

บทที่ 15

ดวงดาว แยกแยะ และเอกภพ

15.1 ดวงดาว (Stars)

ถ้าเรามีโอกาสส่องดูท้องฟ้าเมื่อท้องฟ้าแจ่มใส เราจะเห็นดวงดาวส่องแสงระยิบระยับ กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป มีความสว่างและสีแตกต่างกัน สำหรับผู้ที่อยู่ในเมืองหลวงจะเห็นดาวไม่ค่อยมากนัก แต่ผู้ที่อยู่ในเขตชนบทก็จะเห็นจำนวนดาวมากมายสุดคณานับ คนในสมัยโบราณได้พยายามนับจำนวนดาวฤกษ์ที่ปรากฏในท้องฟ้าในคำคืนหนึ่ง และได้กะประมาณว่าทั่วท้องฟ้าคงจะมีดาวราว ๆ หนึ่งหมื่นสองพันดวง ในปัจจุบันเรารู้แล้วว่ายิ่งถ้าเราใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น เราก็ยิ่งมองเห็นดาวมากขึ้น ๆ จนถึงจำนวนเรือนล้าน

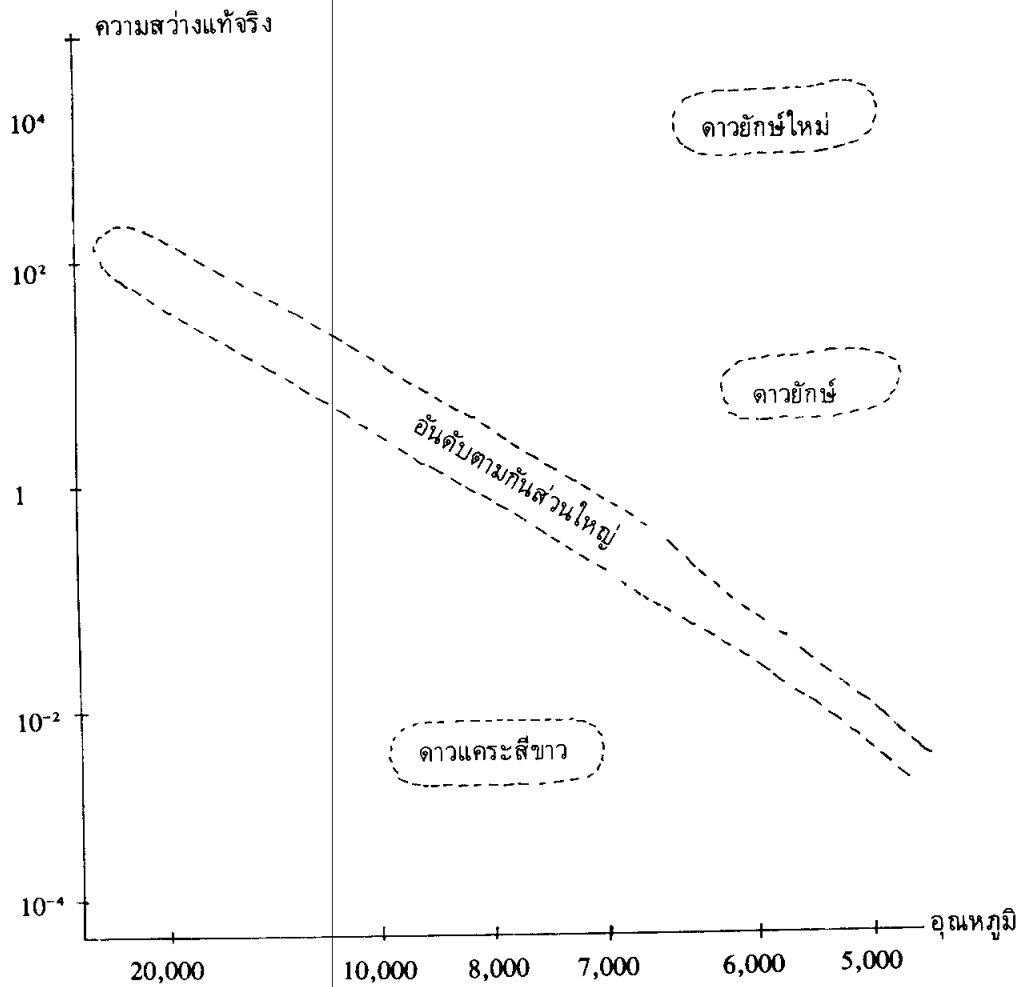
มนุษย์มีความพยายามที่จะแบ่งดาวฤกษ์ที่มองเห็นออกเป็นระดับ ๆ ตามความสว่างที่ปรากฏ โดยเรียกดาวพวกที่เห็นว่าสว่างที่สุดประมาณ 20 ดวงเป็นพวกที่มี *แมกนิจูด* (Magnitude) ที่ 1 ส่วนพวกที่หรี่ที่สุดเป็น *แมกนิจูด* ที่ 6 แล้วแบ่งดาวที่มีความสว่างอยู่ระหว่างดาวแมกนิจูดที่ 1 และที่ 6 ออกเป็นอีก 4 แมกนิจูดลดหลั่นกันตามระดับความสว่าง และพบว่าดาวที่ต่างกัน 1 แมกนิจูดจะมีความสว่างต่างกันประมาณ 2 เท่าครึ่ง ส่วนดาวแมกนิจูดที่ 1 จะสว่างกว่าดาวแมกนิจูดที่ 6 ถึง 100 เท่า แมกนิจูดของดาวที่กล่าวถึงขณะนี้ยึดเอาตามค่าความสว่างที่ปรากฏแก่คนบนโลก จึงเรียกว่า *แมกนิจูดปรากฏ* (The apparent magnitude)

สองพิจารณาดูว่าเมื่อเราเห็นดาวดวงหนึ่งปรากฏสว่างมากกว่าดาวอื่น ๆ ความสว่างของดาวขณะนี้อาจจะเนื่องมาจากดาวสว่างจริงเช่นนั้นก็ได้ หรือไม่ก็อาจจะเป็นเพราะว่าดาวดวงนั้นอยู่ใกล้เรามากกว่าดาวอื่น ๆ มาก ดังนั้นถ้าเราอยากจะทำเปรียบเทียบ *ความสว่างแท้จริง* หรือ *ลูมินอสิตี* (Luminosity) ของดาว เราก็ควรจะเปรียบเทียบในขณะที่ดาวต่าง ๆ อยู่ห่างจากเราเท่ากัน ในทางดาราศาสตร์ได้เลือกเอาว่าให้เปรียบเทียบกันที่ระยะทาง 10 พาร์เซก (Parsec) (โดยที่ 1 พาร์เซกคือระยะทางไกลถึง 206,265 เท่าของระยะทางที่โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์) และเรียกแมกนิจูดของดาวในขณะที่ดาวอยู่ห่างจากโลกเท่ากัน (สมมติ) เท่ากับ

10 พาร์เซกนั้นว่า *แมกนิจูดแท้จริง* (The absolute magnitude) ของดาวนั้น และพบว่าดวงดาวต่าง ๆ ที่ปรากฏในท้องฟ้ามีทั้งที่สว่างกว่าดวงอาทิตย์เป็นล้านเท่า และมีทั้งที่หรี่กว่าดวงอาทิตย์ถึงหนึ่งล้านเท่า

นอกจากความสว่างแล้วดาวต่าง ๆ ยังมีสีต่างกัน เช่น แดง เหลือง น้ำเงิน ดาวสีแดงเป็นพวกที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่วนดาวที่มีสีไปทางน้ำเงินเป็นพวกที่มีอุณหภูมิสูง สำหรับขนาดและมวลสารก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ดวงดาวต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน ดาวขนาดใหญ่ก็มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 3 พันเท่าของดวงอาทิตย์ ส่วนดาวขนาดเล็กก็มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงราว ๆ 1 ใน 400 ของดวงอาทิตย์เท่านั้น ดาวที่มีมวลสารมากจะประมาณ 50 เท่าของดวงอาทิตย์ ดาวที่มีมวลสารน้อยก็ราว 4% ของดวงอาทิตย์เท่านั้น ถ้ามองมานึกดู ดวงอาทิตย์ก็จัดว่าเป็นดาวฤกษ์ที่ปานกลางไม่ว่าจะเป็นความสว่าง อุณหภูมิ ขนาด และมวลสาร

นักดาราศาสตร์สองท่านคือ *เฮิร์ตสปริง* (Hertzsprung) และ *รัสเซลล์* (Russell) ได้พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างแท้จริง และสีหรืออุณหภูมิของดาว โดยใช้กราฟช่วยจนประสบความสำเร็จเป็นที่ยอมรับกันและรู้จักกันในนาม *ไดอะแกรม เอชอาร์* (H-R diagram) ดังแสดงในรูปที่ 15.1

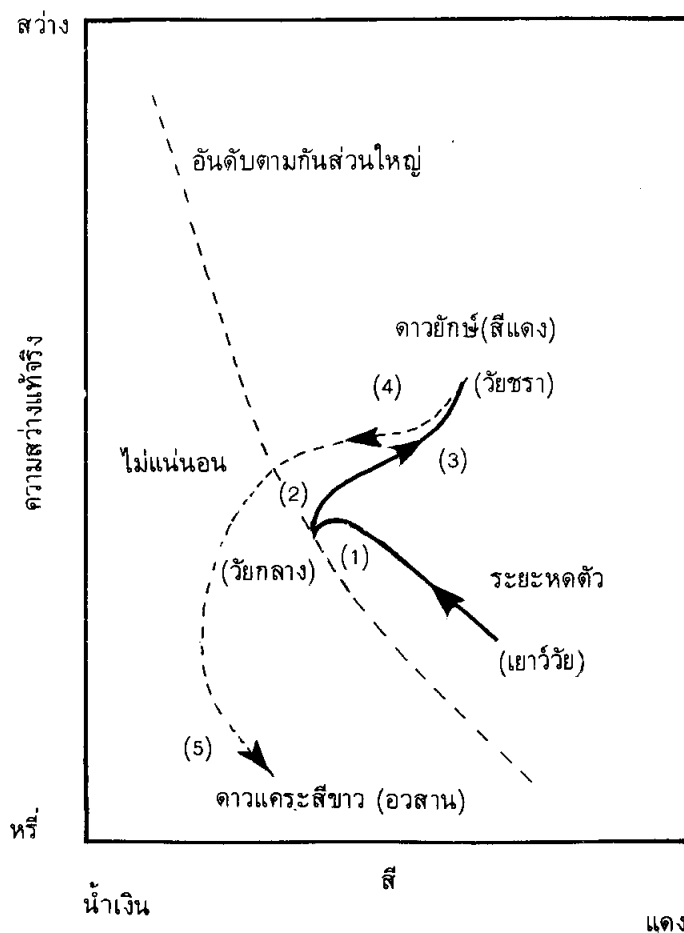


รูปที่ 15.1 ไดอะแกรม เอช-อาร์ ของดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ในแกแล็กซีของเรา

จากไดอะแกรม เอช-อาร์ ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างแท้จริงของดาว (คิดเป็นจำนวนเท่าของดวงอาทิตย์) และสีหรืออุณหภูมิเป็นองศาสัมบูรณ์ของดาวนั้น จะเห็นว่า ดาวส่วนมากปรากฏรวมอยู่ในแถบที่พาดจากทางบนซ้าย (บริเวณที่มีความสว่างแท้จริงสูง และมีสีไปทางน้ำเงินหรืออุณหภูมิสูง) เอียงลาดไปสู่ทางล่างขวา (ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความสว่างแท้จริงต่ำ และมีสีไปทางแดงหรืออุณหภูมิต่ำ) แถบนี้เรียกกันว่า *ลำดับตามกันส่วนใหญ่* (Main sequence) นอกจากนี้ก็มีดาวที่รวมกันเป็นหย่อม ๆ ทางส่วนบนขวามี *ดาวยักษ์* (Giant) และ *ดาวยักษ์ใหญ่* (Supergiant) ส่วนทางล่างซ้ายเป็นบริเวณของพวก *ดาวแคระสีขาว* (White dwarf)

15.2 กำเนิดและอวสานของดวงดาว

ดวงดาวเกิดขึ้นจากอะไร คำถามนี้มีผู้ถามกันอยู่บ่อย ๆ และก็ดูเหมือนว่าจะเป็นปัญหาที่ให้นักสมองเอาการทีเดียว ถ้าเราอยากจะลองคิดตอบปัญหานี้ เราก็ควรนึกถึง 2 ทาง คือ ทางหนึ่งอาจจะเกิดจากของที่เป็นกลุ่มก้อนอยู่เก่าแล้ว อยู่มาวันหนึ่ง (เมื่อไรไม่มีใครรู้) เกิดแตกออกกลายเป็นดาว แต่ความคิดเช่นนี้ดูออกจะเลื่อนลอยเต็มทีเพราะลองนึกดูเอาเถอะว่าอะไรหนอจะมีขนาดใหญ่โตมโหฬารถึงขนาดที่แตกออกเป็นดาวด้วยจำนวนนับแสนล้านดวง ยิ่งกว่านั้นเท่าที่ความรู้อำนวยให้ในปัจจุบันนี้ ดวงดาวต่าง ๆ อยู่ในสภาวะของกลุ่มก้อนก๊าซทรงกลม จึงน่าจะลองมาคิดอีกทางหนึ่งที่กล่าวถึงการรวมตัวของก๊าซ ฝุ่น สสาร ที่อยู่ในอวกาศ เมื่อยิ่งรวมกันนานเข้าก็กลายเป็นก้อนโตยิ่งขึ้น ๆ แล้วมีวิวัฒนาการจนกระทั่งกลายเป็นดาวได้



รูปที่ 15.2 แผนภาพแสดงวิวัฒนาการของดวงดาว

เรามาเริ่มต้นคิดกันตรงนี้ เมื่อวันหนึ่งในอดีต ก๊าซ ผุ่น และสสารในอวกาศรวมกันเป็นกลุ่มก้อนด้วยอำนาจแรงดึงดูดเนื่องจากความโน้มถ่วง (ตามทฤษฎีแรงดึงดูดของนิวตัน) ซึ่งแรงนี้ย่อมจะต้องเอาชนะแรงกระทบกระเทือนระหว่างการเคลื่อนที่ของอะตอมที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นได้ ด้วยกรรมวิธีดังกล่าว กลุ่มก้อนก๊าซจะมีขนาดโตขึ้น ๆ และแน่นเข้า ๆ แต่ขณะนี้ยังคงมีอุณหภูมิต่ำอยู่ ในระยะเริ่มแรกกลุ่มก้อนก๊าซจะหดตัวอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันก็จะมีควมดันภายในเพิ่มขึ้น และมีผลสะท้อนกลับทำให้ชักจะหดตัวมากขึ้น ดังนั้นระยะนี้การหดตัวจะเป็นไปอย่างช้า ๆ วิวัฒนาการเป็นเช่นนี้อยู่นานไขความดันที่เกิดขึ้นภายในก็ทำให้เกิดแรงดันออกนอกมีค่าสูงขึ้น ๆ เข้าใกล้กับแรงแห่งความโน้มถ่วง จนกระทั่งมาถึงตอนที่แรงทั้งสองมีค่าเท่ากันพอดีและเรียกว่า *อยู่ในสภาวะสมดุลทางไฮโดรสแตติกส์* ตอนนี้เองกลุ่มก้อนก๊าซนั้นจะเริ่มร้อนขึ้น ๆ ถ้ากลุ่มก้อนก๊าซนั้นมีมวลสารไม่มากพอก็จะไม่เกิดปฏิกิริยาและไม่อาจเปล่งแสงออกมาได้ จึงหดตัวต่อไปเป็นพวกที่เสื่อมสมรรถภาพซึ่งอาจจะให้พลังงานออกมาอย่างช้า ๆ สำหรับพวกกลุ่มก้อนก๊าซที่มีมวลสารมากพอ (เท่าที่เชื่อกันว่าจะมากกว่าหนึ่งในสิบของมวลสารของดวงอาทิตย์) ตอนนี้จะมีความหนาแน่นภายในมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันอุณหภูมิก็สูงขึ้น ๆ ด้วย จนถึงขั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ ณ บริเวณใกล้ศูนย์กลางได้ และเมื่อมีพลังงานมากพอก็จะแผ่รังสีออกมาปรากฏให้เห็นเป็นดาวจรัสแสงได้ (ปฏิกิริยานิวเคลียร์เริ่มแรกคือ การรวมกันของไฮโดรเจน 4 ตัวกลายเป็นฮีเลียม 1 ตัว ในการรวมตัวดังกล่าวนี้มีมวลสารส่วนหนึ่งที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานตาม $E = mc^2$

เมื่อ $E =$ พลังงานที่เกิดขึ้น

$m =$ มวลสารเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน

$c =$ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าประมาณ 3×10^{10} เซนติเมตรต่อวินาที)

ระยะนี้ดาวก็จะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า *อันดับตามกันส่วนใหญ่* ซึ่งเป็นตอนที่ไม่มี การหดตัว แต่เป็นตอนที่ปฏิกิริยานิวเคลียร์จากบริเวณใกล้ศูนย์กลางออกสู่ภายนอก เชื่อกันว่า ดาวจะมีชีวิตอยู่ในช่วงนี้นานถึง $10^7 - 10^{13}$ ปี ทั้งนี้ยอมแล้วแต่มวลสารและองค์ประกอบของดาวนั้น ๆ ตลอดระยะเวลาที่ดาวอยู่ในอันดับตามกันส่วนใหญ่ ก็จะทำให้พลังงานแผ่กระจายออกจากตัวเอง (เท่าที่เห็นได้คือในรูปของแสง) เมื่อระยะเวลาผ่านไป ๆ ไฮโดรเจนบริเวณศูนย์กลางเริ่มหมด ปฏิกิริยานิวเคลียร์ก็จะขยายวงกว้างออกสู่ชั้นผิวในขณะที่เดียวกันส่วนใน

จะมีพลังงานน้อยลงจนไม่มีแรงพอที่จะต้านกับแรงเนื่องจากความโน้มถ่วง ตอนนี้องส่วนในจะเริ่มหดตัว แต่ส่วนนอกจะขยายออก แล้วดาวก็เริ่มออกจากอันดับตามกันส่วนใหญ่ (เคลื่อนที่ไปทางขวาสู่ส่วนบนของรูปที่ 15.2)

ตอนนี้ดาวเข้ามาอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า *ดาวยักษ์* (สีแดง) แต่ถ้าดาวนั้นมีมวลสารมากก็จะไปเป็นพวก *ดาวยักษ์ใหญ่* (สีแดง) ดาวทั้งสองพวกนี้มีอุณหภูมิต่ำ แต่มีความสว่างแท้จริงมาก จึงเป็นที่รู้กันว่าต้องมีขนาดใหญ่โตอย่างมหาศาล

หลังจากนี้คนส่วนมากก็คิดกันว่าดาวกำลังเข้าสู่ขั้นนิวเคลียสซึ่งอาจจะหดตัวอีกครั้งหนึ่ง จึงทำให้เนื้อแน่นเข้า ๆ ในขณะที่เดียวกันก็มีอุณหภูมิสูงขึ้น ๆ จนวาระสุดท้ายจะกลายเป็น *ดาวแคระสีขาว* หรือบางทีก็อาจเป็น *ดาวนิวตรอน* ตามที่บางคนคิดกัน

15.3 แกแล็กซี่ทางช้างเผือก

แกแล็กซี่ทางช้างเผือก (The Milky Way Galaxy) หรือแกแล็กซี่ของเราเป็นระบบรวมของดวงดาวฤกษ์ประเภทดวงอาทิตย์อยู่มากมายถึงแสนล้านดวง ก๊าซ ฝุ่น และที่ว่างของโลกของเราเป็นหน่วยหนึ่งในระบบสุริยะในแกแล็กซี่

มนุษย์สนใจดูท้องฟ้ามาตั้งแต่สมัยโบราณ เขาเห็นดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ดวงจันทร์ และดวงดาวในเวลากลางคืน ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆเขายังสังเกตเห็นทางขาวเรืองที่พาดข้ามท้องฟ้า แต่เขาไม่รู้ว่าแถบขาวเรืองที่แท้จริงคืออะไร ชาวกรีกเคยคิดว่า เป็นถนนหรือสะพานที่ทอดไว้เพื่อนำมนุษย์ไปหาพระเจ้า หลังจากทีกาลิเลโอสามารถประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ได้ เขาก็หันขึ้นสำรวจความลึกกลับของท้องฟ้า เมื่อกาลิเลโอส่องดูทางขาวเรืองในท้องฟ้า เขาก็รู้ว่าทางช้างเผือกนั้นประกอบไปด้วยดวงดาวมากมายนับเป็นพัน ๆ ดวงปรากฏรวมอยู่ใกล้กันอย่างหนาแน่น ครั้นเมื่อเราใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ขึ้น จะเห็นเหมือนกับว่าบริเวณที่ปรากฏเป็นทางช้างเผือกนั้นมีดวงดาวแผ่กระจายระจายขยายออกไปอย่างไม่สิ้นสุด แต่ในปัจจุบันนี้นักดาราศาสตร์เชื่อว่าถ้ายังอยู่ห่างไกลออกไปจำนวนดวงดาวจะน้อยลง ๆ ทั้งนี้เพราะดวงดาวในแถบทางช้างเผือกนั้นเป็นดวงดาวที่รวมอยู่ด้วยกันในแกแล็กซี่ของเรานั่นเอง

เฮอร์เชล (Herschel) เป็นผู้หนึ่งที่ยากูรูปร่างของแกแล็กซี่ของเรา และมีความคิดว่า ถ้าเราศึกษาจำนวนดาวฤกษ์ที่กระจุกกระจายอยู่ในแกแล็กซี่ เราก็ควรจะบอกได้ว่าแกแล็กซี่ของเรามีลักษณะคล้ายอะไร (เหมือนกับว่ามีฝั่งตัวหนึ่งที่อยู่กลางวังแล้วอยากจะทำวังที่ตัว

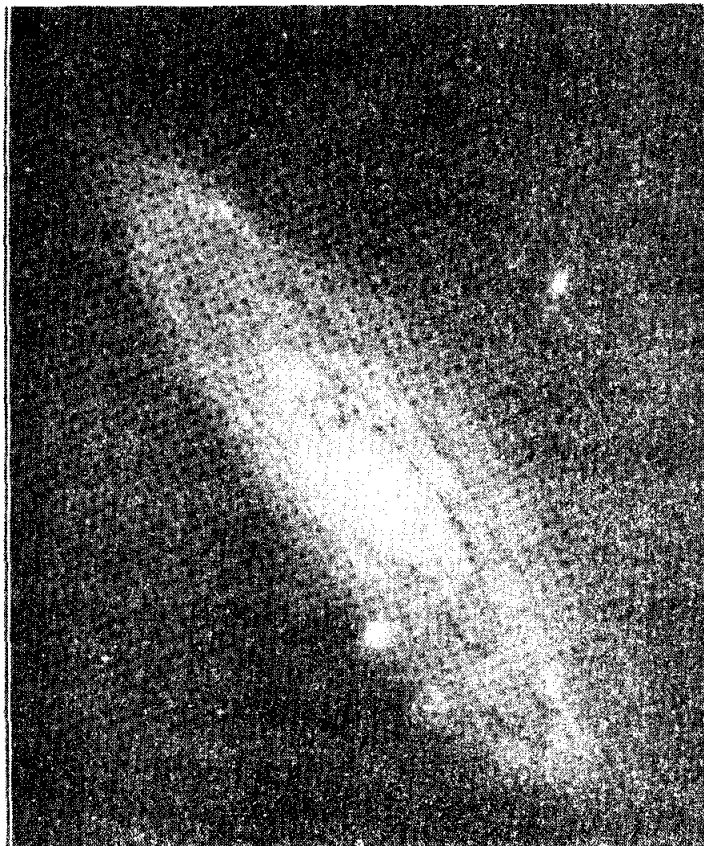
อยู่มีลักษณะอย่างไรก็อาจจะมองไปรอบ ๆ แล้วนับดูว่าทางส่วนไหนมีจำนวนฝั่งเกาะอยู่
หนาสักเท่าไร แล้วจะสามารถกะอาณาเขตที่ส่วนต่าง ๆ ของรังแผ่ขยายไปจากตัว ก็พอจะ
ทำให้เห็นได้ว่ารังควรจะมีรูปร่างอย่างไร) แต่ทั้งนี้ยอมแล้วแต่ว่าเราจะสามารถมองทะลุไป
ถึงขอบสุดของแกแลกซีหรือไม่ สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ แกแลกซีของเราต้องมีขอบเขต
จำกัด ถ้าแกแลกซีไม่มีขอบเขตการกระจายประมาทย่อมผิดพลาด จากวิธีดังกล่าวนี้เฮอรัสเชลสรุปว่า
เราอยู่ในระบบของดวงดาวที่มีลักษณะคล้ายนาฬิกา โดยที่ทางช้างเผือกก็เป็นส่วนหนึ่งของ
แกแลกซีและที่เราเห็นเป็นแถบขาวก็เพราะว่าเรามองไปทางส่วนของแกแลกซีที่มีดาวอยู่
หนาแน่น แต่เฮอรัสเชลก็สำคัญผิดไปว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของแกแลกซี

ในปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับกันว่าแกแลกซีของเรานั้นมีลักษณะที่ค่อนข้างจะแบนเมื่อ
เทียบกับขนาดทางส่วนกว้างที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณแสนปีแสง (1 ปีแสงคือระยะทาง
ที่แสงเดินทางในเวลา 1 ปี) ประกอบด้วยดวงดาวฤกษ์จำนวนมากมายถึงแสนล้านดวง และ
ยังมีก๊าซ ฝุ่นจำนวนมากที่อาจจะรวมตัวเป็นดาวได้หลายพันล้านดวง นักดาราศาสตร์เชื่อว่า
ที่ใจกลางของแกแลกซีมีดาวอยู่หนาแน่น รอบ ๆ แกนกลางมีดาวรวมกันแผ่กระจายออกไป
คล้ายรูปจาน และส่วนที่แผ่ออกเป็นแขน (อย่างน้อย 2 แขน) หมุนวนแบบกังหัน ส่วนแขน
ของแกแลกซีมีก๊าซและฝุ่นอยู่มากมายจึงทำให้คิดว่าน่าจะมีดาวเกิดขึ้นใหม่เรื่อย ๆ ในบริเวณ
ดังกล่าวนี้ ในปี ค.ศ. 1916 แชพเพลย์ (Shapley) ได้แสดงให้เห็นว่าดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ที่
ศูนย์กลางของแกแลกซีแต่อยู่ห่างจากศูนย์กลางมากกว่าครึ่งหนึ่งของรัศมีของขนาดแกแลกซี
(ประมาณ 2 หมื่น 7 พันปีแสงจากศูนย์กลาง)

แกแลกซีของเราไม่ได้อยู่นิ่ง แต่เป็นระบบหนึ่งในเอกภพที่หมุนรอบตัวเองอยู่เสมอ
ดังนั้นดวงอาทิตย์และดาวอื่น ๆ ถึงแสนล้านดวง ตลอดจนก๊าซและฝุ่นต่างก็เคลื่อนที่ไปรอบ
ศูนย์กลาง เราคงจะพากันแปลกใจที่รู้ว่าดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปรอบใจกลางของแกแลกซีด้วย
อัตรา 200 ไมล์ต่อวินาที แต่กว่าจะวนรอบแกแลกซีก็ต้องนานถึง 250 ล้านปี โลกเป็นบริวาร
ของดวงอาทิตย์ก็กำลังเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กับดวงอาทิตย์ด้วย จึงเปรียบเสมือนว่าเรากำลัง
อยู่ในยานอวกาศขนาดใหญ่ที่ท่องไปในอวกาศ ในเอกภพ

15.4 แกลแลกซีอื่นๆ

แกลแลกซีของเราก็ดูช่างใหญ่โตอะไรเช่นนั้น แต่นั่นก็เป็นเพียงระบบหนึ่งในจำนวนแสนล้านระบบ (หรือมากกว่านั้นด้วยจำนวนที่ไม่อาจจะคาดคะเนได้) ก่อน ค.ศ. 1923 คนส่วนมากก็ยังไม่แน่ใจนักว่าสิ่งที่เขาเห็นเป็นจุดมืด ๆ ขณะที่ใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ส่องดูนั้นจะเป็นดาวหรือระบบรวมของดวงดาว จนกระทั่งฮับเบิล (Hubble) ได้ศึกษาดวงดาวในแกลแลกซีที่ไกลเราที่สุดชื่อแอนโดรเมดา (Andromeda) จึงมีผลสะท้อนทำให้เชื่อกันว่ายังมีระบบของดวงดาวหรือแกลแลกซีอื่น ๆ นอกเหนือไปจากแกลแลกซีของเราที่กระจุกกระจายอยู่ในเอกภพ ยิ่งกว่านั้นยังพบว่าจำนวนแกลแลกซีมีได้น้อยลงตามระยะทางที่อยู่ห่างจากเรา จึงทำให้คาดคิดว่าคงยังมีแกลแลกซีอีกมากมายที่เกินกว่ากำลังของกล้องโทรทรรศน์ 200 นิ้วที่ภูเขาพาโลมาร์ จะส่องให้เห็นได้



รูปที่ 15.3 แกลแลกซีแอนโดรเมดาที่อยู่ไกลเราที่สุด เราสามารถเห็นแกลแลกซีนี้ด้วยตาเปล่าเป็นบริเวณฝ้าขาว ๆ ได้

แกแลกซีอื่น ๆ ที่เราเห็นมีลักษณะต่าง ๆ กัน พอจะแบ่งไว้เป็นพวก ๆ ได้คือ แกแลกซีรูปกังหัน (ได้แก่พวกรูปกังหันปกติและพวกที่มีแกนด้วย) แกแลกซีรูปไข่ (มีตั้งแต่เกือบกลมจนรีมาก) และแกแลกซีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ... แต่ส่วนใหญ่เป็นพวกแกแลกซีรูปกังหันตลอดจนแกแลกซีของเรานักดาราศาสตร์ก็สรุปว่ามีรูปร่างเป็นแบบรูปกังหัน

นักดาราศาสตร์มีความอยากรู้ ธรรมชาติและโครงสร้างของเอกภพเป็นอย่างไร เขาจึงพยายามศึกษารายละเอียดของแกแลกซีเพื่อที่จะบอกถึงธรรมชาติของเอกภพ แต่โครงสร้างของเอกภพจะรู้ได้ถ้าเราศึกษาและทราบถึงจำนวนของแกแลกซีที่กระจุกกระจายอยู่ในเอกภพ จึงมีปัญหาคือว่าในเอกภพนี้มีจำนวนแกแลกซีที่จำกัดหรือไม่ เพราะถ้ามีจำนวนจำกัด เอกภพก็จะมีขนาดขอบเขตอันจำกัดหนึ่ง แต่ถ้ามีจำนวนไม่จำกัดเอกภพจะมีรูปร่างอย่างไรก็สุดที่จะคิด

15.5 การขยายตัวของเอกภพ

จากการศึกษาสเปกตรัมของแกแลกซีต่าง ๆ พบว่า แกแลกซีกำลังเคลื่อนที่ออกจากเราด้วยความเร็วที่เป็นไปตามระยะทางที่อยู่ห่าง ถ้ายิ่งอยู่ห่างมากก็ยิ่งเคลื่อนที่ออกเร็วมากด้วยจำนวนนับเป็นเรือนหมื่นไม่ลืต่อวินาที ฟังๆ คุณล้ายๆ กับว่าเราอยู่ที่ศูนย์กลางของระบบที่กำลังเคลื่อนที่ออกจากเรา แต่นักดาราศาสตร์ไม่ได้คิดเช่นนั้น เขาคิดว่าไม่ว่าเราจะไปอยู่ที่ไหนในเอกภพก็ตาม เราจะพบปรากฏการณ์เช่นเดียวกันนี้ เขาจึงสรุปว่าปรากฏการณ์เช่นนี้แสดงว่า *เอกภพกำลังขยายตัว* แต่การขยายตัวนี้มีได้เกิดขึ้นในแกแลกซีหรือในกลุ่มหนึ่ง ๆ ของแกแลกซี หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าอวกาศกำลังขยายตัวและในอดีตแกแลกซีต่าง ๆ ย่อมต้องอยู่ใกล้กันมากกว่านี้

ความรู้เกี่ยวกับการขยายตัวของเอกภพนี้ เป็นสิ่งสำคัญมากที่จะใช้อธิบายถึงความเป็นมาและวิวัฒนาการของเอกภพ

15.6 ทฤษฎีของเอกภพ

มนุษย์มีความอยากรู้ว่าเอกภพได้วิวัฒนาการมาอย่างไร และได้พยายามตั้งทฤษฎีขึ้นอธิบาย ในจำนวนทฤษฎีต่าง ๆ ก็มี 2 ทฤษฎีใหญ่ที่ขัดแย้งกันแต่ก็มีผู้ให้ความสนใจทฤษฎีทั้ง 2 นี้คือ *ทฤษฎีเอกภพที่ระเบิด* หรือ *ทฤษฎีบิก-แบง* (The Big-Bang Theory) และ *ทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่* (The Steady-State Theory)

ทฤษฎีบิกแบง ผู้ริเริ่มแนวความคิดตามทฤษฎีคือ *เลอแมทร์* (Lemaitre) ซึ่งตอนนั้น (ค.ศ. 1920) เขาเรียกทฤษฎีของเขาว่า *ทฤษฎีอะตอมแรกเริ่ม* (The theory of the “Primeval Atom”) โดยคิดว่า เอกภพเริ่มต้นจากทรงกลมอันหนึ่งที่มีขนาดราว ๆ ดาวอังคาร (เส้นผ่าศูนย์กลางสัก 4 พันไมล์) ที่ประกอบขึ้นจากอะตอมแรกเริ่มรวมตัวกันเป็นอะตอมขนาดยักษ์ แต่ละอะตอมแรกเริ่มมีขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้ว แต่จะหนักถึงพันล้านตัน (ดู ๆ ก็เป็นที่แน่นอนเกินกว่าที่เราจะคาดคิดได้) เมื่อวันหนึ่งอะตอมแรกเริ่มขนาดยักษ์นี้ระเบิดออก ทำให้อะตอมย่อยเคลื่อนที่ไปทุกทิศทุกทาง และเลอแมทร์เรียกเมื่อวันนั้นว่าเป็นวันเริ่มต้นของเอกภพ ต่อมา กาโมว์ (Gamow) เป็นผู้หนึ่งที่สนับสนุนตามแนวความคิดของเลอแมทร์ และได้เรียกทฤษฎีของเขาว่าทฤษฎีบิก-แบง กาโมว์พยายามศึกษาถึงส่วนประกอบของเอกภพ เมื่อตอนแรกเริ่มเทียบกับจำนวนที่เราสังเกตได้ในปัจจุบันนี้

ทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่ เป็นทฤษฎีที่ ฮอลย์ (Hoyle) บอนดี (Bondi) และโกลด์ (Gold) ประกาศใช้อธิบายธรรมชาติของเอกภพในปี ค.ศ. 1951 โดยกล่าวว่าเอกภพในอดีต ปัจจุบัน หรือ อนาคต ก็เหมือนกันอย่างทุกวันนี้ไม่เปลี่ยนแปลง เอกภพไม่มีจุดเริ่มต้นไม่มีอวสาน แต่ในปี ค.ศ. 1965 นี้เอง ฮอลย์ได้ประกาศเลิกลัทธิทฤษฎีของเขาเอง อย่างไรก็ตามก็ยังมีคนอีกจำนวนมากที่เชื่อตามทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่และพยายามหาเหตุผลสนับสนุนตามความเชื่อของเขาต่อไป

15.7 ข้อคิดเกี่ยวกับทฤษฎีของเอกภพ

ถึงแม้ในปัจจุบันนี้เรายังไม่อาจจะตัดสินได้ว่าทฤษฎีบิก-แบง หรือ ทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างลิบลับ ทฤษฎีไหนจะถูก หรือว่าผิดทั้งสองทฤษฎี แล้วมีทฤษฎีใหม่ที่ดีกว่ามาแทนที่ แต่การพิจารณาถึงเหตุผลในการเปรียบเทียบเกี่ยวกับทฤษฎีทั้งสองอาจจะช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติของเอกภพได้ดียิ่งขึ้น

การศึกษาและสำรวจตรวจตราเอกภพเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับกาลเวลาด้วย เพราะเราไม่สามารถเห็นแกแลกซีต่าง ๆ ในวันนี้ได้ ทุกครั้งที่เราดูแกแลกซีเราจะเห็นแกแลกซีนั้นในอดีตนับเป็นล้านปีทั้งนั้น เพราะอย่างน้อยแสงจะต้องเดินทางจากแกแลกซีมาถึงเรานานนับเป็นหลายล้านปี เมื่อเป็นเช่นนี้ ตามทฤษฎีบิก-แบง เราควรจะเป็นแกแลกซีที่มีอายุมาก (ย้อนหลังไปในอดีตน้อย) อยู่ใกล้เรา ส่วนแกแลกซีที่อยู่ไกลย่อมเป็นแกแลกซีที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ แต่

ถ้าเป็นไปตามทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่ซึ่งบอกว่าเอกภพเป็นเหมือนเช่นนี้ตลอดเวลาเราควร
จะเห็นแกแลกซีทั้งเก่าและใหม่กระจายอยู่บริเวณต่าง ๆ เหมือน ๆ กัน แต่เราก็ยังไม่
อาจจะใช้ข้อคิดดังกล่าวตัดสินได้เพราะเราไม่อาจศึกษารายละเอียดของแกแลกซีที่อยู่ห่างไกล

ถ้าลองมาพิจารณาถึง *จำนวน* ของแกแลกซีในบริเวณต่าง ๆ ของเอกภพ เราจะเห็น
ว่าตามทฤษฎีบิก-แบง นั้น เอกภพเปลี่ยนไปตามเวลา ดังนั้นจึงมองย้อนไปในอดีต แกแลกซี
ต่าง ๆ ต้องอยู่ใกล้กันมากยิ่งขึ้น และก็ยังเคลื่อนที่เร็ว ซึ่งแสดงว่าแกแลกซีที่อยู่ห่างไกลย่อม
จะอยู่หนาแน่นกว่าพวกที่อยู่ใกล้ ส่วนตามทฤษฎีแห่งการดำรงอยู่ จำนวนของแกแลกซีต่อ
หน่วยปริมาตร ณ ที่ต่าง ๆ ย่อมเหมือน ๆ กันไม่ว่าจะมองย้อนหลังไปในอดีตนานสักเท่าไร
ก็ตาม (แต่เมื่อเป็นที่ยอมรับกันว่าเอกภพกำลังขยายตัว ตามทฤษฎีนี้จึงอธิบายว่า ขณะที่
เอกภพขยายตัวนั้นจะมีแกแลกซีก่อตัวขึ้นใหม่เพื่อทดแทนด้วยจำนวนที่เท่า ๆ กัน)

ที่กล่าวมานี้เป็นข้อคิดส่วนหนึ่งที่นักดาราศาสตร์นำเอาขึ้นมาสนับสนุนทฤษฎีที่
ตัวเองเชื่อ ขณะเดียวกันก็ปลงอีกทฤษฎีหนึ่ง อย่างไรก็ตามเราจะต้องพยายามหาเหตุผล
อื่น ๆ จากการทดลองสังเกตการณ์อีก ดังนั้นเราจึงต้องพยายามศึกษาเอกภพให้ละเอียดถี่ถ้วน
ยิ่งขึ้น ในยุคแห่งการสำรวจอวกาศนี้ ประตู่ที่เปิดให้เดินออกสำรวจเอกภพได้เปิดกว้าง
ออกแล้ว ขอเพียงแต่ให้เราก้าวเดินตามไปเท่านั้น

ภาคผนวก

โลก

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในบรรดา 9 ดวง (คือ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส ดาวเนปจูน และดาวพลูโต) ของระบบสุริยะที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง โลกมีลักษณะเป็นทรงกลม (แบนที่ขั้วนิดหน่อย) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 พันไมล์ และหมุนรอบตัวเอง (จากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก หรือหมุนทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากขั้วเหนือ รอบแกนหมุนสมมติที่เอียงประมาณ $23\frac{1}{2}$ องศา กับแนวที่ตั้งฉากกับระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์) ครอบรอบในเวลา 1 วัน ในขณะที่โคจรไปตามวงทางโคจรรอบดวงอาทิตย์ครอบรอบในเวลา 1 ปี ที่ระยะเฉลี่ยประมาณ 93 ล้านไมล์ (หรือ 150 ล้านกิโลเมตร หรือ 1 หน่วยดาราศาสตร์) การหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดกลางวันกลางคืน ส่วนการโคจรของโลกและการเอียงของแกนสมมติทำให้เกิดฤดูกาล

การศึกษาเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ขนาด มวลสาร องค์ประกอบ อายุ และบรรยากาศ นับว่าเป็นประโยชน์โดยตรงและยังสามารถใช้เป็นบรรทัดฐานในการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

ในปัจจุบันนี้ยังเป็นที่ยืนยันว่าโลกเป็นดาวเคราะห์ดวงเดียวในระบบสุริยะที่มีสิ่งที่มีชีวิตอาศัยอยู่

ดวงจันทร์

ดวงจันทร์ บริวารของโลก เป็นเทหฟากฟ้าที่อยู่ใกล้โลกที่สุดที่ระยะห่างประมาณ 2 แสน 4 หมื่นไมล์ และเป็นสถานีอากาศในธรรมชาติแห่งแรกที่มนุษย์เดินทางไปถึง ถึงแม้ว่าดวงจันทร์จะมีขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ใน 4 ของโลก หรือประมาณ 1 ใน 400 ของดวงอาทิตย์) แต่ดวงจันทร์ก็มีอิทธิพลต่อโลกทั้งในด้านการศึกษาศาสตร์ใหม่ทางแรงดึงดูด เช่น ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง และทางปรากฏการณ์ เช่น อุปราคา (หรือแม้แต่อิทธิพลทางแรงจิตใจ)

ดวงจันทร์ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง ที่เรามองเห็นดวงจันทร์มีแสงนวลสุกสกาแวเช่นนั้น ก็เนื่องมาจากผิวดวงจันทร์สะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ และการที่เรามองเห็นดวงจันทร์มีลักษณะเต็มดวงบ้าง ครึ่งดวงบ้าง หรือเป็นเสี้ยวนั้นก็เพราะว่าดวงจันทร์หันส่วนที่สะท้อนแสงมายังโลกในลักษณะต่างกัน นอกจากดวงจันทร์ปรากฏเปลี่ยนแปลงรูปร่างแล้ว ดวงจันทร์ยังหันเข้าหาโลกแต่เพียงด้านเดียวอยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองครบรอบในเวลาเท่าเท่ากับเวลาที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกครบรอบ

เนื่องจากดวงจันทร์ไม่มีน้ำ ไม่มีบรรยากาศ และไม่มีสิ่งที่มีชีวิต จึงเชื่อกันว่าประวัติของจักรวาลย่อมจารึกไว้บนดวงจันทร์ และจากผลของการสำรวจดวงจันทร์ในยุคอวกาศนี้ ทำให้กะประมาณได้ว่า ดวงจันทร์มีอายุประมาณ 4500 ล้านปี ดังนั้นดวงจันทร์จึงน่าจะมีกำเนิดมาพร้อม ๆ กับโลก

ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ ก็คือดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง (ในจำนวนแสนล้านดวงในแกแลกซีทางช้างเผือก) ที่อยู่ใกล้โลกที่สุด และเป็นกลุ่มก้อนก๊าซทรงกลมขนาดมหึมาที่กำลังลุกไหม้และส่งถ่ายพลังงานออกมาตามวิธีการของ *ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์* การส่งถ่ายพลังงานของดวงอาทิตย์นี้เริ่มตั้งแต่ส่วนตัวของดวงอาทิตย์ หรือที่เรียกว่า โฟโตสเฟียร์ (Photosphere) (ซึ่งมีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 6 พันองศาสัมบูรณ์) ผ่านชั้นบรรยากาศ 2 ชั้นของดวงอาทิตย์ คือ โครโมสเฟียร์ (Chromosphere) และโคโรนา (Corona)

ถ้าจะเปรียบเทียบดวงอาทิตย์กับดาวฤกษ์อื่น ๆ แล้ว ดวงอาทิตย์จัดอยู่ในดาวฤกษ์พวกกลาง ๆ ทั้งในทาง ขนาด มวลสาร ความสว่าง สี อุณหภูมิที่ผิว ลำดับตามสเปกตรัม ตลอดจนอายุ

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงเดียวเท่านั้นที่มนุษย์มีโอกาสศึกษารายละเอียดได้ค่อนข้างจะถูกต้องและแน่นอน ในปัจจุบันนี้มนุษย์ยังคงสนใจศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) พวยก๊าซ (Prominence) ที่พุ่งขึ้นเหนือระดับบรรยากาศของดวงอาทิตย์ สบารแม่เหล็ก ลมภาคประจุไฟฟ้าความเร็วสูงจากดวงอาทิตย์ (Solar Wind) ตลอดจนการให้พลังงานของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์นับว่ามีอิทธิพลต่อโลกและมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ทางด้าน
ความร้อน แสงสว่าง สนามแม่เหล็กของโลก การเจริญเติบโตของพืช และสัตว์ และระบบ
การหมุนเวียนของสิ่งมีชีวิตบนโลก