

วิทยาศาสตร์ โลกและอวกาศ

ม. 6

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



ผู้เรียบเรียง

กฤษณ์ วันอินทร์ และคณะ

115.-

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

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

ผู้เรียบเรียง	ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
	ผศ. ดร.สมฤดี ลักการเวช
	พงศกร จิราภรณ์คู่ปต์
ผู้ตรวจ	รศ. ดร.ไกรสร คำมา
	ผศ. วสุมดี เนียมนาค
	ผศ. มาลี สุทธิโอภาส
บรรณาธิการ	ศ. ดร.มนตรี ชูวงศ์

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

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

ผู้เรียบเรียง ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
ผศ. ดร.สมฤดี สักการเวช
พงศกร จิวภรณ์คุปต์

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

บรรณาธิการ ศ. ดร.มนตรี ชูวงศ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

กฤษณ์ วันอินทร์

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.—กรุงเทพฯ : แม็คเ็ดดูเคชั่น, 2569.

232 หน้า

1. วิทยาศาสตร์ — การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา). I. สมฤดี สักการเวช, ผู้แต่งร่วม. II. พงศกร จิวภรณ์คุปต์, ผู้แต่งร่วม. III. ชื่อเรื่อง.

507

ISBN 978-616-345-331-0

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 7,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : กุมภาพันธ 2569

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

MAC EDUCATION

ส่งชานนิต์สั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : หจก. ซี แอนด์เอ็น บั๊ค

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้แกนกลาง กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา การเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ และมุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาสมรรถนะหลักที่สำคัญต่อการใช้ชีวิต นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 6 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุตัวชี้วัดชั้นปี มีภาพและคำถามเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) บทสรุปเนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขออภัยและขอคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

คำชี้แจง

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้พัฒนาและปรับปรุงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ทุกประการ และให้สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศในมิติ ด้านทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579

หนังสือเล่มนี้ได้นำเสนอเนื้อหาตาม **กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)** เน้นการบูรณาการสาระการเรียนรู้กับทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ แต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมีคำถามนำเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เน้นย้ำด้วยแนวคิดสำคัญของหัวข้อหลักให้ทราบถึงสิ่งที่เป็ความรู้และความคิดที่เป็นแก่นสำคัญ ผักฝนทักษะและความเชี่ยวชาญด้วยกิจกรรมตามธรรมชาติวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่คงทน มีการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ โดยสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ซึ่งสัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา ในท้ายหน่วยการเรียนรู้จะมีสรุปสำหรับทบทวนองค์ความรู้ทั้งหมด และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมด้วยกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายสำคัญของหนังสือนี้ ผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน ในส่วนของเนื้อหาเพิ่มเติมมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ ทั้งนี้มีสัญลักษณ์   ให้ใช้สาร์ตโฟนสแกน QR Code เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น



คำถามนำเข้าสู่บทเรียน

คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ



แนวคิดสำคัญ

เนื้อหาสำคัญในแต่ละเรื่องหรือหัวข้อทำให้ผู้เรียนจดจำหรือเข้าใจอย่างลึกซึ้ง



MAC iLink (Digital Contents)

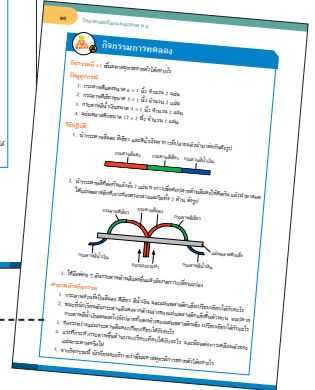
เนื้อหาเสริมจากบทเรียนในรูปแบบของ Digital Contents ผ่านการสแกน QR Code ให้ใช้สมาร์ตโฟน หรือผ่านเว็บไซต์ MACeducation.com เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น





กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้

กิจกรรมออกแบบมาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหาในแต่ละเรื่องของผู้เรียน



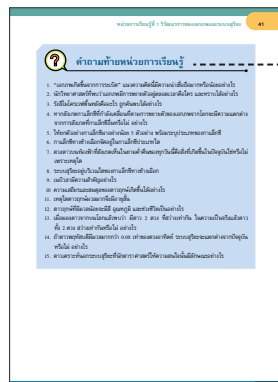
กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

กิจกรรมบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ โดยนำมาสร้างผลงานที่มีคุณภาพและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เพื่อให้เกิดประโยชน์และพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21



คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้

คำถามที่เน้นทักษะกระบวนการคิดเพื่อตรวจสอบความรู้รอบยอดของผู้เรียนให้เป็นไปตามแนวคิดสำคัญ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง



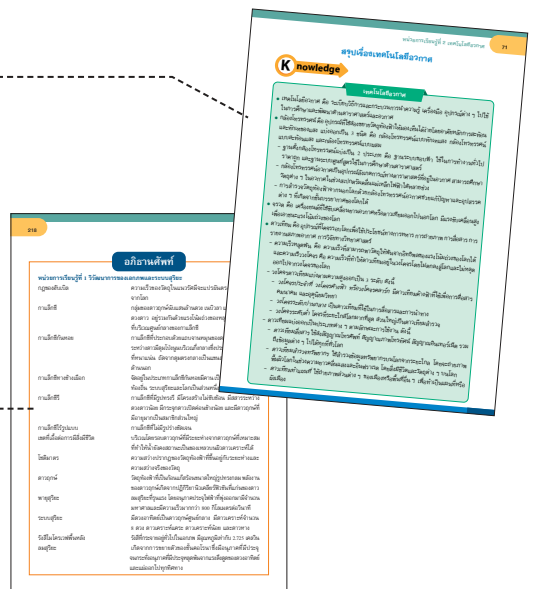
สรุป

การสรุปองค์ความรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะกระบวนการ (Process) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attribute)



อภิธานศัพท์

คำสำคัญ คำศัพท์ยาก หรือคำค้นที่สัมพันธ์กับเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ต่างๆ โดยจะมีการอธิบายความหมายหรือให้คำจำกัดความ



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	24
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	42
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีอวกาศ	43
(ว 3.1 ม.6/10)	
1. เทคโนโลยีอวกาศ	45
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	74
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของธรณีภาค	75
(ว 3.2 ม.6/1, 2 และ 3)	
1. โครงสร้างโลก	77
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	84
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	106
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ธรณีพิบัติภัย	107
(ว 3.2 ม.6/4, 5 และ 6)	
1. ภูเขาไฟ	109
2. แผ่นดินไหว	121
3. สึนามิ	136
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	144

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 บรรยากาศและสมดุลพลังงานของโลก	145
(ว 3.2 ม.6/7 และ 13)	
1. องค์ประกอบของอากาศและชั้นบรรยากาศ	147
2. พลังงานจากดวงอาทิตย์และโลก	150
3. สมดุลพลังงานของโลก	160
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	167
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การหมุนเวียนของน้ำและอากาศบนโลก	168
(ว 3.2 ม.6/8, 9, 10, 11, 12 และ 14)	
1. การหมุนเวียนของอากาศบนโลก	170
2. การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร	183
3. แผนที่อากาศ	197
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	205
บรรณานุกรม	207
อภิธานศัพท์	218

หน่วยการเรียนรู้ที่

1

ที่มา : คลังภาพของ NASA แม็กนีตูดไคซีน จก.



วิวัฒนาการของเอกภพ และระบบสุริยะ

สาระการเรียนรู้

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

ตัวชี้วัดชั้นปี

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

สิ่งมีชีวิต โลก ดวงดาวบนท้องฟ้า
กาแล็กซีต่าง ๆ ล้วนเป็นส่วนหนึ่งของเอกภพ
เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไร



มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่บนโลกซึ่งเป็นส่วนเล็ก ๆ ในเอกภพอันกว้างใหญ่ แม้ว่ามนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกจะมีลักษณะแตกต่างจากดวงดาวในอวกาศอย่างสิ้นเชิง แต่แท้จริงแล้วทุกสรรพสิ่งในเอกภพล้วนถือกำเนิดมาจากจุดเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า เอกภพและเวลาเริ่มต้นขึ้นจากจุดเล็ก ๆ ที่มีความร้อนและความหนาแน่นสูงมาก 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 ห้วงอวกาศอันกว้าง

ใหญ่ไพศาล ซึ่งประกอบด้วยกาแล็กซีที่มีดวงดาวอยู่ร่วมกันนับแสนล้านดวง เนบิวลา หลุมดำ รวมถึงที่ว่างระหว่างดวงดาว เอกภพมีความหมายตรงตัวว่าโลกที่เป็นหนึ่งเดียว นั่นหมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างในธรรมชาติล้วนเป็นหนึ่งเดียวกันหรือมีต้นกำเนิดจากสิ่งเดียวกันนั่นเอง เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไรนั้นยังไม่มีคำตอบที่แน่ชัด แต่นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่า เอกภพเกิดขึ้นจากการขยายตัวของจุดเล็ก ๆ ที่มีความร้อนและความหนาแน่นสูง เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน

รูปที่ 1.1 ดวงดาวและกาแล็กซีในเอกภพ

ที่มา : คลังภาพของ บ. แม็คเอ็ดดูเคชั่น จก.

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

ลองทำดู

ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีอื่น ๆ ที่ใช้อธิบายการเกิดเอกภพ แล้วร่วมกันอภิปรายว่าทฤษฎีนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ แต่ละทฤษฎีมีรายละเอียดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

1.1 ทฤษฎีบิกแบง

ทฤษฎีบิกแบง (big bang theory) เสนอโดยฌอร์ฌ เลอเมตร์ (Georges Lemaître) นักดาราศาสตร์ชาวเบลเยียม เมื่อ พ.ศ. 2470 โดยมีแนวคิดที่ว่า เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน จุดเริ่มต้นของเวลาและเอกภพกำเนิดขึ้นจากจุดเล็ก ๆ ที่มีสภาวะร้อนจัดและมีความหนาแน่นสูงมากเกิดการขยายตัว เมื่อเวลาผ่านไป เอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารต่าง ๆ เกิดกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลก

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



รูปที่ 1.2 ฌอร์ฌ เลอเมตร์

ที่มา : ESA. (2014, 16 April). ATV Georges Lemaître. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2014/04/ATV_Georges_Lemaître

หลังจากนั้นใน พ.ศ. 2472 เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) ได้สังเกตว่า กาแล็กซีส่วนใหญ่กำลังเคลื่อนที่ออกจากโลก และกาแล็กซีที่ยังอยู่ไกลมาก ๆ ก็ยิ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลกมากขึ้น ซึ่งหมายความว่าเอกภพยังคงขยายตัว และเป็นไปตามแนวคิดเลอเมตร์ หากมองย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้น เอกภพจะต้องมีขนาดเล็กมาก มีความหนาแน่นและอุณหภูมิสูงมากเป็นอนันต์ และเกิดบิกแบงขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทุกสิ่งทุกอย่าง

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

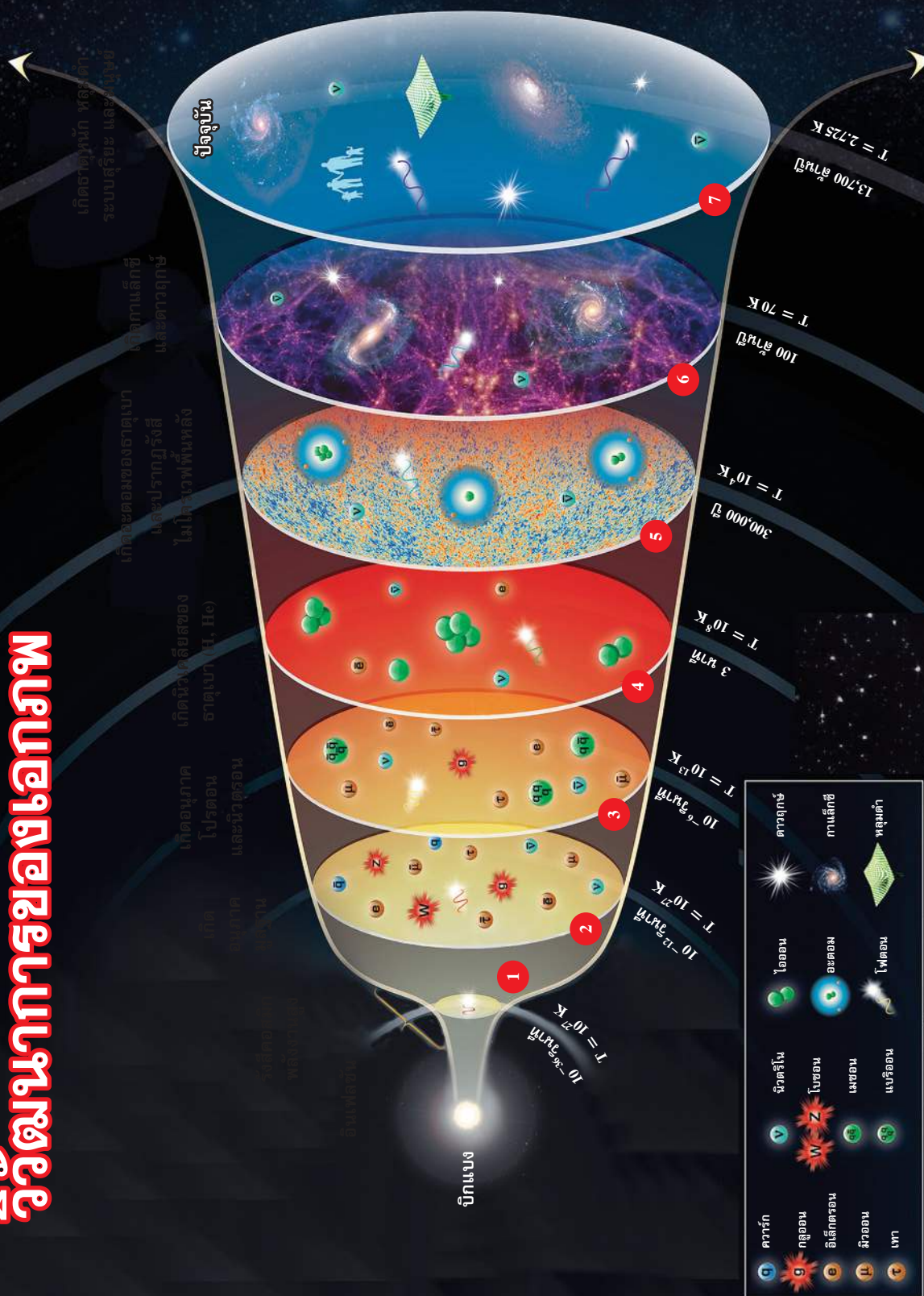


ในช่วงแรกหลังจากการเกิดบิกแบง เอกภพมีอุณหภูมิสูงมากจนอะตอมไม่สามารถก่อตัวขึ้นได้ เมื่อเอกภพขยายตัวออก เย็นตัวลง และมีที่ว่างมากขึ้น อนุภาคเล็ก ๆ จึงเริ่มรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ก่อตัวเป็นอะตอม และอะตอมรวมตัวกันจนเกิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซี ในขณะที่กาแล็กซีต่าง ๆ ก็อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ดาวฤกษ์มีการเกิดใหม่และดับลง สิ่งต่าง ๆ เช่น ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ดาวเคราะห์ หลุมดำ ก็ก่อกำเนิดขึ้นในเวลาเดียวกับดาวฤกษ์

รูปที่ 1.3 จอร์จ กามอฟ

ที่มา : creationtoday. (ม.ป.ป.). Why the Big Bang Won't Work.
<https://creationtoday.org/why-the-big-bang-wont-work/>

วิวัฒนาการของเอกภพ



ผู้ที่มา : คลังภาพของ บ. แม็คเอ็ดดูเคชั่น จก.

1

เริ่มต้นที่รังสีเอกซ์กับแกมมา เอกภพได้ถือกำเนิดขึ้นและเวลาเริ่มเดินช้าๆ จนที่ 10^{-36} วินาที เอกภพเย็นตัวลงเหลือเพียง 10^{-32} เคลวิน และอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว เรียกว่า อินฟเลชัน (inflation) ในอีกไม่กี่วินาทีหลังจากนั้น 10^{-32} วินาที เอกภพก็เกิด

2

และสลายตัวไป 10^{-12} วินาที ก็เกิดอนุภาคพื้นฐานต่างๆ เช่น โดรน ควาร์ก อิเล็กตรอน โพซิตรอน แอนติควาร์ก โอนิกสและโปรตอน การรวมตัวของอนุภาคเหล่านี้กลายเป็นไฮโดรเจน

3

เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-10} วินาที เอกภพก็เย็นตัวลงเหลือเพียง 10^{-10} เคลวิน ควาร์กเริ่มรวมตัวกันเป็นอนุภาคและกลายเป็นโปรตอนและนิวตรอน

4

เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที เอกภพมีอุณหภูมิ 10^9 เคลวิน อนุภาคโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุเบา เช่น ไฮโดรเจน ลิเทียม และฮีเลียม

5

เมื่อเวลาผ่านไป 300,000 ปี เอกภพมีอุณหภูมิ 10^4 เคลวิน อิเล็กตรอนเริ่มรวมตัวกับโปรตอนและนิวตรอนเป็นอะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมที่สเปกตรัมที่เฉพาะเจาะจง และทำให้เอกภพโปร่งใสต่อรังสีที่เดินทางผ่าน

6

เมื่อเวลาผ่านไป 100 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิ 70°C เคลวิน มีธาตุและสสารต่างๆ มากมายมากขึ้น จึงมีแรงโน้มถ่วงมากพอที่จะทำให้เกิดดาวฤกษ์และเกิดดาวฤกษ์ภายในเมฆก๊าซอีกได้

7

ในปัจจุบัน เวลาผ่านไปประมาณ 13,700 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2.725°C เคลวิน มีธาตุหนักเกิดขึ้น เกิดกาแล็กซีต่างๆ กระจุกดาวระบบสุริยะรวมถึงโลกและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

การอธิบายความเป็นมาของเอกภพด้วยทฤษฎีบิกแบงนั้น มีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่น 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

จากหลักการของดอปเพลอร์ ถ้ากาแล็กซีเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ความยาวคลื่นแสงจากกาแล็กซีจะเพิ่มมากขึ้น โดยเลื่อนไปแถบสเปกตรัมสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่นมาก เรียกว่า **การเลื่อนทางแดง (redshift)** แต่ถ้ากาแล็กซีเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ความยาวคลื่นแสงจะลดน้อยลง โดยเลื่อนไปแถบสเปกตรัมสีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่นน้อย เรียกว่า **การเลื่อนทางน้ำเงิน (blueshift)**

ฮับเบิลได้ศึกษาการเกิดดอปเพลอร์ของกาแล็กซีต่าง ๆ จำนวนมาก พบว่า กาแล็กซีแอนดรอเมดา และกาแล็กซีที่อยู่ในกลุ่มท้องถิ่น (local group) นั้นจะเกิดการเลื่อนแถบสเปกตรัมสีน้ำเงิน เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงคอยดึงกาแล็กซีที่อยู่ใกล้เคียงให้เคลื่อนที่เข้าหากัน ส่วนกาแล็กซีที่อยู่นอกกลุ่มท้องถิ่นจะเกิดการเลื่อนแถบสเปกตรัมสีแดง ยิ่งกาแล็กซีที่อยู่ห่างออกไปมาก ๆ ก็จะมีการเลื่อนแถบสเปกตรัมสีแดงมากขึ้นหรือเคลื่อนที่ห่างออกไปเร็วขึ้น เช่น กาแล็กซีที่อยู่ห่างจากโลกประมาณ 2.5 พันล้านปีแสง มีความเร็ว 61,000 กิโลเมตรต่อวินาที ส่วนกาแล็กซีที่อยู่ห่างกว่านี้จะยิ่งมีความเร็วมากขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า กาแล็กซีกำลังเคลื่อนที่ห่างออกจากกันและมีอัตราเร็วเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับระยะทางจากโลก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบิกแบงที่อธิบายถึงการขยายตัวของเอกภพ

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

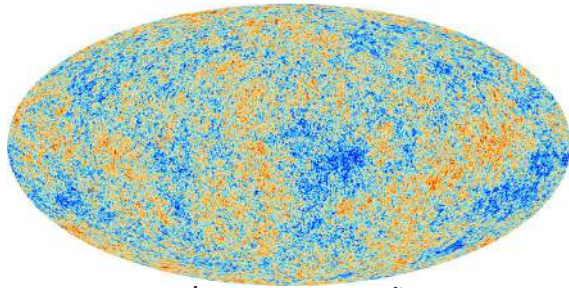


รูปที่ 1.4 เอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล
ที่มา : theguardian. (2015, 24 April). Hubble at 25: the space telescope's timeline - in pictures. <https://www.theguardian.com/science/gallery/2015/apr/24/hubble-at-25-the-space-telescopes-timeline-in-pictures>



รูปที่ 1.5 อาร์โน เพนเซียส และรอเบิร์ต วิลสัน
ที่มา : ESO Supernova. (ม.ป.ป.). Creation's echo. https://supernova.eso.org/exhibition/images/1102_C_Blog_Bild3_KuT-CCfinal/

การค้นพบโดยบังเอิญนี้ได้สนับสนุนแนวคิดของ จอร์จ กามอฟ ที่ทำนายไว้ว่า ถ้าเอกภพเกิดขึ้นจากบิกแบงที่ร้อนมาก ๆ จะต้องมียุคที่เย็นลงเหลือปรากฏอยู่ในเอกภพปัจจุบัน เมื่อเอกภพขยายตัวและเย็นลง จะทำให้แสงจากบิกแบงมีความยาวคลื่นมากขึ้นจนอยู่ในช่วงไมโครเวฟและมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน



รูปที่ 1.6 รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง

ที่มา : National University of Singapore (ม.ป.ป.). SEMINAR 2024 Cosmology: A Golden Era. <https://www.physics.nus.edu.sg/seminar-2024-nov-yin-zhe-ma/>

จากหลักฐานที่ชัดเจนทั้ง 2 ประการ ทำให้ทฤษฎีบิกแบงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและแนวคิดนี้ยังเป็นรูปแบบมาตรฐานในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเอกภพในอนาคตต่อไป

นอกจากนี้ อะเล็กซานเดอร์ ฟรีดมานน์ (Alexander Friedmann) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวรัสเซียได้บรรยายลักษณะของเอกภพโดยใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ 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 สติกเกอร์และผิวของลูกโป่งเปรียบเทียบกับสิ่งใด

จากกิจกรรมที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า เมื่อลูกโป่งพองตัวมากขึ้น ผิวลูกโป่งที่เปรียบเทียบกับเอกภพ จะเกิดการขยายตัวออก และสติ๊กเกอร์บนผิวของลูกโป่งที่เปรียบเทียบกับกาแล็กซีจะเคลื่อนที่ออกจากกันมากขึ้นแสดงให้เห็นว่า การขยายตัวของเอกภพทำให้กาแล็กซีต่าง ๆ เคลื่อนที่ออกจากกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮับเบิล

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



รูปที่ 1.7 การขยายตัวของเอกภพบนผิวลูกโป่ง

ที่มา : phys.org. (2015, 10 February). How fast is the universe expanding?.

<https://phys.org/news/2015-02-fast-universe.html>



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

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

2. กาแล็กซี



แนวคิดสำคัญ

กาแล็กซี คือ กลุ่มของดาวฤกษ์ เนบิวลา และสสารระหว่างดวงดาวที่ประกอบด้วยแก๊ส ฝุ่น และสสารมืด อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง มีรูปร่างต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กาแล็กซีรี กาแล็กซีกังหัน และกาแล็กซีไร้รูปแบบ โดยระบบสุริยะตั้งอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งจัดเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน

กาแล็กซี (galaxy) หรือ ดาราจักร คือ

กลุ่มของดาวฤกษ์นับแสนล้านดวง รวมถึงเนบิวลาและสสารระหว่างดวงดาวที่ประกอบด้วยแก๊ส ฝุ่น และสสารมืด รวมกันอยู่ด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่กาแล็กซีแคระที่มีดาวฤกษ์ประมาณสิบล้านดวง ไปจนถึงกาแล็กซีขนาดยักษ์ที่มีดาวฤกษ์ถึงล้านล้านดวง ในกาแล็กซีหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยระบบดาวฤกษ์ กระจุกดาว เนบิวลา และสสารระหว่างดวงดาว ซึ่งดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือกและเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ

ความรู้เพิ่มเติม

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



หลุมดำที่ใจกลางกาแล็กซี M 87

ที่มา : scientificamerican. (2019, 10 April). An Exit Chute from the Universe: The Story of a Historic Effort to Image a Black Hole. <https://www.scientificamerican.com/article/an-exit-chute-from-the-universe-the-story-of-a-historic-effort-to-image-a-black-hole/>

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)** เป็นโครงสร้างของกาแล็กซีที่มีระดับเล็กที่สุดและพบได้มากที่สุด ในเอกภพ กลุ่มกาแล็กซีมีโครงสร้างในระดับที่ใหญ่ขึ้น เรียกว่า **กระจุกกาแล็กซี (galaxy cluster)** ซึ่งประกอบด้วยกาแล็กซีมากกว่า 2,000 กาแล็กซี โดยส่วนใหญ่เป็นกาแล็กซีรีขนาดยักษ์ ส่วนโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุดในเอกภพ เรียกว่า **ซูเปอร์คลัสเตอร์ (supercluster)** ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มกาแล็กซี กระจุกกาแล็กซี และกาแล็กซีเดี่ยว

โลกอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งอยู่ในซูเปอร์คลัสเตอร์ที่มีชื่อว่า **ลานีเยเกีย (Laniakea)** มาจากภาษาฮาวายที่แปลว่า สรวงสวรรค์อันไร้ขอบเขต นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาตำแหน่งของกาแล็กซีต่าง ๆ ที่อยู่ในซูเปอร์คลัสเตอร์ ลานีเยเกีย แล้วสร้างเป็นแผนที่ออกมา โดยแผนที่นี้มีลักษณะคล้ายกับโครงข่ายขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงกาแล็กซีต่าง ๆ ในเอกภพไว้ด้วยกัน ดังรูปที่ 1.8

รูปที่ 1.8 ซูเปอร์คลัสเตอร์ลานีเยเกีย

ที่มา : SPACE MESMERISE. (2023, 17 May). Exploring the Wonders of the Virgo Supercluster: Our Incredible Galactic Neighborhood. <https://spacemesmerise.com/es/blogs/astronomy/exploring-the-wonders-of-the-virgo-supercluster-our-incredible-galactic-neighborhood>

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

รูปที่ 1.10 กาแล็กซีรีขนาดใหญ่ ESO 325-G004

ที่มา : Universe Today. (2025, 12 May). Our View of the Early Universe Is Obscured By Galaxy Formation. <https://www.universetoday.com/articles/our-view-of-the-early-universe-is-obscured-by-galaxy-formation>

2. กาแล็กซีก้นหอย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.1 กาแล็กซีก้นหอย (spiral galaxy: S) เป็นกาแล็กซีที่ประกอบด้วยแถบจานหมุนของดาวฤกษ์และสสารระหว่างดาว มีดุมโป่งนูนบริเวณกึ่งกลางซึ่งประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่หนาแน่น เรียกว่า **ดุมกาแล็กซี** ถัดจากดุมตรงกลางเป็นแขนสว่างทอดออกไปสู่ด้านนอก ส่วนมากมักเป็นแขนกังหัน 2 ข้าง ใช้สัญลักษณ์ S ตามด้วยตัวอักษร a, b หรือ c ซึ่งใช้บอกลักษณะแขนของกาแล็กซีและขนาดของดุมกาแล็กซี โดยกาแล็กซีแบบ Sa จะมีแขนที่บีบแน่น ไม่ค่อยเห็นเป็นแขนชัดเจนนัก และมีดุมค่อนข้างใหญ่ ส่วนกาแล็กซีแบบ Sc จะมีแขนที่กว้าง เห็นเป็นแขนชัดเจน และมีดุมที่ค่อนข้างเล็ก ตัวอย่างเช่น M 81 ในกลุ่มดาวหมีใหญ่ กาแล็กซีแอนดรอเมดาในกลุ่มดาวแอนดรอเมดา กาแล็กซีน้ำวนในกลุ่มดาวสุนัขล่าเนื้อ กาแล็กซีหมวกปีกในกลุ่มดาวหญิงสาว

รูปที่ 1.11 กาแล็กซีก้นหอย M 81

ที่มา : NASA. (ม.ป.ป.). Messier 81. <https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/explore-the-night-sky/hubble-messier-catalog/messier-81/>

2.2 กาแล็กซีก้นหอยมีคาน (barred spiral galaxy: SB) เป็นกาแล็กซีที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ กาแล็กซีก้นหอย แต่มีโครงสร้างคล้ายคานยื่นออกมาจาก ดุมกาแล็กซีทั้ง 2 ด้าน และมีแขนรูปกังหัน ใช้สัญลักษณ์ SB ตามด้วยตัวอักษร a, b หรือ c ซึ่งใช้บอกลักษณะแขน ของกาแล็กซี ตัวอย่างเช่น กาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซี NGC 1300 ในกลุ่มดาวแม่น้ำ กาแล็กซี NGC 1365 ในกลุ่มดาวเตาอบ

รูปที่ 1.12 กาแล็กซีก้นหอยมีคาน NGC 1365

ที่มา : ESO. (ม.ป.ป.). The Great Barred Spiral Galaxy. <https://www.eso.org/public/italy/images/potw1037a/?lang>

นอกจากนี้ยังมี **กาแล็กซีเลนส์** หรือ **กาแล็กซี ลูกสะบ้า (lenticular galaxy: S0)** ซึ่งจัดเป็นกาแล็กซีก้นหอย ประเภทหนึ่งที่มีดุมสว่างอยู่ตรงกลางและล้อมรอบด้วยโครงสร้าง คล้ายแผ่นจาน แต่บริเวณแผ่นจานของกาแล็กซีไม่มีโครงสร้าง แขนกังหันที่ชัดเจน และไม่มีการก่อตัวของดาวฤกษ์ใหม่อีกแล้ว ตัวอย่างเช่น กาแล็กซี NGC 524 ในกลุ่มดาวปลา กาแล็กซี NGC 5866 ในกลุ่มดาวมังกร กาแล็กซี NGC 2787 ในกลุ่มดาวหมีใหญ่

รูปที่ 1.13 กาแล็กซีลูกสะบ้า NGC 524

ที่มา : phys.org. (2013, 30 July). Hubble eyes a mysterious old spiral. <https://phys.org/news/2013-07-hubble-eyes-mysterious-spiral.html>

3. กาแล็กซีไร้รูปแบบ (irregular galaxy: Irr) เป็นกาแล็กซีที่ไม่มีรูปร่างชัดเจน กาแล็กซีชนิดนี้ ที่รู้จักกันมาก คือ เมฆแมกเจลแลนใหญ่ (large cloud of magellan) มีขนาด 15,000 ปีแสง อยู่ห่างจาก ดวงอาทิตย์ 180,000 ปีแสง ซึ่งอยู่ในกลุ่มท้องถิ่นเดียวกับกาแล็กซีทางช้างเผือก

รูปที่ 1.14 เมฆแมกเจลแลนใหญ่

ที่มา : LONDONIST. (2016, 20 September). Astronomic Photographs To Blow Your Mind. <https://londonist.com/2016/09/our-universe-never-looked-this-good>

2.2 กาแล็กซีทางช้างเผือก

กาแล็กซีทางช้างเผือก (milky way galaxy)

เป็นที่อยู่ของระบบสุริยะและโลก จัดอยู่ในประเภท กาแล็กซีก้นหอยมีแกน (SBc) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 100,000 ปีแสง มีความหนาประมาณ 1,000 ปีแสง มีดาวฤกษ์อยู่ประมาณ 100,000–400,000 ล้าน ดวง และมีมวลรวมประมาณ 600,000 ล้านเท่าของ มวลดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์จะอยู่บริเวณแขนข้างหนึ่งของกาแล็กซี ซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลางของกาแล็กซี ประมาณ 30,000 ปีแสง และหมุนรอบศูนย์กลาง ไปตามแขนกลุ่มดาวนายพราน แขนของกาแล็กซี ทางช้างเผือกประกอบด้วยฝุ่น แก๊ส และดาวฤกษ์ ที่มีอายุน้อยเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีสีน้ำเงินและ ดูสว่าง

รูปที่ 1.15 กาแล็กซีทางช้างเผือก
ที่มา : ICECUBE NEUTRINO OBSERVATORY.
(ม.ป.ป.). High-energy neutrinos from the Galactic
plane. <https://icecube.wisc.edu/gallery/high-energy-neutrinos-from-the-galactic-plane/>

กาแล็กซีทางช้างเผือกมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ นิวเคลียส จาน และฮาโล โดยนิวเคลียสซึ่งเป็นบริเวณที่ดาวฤกษ์หนาแน่น บริเวณจานเป็นส่วนของแขนกาแล็กซี และฮาโลเป็นทรงกลมที่ล้อมรอบกาแล็กซี ประกอบด้วยแก๊สร้อน ดาวฤกษ์ที่มีอายุมากและสสารมืด



รูปที่ 1.16 โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก

ที่มา : SPACE.com. (2013, 28 September). Our Milky Way Galaxy's Core Revealed (photos).
<https://www.space.com/18199-milky-way-core-star-photos.html>

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

ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใส หากมองขึ้นไปบนท้องฟ้าเราจะได้เห็นแถบฝ้าสีขาวคล้ายเมฆพาดผ่านกลางท้องฟ้า คนไทยในสมัยโบราณเรียกแถบฝ้าสว่างนี้ว่า **ทางช้างเผือก** เนื่องจากมีความเชื่อว่า พระมหากษัตริย์ซึ่งเป็นโอรสของสวรรค์ได้อวตารลงมาเกิดเป็นมนุษย์และมีช้างเผือกเป็นสัตว์คู่บารมี จึงเชื่อว่ามีทางช้างเผือกอยู่บนสวรรค์ ส่วนชาวตะวันตกมองเห็นเป็นทางน้ำนมไหลพาดผ่านท้องฟ้า จึงเรียกว่า **ทางน้ำนม (milky way)** แถบทางช้างเผือกที่ปรากฏนั้นเกิดจากการมองเข้าไปยังศูนย์กลางของกาแล็กซีที่มีดาวอยู่อย่างหนาแน่น แต่เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าอาจเห็นได้ไม่ชัดเจนและมีความสว่างค่อนข้างน้อยเนื่องจากศูนย์กลางของกาแล็กซีมีแก๊สและฝุ่นที่หนาที่บดบังแสงสว่างจากดวงดาวอยู่

ที่มา : Alpha Coders. (ม.ป.ป.). Milky Way Marvel: HD Starry Wallpaper.

<https://wall.alphacoders.com/big.php?i=550096>



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

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