หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
ผศ. ดร.สมฤดี สาธิตคุณ
พงศกร จิวาภรณ์คุปต์

ผู้ตรวจ รศ. ดร.ไกรสร คำมา
ผศ.วสุมดี เนียมนาค
ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

บรรณาธิการ ศ. ดร.มนตรี ชูวงษ์

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
ผศ. ดร.สมฤดี สาธิตคุณ
พงศกร จิวาภรณ์คุปต์

ผู้ตรวจ รศ. ดร.ไกรสร คำมา
ผศ.วสุมดี เนียมนาค
ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

บรรณาธิการ ศ. ดร.มนตรี ชูวงษ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
กฤษณ์ วันอินทร์.
หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.--กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น, 2563.
204 หน้า.
1. วิทยาศาสตร์โลก--การศึกษาและการสอน. 2. อวกาศ--การศึกษาและการสอน. I. สมฤดี สาธิตคุณ, ผู้แต่งร่วม. II. พงศกร จิวาภรณ์คุป, ผู้แต่งร่วม. III. ชื่อเรื่อง.
550.07
ISBN 978-616-345-207-8

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 15,000 เล่ม
สงวนลิขสิทธิ์ : เมษายน 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย
IMACEDUCATION
ส่งธนาณัติสั่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว**
ในนาม **บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด**
9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว
แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028
www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี แอนด์เอ็น บุ๊ค

คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ สามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้นในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้ คือ กิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (STEM) ตามเป้าหมายสำคัญของการปรับหลักสูตรครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์ MAC Link ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ตโฟนสแกน QR Code หรือเปิดเว็บไซต์ Maceducation.com เพื่อเข้าเมนู การศึกษาขั้นพื้นฐาน >>> Mac Link และเลือกเปิดดูส่วนเสริมของบทเรียนในหนังสือแต่ละเล่มได้ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียน หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 6 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุตัวชี้วัดชั้นปี มีภาพและคำถามนำเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การทบทวนเนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์ และคณะ

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 วิวัฒนาการของเอกภพและระบบสุริยะ 1
(ว 3.1 ม.6/1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9)

1. เอกภพ 3
2. กาแล็กซี 11
3. ดาวฤกษ์ 17
4. ระบบสุริยะ 23

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 39

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีอวกาศ 40
(ว 3.1 ม.6/10)

1. เทคโนโลยีอวกาศ 42

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 69

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของธรณีภาค 70
(ว 3.2 ม.6/1, 2 และ 3)

1. โครงสร้างโลก 72
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก 79

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 97

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ธรณีพิบัติภัย 98
(ว 3.2 ม.6/4, 5 และ 6)

1. ภูเขาไฟ 100
2. แผ่นดินไหว 110
3. สึนามิ 124

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 132

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 บรรยากาศและสมดุลพลังงานของโลก 133
(ว 3.2 ม.6/7 และ 13)

1. องค์ประกอบของอากาศและชั้นบรรยากาศ 135
2. พลังงานจากดวงอาทิตย์และโลก 138
3. สมดุลพลังงานของโลก 147

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 154

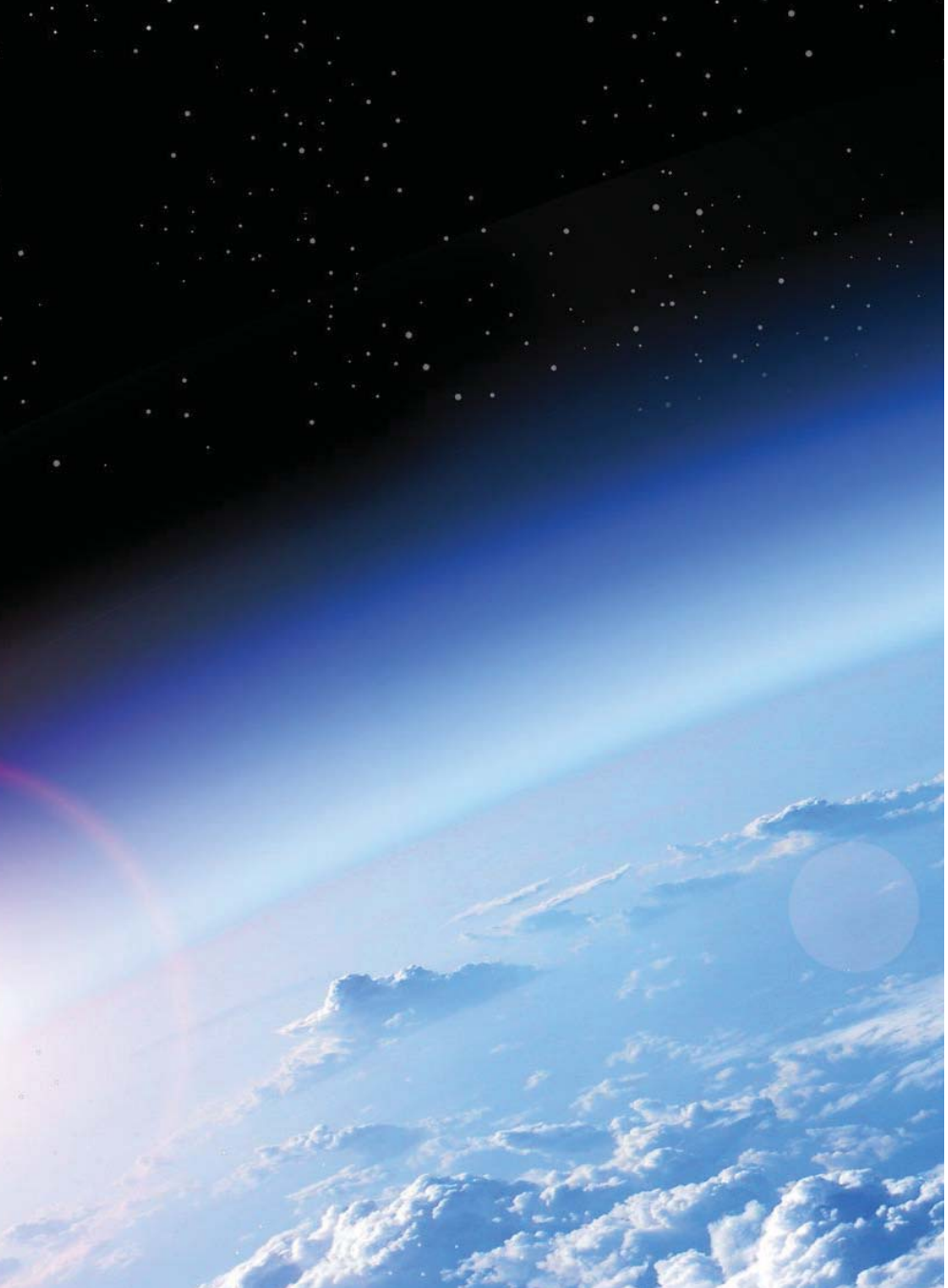
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การหมุนเวียนของน้ำและอากาศบนโลก 155
(ว 3.2 ม.6/8, 9, 10, 11, 12 และ 14)

1. การหมุนเวียนของอากาศบนโลก 157
2. การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร 168
3. แผนที่อากาศ 180

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ 189

บรรณานุกรม 191

อภิธานศัพท์ 192



หน่วยการเรียนรู้ที่

1

วิวัฒนาการของเอกภพและระบบสุริยะ

สาระการเรียนรู้

1. เอกภพ
2. กาแล็กซี
3. ดาวฤกษ์
4. ระบบสุริยะ

ตัวชี้วัดชั้นปี

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 1)
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 2)
3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 3)
4. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 4)
5. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 5)
6. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 6)
7. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้นและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 7)
8. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 8)
9. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลก รวมทั้งประเทศไทย (มฐ. ว 3.1 ตัวชี้วัดข้อ 9)

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่บนโลกซึ่งเป็นส่วนเล็ก ๆ ในเอกภพอันกว้างใหญ่ แม้ว่ามนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกจะมีลักษณะแตกต่างจากดวงดาวในอวกาศอย่างสิ้นเชิง แต่แท้จริงแล้วทุกสรรพสิ่งในเอกภพล้วนถือกำเนิดมาจากจุดเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เอกภพและเวลาเริ่มต้นขึ้นจากจุดเล็ก ๆ ที่มีความร้อนและหนาแน่นสูงมาก แล้วขยายตัวออกอย่างรวดเร็วตามทฤษฎีบิกแบง เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน หลังจากนั้นเอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารที่ก่อตัวเป็นเนบิวลา กาแล็กซี ดวงดาว ดวงอาทิตย์ โลก รวมถึงมนุษย์ด้วย

1. เอกภพ

แนวคิดสำคัญ

เอกภพ คือ อวกาศอันกว้างใหญ่ ที่ประกอบด้วยทุกสรรพสิ่งในธรรมชาติ เกิดจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วตามทฤษฎีบิกแบง เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน โดยมีหลักฐานที่สำคัญสนับสนุน 2 ประการ ได้แก่ การขยายตัวของเอกภพและการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง

เอกภพ (universe) คือ ห้วงอวกาศอันกว้างใหญ่ไพศาล ซึ่งประกอบด้วยกาแล็กซีที่มีดวงดาวอยู่รวมกันนับแสนล้านดวง เนบิวลา หลุมดำ รวมถึงที่ว่างระหว่างดวงดาว เอกภพมีความหมายตรงตัวว่าโลกที่เป็นหนึ่งเดียว นั่นหมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างในธรรมชาติล้วนเป็นหนึ่งเดียวกันหรือมีต้นกำเนิดจากสิ่งเดียวกันนั่นเอง เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไรนั้นยังไม่มีคำตอบที่แน่ชัด แต่นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่า เอกภพเกิดขึ้นจากการขยายตัวของจุดเล็ก ๆ ที่มีความร้อนและความหนาแน่นสูง เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน

รูปที่ 1.1 ดวงดาวและกาแล็กซีในเอกภพ

ที่มา : *wallpaperscraft.com*

จากการศึกษาทางด้านจักรวาลวิทยาเพื่อไขปัญหาว่าเอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไรนั้น ได้มีผู้เสนอทฤษฎีที่ใช้อธิบายถึงการกำเนิดเอกภพหลายทฤษฎีด้วยกัน เช่น ทฤษฎีบิกแบง (big bang theory) ทฤษฎีสภาวะคงตัว (steady state theory) ทฤษฎีเอกภพแกว่งกวัด (oscillating universe theory) ซึ่งในปัจจุบันทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ ทฤษฎีบิกแบง

ลองทำดู

ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีอื่น ๆ ที่ใช้อธิบายการเกิดเอกภพ แล้วร่วมกันอภิปรายว่าทฤษฎีนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ แต่ละทฤษฎีมีรายละเอียดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

1.1 ทฤษฎีบิกแบง

ทฤษฎีบิกแบง (big bang theory) เสนอโดย ฌอร์ฌ เลอเมตร์ (Georges Lemaitre) นักดาราศาสตร์ชาวเบลเยี่ยม เมื่อ พ.ศ. 2470 โดยมีแนวคิดว่า เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน จุดเริ่มต้นของเวลาและเอกภพกำเนิดขึ้นจากจุดเล็ก ๆ ที่มีสภาวะร้อนจัดและมีความหนาแน่นสูงมากเกิดการขยายตัว เมื่อเวลาผ่านไป เอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารต่าง ๆ เกิดกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลก

รูปที่ 1.2 ฌอร์ฌ เลอเมตร์

ที่มา : *www.esa.int*

ในตอนแรกแนวคิดของเลอเมตร์ เรียกว่า **สมมติฐานของอะตอมเริ่มแรก (hypothesis of the primeval atom)** ต่อมาจึงรู้จักกันในชื่อทฤษฎีบิกแบง ซึ่งตั้งขึ้นโดย เฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle) นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์

หลังจากนั้นใน พ.ศ. 2472 เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) ได้สังเกตว่า กาแล็กซีส่วนใหญ่กำลังเคลื่อนที่ออกจากโลก และกาแล็กซีที่ยิ่งอยู่ไกลมาก ๆ ก็ยิ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลกมากขึ้นซึ่งหมายความว่าเอกภพยังคงขยายตัว และเป็นไปตามแนวคิดเลอเมตร์ หากมองย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้น เอกภพจะต้องมีขนาดเล็กมาก มีความหนาแน่นและอุณหภูมิสูงมากเป็นอนันต์และเกิดบิกแบงขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทุกสิ่งทุกอย่าง

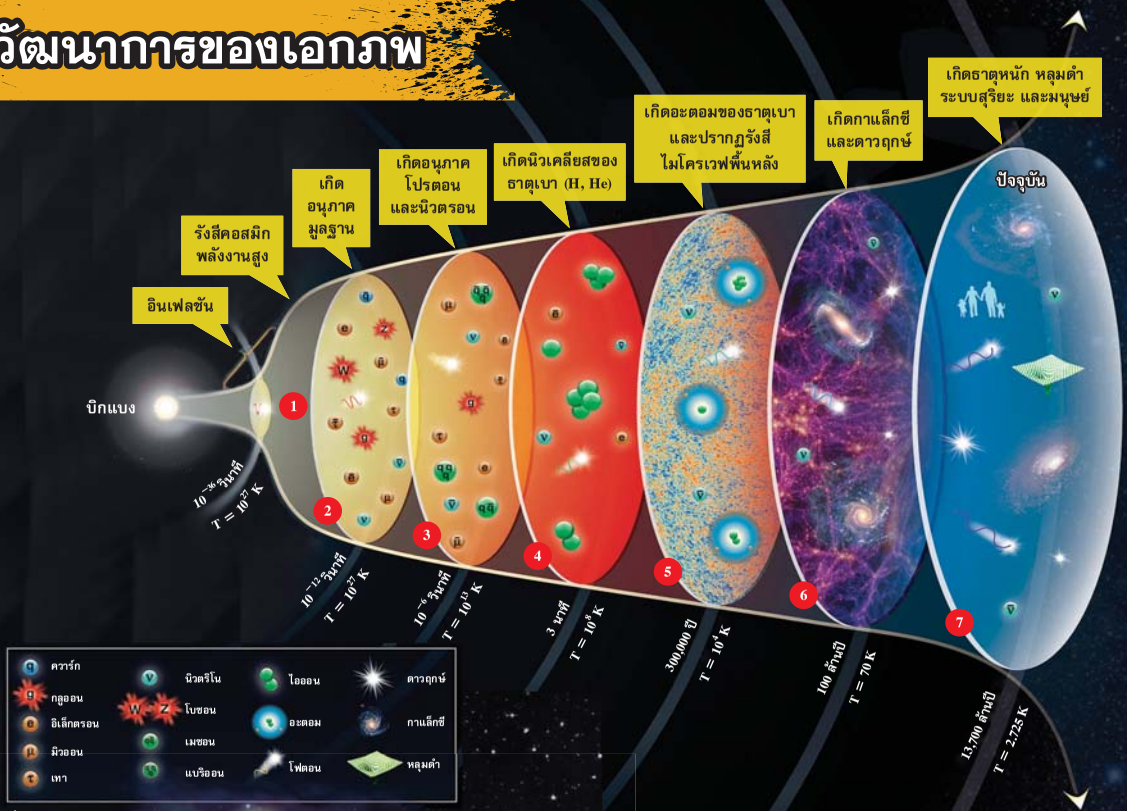
ใน พ.ศ. 2491 ทฤษฎีบิกแบงได้มีการพัฒนาต่อโดย จอร์จ กามอฟ (George Gamow) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดธาตุและปริมาณของธาตุต่าง ๆ ในเอกภพ โดยเสนอว่า ธาตุในเอกภพเกิดขึ้นจากการรวมกันของอนุภาคมูลฐาน เช่น ควาร์ก โฟตอน อิเล็กตรอน นิวตริโน ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจน หลังจากนั้น เมื่อเกิดปฏิกิริยาเทอร์มอนิวเคลียร์ฟิวชัน (thermonuclear fusion) จึงเกิดธาตุที่หนักขึ้นในลำดับถัดไป และเมื่อศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของธาตุในเอกภพ พบว่า มีธาตุไฮโดรเจนประมาณร้อยละ 75 และธาตุฮีเลียมประมาณร้อยละ 24 จะเห็นได้ว่า เอกภพประกอบด้วยธาตุเบาเป็นส่วนใหญ่ คือ ไฮโดรเจนและฮีเลียม

รูปที่ 1.3 จอร์จ กามอฟ

ที่มา : *www.esa.int*

ในช่วงแรกหลังจากการเกิดบิกแบง เอกภพมีอุณหภูมิสูงมากจนอะตอมไม่สามารถก่อตัวขึ้นได้ เมื่อเอกภพขยายตัวออก เย็นตัวลงและมีที่ว่างมากขึ้น อนุภาคเล็ก ๆ จึงเริ่มรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ก่อตัวเป็นอะตอม และอะตอมรวมตัวกันจนเกิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซี ในขณะที่กาแล็กซีต่าง ๆ ก็อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ดาวฤกษ์มีการเกิดใหม่และดับลง สิ่งต่าง ๆ เช่น ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ดาวเคราะห์ หลุมดำ ก็ก่อกำเนิดขึ้นเวลาเดียวกับดาวฤกษ์

วิวัฒนาการของเอกภพ



ที่มา : *evodevouniverse.com*

1. เริ่มต้นการเกิดบิกแบง เอกภพได้ถือกำเนิดขึ้นและเวลาเริ่มเดินไปข้างหน้า เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-36} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิสูงถึง 10^{27} เคลวิน และขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว เรียกว่า **อินเฟลชัน (inflation)** ในช่วงนี้มีเฉพาะรังสีคอสมิกพลังงานสูงเท่านั้น ยังไม่มีอนุภาคใด ๆ เกิดขึ้น

2. เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-12} วินาที เกิดอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ ขึ้น ได้แก่ ควาร์ก อิเล็กตรอน โฟตอน และนิวตริโน รวมถึงปฏิอนุภาค อนุภาคและปฏิอนุภาคจะหักล้างกันและหายไป แต่ในขณะนั้นมีจำนวนของอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค จึงทำให้เกิดสสารต่าง ๆ ในเอกภพได้ดังเช่นปัจจุบัน

3. เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-6} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 10^{13} เคลวิน ควาร์กเริ่มรวมตัวกันเป็นอนุภาคโปรตอนและนิวตรอน

4. เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที เอกภพมีอุณหภูมิ 10^{8} เคลวิน อนุภาคโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุเบา คือ นิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียม

5. เมื่อเวลาผ่านไป 300,000 ปี เอกภพมีอุณหภูมิ 10,000 เคลวิน อิเล็กตรอนรวมตัวกับโปรตอนและนิวตรอนทำให้เกิดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมที่มีเสถียรภาพ และทำให้เกิดรังสีไมโครเวฟพื้นหลังขึ้น ซึ่งนับเป็นแสงแรกแห่งเอกภพ

6. เมื่อเวลาผ่านไป 100 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิ 70 เคลวิน มีธาตุและสสารต่าง ๆ หนาแน่นมากขึ้น จึงมีแรงโน้มถ่วงมากพอที่ทำให้เกิดกาแล็กซีและเกิดดาวฤกษ์ภายในเนบิวลาขึ้นได้

7. ในปัจจุบัน เวลาผ่านไปประมาณ 13,700 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน มีธาตุหนักเกิดขึ้น เกิดกาแล็กซีต่าง ๆ หลุมดำ ระบบสุริยะ รวมถึงโลกและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

การอธิบายความเป็นมาของเอกภพด้วยทฤษฎีบิกแบงนั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ เนื่องจากมีหลักฐานสำคัญ 2 ประการ ดังนี้

1. การขยายตัวของเอกภพ (expansion of the universe) เอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล (Edwin Powell Hubble) นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของกาแล็กซีกับการเลื่อนทางแดงโดยใช้ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (doppler effect) และเสนอเป็น **กฎของฮับเบิล (Hubble's law)** เมื่อ พ.ศ. 2473

รูปที่ 1.4 เอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล
ที่มา : *www.nature.com*

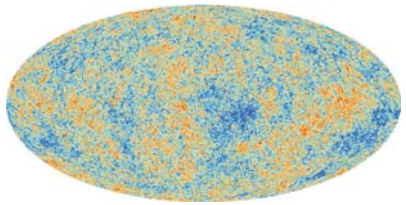
จากหลักการของดอปเพลอร์ ถ้ากาแล็กซีเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ความยาวคลื่นแสงจากกาแล็กซีจะเพิ่มมากขึ้น โดยเลื่อนไปทางแสงสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่นมาก เรียกว่า **การเลื่อนทางแดง (redshift)** แต่ถ้ากาแล็กซีเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ความยาวคลื่นแสงจะลดน้อยลง โดยเลื่อนไปทางแสงสีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่นน้อย เรียกว่า **การเลื่อนทางน้ำเงิน (blueshift)**

ฮับเบิลได้ศึกษาการเกิดดอปเพลอร์ของกาแล็กซีต่าง ๆ จำนวนมาก พบว่า กาแล็กซีแอนดรอเมดาและกาแล็กซีที่อยู่ในกลุ่มท้องถิ่น (local group) นั้นจะเกิดการเลื่อนทางน้ำเงิน เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงคอยดึงกาแล็กซีที่อยู่ใกล้เคียงให้เคลื่อนที่เข้าหากัน ส่วนกาแล็กซีที่อยู่นอกกลุ่มท้องถิ่นจะเกิดการเลื่อนทางแดง ยิ่งกาแล็กซีที่อยู่ห่างออกไปมาก ๆ ก็จะยิ่งมีการเลื่อนทางแดงมากขึ้นหรือเคลื่อนที่ห่างออกไปเร็วขึ้น เช่น กาแล็กซีที่อยู่ห่างจากโลกประมาณ 2.5 พันล้านปีแสง มีความเร็ว 61,000 กิโลเมตรต่อวินาที ส่วนกาแล็กซีที่อยู่ห่างกว่านี้จะยิ่งมีความเร็วมากขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า กาแล็กซีกำลังเคลื่อนห่างออกจากกันและมีอัตราเร็วเป็นปฏิภาคโดยตรงกับระยะทางจากโลก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบิกแบงที่อธิบายถึงการขยายตัวของเอกภพ

2. การค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง (microwave cosmic background) เมื่อ พ.ศ. 2508 อาร์โน เพนเซียส (Arno Penzias) และรอเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ได้ทดสอบเครื่องรับสัญญาณวิทยุความไวสูง ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้องทดลองของบริษัทเบลล์เทเลโฟน พบว่า เครื่องรับสัญญาณได้รับสัญญาณวิทยุในย่านไมโครเวฟรบกวนอยู่ตลอดเวลาโดยไม่ทราบทิศทางและที่มาของแหล่งกำเนิด ถึงแม้ว่าจะทดลองหันจานรับสัญญาณไปในทิศทางอื่น ๆ หรือทำความสะอาดอุปกรณ์เป็นอย่างดีแล้ว ยังคงพบสัญญาณไมโครเวฟที่มีความสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา เป็นไปได้ว่าสัญญาณนี้กระจายอยู่ทั่วไปในเอกภพ ภายหลังจึงตรวจสอบได้ว่าสัญญาณดังกล่าวเป็นรังสีพื้นหลังของเอกภพซึ่งเกิดจากบิกแบง และมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของเอกภพ คือ 2.725 เคลวิน

รูปที่ 1.5 อาร์โน เพนเซียส และรอเบิร์ต วิลสัน
ที่มา : *www.supernova.eso.org*

การค้นพบโดยบังเอิญนี้ได้สนับสนุนแนวคิดของ จอร์จ กามอฟ ที่ทำนายไว้ว่า ถ้าเอกภพเกิดขึ้นจากบิกแบงที่ร้อนมาก ๆ จะต้องมีร่องรอยที่ยังหลงเหลือปรากฏอยู่ในเอกภพปัจจุบัน เมื่อเอกภพขยายตัวและเย็นลง จะทำให้แสงจากบิกแบงมีความยาวคลื่นมากขึ้น จนอยู่ในช่วงไมโครเวฟและมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน



รูปที่ 1.6 รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง
ที่มา : *www.esa.int*

จากหลักฐานที่ชัดเจนทั้ง 2 ประการ ทำให้ทฤษฎีบิกแบงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและแนวคิดนี้ยังเป็นรูปแบบมาตรฐานในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเอกภพในอนาคตต่อไป

นอกจากนี้ อะเล็กซานเดอร์ ฟรีดมานน์ (Alexander Friedmann) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวรัสเซีย ได้บรรยายลักษณะของเอกภพโดยใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ โดยเสนอสมมติฐานอย่างง่าย 2 ข้อ ดังนี้

1. เอกภพจะดูเหมือนกันหมดไม่ว่าจะมองไปในทิศทางใดก็ตาม
2. สมมติฐานข้อแรกยังคงเป็นจริงไม่ว่าเราจะอยู่ที่ใดในเอกภพก็ตาม

สมมติฐานนี้เป็นการบรรยายลักษณะของเอกภพที่สอดคล้องกับการขยายตัวของเอกภพและการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง การขยายตัวของเอกภพมีลักษณะอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมที่ 1.1

กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 *เอกภพกำลังขยายตัว*

วัสดุอุปกรณ์

1. สติกเกอร์
2. ลูกโป่ง 1 ลูก

วิธีปฏิบัติ

1. ตัดสติกเกอร์เป็นรูปวงรีขนาดเล็ก แล้วติดบนผิวของลูกโป่งให้ทั่วลูกโป่ง
2. เป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนผิวลูกโป่งตึง
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสติกเกอร์บนผิวลูกโป่ง แล้วบันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ขณะที่เป่าลมเข้าลูกโป่งเพียงเล็กน้อย รูปวงรีที่อยู่บนผิวลูกโป่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. ขณะเป่าลมเข้าลูกโป่งจะทำให้ลูกโป่งพองขึ้นเรื่อย ๆ สติกเกอร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
3. ในกิจกรรมนี้ สติกเกอร์และผิวของลูกโป่งเปรียบเทียบได้กับสิ่งใด

จากกิจกรรมที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า เมื่อลูกโป่งพองตัวมากขึ้น ผิวลูกโป่งที่เปรียบเทียบได้กับเอกภพจะเกิดการขยายตัวออก และสติกเกอร์บนผิวของลูกโป่งที่เปรียบเทียบได้กับกาแล็กซีจะเคลื่อนที่ออกห่างจากกันมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า การขยายตัวของเอกภพทำให้กาแล็กซีต่าง ๆ เคลื่อนที่ออกจากกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮับเบิล

ก่อนหน้านี้ ทฤษฎีบิกแบงอธิบายการเกิดเอกภพในลักษณะการระเบิดครั้งใหญ่ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ผิด เอกภพไม่ได้เกิดจากการระเบิดจากจุด ๆ หนึ่งออกสู่ที่ว่าง (space) แต่เป็นการขยายตัวของที่ว่างในทุกทิศทางเช่นเดียวกับผิวของลูกโป่ง ดังรูปที่ 1.7 ดังนั้น ไม่ว่านักเรียนจะอยู่บนดาวดวงใดก็ตามในเอกภพ ก็จะยังคงมองเห็นการขยายตัวของเอกภพในลักษณะเดียวกับบนโลก

รูปที่ 1.7 *การขยายตัวของเอกภพบนผิวลูกโป่ง*

ที่มา : *cosmos.esa.int*

กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. เหตุใดทฤษฎีบิกแบงจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ
3. อะตอมแรกที่เกิดขึ้นในเอกภพคือธาตุชนิดใด เกิดขึ้นเมื่อไร
4. นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพกำลังขยายตัว
5. หากกาแล็กซีหนึ่งมีการเลื่อนทางแดงมาก จะมีความหมายว่าอย่างไร

2. กาแล็กซี

แนวคิดสำคัญ

กาแล็กซี คือ กลุ่มของดาวฤกษ์ เนบิวลา และสสารระหว่างดวงดาวที่ประกอบด้วยแก๊ส ฝุ่น และสสารมืด อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง มีรูปร่างต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ กาแล็กซีรี กาแล็กซีก้นหอย กาแล็กซีก้นหอยมีคาน กาแล็กซีลูกสะบ้า และกาแล็กซีไร้รูปแบบ โดยระบบสุริยะตั้งอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งจัดเป็นกาแล็กซีก้นหอยมีคาน

กาแล็กซี (galaxy) หรือ **ดาราจักร** คือ กลุ่มของดาวฤกษ์นับแสนล้านดวง รวมถึงเนบิวลาและสสารระหว่างดวงดาวที่ประกอบด้วยแก๊ส ฝุ่น และสสารมืด รวมกันอยู่ด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่กาแล็กซีแคระที่มีดาวฤกษ์ประมาณสิบล้านดวง ไปจนถึงกาแล็กซียักษ์ที่มีดาวฤกษ์ถึงล้านล้านดวง ในกาแล็กซีหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยระบบดาวฤกษ์ กระจุกดาว เนบิวลา และสสารระหว่างดวงดาว ซึ่งดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือกและเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ

ความรู้เพิ่มเติม

นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า แรงโน้มถ่วงอันมหาศาลที่บริเวณใจกลางของกาแล็กซีนั้นเกิดจากหลุมดำมวลยิ่งยวด จนกระทั่งเมื่อวันที่ 10 เมษายน 2562 นักวิทยาศาสตร์ได้เผยแพร่ภาพถ่ายหลุมดำภาพแรกของโลก เป็นภาพหลุมดำใจกลางกาแล็กซี M 87 ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับภาพจำลองจากคอมพิวเตอร์อย่างมาก นับเป็นหลักฐานสำคัญที่ยืนยันว่าใจกลางของกาแล็กซีนั้นมีหลุมดำมวลยิ่งยวดอยู่จริง

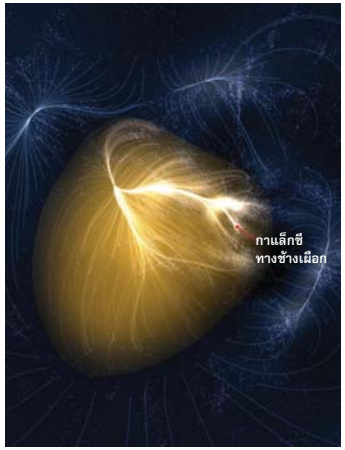
หลุมดำที่ใจกลางกาแล็กซี่ M 87

ที่มา : *www.jpl.nasa.gov*

จากรูป วงกลมสีดำตรงกลาง คือ หลุมดำ ส่วนบริเวณวงแหวนสีส้ม คือ จานพอกพูนมวล (accretion disc) ซึ่งเป็นพลาสมาที่หมุนวนอยู่รอบ ๆ หลุมดำ ภาพถ่ายนี้ได้จากกล้องวิทยุโทรทรรศน์จำนวน 11 แห่งจากทั่วโลก ซึ่งเป็นของโครงการกล้องโทรทรรศน์อีเวนต์ ฮอไรซัน (event horizon telescope) ทำให้ได้ข้อมูลมากกว่า 5,000,000 จิกะไบต์ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเทคนิคพิเศษโดยใช้เวลาประมาณ 2 ปี จึงได้ภาพนี้ออกมา

กาแล็กซีแต่ละกาแล็กซีไม่ได้กระจายอยู่ทั่วไปในเอกภพ แต่จะยึดกันด้วยแรงโน้มถ่วงและอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า **กลุ่มกาแล็กซี (galaxy group)** เป็นโครงสร้างของกาแล็กซีที่มีระดับเล็กที่สุดและพบได้มากที่สุดในเอกภพ กลุ่มกาแล็กซีมีโครงสร้างในระดับที่ใหญ่ขึ้น เรียกว่า **กระจุกกาแล็กซี (galaxy cluster)** ซึ่งประกอบด้วยกาแล็กซีมากกว่า 2,000 กาแล็กซี โดยส่วนใหญ่เป็นกาแล็กซีรีขนาดยักษ์ ส่วนโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุดในเอกภพ เรียกว่า **ซูเปอร์คลัสเตอร์ (supercluster)** ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มกาแล็กซี กระจุกกาแล็กซี และกาแล็กซีเดี่ยว

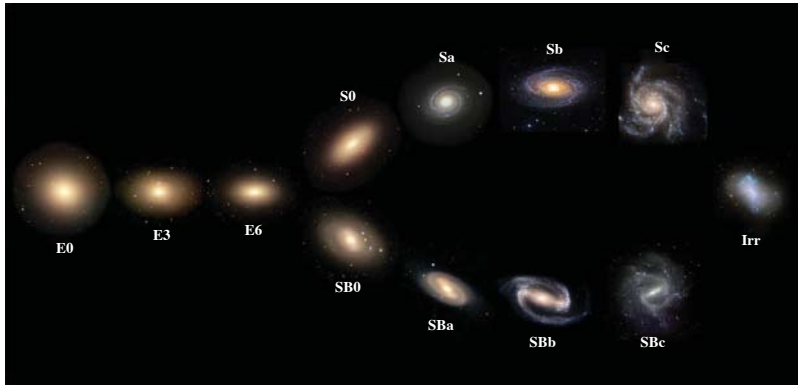
โลกอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งอยู่ในซูเปอร์คลัสเตอร์ที่มีชื่อว่า **ลาเนียเกีย (Laniakea)** มาจากภาษาฮาวายที่แปลว่า สรวงสวรรค์อันไร้ขอบเขต นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาตำแหน่งของกาแล็กซีต่าง ๆ ที่อยู่ในซูเปอร์คลัสเตอร์ลาเนียเกีย แล้วสร้างเป็นแผนที่ออกมา โดยแผนที่นี้มีลักษณะคล้ายกับโครงข่ายขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงกาแล็กซีต่าง ๆ ในเอกภพไว้ด้วยกัน ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 *ซูเปอร์คลัสเตอร์ลาเนียเกีย*
ที่มา : *cosmosmagazine.com*

2.1 ประเภทของกาแล็กซี

เอ็ดวิน พาวเวล ฮับเบิล ได้จัดแบ่งประเภทของกาแล็กซีตามรูปร่างของกาแล็กซี เรียกว่า **ลำดับฮับเบิล** หรือ **ส้อมเสียงของฮับเบิล (Hubble turning fork)** โดยแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 1.9 *กาแล็กซีประเภทต่าง ๆ*
ที่มา : *www.physics.usyd.edu.au*

รูปที่ 1.10 *กาแล็กซีรีขนาดใหญ่ ESO 325-G004*
ที่มา : *www.spacetelescope.org*

1. กาแล็กซีรี (elliptical galaxy : E) เป็นกาแล็กซีที่มีรูปทรงรี ใช้สัญลักษณ์ E ตามด้วยตัวเลข ซึ่งแสดงถึงความรีของรูปทรง โดยเริ่มตั้งแต่ E0 จะมีลักษณะค่อนข้างกลม ไปจนถึง E7 จะมีลักษณะเรียวยาว กาแล็กซีชนิดนี้มีการกระจายแสงอย่างสม่ำเสมอ มีโครงสร้างอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน มีสสารระหว่างดวงดาวน้อย มีกระจุกดาวเปิดค่อนข้างน้อย และมีอัตราการเกิดดาวฤกษ์ใหม่ต่ำ ส่วนใหญ่จึงมีดาวฤกษ์ที่มีอายุมากเป็นสมาชิก ตัวอย่างกาแล็กซีชนิดนี้ เช่น ESO 325-G004 M 32 ในกลุ่มดาวแอนดรอเมดา IC 1101 ในกลุ่มดาวหญิงสาว NGC 5128 ในกลุ่มดาวคนครึ่งม้า

2. กาแล็กซีก้นหอย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.1 กาแล็กซีก้นหอย (spiral galaxy : S) เป็นกาแล็กซีที่ประกอบด้วยแถบจานหมุนของดาวฤกษ์และสสารระหว่างดาว มีดุมโป่งนูนบริเวณกึ่งกลางซึ่งประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่หนาแน่น เรียกว่า **ดุมกาแล็กซี** ถัดจากดุมตรงกลางเป็นแขนสว่างทอดออกไปสู่ด้านนอก ส่วนมากมักเป็นแขนกังหันสองข้าง ใช้สัญลักษณ์ S ตามด้วยตัวอักษร a, b หรือ c ซึ่งใช้บอกลักษณะแขนของกาแล็กซีและขนาดของดุมกาแล็กซี โดยกาแล็กซีแบบ Sa จะมีแขนที่บิบแน่น ไม่ค่อยเห็นเป็นแขนชัดเจนนัก และมีดุมค่อนข้างใหญ่ ส่วนกาแล็กซีแบบ Sc จะมีแขนที่กว้าง เห็นเป็นแขนชัดเจน และมีดุมที่ค่อนข้างเล็ก ตัวอย่างเช่น M 81 ในกลุ่มดาวหมีใหญ่ กาแล็กซีแอนดรอเมดาในกลุ่มดาวแอนดรอเมดา กาแล็กซีน้ำวนในกลุ่มดาวสุนัขล่าเนื้อ กาแล็กซีหมวกปีกในกลุ่มดาวหญิงสาว

รูปที่ 1.11 *กาแล็กซีก้นหอย M 81*
ที่มา : *www.caelumobservatory.com*

2.2 กาแล็กซีก้นหอยมีคาน (barred spiral galaxy : SB) เป็นกาแล็กซีที่มีลักษณะเช่นเดียวกับกาแล็กซีก้นหอย แต่มีโครงสร้างคล้ายคานยื่นออกมาจากดุมกาแล็กซีทั้ง 2 ด้าน และมีแขนรูปกังหัน ใช้สัญลักษณ์ SB ตามด้วยตัวอักษร a, b หรือ c ซึ่งใช้บอกลักษณะแขนของกาแล็กซี ตัวอย่างเช่น กาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซี NGC 1300 ในกลุ่มดาวแม่น้ำ กาแล็กซี NGC 1365 ในกลุ่มดาวเตาอบ

รูปที่ 1.12 กาแล็กซีก้นหอยมีคาน NGC 1365
ที่มา : *www.constellation-guide.com*

รูปที่ 1.13 กาแล็กซีลูกสะบ้า NGC 524
ที่มา : *www.nasa.gov*

นอกจากนี้ยังมี **กาแล็กซีเลนส์** หรือ **กาแล็กซีลูกสะบ้า (lenticular galaxy : S0)** ซึ่งจัดเป็นกาแล็กซีก้นหอยประเภทหนึ่ง มีดุมสว่างอยู่ตรงกลางและล้อมรอบด้วยโครงสร้างคล้ายแผ่นจาน แต่บริเวณแผ่นจานของกาแล็กซีไม่มีโครงสร้างแขนกังหันที่ชัดเจน และไม่มีการก่อตัวของดาวฤกษ์ใหม่อีกแล้วตัวอย่างเช่น กาแล็กซี NGC 524 ในกลุ่มดาวปลา กาแล็กซี NGC 5866 ในกลุ่มดาวมังกร กาแล็กซี NGC 2787 ในกลุ่มดาวหมีใหญ่

3. กาแล็กซีไร้รูปแบบ (irregular galaxy: Irr) เป็นกาแล็กซีที่ไม่มีรูปร่างชัดเจน กาแล็กซีชนิดนี้ที่รู้จักกันมาก คือ เมฆแมกเจลแลนใหญ่ (large cloud of magellan) มีขนาด 15,000 ปีแสง อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 180,000 ปีแสง ซึ่งอยู่ในกลุ่มท้องถิ่นเดียวกับกาแล็กซีทางช้างเผือก

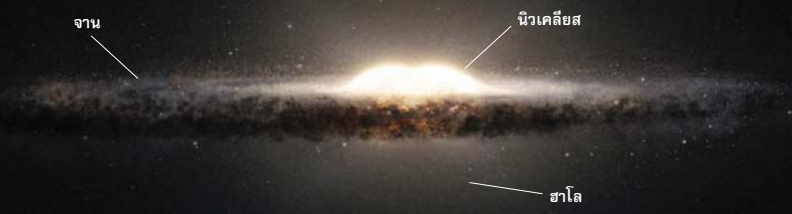
รูปที่ 1.14 เมฆแมกเจลแลนใหญ่
ที่มา : *apod.nasa.gov*

2.2 กาแล็กซีทางช้างเผือก

รูปที่ 1.15 กาแล็กซีทางช้างเผือก
ที่มา : *www.universetoday.com*

กาแล็กซีทางช้างเผือก (milky way galaxy) เป็นที่อยู่ของระบบสุริยะและโลก จัดอยู่ในประเภทกาแล็กซีก้นหอยมีคาน (SBc) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง มีความหนาประมาณ 1,000 ปีแสง มีดาวฤกษ์อยู่ประมาณ 100,000–400,000 ล้านดวง และมีมวลรวมประมาณ 600,000 ล้านเท่าของมวลดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์จะอยู่บริเวณแขนข้างหนึ่งของกาแล็กซี ซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลางของกาแล็กซีประมาณ 30,000 ปีแสง และหมุนรอบศูนย์กลางไปตามแขนกลุ่มดาวนายพราน แขนของกาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยฝุ่น แก๊ส และดาวฤกษ์ที่มีอายุน้อยเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีสีน้ำเงินและดูสว่าง ดังรูปที่ 5.14

กาแล็กซีทางช้างเผือกมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ นิวเคลียส จาน และฮาโล โดยนิวเคลียสหรือดุมดาราจักรจะอยู่บริเวณใจกลางของกาแลกซี มีดาวฤกษ์อยู่จำนวนมาก บริเวณจานเป็นส่วนของแขนกาแล็กซี และฮาโลหรือกลดดาราจักรเป็นทรงกลมที่ล้อมรอบกาแล็กซี ประกอบด้วยแก๊สร้อน ดาวฤกษ์ที่มีอายุมากและสสารมืด



รูปที่ 1.16 โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก
ที่มา : *www.eso.org*

กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นสมาชิกอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า **กลุ่มกาแล็กซีเพื่อนบ้าน** หรือ **กลุ่มท้องถิ่น (local group)** จัดเป็นกลุ่มกาแล็กซีขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมกะพาร์เซก กาแล็กซีทางช้างเผือกและกาแล็กซีแอนดรอเมดาเป็นกาแล็กซีที่สว่างที่สุดในกลุ่มนี้

ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใส หากมองขึ้นไปบนท้องฟ้าเราจะเห็นแถบฝ้าสีขาวคล้ายเมฆพาดผ่านกลางท้องฟ้า คนไทยในสมัยโบราณเรียกแถบฝ้าสว่างนี้ว่า **ทางช้างเผือก** เนื่องจากมีความเชื่อว่า พระมหากษัตริย์ซึ่งเป็นโอรสของสวรรค์ได้อวตารลงมาเกิดเป็นมนุษย์และมีช้างเผือกเป็นสัตว์คู่บารมี จึงเชื่อว่ามีทางช้างเผือกอยู่บนสวรรค์ ส่วนชาวตะวันตกมองเห็นเป็นทางน้ำนมไหลพาดผ่านท้องฟ้า จึงเรียกว่า **ทางน้ำนม (milky way)** แถบทางช้างเผือกที่ปรากฏนั้นเกิดจากการมองเข้าไปยังศูนย์กลางของกาแล็กซีที่มีดาวอยู่อย่างหนาแน่น แต่เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าอาจเห็นได้ไม่ชัดเจนและมีความสว่างค่อนข้างน้อย เนื่องจากศูนย์กลางของกาแล็กซีมีแก๊สและฝุ่นที่หนาทึบคอยบดบังแสงสว่างจากดวงดาวอยู่

รูปที่ 1.17 *กาแล็กซีทางช้างเผือกที่ปรากฏบนท้องฟ้า*

ที่มา : *imgur.com*

กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. กาแล็กซีคืออะไร
2. ตามลำดับฮับเบิล กาแล็กซีแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
3. กาแล็กซีประเภท S แตกต่างจากกาแล็กซีประเภท E อย่างไร
4. กาแล็กซีทางช้างเผือกจัดเป็นกาแล็กซีประเภทใด
5. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงส่วนประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก

3. ดาวฤกษ์

แนวคิดสำคัญ

ดาวฤกษ์ คือ ก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุไฮโดรเจน พลังงานของดาวฤกษ์เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นของดาว สีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอายุของดาว ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีอายุสั้น ผิวดาวมีอุณหภูมิสูง จึงมีสีน้ำเงินไปจนถึงสีขาว ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยจะมีอายุยืนยาว ผิวดาวมีอุณหภูมิต่ำ จึงมีสีเหลืองไปจนถึงสีแดง

ดาวฤกษ์ (star) คือ วัตถุท้องฟ้าที่เป็นก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่รูปทรงกลม ดาวฤกษ์ที่มีอายุน้อยจะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นของดาว ทำให้เกิดแสงสว่างและพลังงานอันมหาศาล ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันตั้งแต่ 2 ดวงขึ้นไปด้วยแรงโน้มถ่วง เรียกว่า **ระบบดาวฤกษ์ (star system)** โดยดาวฤกษ์ 2 ดวงที่โคจรรอบกันและกัน เรียกว่า **ดาวคู่ (binary stars)** ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันเป็นจำนวนมากเรียกว่า **กระจุกดาว (cluster)**

ความรู้เพิ่มเติม

เนบิวลา (nebula) คือ กลุ่มแก๊สและฝุ่นขนาดใหญ่ในอวกาศซึ่งประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนเป็นหลัก เกิดขึ้นจากการระเบิดของดาวฤกษ์และเป็นแหล่งกำเนิดดาวฤกษ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เนบิวลาสว่าง เป็นกลุ่มแก๊สไฮโดรเจนที่ประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่ร้อนมาก จึงทำให้แก๊สต่าง ๆ ภายในเนบิวลาเรืองแสงขึ้น และเนบิวลามืด เป็นกลุ่มแก๊สและฝุ่นที่หนาทึบ จึงบดบังแสงจากดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลังทำให้ปรากฏเป็นเงามืด ตัวอย่างเนบิวลาที่น่าสนใจมีดังนี้

1. เนบิวลาสว่างใหญ่ (great nebula : M 42) เป็นกลุ่มแก๊สและฝุ่นขนาดใหญ่ที่เป็นแหล่งกำเนิดของดาวฤกษ์ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1,300 ปีแสง ในทิศทางของกลุ่มดาวนายพราน หรือกลุ่มดาวเต่าของไทย มีกระจุกดาวฤกษ์ 4 ดวง ที่มีอุณหภูมิสูงมากอยู่ภายในเนบิวลา ซึ่งแผ่รังสีอัลตราไวโอเลตไปกระตุ้นให้แก๊สและฝุ่นเรืองแสงและสว่างขึ้น

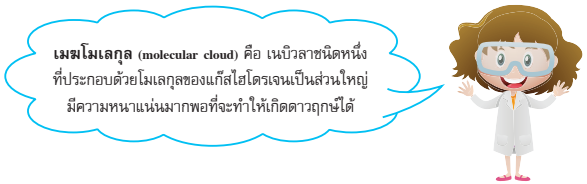
ที่มา : *www.robgendlerastropics.com*

ที่มา : *www.robgendlerastropics.com*

2. เนบิวลาหัวม้า (horse headnebula : IC 434) เป็นเนบิวลามืดซึ่งเกิดจากกลุ่มแก๊สและฝุ่นที่รวมตัวกันหนาทึบจนบดบังแสงดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลัง ทำให้มองเห็นเป็นบริเวณมืด เนบิวลานี้ตั้งอยู่ในทิศทางของกลุ่มดาวนายพราน ห่างจากโลกประมาณ 1,500 ปีแสง เนบิวลามืดเป็นระยะแรกเริ่มของการรวมกลุ่มก้อนแก๊สและฝุ่นที่จะเกิดเป็นดาวฤกษ์ดวงใหม่ต่อไป

3.1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์

วิวัฒนาการของดาวฤกษ์เริ่มต้นขึ้น เมื่อเมฆโมเลกุลที่มีความหนาแน่นยุบตัวลงด้วยแรงโน้มถ่วง ทำให้มีความหนาแน่นมากขึ้นจนกลายเป็นแก๊สที่ร้อนจัดและหมุนเป็นรูปทรงกลม เรียกว่า **ดาวฤกษ์ก่อนเกิด** (protostar)



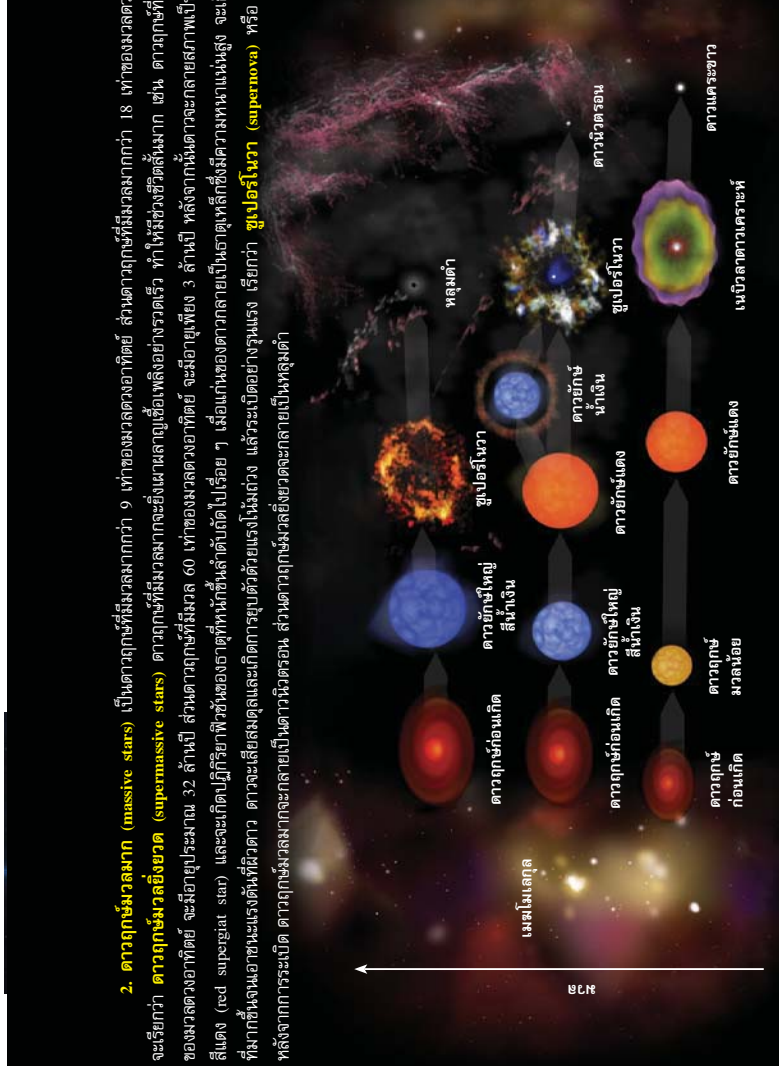
การยุบตัวของดาวฤกษ์ก่อนเกิดจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิบริเวณแก่นของดาวร้อนขึ้น แก๊สและฝุ่นที่อยู่รอบ ๆ อาจยุบตัวรวมกันเป็นดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์นั้น เมื่อบริเวณแก่นของดาวมีอุณหภูมิสูงถึง 15 ล้านเคลวิน จะทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน หลอมนิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนให้กลายเป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม และเกิดเป็นดาวฤกษ์โดยสมบูรณ์ พร้อมทั้งปลดปล่อยพลังงานในรูปของแสงและความร้อนจำนวนมหาศาลออกมา

พลังงานที่ปลดปล่อยจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นของดาวจะทำให้เกิดแรงดันบนผิวดาวที่สมดุลกับแรงโน้มถ่วงของดาวฤกษ์ เรียกว่า **สภาวะสมดุลอุทกสถิต** (hydrostatic equilibrium) ซึ่งทำให้ดาวมีความเสถียรและไม่เกิดการยุบตัวของดาวเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

วิวัฒนาการและอายุของดาวฤกษ์จะขึ้นอยู่กับมวลของดาว โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ดาวฤกษ์มวลน้อย (low mass stars) เป็นดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 0.08 เท่า แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ดาวประเภทนี้จะเผาผลาญเชื้อเพลิงอย่างช้า ๆ ซึ่งอาจมีอายุยาวนานถึง 1,000–10,000 ล้านปี เมื่อเชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมดลง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันของธาตุไฮโดรเจนที่แก่นของดาวสิ้นสุดลง แก่นฮีเลียมและเปลือกของดาวที่เป็นไฮโดรเจนจะยุบตัว เกิดการเผาผลาญไฮโดรเจนรอบแก่น ดาวจะขยายขนาดขึ้นเป็น **ดาวยักษ์แดง** (red giant star) เมื่อแก่นดาวร้อนขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึง 100 ล้านเคลวิน ฮีเลียมที่แก่นดาวจะเริ่มเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ อุณหภูมิของดาวจะสูงขึ้นก่อนจะขยายตัวเป็น **ดาวยักษ์ใหญ่สีแดง** (red supergiant star) เมื่อแก่นของดาวกลายเป็นธาตุหนัก (สำหรับดาวฤกษ์มวลใกล้เคียงดวงอาทิตย์จะเป็นธาตุคาร์บอน) ดาวจะเสียสมดุล ทำให้เปลือกดาวขยายตัวออกไปเป็น **เนบิวลาดาวเคราะห์** (planetary nebula) ขณะที่แก่นของดาวจะยุบตัวลงกลายเป็นดาวแคระขาวที่มีอุณหภูมิสูง (เนื้อของดาวแคระขาว 1 ช้อนชามีน้ำหนักเท่ากับสสาร 5.5 ตัน บนโลก) โดยแผ่รังสีในช่วงอัลตราไวโอเลตออกมา จากนั้นดาวจะค่อย ๆ เย็นตัวลงจนมืดและดับไป

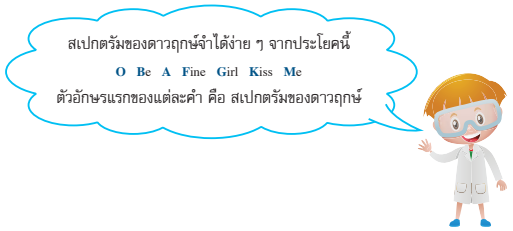
รูปที่ 1.18 *เนบิวลาดาวเคราะห์ NGC 7293*
ที่มา : *www.eso.org*



3.2 สี อุณหภูมิ และอายุของดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสีที่แตกต่างกัน ซึ่งสีของดาวมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอายุของดาวฤกษ์ โดยทั่วไปดาวฤกษ์มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกช่วงความยาวคลื่น แต่สีของดาวฤกษ์ที่ปรากฏให้เห็นนั้นจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่แผ่ออกมามากที่สุด โดยดาวฤกษ์มวลมากจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่ช่วงความยาวคลื่นสั้น และดาวฤกษ์มวลน้อยจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่ช่วงความยาวคลื่นยาว การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกันทำให้สีของดาวแตกต่างกันและบอกอุณหภูมิพื้นผิวของดาวได้

การศึกษาสเปกตรัมของดาวจะทำให้ทราบถึงสมบัติต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ นักดาราศาสตร์แบ่งสเปกตรัมของดาวฤกษ์ตามอุณหภูมิพื้นผิวและสีของดาวออกเป็น 7 ชนิด ได้แก่ O, B, A, F, G, K และ M

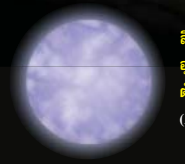


ดาวฤกษ์มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ในช่วงที่ดาวฤกษ์อยู่บนแถบลำดับหลัก (main sequence) สีของดาวจะค่อนข้างคงที่ เมื่อดาวมีอายุมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของดาว ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของดาวเปลี่ยนแปลง สีของดาวจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วย

สำหรับดาวฤกษ์มวลมากจะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นดาวได้มาก ผิวดาวจึงมีอุณหภูมิสูงและแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงความยาวคลื่นสั้นออกมามากกว่าความยาวคลื่นช่วงอื่น ๆ ทำให้มีสีน้ำเงินหรือสีขาว เมื่อดาวมีอายุมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน ดาวจะเข้าสู่สภาพดาวยักษ์และมีอุณหภูมิพื้นผิวลดลง ทำให้สีของดาวเปลี่ยนเป็นสีแดง

ส่วนดาวฤกษ์มวลน้อยจะปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันได้น้อยกว่าดาวฤกษ์มวลมาก ผิวดาวจึงมีอุณหภูมิต่ำและแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ช่วงความยาวคลื่นยาวออกมามากกว่าความยาวคลื่นช่วงอื่น ๆ ทำให้มีสีเหลืองหรือสีส้ม เมื่อดาวมีอายุมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นดาวยักษ์แดงทำให้มีสีแดง แต่อย่างไรก็ตามดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยมาก ๆ แม้อยู่ในช่วงอายุน้อยก็มีสีแดงได้เช่นกัน

สเปกตรัมของดาวฤกษ์



O

สี : น้ำเงิน
อุณหภูมิ : 28,000–50,000 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวอัลนิแทก (Alnitak) ดาวมินทากา (Mintaka)

B

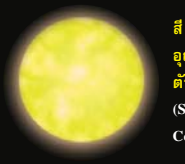
สี : ฟ้า
อุณหภูมิ : 10,000–28,000 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวไรเจล (Rigel) ดาวอะเคอร์นา (Achernar) ดาวรวงข้าว (Spica)

A

สี : ขาว
อุณหภูมิ : 7,500–10,000 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวเวกา (Vega) ดาวซีริอัส (Sirius) ดาวหางหงส์ (Deneb)

F

สี : ขาวเหลือง
อุณหภูมิ : 6,000–7,500 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวคาโนพัส (canopus) ดาวโพรซีออน (Procyon)

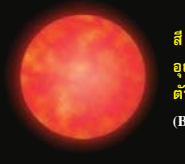


G

สี : เหลือง
อุณหภูมิ : 5,000–6,000 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดวงอาทิตย์ (Sun) ดาวแอลฟาเซนเทารี (Alpha Centauri) ดาวคาเพลลา (Capella)

K

สี : ส้ม
อุณหภูมิ : 3,500–5,000 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวดวงแก้ว (Arcturus) ดาวโรหิณี (Aldebaran)



M

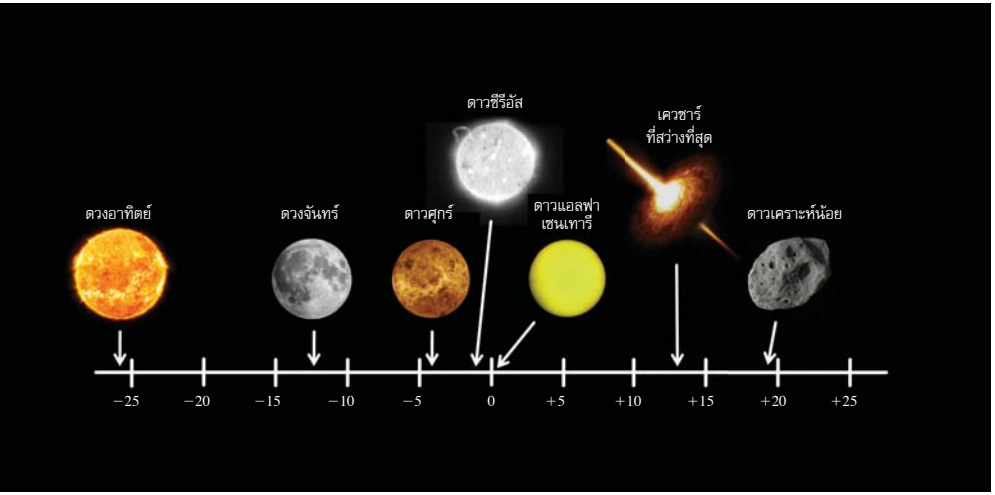
สี : แดง
อุณหภูมิ : 2,500–3,500 K
ตัวอย่างดาวฤกษ์ : ดาวบีเทลจูส (Betelgeuse) ดาวปาริชาต (Antares)

3.3 ความสว่างของดาวฤกษ์

ความสว่างของดาวฤกษ์และวัตถุต่าง ๆ บนท้องฟ้านั้นมีค่าไม่เท่ากัน ความสว่างปรากฏของวัตถุท้องฟ้าที่สังเกตได้บนโลกขึ้นอยู่กับระยะห่างและความสว่างจริงของวัตถุ โดยวัดเป็นค่า **อันดับความสว่าง** หรือ **โชติมาตร (magnitude)** ซึ่งดวงดาวที่มีความสว่างมากจะมีค่าอันดับความสว่างน้อย ส่วนดวงดาวที่มีความสว่างน้อยจะมีค่าอันดับความสว่างมาก

นักดาราศาสตร์ได้กำหนดให้ดาวที่มีอันดับความสว่าง 1 สว่างกว่าดาวที่มีอันดับความสว่าง 6 อยู่ 100 เท่า ดังนั้น ดาวที่มีอันดับความสว่างแตกต่างกัน 1 จะสว่างแตกต่างกันอยู่ $\sqrt[5]{100}$ เท่า หรือประมาณ 2.5 เท่า หมายความว่า ดาวที่มีอันดับความสว่าง 1 จะสว่างกว่าดาวที่มีอันดับความสว่าง 2 อยู่ประมาณ 2.5 เท่า ส่วนดาวที่มีอันดับความสว่าง 2 จะสว่างกว่าดาวที่มีอันดับความสว่าง 3 อยู่ประมาณ 2.5 เท่า เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดบนท้องฟ้า คือ ดาวซีรีอัส มีอันดับความสว่างประมาณ −1.5 ดวงอาทิตย์มีอันดับความสว่าง −26.7 ดวงจันทร์เต็มดวงมีอันดับความสว่าง −12.6 ดาวเหนือมีอันดับความสว่างประมาณ 2 ดาวศุกร์ช่วงที่สว่างที่สุดมีอันดับความสว่าง −4.5 ดาวยูเรนัสเป็นดาวเคราะห์ที่สว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีอันดับความสว่าง 5.7 ดาวพลูโตมีอันดับความสว่าง 15



รูปที่ 1.20 *อันดับความสว่างปรากฏของวัตถุต่าง ๆ ในอวกาศ*

ที่มา : *คลังภาพของแม็คเอ็ดดูเคชั่น*

กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.3

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ดาวฤกษ์มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. หากดาวฤกษ์ก่อนเกิดมีมวลน้อยกว่า 0.08 เท่าของดวงอาทิตย์ จะเกิดเป็นดาวฤกษ์ได้หรือไม่ อย่างไร
3. จุดจบของดาวฤกษ์มวลน้อยและดาวฤกษ์มวลมากแตกต่างกันอย่างไร
4. สีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับอายุของดาวฤกษ์อย่างไร
5. ถ้าดาวเหนือมีโชติมาตรเท่ากับ 2 ส่วนดาวศุกร์มีโชติมาตรเท่ากับ −4 ดาวดวงใดมีความสว่างมากกว่า

4. ระบบสุริยะ

แนวคิดสำคัญ

ระบบสุริยะมีดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลาง ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ 4,600 ล้านปีก่อน โดยเนบิวลาสุริยะเกิดการยุบตัวเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและเริ่มหมุนรอบตัวเอง แก๊สและฝุ่นกระจายตัวออกรอบแกนหมุนจนมีรูปร่างเหมือนจานแบน บริเวณใจกลางเกิดเป็นดวงอาทิตย์ มวลส่วนที่เหลือรอบ ๆ ดวงอาทิตย์เกิดเป็นดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง และวัตถุต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์

ระบบสุริยะ (solar system) เป็นส่วนหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก มีดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลาง ซึ่งมีอิทธิพลต่อระบบสุริยะมาก เนื่องจากเป็นวัตถุที่มีมวลมากที่สุดในระบบสุริยะจนอาจกล่าวได้ว่า มวลทั้งหมดของระบบสุริยะก็คือมวลของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งของระบบสุริยะนั้นตั้งอยู่บนแขนข้างหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก ดังรูปที่ 1.21 ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกประมาณ 8,500 พาร์เซก หรือ 30,000 ปีแสง ซึ่งจัดว่าอยู่ในบริเวณที่มีความหนาแน่นของวัตถุต่าง ๆ ในกาแล็กซีค่อนข้างต่ำ

รูปที่ 1.21 *ตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก*

ที่มา : *www.astrosurf.com*

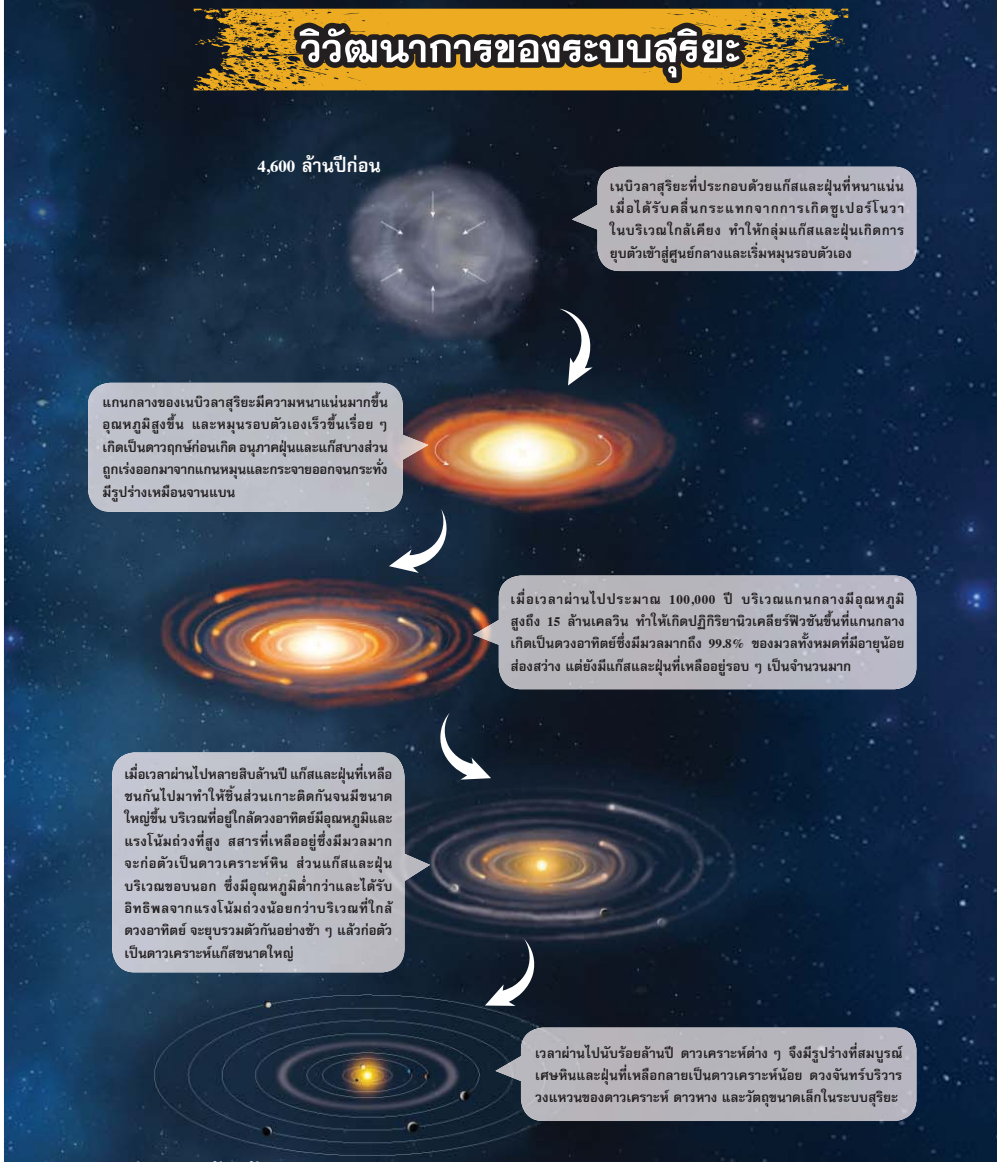
4.1 วิวัฒนาการของระบบสุริยะ

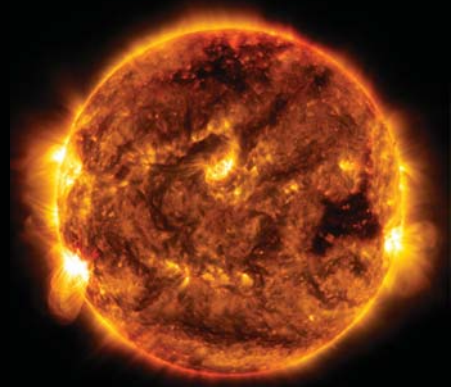
ระบบสุริยะก่อกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีก่อน การกำเนิดระบบสุริยะสามารถอธิบายได้โดยใช้ **สมมติฐานเนบิวลา (Nebula hypothesis)** ซึ่งอิมมานูเอล คานต์ (Immanuel Kant) และปีแอร์-ซีมง มากีร์ เดอ ลาพลาส (Pierre-Simon, marquis de Laplace) ได้เสนอไว้ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18

รูปที่ 1.22 อิมมานูเอล คานต์ (ซ้าย) และ ปีแอร์-ซีมง มากีร์ เดอ ลาพลาส (ขวา)

ที่มา : *cambridge.org*

ระบบสุริยะเริ่มต้นขึ้นเมื่อเมฆโมเลกุลขนาดยักษ์ที่เรียกว่า **เนบิวลาสุริยะ (solar nebula)** ซึ่งประกอบด้วยแก๊สและฝุ่นที่หนาแน่น ได้รับคลื่นกระแทกจากการเกิดซูเปอร์โนวาบริเวณใกล้เคียง ทำให้แก๊สและฝุ่นเกิดการยุบตัวเนื่องจากแรงโน้มถ่วงภายในเมฆโมเลกุลและเริ่มหมุนรอบตัวเอง บริเวณแก่นกลางของเมฆโมเลกุลที่ยุบตัวนั้นจะมีความหนาแน่นมากขึ้น มีอุณหภูมิสูงขึ้น และหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้น ทำให้แก๊สและฝุ่นโดยรอบกระจายตัวออกรอบแกนหมุนจนมีรูปร่างเหมือนจานแบน บริเวณแก่นกลางที่มีความหนาแน่นสูงจะเกิดเป็นดวงอาทิตย์ ซึ่งมีมวลมากถึงร้อยละ 99 ของมวลทั้งหมดในระบบสุริยะ มวลส่วนที่เหลือนั้นจะเกิดเป็นดาวเคราะห์และวัตถุต่าง ๆ ในระบบสุริยะ ซึ่งเป็นดาวบริวารที่โคจรรอบดวงอาทิตย์





4.2 ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลางของระบบสุริยะ มีดาวเคราะห์จำนวน 8 ดวง ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย และดาวหางเป็นบริวารโคจรอยู่รอบ ๆ ดวงอาทิตย์ ข้อมูลทั่วไปของดวงอาทิตย์แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลทั่วไปของดวงอาทิตย์

สมบัติ	รายละเอียด
อายุ	4,600 ล้านปี
ชนิดสเปกตรัม	G2V
อุณหภูมิยังผล	5,770 องศาเซลเซียส
รัศมี	6.955×10^{5} กิโลเมตร หรือ 109 เท่าของโลก
มวล	1.989×10^{30} กิโลกรัม หรือ 333,000 เท่าของโลก
ปริมาตร	1.409×10^{18} ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,300,000 เท่าของโลก
ความหนาแน่น	1.409 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 0.256 เท่าของโลก
ความโน้มถ่วง	274.0 เมตรต่อวินาที^{2} หรือ 27.96 เท่าของโลก
คาบการหมุน	ที่เส้นศูนย์สูตร 25 วัน ที่ขั้ว 35 วัน
องค์ประกอบของดาว	ไฮโดรเจน 92.1% ฮีเลียม 7.8%
ระยะห่างจากโลก	149.6 ล้านกิโลเมตร หรือ 1 หน่วยดาราศาสตร์
ระยะห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซี	26,000 ปีแสง
คาบการโคจรรอบกาแล็กซี	230 ล้านปี
อัตราเร็ววงโคจรรอบกาแล็กซี	720,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ที่มา : *solarsystem.nasa.gov*

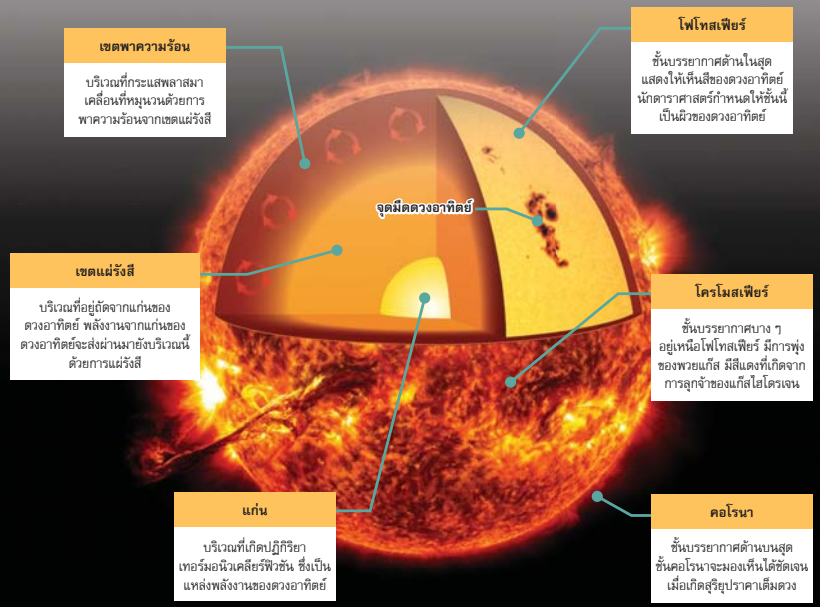
ดวงอาทิตย์เป็นก้อนพลาสมาขนาดใหญ่และไม่มีส่วนที่เป็นของแข็ง จึงทำให้อัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเองแต่ละบริเวณมีค่าไม่เท่ากัน จากข้อมูลในตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า คาบการหมุนบริเวณเส้นศูนย์สูตรน้อยกว่าที่ขั้ว อัตราเร็วในการหมุนบริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงเร็วกว่าที่ขั้ว และเมื่อสังเกตดวงอาทิตย์จากโลก คาบการหมุนของดวงอาทิตย์จะมีค่า 28 วัน ซึ่งมากกว่าค่าจริงคือ 25 วัน เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ไปในทิศทางเดียวกันกับการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ เมื่อสังเกตจากโลกจึงทำให้เห็นว่าดวงอาทิตย์นั้นหมุนรอบตัวเองช้ากว่าความเป็นจริง

ดวงอาทิตย์มีสเปกตรัมชนิด G2V ซึ่งค่า G2 หมายถึง ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิยังผลประมาณ 5,770 องศาเซลเซียส และมีสีเหลือง ส่วนค่า V (เลข 5) หมายถึง ดวงอาทิตย์อยู่ในแถบลำดับหลัก

โครงสร้างและชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์

นักวิทยาศาสตร์แบ่งโครงสร้างของดวงอาทิตย์ออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. **โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์** แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ แก่น (core) เขตแผ่รังสี (radiative zone) และเขตพาความร้อน (convection zone)
2. **ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์** แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ โฟโทสเฟียร์ (photosphere) โครโมสเฟียร์ (chromosphere) และคอโรนา (corona)



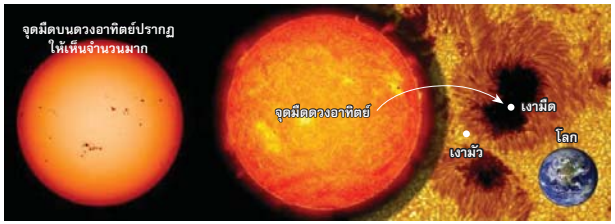
รูปที่ 1.23 *โครงสร้างของดวงอาทิตย์*

ที่มา : *spaceplace.nasa.gov*

ปฏิกิริยานิวเคลียร์บนดวงอาทิตย์จะเผาผลาญไฮโดรเจนเปลี่ยนเป็นพลังงาน หากคำนวณปริมาณธาตุไฮโดรเจนที่ลดลงจะพบว่า ดวงอาทิตย์จะมีอายุต่อไปได้อีกประมาณ 5,000 ล้านปี แล้วจะเข้าสู่วาระสุดท้ายโดยกลายสภาพเป็นดาวยักษ์แดง หลังจากนั้นอุณหภูมิจากปฏิกิริยาการหลอมฮีเลียมที่เพิ่มและลดสลับกันภายในแก่นของดาว จะทำให้ผิวดวงอาทิตย์หลุดออกและกลายเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ก่อนจะสลายไปในอวกาศ ส่วนแก่นของดาวซึ่งเป็นธาตุคาร์บอนที่เหลืออยู่ก็จะกลายเป็นดาวแคระขาว

ความรู้เพิ่มเติม

จุดมืดดวงอาทิตย์ (sunspot) เป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กความเข้มสูงและมีรังสีแผ่ออกมาน้อยในชั้นโฟโทสเฟียร์ มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่รอบ ๆ จึงปรากฏเป็นบริเวณมืด มักมีขนาดใหญ่กว่าโลกและมีความผันแปรตลอด บริเวณใจกลางจะมืดกว่าบริเวณรอบ ๆ เรียกว่า **เงามืด (umbra)** มีอุณหภูมิประมาณ 4,000 เคลวิน ส่วนบริเวณรอบ ๆ นอกเขตเงามืดที่ไม่มืดมาก เรียกว่า **เงามัว (penumbra)** มีอุณหภูมิประมาณ 5,500 เคลวิน จุดมืดดวงอาทิตย์เกิดจากความแปรปรวนของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ เนื่องจากดวงอาทิตย์มีอัตราเร็วในการหมุนรอบตัวเองแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน โดยบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีอัตราเร็วมากกว่าบริเวณขั้วของดวงอาทิตย์ จึงทำให้เส้นสนามแม่เหล็กที่ห่อหุ้มดวงอาทิตย์ไว้มีความบิดเบี้ยว ซึ่งบางครั้งอาจปลดปล่อยพลังงานในรูปของแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาอย่างรุนแรง เรียกว่า **เปลวสุริยะ (solar flare)**



ที่มา : *คลังภาพของแม็คเอ็ดดูเคชั่น*

ลมสุริยะและพายุสุริยะ

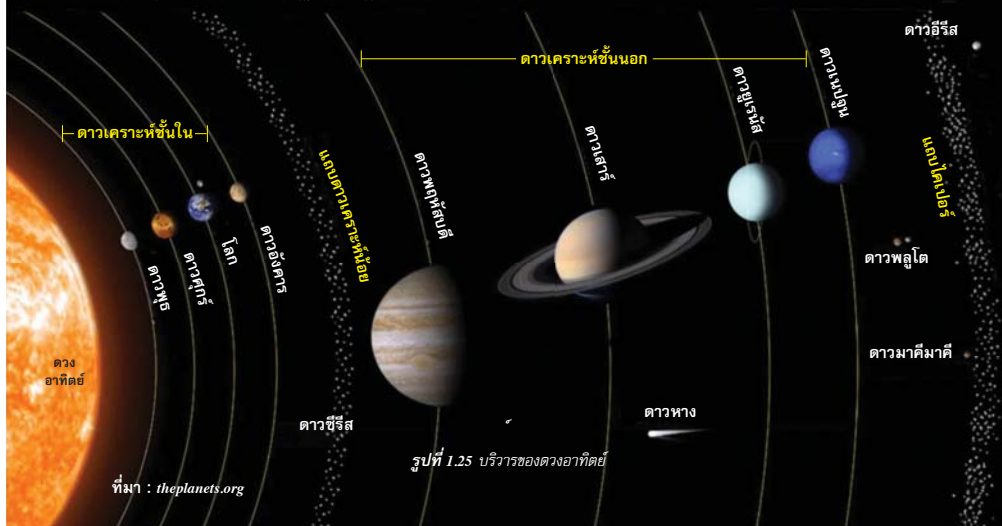
ลมสุริยะ (solar wind) เกิดในชั้นคอโรนาซึ่งประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอน โปรตอน และไอออนของธาตุต่าง ๆ ในสถานะพลาสมา คอโรนาจะเกิดการขยายตัวจนกระทั่งทำให้อนุภาคประจุไฟฟ้าหลุดพ้นจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และแผ่ออกไปทุกทิศทาง มักเกิดขึ้นบริเวณขั้วเหนือและขั้วใต้ของดวงอาทิตย์ บริเวณที่มีคอโรนาเบาบาง เรียกว่า **หลุมคอโรนา** เป็นตำแหน่งที่มีลมสุริยะความเร็วสูงและรุนแรง ในขณะที่ลมสุริยะที่เกิดขึ้นบริเวณแนวใกล้ศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์จะมีความเร็วต่ำ ลมสุริยะที่เกิดขึ้นในแนวศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์จะมีความเร็วเริ่มต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 450 กิโลเมตรต่อวินาที หากอนุภาคประจุไฟฟ้าที่พุ่งออกมามีจำนวนมหาศาลและมีความเร็วมากกว่า 800 กิโลเมตรต่อวินาที จะเรียกว่า **พายุสุริยะ (solar storm)** การบ่งชี้ถึงความรุนแรงของพายุสุริยะสามารถทำได้โดยตรวจสอบจำนวนจุดมืดดวงอาทิตย์ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของสนามแม่เหล็ก เมื่อมีจำนวนจุดมืดดวงอาทิตย์มากจะส่งผลให้อนุภาคกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นซึ่งทำให้ความรุนแรงของพายุสุริยะเพิ่มมากขึ้นด้วย

ลมสุริยะส่งผลต่อสนามแม่เหล็กโลกจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ **ออโรรา (aurora)** หรือแสงเหนือแสงใต้ เนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกจะเบี่ยงเบนอนุภาคจากลมสุริยะออกไป แต่มีอนุภาคบางส่วนเคลื่อนที่เข้าสู่บรรยากาศโลกชั้นไอโอโนสเฟียร์บริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าปะทะกับอะตอมของแก๊สในชั้นไอโอโนสเฟียร์ จะส่งผลให้อะตอมของแก๊สคายพลังงานออกมาในรูปของแสง ปรากฏเป็นม่านแสงสีต่าง ๆ บนท้องฟ้าดูสวยงาม ลมสุริยะที่รุนแรงจนเกิดเป็นพายุสุริยะจะส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อาจทำให้ไฟฟ้าดับ การสื่อสารขัดข้อง และวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายได้ นอกจากนี้ ลมสุริยะยังส่งผลต่อดาวหางโดยทำให้หางเกิดการเรืองแสงและชี้ไปยังด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์

รูปที่ 1.24 ปรากฏการณ์ออโรรา
ที่มา : *thegreenfund.com*

บริวารของดวงอาทิตย์

บริวารที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ได้แก่ ดาวเคราะห์ทั้ง 8 ดวง แถบดาวเคราะห์น้อยที่โคจรอยู่ระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี วัตถุในแถบไคเปอร์ และดาวหาง เมื่อแบ่งขอบเขตของระบบสุริยะโดยใช้ลักษณะการเกิดและองค์ประกอบของดาวเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งได้เป็น 5 เขต ดังนี้



รูปที่ 1.25 บริวารของดวงอาทิตย์
ที่มา : *theplanets.org*

1. ดาวเคราะห์ชั้นใน (inner planets) เป็นดาวเคราะห์หิน มีส่วนประกอบหลักเป็นหิน ของแข็ง และธาตุหนัก ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร

2. แถบดาวเคราะห์น้อย (asteroids belt) เป็นวัตถุจำพวกหินหรือโลหะขนาดเล็กที่โคจรอยู่ระหว่างดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี นักดาราศาสตร์เชื่อว่าแถบดาวเคราะห์น้อยเกิดจากวัตถุที่หลงเหลือในช่วงที่ดาวเคราะห์กำลังก่อตัว และไม่สามารถรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากถูกรบกวนด้วยแรงโน้มถ่วงสูงจากดาวพฤหัสบดี วัตถุในแถบดาวเคราะห์น้อยส่วนใหญ่เป็นดาวเคราะห์น้อยและอุกกาบาตขนาดเล็ก โดยทั่วไปดาวเคราะห์น้อยจะมีรูปร่างไม่แน่นอนและเต็มไปด้วยหลุมบ่อ วัตถุขนาดใหญ่ที่สุดในแถบดาวเคราะห์น้อย คือ ดาวซีรีส (ceres) เป็นดาวเคราะห์แคระที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1,000 กิโลเมตร

3. ดาวเคราะห์ชั้นนอก (outer planets) เป็นดาวเคราะห์ขนาดใหญ่ที่มีองค์ประกอบเป็นแก๊ส ได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน

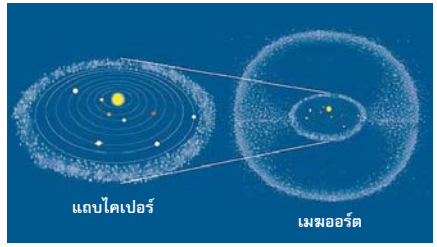
ตารางที่ 1.2 ข้อมูลทั่วไปของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

ดาวเคราะห์	ระยะทางจากดวงอาทิตย์ (ล้านกิโลเมตร)	รัศมีของดาว (กิโลเมตร)	คาบการหมุนรอบตัวเอง	คาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ (วัน)
ดาวพุธ	58	2,440	59 วัน	88
ดาวศุกร์	108	6,052	243 วัน	225
โลก	150	6,371	23.9 ชั่วโมง	365
ดาวอังคาร	228	3,390	24.9 ชั่วโมง	687
ดาวพฤหัสบดี	778	69,911	9.92 ชั่วโมง	4,333
ดาวเสาร์	1,400	58,232	10.7 ชั่วโมง	10,756
ดาวยูเรนัส	2,900	25,362	17.2 ชั่วโมง	30,687
ดาวเนปจูน	4,500	24,622	16.0 ชั่วโมง	60,190

ที่มา : *solarsystem.nasa.gov*

4. แถบไคเปอร์ (Kuiper belt) ประกอบด้วยดาวเคราะห์แคระห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง และวัตถุขนาดเล็ก มีองค์ประกอบหลักเป็นมีเทน แอมโมเนีย และน้ำแข็ง เช่น ดาวพลูโต ดาวอีรีส ดาวหางคาบสั้น

5. เมฆออร์ต (Oort cloud) หรือ **ดงดาวหาง** ระบบสุริยะมีเมฆทรงกลมขนาดใหญ่ห่อหุ้มอยู่ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าเป็นขอบเขตของระบบสุริยะ เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยวัตถุที่เหลือจากการก่อตัวของดาวเคราะห์ เช่น ฝุ่น หิน น้ำแข็ง แอมโมเนีย มีเทน และเป็นแหล่งกำเนิดของดาวหาง มีขนาดประมาณ 1–3 ปีแสง

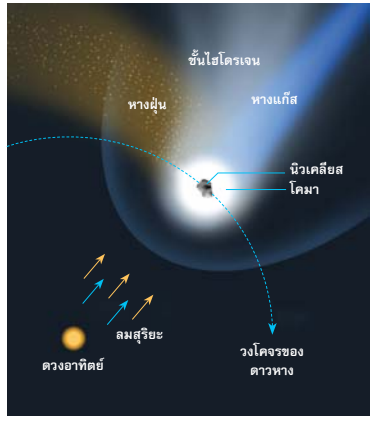


รูปที่ 1.26 *แถบไคเปอร์และเมฆออร์ต*
ที่มา : *www.esa.int*

ความรู้เพิ่มเติม

ดาวหาง (comets) เป็นวัตถุขนาดเล็ก ไม่มีแสงสว่างในตัวเอง ประกอบด้วยเศษฝุ่น หิน ก้อนน้ำแข็งและแก๊สในสถานะของแข็ง มีวงโคจรเป็นวงรีมาก เมื่อโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ ความร้อนและลมสุริยะทำให้ดาวหางขยายตัวสว่างขึ้นและมีหางปรากฏ โครงสร้างของดาวหางประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ดาวหางเฮลล์บอปป์
ที่มา : *www.astroemporda.net*



ส่วนประกอบของดาวหาง
ที่มา : *คลังภาพของแม็คเอ็ดดูเคชั่น*

1. นิวเคลียส (nucleus) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยหิน น้ำแข็ง และแก๊สในสถานะของแข็ง เช่น แอมโมเนีย มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์

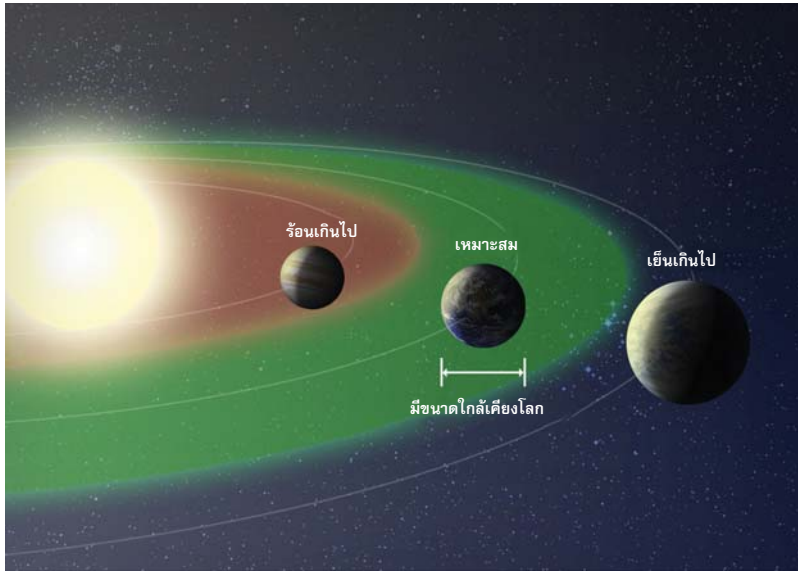
2. โคมา (coma) เป็นแก๊สที่ระเหิดจากนิวเคลียสและห่อหุ้มนิวเคลียสอยู่ เป็นส่วนของดาวหางที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด

3. หางแก๊ส (gas tail) เกิดจากแก๊สที่แตกตัวออกมาจากนิวเคลียสและโคมา ปรากฏเมื่อดาวหางโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ เนื่องจากผลของลมสุริยะ มีลักษณะเป็นแนวตรง เกิดในทิศทางตรงข้ามกับดวงอาทิตย์

4. หางฝุ่น (dust tail) เกิดจากเศษฝุ่นที่หลุดออกมาจากนิวเคลียส มีลักษณะโค้งไปตามวงโคจร สะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี จึงมีความสว่างและเห็นได้ชัดเจนกว่าหางแก๊ส

ดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต

โลกเป็นดาวเคราะห์เพียงดวงเดียวในระบบสุริยะที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากมีน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตขึ้นได้ โลกมีวงโคจรห่างจากดวงอาทิตย์ในระยะเหมาะสม จึงมีอุณหภูมิพื้นผิวที่ไม่ร้อนหรือเย็นจนเกินไป ทำให้น้ำยังคงสถานะของเหลวได้ หากโลกมีวงโคจรอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้น จะได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากเกินไป พื้นผิวโลกอาจมีอุณหภูมิสูงจนทำให้น้ำระเหยออกไปหมด หรือถ้าหากโลกมีวงโคจรไกลจากดวงอาทิตย์มากขึ้น พื้นผิวโลกอาจมีอุณหภูมิต่ำจนทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งได้ ซึ่งบริเวณโดยรอบดาวฤกษ์ที่มีระยะห่างจากดาวฤกษ์ที่เหมาะสมที่ทำให้น้ำยังคงสถานะเป็นของเหลวบนผิวดาวเคราะห์ได้ เรียกว่า **เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต (habitable zone)**

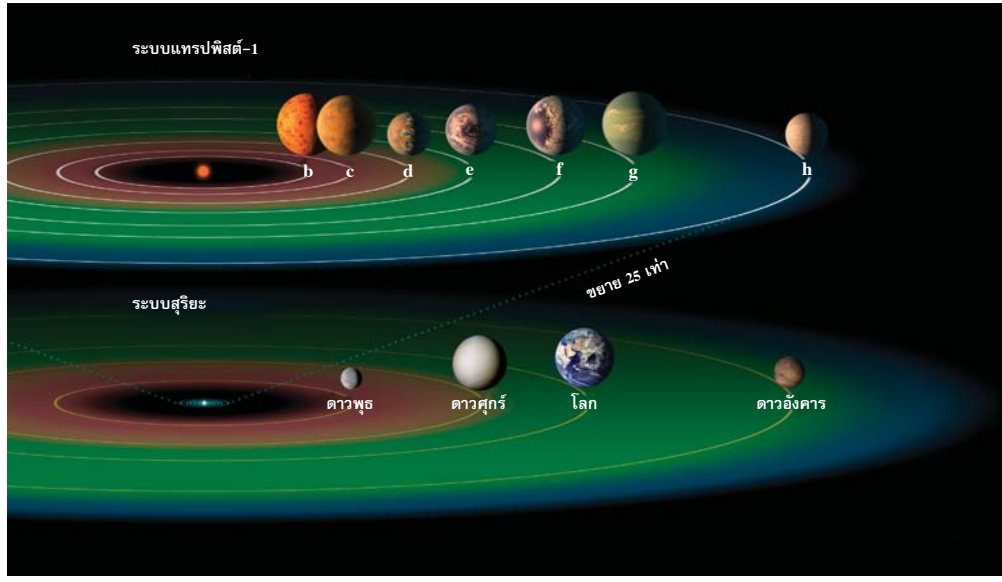


รูปที่ 1.27 *เขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต*

ที่มา : *exoplanets.nasa.gov*

ในเอกภพอันกว้างใหญ่มีกาแล็กซีมากกว่าแสนล้านกาแล็กซี แต่ละกาแล็กซีประกอบด้วยดาวฤกษ์อีกนับแสนล้านดวง นักดาราศาสตร์จึงเชื่อว่าน่าจะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์ดวงอื่นนอกจากโลกของเรา นักดาราศาสตร์จึงพยายามค้นหา **ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (exoplanet)** ที่โคจรรอบดาวฤกษ์และอยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต นักดาราศาสตร์ได้ค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะจำนวนมากกว่า 4,000 ดวง และพบดาวเคราะห์หลายดวงที่มีลักษณะคล้ายโลก เช่น เคปเลอร์-22 เคปเลอร์-62

เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 องค์การนาซาได้ประกาศการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะจำนวน 7 ดวง ที่มีขนาดใกล้เคียงกับโลก โคจรรอบดาวฤกษ์ที่มีชื่อว่า แทรปพิสต์-1 (Trappist-1) ซึ่งเป็นดาวแคระแดงขนาดเล็ก มีมวล 0.08 เท่าของดวงอาทิตย์ นักดาราศาสตร์พบว่า ดาวเคราะห์ในระบบแทรปพิสต์-1 จำนวน 3 ดวง โคจรอยู่ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิตและอาจมีน้ำในสถานะของเหลวอยู่บนผิวดาว ระบบแทรปพิสต์-1 มีขนาดเล็กกว่าระบบสุริยะมาก เมื่อเปรียบเทียบขนาดของระบบแทรปพิสต์-1 กับระบบสุริยะจะมีลักษณะดังรูปที่ 1.28



รูปที่ 1.28 *ขนาดของระบบแทรปพิสต์-1 เปรียบเทียบกับระบบสุริยะ*

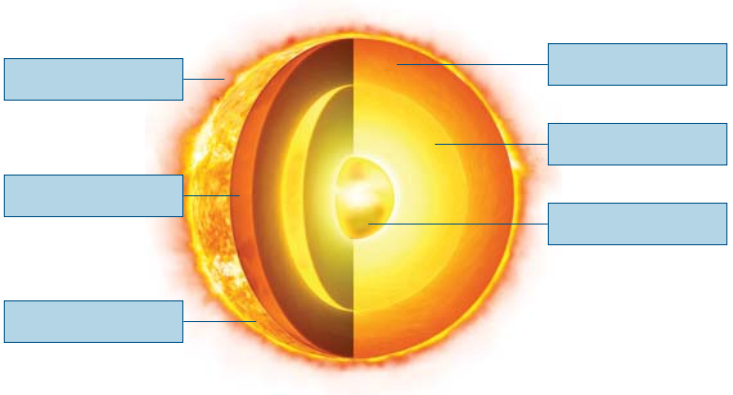
ที่มา : *www.spacetelescope.org*

ปัจจุบัน นักดาราศาสตร์ยังคงศึกษาและค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะต่อไป ซึ่งในอนาคตอาจพบสัญญาณที่บ่งบอกถึงการดำอยู่ของสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์ดวงอื่นนอกโลก

กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.4

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ระบบสุริยะอยู่ที่ตำแหน่งใดของกาแล็กซีทางช้างเผือก
2. ระบบสุริยะเกิดขึ้นได้อย่างไร ให้นักเรียนอธิบายมาพอสังเขป (อาจใช้รูปภาพหรือแผนภาพประกอบการอธิบาย)
3. จากรูปโครงสร้างของดวงอาทิตย์ ให้นักเรียนเติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง



4. ลมสุริยะส่งผลต่อโลกอย่างไรบ้าง
5. ถ้าวงโคจรของโลกอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มากกว่าเดิม 3 เท่า นักเรียนคิดว่าจะมีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้หรือไม่อย่างไร

กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

“ระบบสุริยะ”

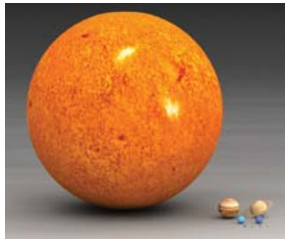
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน และตั้งชื่อกลุ่ม
2. ทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จากหัวข้อที่กำหนดให้
3. การทำกิจกรรมต้องระดมสมองในการสืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำกิจกรรม

หัวข้อที่กำหนด

- **สร้างแบบจำลองระบบสุริยะ**

1. สร้างแบบจำลองดวงดาวลงในกระดาษ สมมุติให้ดวงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร จากนั้นสร้างแบบจำลองดาวเคราะห์อีก 8 ดวง โดยพิจารณามาตราส่วนที่เหมาะสม
2. สร้างแบบจำลองวงโคจรของดาวเคราะห์ลงในกระดาษแผ่นใหญ่ โดยพิจารณาระยะทางของดาวเคราะห์แต่ละดวงแล้วย่อส่วนตามมาตราส่วนที่เหมาะสม
3. ติดดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์จำลองบนกระดาษแผ่นใหญ่ตามตำแหน่งให้ถูกต้อง ดาวที่มีขนาดเล็ก เช่น ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร อาจใช้ปากกาหรือดินสอวาด เนื่องจากมีขนาดเล็กมาก
4. ในการศึกษาด้านดาราศาสตร์ อาจจินตนาการได้ยากว่าดวงดาวต่าง ๆ บนท้องฟ้ามีขนาดใหญ่เพียงไร อยู่ห่างจากโลกเท่าไร แต่ถ้านำข้อมูลขนาดหรือระยะทางของดาวมาย่อส่วนลง แล้วใช้วิธีการเปรียบเทียบกัน อาจทำให้เห็นภาพรวมและจินตนาการได้ง่ายขึ้น



5. หากเปรียบเทียบระยะทางของดาวเคราะห์ทั้ง 8 กับดวงอาทิตย์ จะสามารถจัดกลุ่มดาวเคราะห์จากตำแหน่งของดาวเคราะห์บนแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้

สรุปเรื่องวิวัฒนาการของเอกภพและระบบสุริยะ

Knowledge

เอกภพ

- เอกภพ คือ อวกาศอันกว้างใหญ่ ที่ประกอบด้วยทุกสรรพสิ่งในธรรมชาติ เกิดจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วตามทฤษฎีบิกแบง เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน
- ทฤษฎีบิกแบงมีหลักฐานที่สำคัญสนับสนุน 2 ประการ ได้แก่ การขยายตัวของเอกภพและการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง
- เอ็ดวิน ฮับเบิล อธิบายการขยายตัวของเอกภพโดยศึกษาการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซี และได้เสนอกฎของฮับเบิลไว้ว่า กาแล็กซีกำลังเคลื่อนที่ออกจากกันและมีอัตราเร็วแปรผันตรงกับระยะทางจากโลก
- รังสีไมโครเวฟพื้นหลังเป็นร่องรอยของการเกิดบิกแบง มีอุณหภูมิ 2.725 เคลวิน ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิของเอกภพ ค้นพบโดย อาร์โน เพนเซียส และรอเบิร์ต วิลสัน

กาแล็กซี่

- กาแล็กซี คือ กลุ่มของดาวฤกษ์ เนบิวลา และสสารระหว่างดวงดาวที่ประกอบด้วยแก๊ส ฝุ่น และสสารมืดอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง
- กาแล็กซีแบ่งตามรูปร่างออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ กาแล็กซีรี กาแล็กซีก้นหอย กาแล็กซีก้นหอยมีคาน กาแล็กซีลูกสะบ้า และกาแล็กซีไร้รูปแบบ
- ระบบสุริยะตั้งอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งจัดเป็นกาแล็กซีก้นหอยมีคาน มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยนิวเคลียส จาน และฮาโล

ดาวฤกษ์

- ดาวฤกษ์ คือ ก้อนแก๊สร้อนขนาดใหญ่ มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุไฮโดรเจน พลังงานของดาวฤกษ์เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นของดาว
- ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่รวมกันตั้งแต่ 2 ดวงขึ้นไปด้วยแรงโน้มถ่วง เรียกว่า ระบบดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ 2 ดวงที่โคจรรอบกันและกัน เรียกว่า ดาวคู่ ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก เรียกว่า กระจุกดาว
- ดาวฤกษ์เกิดจากเมฆโมเลกุลที่มีความหนาแน่นยุบตัวลงด้วยแรงโน้มถ่วง เมื่อมีความหนาแน่นมากขึ้นจนกลายเป็นแก๊สที่ร้อนจัดและหมุนเป็นรูปทรงกลม จะเกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด และเมื่อบริเวณแก่นของดาวมีอุณหภูมิสูงถึง 15 ล้านเคลวิน จะทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน หลอมนิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนให้กลายเป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม และเกิดเป็นดาวฤกษ์
- พลังงานที่ปลดปล่อยจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่แก่นของดาวจะทำให้เกิดแรงดันบนผิวดาวที่สมดุลกับแรงโน้มถ่วงของดาวฤกษ์ เรียกว่า สภาวะสมดุลอุทกสถิต

- วิวัฒนาการของดาวฤกษ์จะขึ้นอยู่กับมวลของดาว
  - ดาวฤกษ์มวลน้อย เมื่อเข้าสู่วาระสุดท้ายจะกลายเป็นดาวยักษ์แดง จากนั้นเปลือกนอกของดาวขยายตัวออกไปเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์และแก่นดาวจะกลายเป็นดาวแคระขาว
  - ดาวฤกษ์มวลมาก เมื่อเข้าสู่วาระสุดท้ายจะกลายเป็นดาวยักษ์ใหญ่สีแดง จากนั้นจะเกิดซูเปอร์โนวาทำให้ดาวฤกษ์มวลมากกลายเป็นดาวนิวตรอน ส่วนดาวฤกษ์มวลยิ่งยวดจะกลายเป็นหลุมดำ
- สีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอายุของดาว ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากจะมีอายุสั้น ผิวดาวมีอุณหภูมิสูง จึงมีสีน้ำเงินไปจนถึงสีขาว ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยจะมีอายุยืนยาว ผิวดาวมีอุณหภูมิต่ำ จึงมีสีเหลืองไปจนถึงสีแดง
- ความสว่างปรากฏของวัตถุท้องฟ้าขึ้นอยู่กับระยะห่างและความสว่างจริงของวัตถุ โดยวัดเป็นค่าอันดับความสว่างหรือโชติมาตร

ระบบสุริยะ

- ระบบสุริยะมีดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลางซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ 4,600 ล้านปีก่อน
- ระบบสุริยะมีตำแหน่งอยู่บนแขนข้างหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก ห่างจากจุดศูนย์กลางของกาแล็กซีประมาณ 8,500–30,000 ปีแสง
- ระบบสุริยะเริ่มต้นขึ้นเมื่อเนบิวลาสุริยะเกิดการยุบตัวเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและเริ่มหมุนรอบตัวเอง แก๊สและฝุ่นกระจายตัวออกรอบแกนหมุนจนมีรูปร่างเหมือนจานแบน บริเวณใจกลางเกิดเป็นดวงอาทิตย์ มวลส่วนที่เหลือรอบ ๆ ดวงอาทิตย์เกิดเป็นดาวบริวารโคจรรอบดวงอาทิตย์
- โครงสร้างของดวงอาทิตย์ออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้
  1. โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ แก่น เขตแผ่รังสี และเขตพาความร้อน
  2. ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ โฟโทสเฟียร์ โครโมสเฟียร์ และคอโรนา
- ลมสุริยะเกิดในชั้นคอโรนาซึ่งประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอน โปรตอน และไอออนของธาตุต่าง ๆ ในสถานะพลาสมา ซึ่งส่งผลต่อสนามแม่เหล็กโลกจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ออโรราหรือแสงเหนือแสงใต้ และยังส่งผลให้หางของดาวหางเกิดการเรืองแสงและชี้ไปยังด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์
- ลมสุริยะที่รุนแรงจนเกิดเป็นพายุสุริยะจะส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อาจทำให้ไฟฟ้าดับ การสื่อสารขัดข้อง และวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายได้
- เมื่อแบ่งขอบเขตของระบบสุริยะโดยใช้ลักษณะการเกิดและองค์ประกอบของดาวเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งได้เป็น 5 เขต ได้แก่ ดาวเคราะห์ชั้นใน แถบดาวเคราะห์น้อย ดาวเคราะห์ชั้นนอก แถบไคเปอร์ และเมฆออร์ต
- โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่มีสิ่งมีชีวิต เพราะโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเขตที่เอื้อต่อการมีสิ่งมีชีวิต มีอุณหภูมิเหมาะสม และสามารถเกิดน้ำที่ยังคงสถานะเป็นของเหลวได้

Process

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพด้วยทฤษฎีบิกแบง รวมถึงหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
2. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซี ทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ
3. อธิบายกระบวนการเกิดและลำดับวิวัฒนาการดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
4. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
5. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
6. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะ

Attribute

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้

1. “เอกภพเกิดขึ้นจากการระเบิด” นักเรียนคิดว่าแนวความคิดนี้มีความน่าเชื่อถือมากหรือน้อยอย่างไร
2. นักวิทยาศาสตร์ที่พบว่าเอกภพมีการขยายตัวอยู่ตลอดเวลาคือใครและทราบได้อย่างไร
3. รังสีไมโครเวฟพื้นหลังคืออะไร ถูกค้นพบได้อย่างไร
4. หากนักเรียนสังเกตกาแล็กซีที่กำลังเคลื่อนที่ตามการขยายตัวของเอกภพจากโลกจะมีความแตกต่างจากการสังเกตที่กาแล็กซีอื่นหรือไม่ อย่างไร
5. ให้นักเรียนยกตัวอย่างกาแล็กซีมาอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง พร้อมระบุประเภทของกาแล็กซี
6. กาแล็กซีทางช้างเผือกจัดอยู่ในกาแล็กซีประเภทใด
7. ดวงดาวบนท้องฟ้าที่สังเกตเห็นในยามค่ำคืนของทุกวันนี้คือสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด
8. ระบบสุริยะอยู่บริเวณใดของกาแล็กซีทางช้างเผือก
9. เนบิวลามีความสำคัญอย่างไร
10. ความเสถียรและสมดุลของดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร
11. เหตุใดดาวฤกษ์มวลมากจึงมีอายุสั้น
12. ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยจะมีสี อุณหภูมิ และช่วงชีวิตเป็นอย่างไร
13. เมื่อมองดาวจากบนโลกแล้วพบว่ามีดาว 2 ดวงที่สว่างเท่ากัน ในความเป็นจริงแล้วดาวทั้ง 2 ดวงสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
14. นักเรียนคิดว่า ถ้าดาวพฤหัสบดีมีมวลมากกว่า 0.08 เท่าของดวงอาทิตย์ ระบบสุริยะจะแตกต่างจากปัจจุบันหรือไม่ อย่างไร
15. ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่นักดาราศาสตร์ให้ความสนใจนั้นมีลักษณะอย่างไร