นลำของมวลเป็นแนวลงต่อกับชั้นโฟโตสเฟียร์ โดยมวลสารเคลื่อนที่เป็นเส้นทางเดินลงสู่ศูนย์ดึงดูดหรือบางครั้งพวยกาซที่อยู่บริเวณข้างเคียงกัน ส่วนบนจะเชื่อมกันด้วยลำมวลสารที่เคลื่อนที่ไปทั้งสองทิศทาง ซึ่งเรียกว่าพวยกาซกัมมันต์ทำปฏิกริยา (interactive type) (Aller, 1963)

๓ พวยกาซระเบิด (eruptive prominences)

หรือบางครั้งเรียกพวยกาซลอยสูงขึ้น (ascending prominences) ซึ่งอาจเป็นลำมวลสารพุ่งสูงขึ้น แล้วเคลื่อนที่โค้งตกลงมายังศูนย์ดึงดูดแล้วหายไป เรียกว่าพวยกาซที่งระเบิด และบางครั้งพวยกาซอาจเกิดการพุ่งสูงขึ้น ในทิศทางที่ไม่แน่นอนแล้ว จางหายไปเรียกว่า

พวยกาซระ เบิดธรรมดา ในบางครั้งพวยกาซสงัดอาจ เปลี่ยนแปลง เป็นพวยกาซระ เบิดได้

๔ สเปรย์

เป็นพวยกาซที่พุ่งสูงขึ้นออกจากบริ เวณลุกจ้าด้วยความ เร็วที่ เกินกว่าความ เร็วหนีจากผิวดวงโดยมวลสารที่พุ่งออกนั้นจะกระจายออก เป็นสะ เก็ดเล็ก ๆ

๕ เซิจ

เป็นพวยกาซที่คล้ายกับว่ามวลสารพุ่งออกจากบริ เวณกัมมันต์ ซึ่ง เป็นบริ เวณที่มีค่าความ เข้มของสนามแม่ เหล็กมากกว่าบริ เวณทั่วไปหรือบริ เวณที่มีพลาจ จากนั้นมวลสารก็จะ เคลื่อนที่กลับมาใน เส้นทาง เดิม เหมือนตอนพุ่งขึ้นความสูงที่พุ่งขึ้นอาจถึงหลายแสนกิโล เมตรและมีความ เร็วได้หลายร้อยกิโล เมตรต่อวินาที

๖ เมฆโคโรนา

เป็นก้อนของมวลสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ลอยอยู่ เหนือขอบดวงในชั้นบรรยากาศโคโรนาของดวงอาทิตย์ แล้วมีมวลสาร เป็นลำ เคลื่อนที่ เป็นทางลงสู่บริ เวณกัมมันต์ เป็นแนวทางโค้ง ซึ่งอาจจะมีอายุ เป็นวันหรือมากกว่านั้น มักเกิด เกินในระยะความสูงหลายหมื่นกิโล เมตร

๗ ลูป

เป็นพวยกาซที่มีรูปร่าง เป็นลูป (โค้ง) โดยปลายของลูปนี้จะอยู่ใกล้กับจุดดวงอาทิตย์ โดยมีมวลสาร เคลื่อนที่ลงสู่ปลายทั้งสองของลูป ซึ่งพวยกาซชนิดนี้จะ เกิดในบริ เวณที่มีกัมมันตภาพสูง ดังนั้นการ เกิดลูปนี้จึง เป็นสิ่งแสดงถึงขนาดของการกัมมันต์ที่ เกิดขึ้นในบรรยากาศดวงอาทิตย์

๘ ฝนโคโรนา

เป็นพวยกาซที่คล้ายกับลูป แตกต่างกัน เพียงแต่ว่า ฝนโคโรนานั้น มวลสาร เคลื่อนที่ลงจากชั้นโคโรนา ลักษณะ เป็นส เก็ดเล็ก ๆ โปรยลงมาลักษณะคล้าย เม็ดฝนกำลังตกลงมา

๙ ทอร์นาโด

เป็นพวยกาซที่ปรากฏให้ เห็นน้อยมาก มีลักษณะ เป็นลำบางคล้ายควันพุ่งแนว เอียงมีการ เคลื่อนที่คล้ายกับการควง มีความสูง ๒.๕ x $๑๐^{๕}$ ถึง ๑๐.๐ x $๑๐^{๕}$ กิโล เมตร และ เส้นผ่าศูนย์กลาง ๕.๐ x $๑๐^{๓}$ ถึง๒๐.๐ x $๑๐^{๓}$ กิโล เมตร

๒.๒.๖.๒ การจำแนกพวยกาซ

การจำแนกพวยกาซนี้ นักดาราศาสตร์แต่ละท่านก็มีหลักการแตกต่างกันไป เซคกี (Secchi, 1875) ได้แบ่งพวยกาซออกเป็น ๒ จำพวกคือ พวยกาซสงบและพวยกาซกัมมันต์ ซึ่ง ๒ จำพวกนี้สามารถเห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ภายหลังต่อมาเซคกีได้แบ่งเป็นกลุ่มย่อยลงอีก มีลักษณะเป็นก้อนเมฆเส้นยาวเรียว เป็นรูปแตร รูปไซโคลน รูปไอพ่น หรือรูปแหลน

ภายหลังต่อมาได้มีนักดาราศาสตร์หลายท่านได้จำแนกเป็นหลายแบบ ซึ่งก็ยังใช้หลักการของเซคกีเป็นพื้นฐาน เช่น การจำแนกแบบเปตติต (Pettit's classification) เป็น ๕ ชนิด

๑. พวยกาซกัมมันต์ มีมวลสารคล้ายกับกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางกัมมันต์ (active center)

๒. พวยกาซระเบิด มวลสารเคลื่อนที่ด้วยความเร็วทันทีทันใดและมีความเร็วสูงมาก

๓. พวยกาซจุดดวงอาทิตย์ เป็นพวยกาซที่เกิดในบริเวณจุดดวง-อาทิตย์ ซึ่งมักจะมีรูปร่างเป็นแนวโค้ง

๔. พวยกาซทอร์นาโด มีโครงสร้างเป็นแท่งเกลียว หรือลักษณะคล้ายเชือกหรือเป็นแท่งคล้ายกำลังหมุนควง

๕. พวยกาซสงัด ส่วนมากมีขนาดใหญ่โตและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงเวลาชั่วโมงหรือเป็นวัน

จำแนกแบบเมนเซล-อีวาน (Menzel-Even's classification) เป็นการจำแนกโดยยึดถือหลักสองประการคือ

๑. บริเวณที่เกิด เช่น เกิดในชั้นโคโรนา (A) และเกิดในชั้นที่ต่ำกว่าโคโรนา (B)

๒. มีความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ (S) และไม่มีความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ (N) พร้อมทั้งกำหนดสัญญลักษณ์สำหรับพวยกาซชนิดต่าง ๆ เช่น เอิจ แทนได้ด้วยสัญญลักษณ์ BSs ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

| ความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ | บริเวณที่เกิด | |
|---|---|---|
| | เกิดจากชั้นสูง (A) | เกิดจากชั้นต่ำ (B) |
| สัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ (S) | -ฝน (rain,a)<br>-ปล่องไฟ (funnels, b)<br>-ลูป (loops, l) | เซิจ (surges,s )<br>ปุยหรือควัน (puffs , p ) |
| ไม่มีความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ (N) | -ฝนโคโรนา (coronal rain,a)<br>-ลำต้นไม้ (tree trunks,b)<br>-ต้นไม้ (trees,c)<br>-รั้วกั้น (hedgerows,d)<br>-ก้อนเมฆลอย (suspended clouds,f)<br>-กองหิน (mounds,m) | สปิกุล (spicules,s) |

จำแนกแบบ เดอจา เกอร์ (De Jager's classification) โดยอาศัยการเคลื่อนไหวของพวยกาซในการจำแนกซึ่งแบ่งออก เป็น ๒ กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่มีการเคลื่อนไหวและไม่เคลื่อนไหวแล้วแบ่งกลุ่มย่อยลงไปอีก แสดงได้ดังนี้

| กลุ่ม | ชนิด |
|---|---|
| ๑. | พวยกาซสงบ |
| | (a) แบบปรกติ (normal) |
| | เกิดบริเวณละติจูดต่ำถึงละติจูดปานกลาง |
| | (b) แบบขั้ว (polar) |
| | เกิดบริเวณละติจูดสูง |
| ๒. | พวยกาซเคลื่อนไหว |
| | (a) แบบกัมมันต์ |
| | (b) แบบระเบิด |
| | (c) แบบจุด |
| | (d) แบบเซิจ |
| | (e) แบบสปิกุล |

เดอ จา เกอร์ แบ่งพวยกาซสงัดออก เป็นสองแบบ และเขายังสังเกตพบว่า พวยกาซสงัดที่เกิดบริเวณละติจูดสูง ยังมีการลอยเลื่อนตำแหน่งไปสู่ขั้วของดวงอีก สำหรับสปิกุลและเซิจนั้น เดอ จา เกอร์และ เมน เซล-อีวาน ยังแยก เป็นคนละชนิด ซึ่งนักดาราศาสตร์บางท่าน ถือว่าเป็นชนิดเดียวกัน

การจำแนกแบบซิริน (Zerin's classification) ในปี ค.ศ. ๑๙๖๖ ซิรินได้จำแนกพวยกาซออกเป็น ๓ จำพวก โดยพิจารณาจากอายุการเกิด และความสัมพันธ์กับการกัมมันต์ของดวงอาทิตย์ (solar activity) โดยเฉพาะมีความสัมพันธ์กับการลุกจ้าหรือไม่ หรือความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ จากนั้นก็แบ่งย่อยออกไปโดยดูจากลักษณะประกอบ เช่น

| กลุ่ม | อายุการเกิดและความสัมพันธ์ | ชนิด |
|---|---|---|
| ๑ | อายุสั้น มีความสัมพันธ์กับการลุกจ้าและจุดดวงอาทิตย์ | ๑. สเปรย์ (sprays)<br>การระเบิด (explosions)<br>ปุยหรือควัน (puff)<br>๒. เซิจ (surge)<br>๓. ลูป (loop)<br>ฝนโคโรนา (corona rain) |
| ๒ | อายุนาน, พวยกาซสงัด | ๑. ฟิลาเมนต์หมวกบริเวณขั้ว (polar cap filaments)<br>๒. ฟิลาเมนต์บริเวณจุดดวงอาทิตย์ (sunspot zone filaments) |
| ๓ | อายุปานกลาง | ๑. พวยกาซลอยสูงขึ้น (ascending prominences)<br>๒. ฟิลาเมนต์จุดดวงอาทิตย์ (sunspot filaments) |

๒.๒.๖.๓ อิทธิพลต่าง ๆ ที่มีต่อพวยกาซ

๑ อิทธิพลจากการลุกจ้า

จากการสังเกตในบางครั้งพบพวยกาซมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาด รูปร่าง และความเร็วของมวลสารในพวยกาซมีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่เกิดการลุกจ้า ในบริเวณนั้นและบางครั้งพวยกาซในบริเวณใกล้การลุกจ้ามีรูปร่างคงเดิม แต่ปรากฏว่าพวยกาซที่อยู่ไกลออกไปถูกรบกวนอย่างแรง การรบกวนนี้จะมีผลต่อพวยกาซเกิดใหม่มากกว่าพวยกาซที่เกิดนานแล้ว บางทีอาจหายไปเลย หรือหลังจากการลุกจ้าสิ้นสุดแล้วประมาณ ๑-๒ ชั่วโมง พวยกาซจะกลับปรากฏขึ้นใหม่ และมีรูปร่าง และขนาดเท่าเดิม

๒ อิทธิพลจากสนามแม่เหล็ก

การเกิดการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์นั้น นาน ๆ จึงเกิดครั้ง ดังนั้นอิทธิพลที่มีต่อพวยกาซ จึงมีน้อยกว่าสนามแม่เหล็ก

พวยกาซสงัดมีสนามแม่เหล็กอยู่ ๒ ชนิด คือสนามแม่เหล็กพยุงไว้และสนามแม่เหล็กภายใน (Harvey, 1969)

พวยกาซกัมมันต์มีสนามแม่เหล็กที่ซับซ้อนมาก เมื่อเทียบกับพวยกาซสงัด และมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ๕๐-๓๐๐ เกาส์ เมื่อสูงเพิ่มขึ้น ความเข้มสนามจะลดลง แต่สำหรับพวยกาซสงัดจะมีสนามแม่เหล็กไม่เกิน ๓๐ เกาส์ (Bruzek, 1972)

เมนเซล เสนอว่าสนามแม่เหล็กที่พยุงพวยกาซไว้นั้นเป็นบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กขนานกับผิวดวงอาทิตย์ คิปเปนฮอยและชลูเตอร์ เสนอว่าพวยกาซถูกพยุงให้สมดุลย์กับแรงโน้มถ่วงนั้น เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่พุ่งขึ้นมาจากโฟโตสเฟียร์ แล้วโอบล้อมพวยกาซจากขอบด้านขนานกับผิวของดวงไปยังขอบอีกด้านหนึ่งของพวยกาซแล้วพุ่งกลับลงสู่โฟโตสเฟียร์อีก ลักษณะคล้ายเปลนั่นเอง (Rust, 1966)

๒.๒.๖.๔ การเคลื่อนที่ของพวยกาซ (prominence motions)

จากการสังเกตพบว่าพวยกาซมีการเคลื่อนที่ทุกทิศทาง มีทั้งเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และในแนวระดับ แต่พวยกาซส่วนใหญ่ที่พบมีการเคลื่อนขึ้น เช่น พวยกาซแบบสปิกุล เซิจ สเปรย์ และแบบระเบิด พวยกาซ ๓ แบบแรกนี้จะมีอายุสั้น อายุของพวยกาซมีตั้งแต่เป็นวินาที ถึงหลายชั่วโมง ถ้าหากมากกว่านั้น ซึ่งจะเป็นพวยกาซที่เสถียร แต่มวลสารภายในก็ยังมีการเคลื่อนที่ต่ำลงอย่างช้า ๆ สำหรับพวยกาซระเบิดเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และมีความเร็วสูงมาก ส่วนพวยกาซที่

เคลื่อนที่ลง ปรากฏให้เห็นได้แก่พวยกาซแบบลูป และฝนโคโรนา ซึ่งมีอายุสั้นและมีความสัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ด้วย

ความเร็วของพวยกาซ แบ่งออกได้อย่างคร่าว ๆ เป็น ๓ แบบ คือ v = ๒๐ กิโลเมตรต่อวินาที v = ๒๐๐ กิโลเมตรต่อวินาที v > ๖๑๕ กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วอ้างอิงจากการหาหลายวิธี ความเร็วแบบแรกประมาณความเร็วเสียงในโครโมสเฟียร์ตอนบน แบบสองประมาณความเร็วเสียงในโคโรนา แบบสามนั้นเป็นความเร็วหนีจากพื้นผิวของดวงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น สปิกุลมีความเร็ว ๒๐ – ๒๕ กิโลเมตรต่อวินาที และเซจิมีความเร็วประมาณ ๒๐๐ กิโลเมตรต่อวินาที แต่สำหรับพวยกาซแบบฝนโคโรนา ลูปและฟิลาเมนต์โค้งระหว่างบริเวณกัมมันต์ จะมีความเร็ว ๑๐๐ – ๒๐๐ กิโลเมตรต่อวินาที แต่สำหรับพวยกาซระเบิดนั้น มีความเร็วตั้งแต่ ๒๐๐ กิโลเมตรต่อวินาทีขึ้นไปจนถึงความเร็วหนีจากพื้นผิวดวงอาทิตย์ (Athay, 1976)

๒.๓ โคโรนา

คือชั้นบรรยากาศนอกสุดของดวงอาทิตย์ มีความสว่างรวมประมาณครึ่งหนึ่งของดวงจันทร์เต็มดวง รูปร่างลักษณะแตกต่างกัน ตามเวลาขึ้นกับจำนวนมากน้อยของจุดบนดวงอาทิตย์ ถ้ามีจุดมากรูปร่างเกือบกลม แต่ถ้ามีจุดน้อย บริเวณศูนย์สูตรจะแผ่ออก ส่วนบริเวณขั้วทั้งสองจะแบนลงมาก เราจะสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง แต่ปัจจุบันเราสามารถสังเกตเห็นได้โดยอาศัยโคโรนากราฟ ซึ่งสามารถบดบังแสงส่วนใหญ่ที่มาจากโฟโตสเฟียร์ออกไป (Fredric and Baker, 1974)

ในชั้นนี้มีอุณหภูมิสูงมาก แต่ความหนาแน่นของอนุภาคลดลง ที่บริเวณห่างจากจุดศูนย์กลางดวงเป็นระยะสองเท่าของรัศมี มีอุณหภูมิสูงสุดเป็น ๑.๘๐ x $๑๐^{๖}$ องศาเคลวิน ความหนาแน่นอิเลคตรอนเป็น ๓.๓ x $๑๐^{๖}$ อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถัดจากนี้ออกมาอุณหภูมิจึงค่อย ๆ ลดลงมา ที่ระยะหนึ่งหน่วยดาราศาสตร์มีอุณหภูมิเป็น ๒.๐ x $๑๐^{๕}$ องศาเคลวิน และมีความหนาแน่นอิเลคตรอน ๕ อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Allen, 1976)

แสงที่มาจากโคโรนานั้นมาจากบริเวณที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งได้คือ

ก. อีโคโรนา (E-corona) แสงที่มาจากบริเวณนี้เป็นแสงที่มาจากไอออนชั้นสูงของโลหะ เช่น เหล็ก นิเกิล แคลเซียม และซิลิกอน ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนอีเลคตรอนหายไป ประมาณ ๙-๑๓ ตัว เพราะอุณหภูมิในระดับล้านองศาเคลวิน ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงว่าโคโรนามีอุณหภูมิสูงขึ้นมาจากโครโมสเฟียร์ สเปคตรัมที่ได้นี้จะเป็นเส้นสว่าง

ข. เคโคโรนา (K-corona) ปรากฏให้เห็นโดยแสงมาจากโฟโตสเฟียร์ที่ถูกกระเจิง (scatter) โดยอีเลคตรอนอิสระที่มีความเร็วสูง พบในบริเวณขอบดวงจนถึงระยะ ๑.๓ เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์

ค. เอฟโคโรนา (F-corona) ปรากฏให้เห็นโดยแสงที่เกิดจากการกระเจิงและสะท้อนของอนุภาคขนาดเล็ก เช่น ฝุ่นละอองและเม็ดทรายในอวกาศรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งยังคงรักษาลักษณะของเส้นฟรอนโฮเฟอร์ไว้ครบถ้วน ซึ่งเชื่อว่าเม็ดทรายและฝุ่นละอองเหล่านี้ต่างก็โคจรไปรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ เช่นเดียวกับบริวารดวงอื่น ๆ (ระวี ภาวิไล, ๒๕๒๒)