

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับเอกภพวิทยา ทฤษฎีบิกแบง หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง กาแล็กซีและประเภทของกาแล็กซี กาแล็กซีทางช้างเผือก เนบิวลา ระบบดาวฤกษ์ วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สมบัติของดาวฤกษ์ ระยะทางดาราศาสตร์ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรม และจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

- อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
- อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
- อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก
- อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
- อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาหลูทโซปโรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน
- ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์
- อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์
- อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งแต่ต้นและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพเฮิร์ตซ์สปริง-รัสเซลล์
- อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริเวณของดวงอาทิตย์และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
- อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์
- อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย
- สร้างแบบจำลองทรงกลมฟ้า สังเกต และเชื่อมโยงจุดและเส้นสำคัญของแบบจำลองทรงกลมฟ้ากับท้องฟ้าจริง และอธิบายการระบุทิศของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร
- สังเกตท้องฟ้า และอธิบายเส้นทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์
- อธิบายเวลาสุริยคติปรากฏ โดยรวบรวมข้อมูลและเปรียบเทียบเวลาขณะที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนของผู้สังเกตในแต่ละวัน
- อธิบายเวลาสุริยคติปานกลาง และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก
- อธิบายมุมห่างที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในวงโคจร และอธิบายเชื่อมโยงกับตำแหน่งปรากฏของดาวเคราะห์ที่สังเกตได้จากโลก
- สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต
- สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และนำเสนอกิจกรรมการสังเกตดาวบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่า และ/หรือกล้องโทรทรรศน์

รวมทั้งหมด 19 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

ผู้ตรวจ

ผศ. ดร.ไกรสร คำมา

ผศ.วสุมดี เนียมนาค

ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์

บรรณาธิการ

ศ. ดร.มนตรี ชูวงศ์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

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

ผู้เรียบเรียง ผศ.มาลี สุทธิโอภาส
ผู้ตรวจ ผศ. ดร. ไกรสร คำมา
ผศ. วสุเมธี เขียมมาศ
ผศ. ดร. กฤษณ์ วันอินทร์
บรรณาธิการ ศ. ดร. มนตรี ชูวงศ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
มาลี สุทธิโอภาส.

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.--กรุงเทพฯ :
แม็คเอ็ดดูเคชั่น, 2563.

172 หน้า.

1. ดาราศาสตร์. 2. โลก. 3. อวกาศ. I. ชื่อเรื่อง.

525

ISBN 978-616-345-186-6

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 20,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

MAC EDUCATION

ส่งขนาดดีสั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทราเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

www.MACEducation.com

พิมพ์ที่ : บริษัท ไชเบอร์พริ้นท์กรุ๊ป จำกัด

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 ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

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

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้นหนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็ความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนควาได้ตรวจสอบความรู้อย่างเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้คือ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรม ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วยโดยใช้สัญลักษณ์  ผู้เรียนสามารถใช้ส마트โฟนสแกน QR Code หรือเปิดเว็บไซต์ MACEducation.com เพื่อเข้าเมนู การศึกษาขั้นพื้นฐาน >>> MAC iLink และเลือกเปิดดูส่วนเสริมของบทเรียนในหนังสือแต่ละเล่มได้ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ต้องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้พัฒนาและปรับปรุงเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

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

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 6 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขออภัยและคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

มาลี สุทธิโอกาส

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เอกภพ	1
1. เอกภพวิทยา	3
2. ทฤษฎีบิกแบง	6
3. หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	12
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	21
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กาแล็กซี	22
1. กาแล็กซีและประเภทของกาแล็กซี	24
2. กาแล็กซีทางช้างเผือก	30
3. เนบิวลา	33
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	40
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ดาวฤกษ์	41
1. ระบบดาวฤกษ์	43
2. วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	51
3. สมบัติของดาวฤกษ์	58
4. ระยะทางดาราศาสตร์	64
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	70
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ระบบสุริยะ	71
1. วิวัฒนาการของระบบสุริยะ	74
2. ดวงอาทิตย์	76
3. ดาวเคราะห์	81
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	91

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ทรงกลมฟ้าและตำแหน่งของดาวเคราะห์	92
1. ทรงกลมฟ้า	94
2. การกำหนดเวลาบนโลก	103
3. การเคลื่อนที่ปรากฏของดาวเคราะห์	109
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	122
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เทคโนโลยีอวกาศ	123
1. เทคโนโลยีอวกาศ	124
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	156
บรรณานุกรม	157
อภิธานศัพท์	158



หน่วยการเรียนรู้ที่

1



เอกภพ

สาระการเรียนรู้

- 1 เอกภพวิทยา
- 2 ทฤษฎีบิกแบง
- 3 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

1. เอกภพวิทยา



แนวคิดสำคัญ

เอกภพวิทยา คือ การศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของเอกภพ ทั้งการกำเนิดเอกภพ วิวัฒนาการของเอกภพ และปรากฏการณ์ทุกอย่างที่เกิดขึ้นในเอกภพ

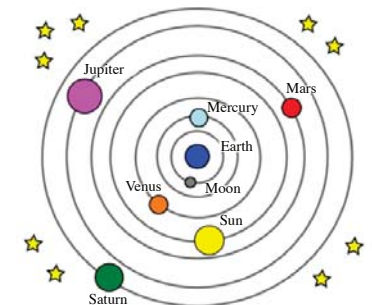
”

เอกภพ (universe) คือ โครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ที่สุดอันประกอบไปด้วยที่ว่าง ดาวดาว กาแล็กซี แก๊ส ฝุ่น สสาร และพลังงาน รวมถึงทุกอย่างที่ดำรงอยู่ **เอกภพวิทยา (cosmology)** จึงเป็นการศึกษาสมบัติโดยรวมของเอกภพทั้งด้านการกำเนิดเอกภพ วิวัฒนาการของเอกภพ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเอกภพ

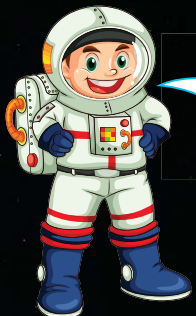
“

เอกภพนั้นมืงค้ประกอบที่หลากหลายด้วยโครงสร้างที่มีขนาดเล็กไปจนถึงระดับที่ใหญ่มาก นั้นคือ ดาวเคราะห์ที่ก้าลังโคจรรอบดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์ที่อยู่รวมกันเป็นกาแล็กซี กาแล็กซีมีมืงดึงดูดซึ่งกันและกันจึงอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือคลัสเตอร์ (cluster) และแม้กระทั่งคลัสเตอร์ก็ยักรวมกลุ่มกันเป็นซูเปอร์คลัสเตอร์ (supercluster) ซึ่งเป็นโครงสร้างในระดับที่ใหญ่ขึ้น

ในอดีตนั้นวิชาเอกภพวิทยาจะเป็นการคาดเดาจากการสังเกตดวงดาวบนท้องฟ้า เนื่องจากยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์ อาริสโตเติล (Aristotle) นักปราชญ์ชาวกรีกได้เสนอแนวคิดว่า “โลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ต่าง ๆ และดาวฤกษ์จะโคจรรอบโลกที่อยู่หนึ่ง โดยดวงอาทิตย์และดวงจันทร์มีลักษณะเป็นทรงกลมที่สมบูรณ์ มีพื้นผิวราบเรียบ” ต่อมา ทอเลมี (Ptolemy) นักดาราศาสตร์ชาวกรีก ได้นำแนวคิดของอาริสโตเติลมาปรับปรุงจากการสังเกตการเคลื่อนที่ของดวงดาวบนท้องฟ้า และได้เสนอแบบจำลอง **ระบบโลกเป็นศูนย์กลาง (geocentric)** โดยมีแนวคิดว่า “โลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาลที่มีขอบเขตจำกัดเป็นทรงกลม มีดาวฤกษ์อยู่ประจำที่ที่ขอบเขตของจักรวาล ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบโลกเป็นวงกลม” ดังรูปที่ 1.1

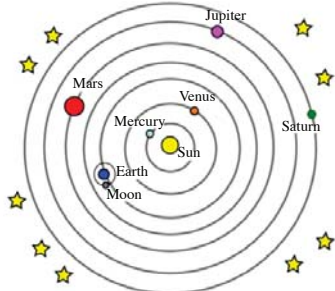


รูปที่ 1.1 แบบจำลอง ระบบโลกเป็นศูนย์กลาง ของทอเลมี (Ptolemy)

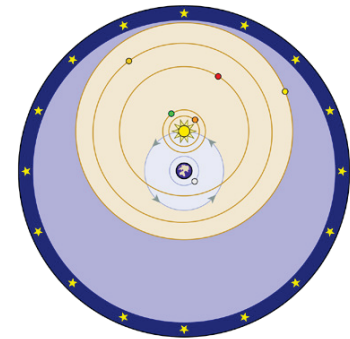


ดวงดาว กาแล็กซี ดวงอาทิตย์ โลก รวมถึงมนุษย์ล้วนเป็นส่วนหนึ่งของเอกภพ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคิดเกี่ยวกับเอกภพของชาวกรีกเป็นที่ยอมรับมานานกว่าพันปี จนกระทั่ง นิโคเลาส์ โคเปอร์นิคัส (Nicolaus Copernicus) นักดาราศาสตร์ชาวโปแลนด์ ได้เสนอแบบจำลอง **ระบบดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง (heliocentric)** โดยมีแนวคิดว่า “ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล โลกและดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ เป็นวงกลมด้วยคาบที่แตกต่างกัน และโลกจะหมุนรอบตัวเองโดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดกลางวันและกลางคืน” โคเปอร์นิคัสได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์และใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาระยะทางของดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจริง และทำให้ทราบว่าดวงดาวต่าง ๆ นั้นอยู่ห่างไกลจากโลกมาก ไม่ได้เป็นเอกภพที่มีขอบเขตจำกัดเหมือนแนวคิดเดิม แนวคิดดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของโคเปอร์นิคัสนั้นขัดต่อศาสนจักรที่เชื่อในหลักการของอาริสโตเติลอย่างมาก ทำให้การเผยแพร่เป็นไปได้ยากและเป็นสิ่งต้องห้าม แนวคิดของโคเปอร์นิคัสถือเป็นการปฏิวัติดาราศาสตร์ แม้ว่าจะยังมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง แต่ก็เป็นรากฐานสำคัญให้กับนักดาราศาสตร์รุ่นหลัง



รูปที่ 1.2 แบบจำลองระบบดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ของโคเปอร์นิคัส



รูปที่ 1.3 แบบจำลองเอกภพที่มีโลกเป็นศูนย์กลางของทีโค
ที่มา : en.wikipedia.org

หลังจากนั้นยังคงมีการศึกษาท้องฟ้ามาอย่างต่อเนื่อง ทีโค บราห์ (Tycho Brahe) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์อย่างละเอียดด้วยเครื่องมือที่ทันสมัยและแม่นยำที่สุดในยุคนั้น ทีโคยังคงเชื่อว่า “โลกเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ โดยดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์โคจรรอบโลก” หลังจากทีโคเสียชีวิต ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของทีโคจึงถูกส่งต่อให้กับ โยฮันเนส เคปเลอร์ (Johannes Kepler) จากการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากนั้น เคปเลอร์ได้เสนอว่า “ดาวเคราะห์ต่าง ๆ รวมทั้งโลก โคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีวงโคจรเป็นรูปวงรี” และได้ตั้งกฎของเคปเลอร์ขึ้นจำนวน 3 ข้อ เพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์

ในยุคของกาลิเลโอ กาลิเลอี (Galileo Galilei) เป็นยุคเริ่มต้นของการใช้กล้องโทรทรรศน์ในการสำรวจท้องฟ้า กาลิเลโอได้ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ขึ้นใช้เอง โดยค้นพบข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุท้องฟ้าหลายประการ เช่น ดวงจันทร์มีพื้นผิวที่ขรุขระ พบจุดมืดบนดวงอาทิตย์ พบการเกิดข้างขึ้นข้างแรมของดาวศุกร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดาวศุกร์และโลกต่างก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ พบดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีจำนวน 4 ดวงที่โคจรรอบดาวพฤหัสบดีไม่ใช่โลก ดวงจันทร์ทั้งสี่มีชื่อเรียกว่า **ดวงจันทร์กาลิเลียน (Galilean moons)** หลักฐานต่าง ๆ เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าโลกไม่ได้เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ แต่การพิสูจน์ว่าโลกไม่ได้เป็นศูนย์กลางของจักรวาลนั้นยังคงขัดต่อศาสนจักรและเป็นสิ่งต้องห้าม

Orbita huius Iovis

2. Iovis	☉ * *
3. Europa	* * * *
2. Io	☉ * *
3. Europa	☉ * *
3. Europa	* * *
4. Europa	* * *
6. Europa	* * *
8. Europa	* * *
10. Europa	* * *
11.	* * *
12. Europa	* * *
13. Europa	* * *
14. Europa	* * *

รูปที่ 1.4 ตำแหน่งดวงจันทร์กาลิเลียนในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่บันทึกโดยกาลิเลโอ

ที่มา : ccswim.info



ดวงจันทร์ไอโอ (io) ดวงจันทร์ยุโรปา (europa) ดวงจันทร์แกนีมีด (ganymede) ดวงจันทร์คัลลิสโต (callisto)

รูปที่ 1.5 ดวงจันทร์กาลิเลียน

ที่มา : www.jpl.nasa.gov

หลังจากมีกล้องโทรทรรศน์ การศึกษาเอกภพนั้นค่อนข้างมีความก้าวหน้า ในอดีตมีความเชื่อและแนวคิดที่อธิบายเกี่ยวกับเอกภพไว้มากหลายรูปแบบ เนื่องจากไม่สามารถทดสอบความถูกต้องได้ เซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) เป็นบุคคลแรกที่ได้เสนอกฎความโน้มถ่วงสากลที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ รวมถึงวัตถุทุกชนิดในเอกภพได้เป็นอย่างดี จนกระทั่งมาถึงปัจจุบัน มีการค้นพบมากมายเกี่ยวกับเอกภพ โลกเป็นเพียงดาวเคราะห์ดวงหนึ่งของระบบสุริยะที่มีดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ศูนย์กลาง ยังมีระบบดาวเคราะห์เช่นนี้อยู่ในเอกภพอีกหลายแห่ง มีดาวฤกษ์อีกจำนวนมากในกาแล็กซี ยังมีกาแล็กซีอีกจำนวนมากในเอกภพ และเอกภพนั้นกว้างไกลเกินกว่ามนุษย์จะเข้าใจได้



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เอกภพวิทยาคือการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งใด
2. การศึกษาเอกภพวิทยาในอดีตที่ยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์มีวิธีการศึกษาอย่างไร นักเรียนคิดว่าวิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดอย่างไร
3. แบบจำลองเอกภพของชาวกรีกแตกต่างจากแบบจำลองเอกภพของโคเปอร์นิคัสอย่างไร
4. การค้นพบของเคปเลอร์ทำให้แบบจำลองจักรวาลในยุคก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
5. ให้นักเรียนสืบค้นว่า การที่กาลิเลโอใช้กล้องโทรทรรศน์สำรวจท้องฟ้าทำให้เกิดการค้นพบที่สำคัญอย่างไรบ้าง

2. ทฤษฎีบิกแบง



แนวคิดสำคัญ

ทฤษฎีบิกแบงเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเกิดเอกภพที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีแนวคิดที่ว่า เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน จุดเริ่มต้นของเวลาและเอกภพกำเนิดขึ้นจากจุดเล็กๆ ที่มีสภาวะร้อนจัดและมีความหนาแน่นสูงมากเกิดการขยายตัว เมื่อเวลาผ่านไป เอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารต่างๆ เกิดกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลก

เอกภพนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรและมีสุดสิ้นสุดอย่างไร เป็นสิ่งที่มนุษย์ยังคงค้นหาคำตอบมาจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษาทางด้านเอกภพวิทยา ได้มีผู้เสนอทฤษฎีที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพไว้หลายทฤษฎีด้วยกัน เช่น ทฤษฎีบิกแบง (big bang theory) ทฤษฎีสถาเวคงตัว (steady state theory) ทฤษฎีเอกภพแกว่งกวัด (oscillating universe theory) ซึ่งในปัจจุบันทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ ทฤษฎีบิกแบง

ลองทำดู

ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีอื่นๆ ที่ใช้อธิบายการเกิดเอกภพ แล้วร่วมกันอภิปรายว่า ทฤษฎีนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่ แต่ละทฤษฎีมีรายละเอียดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



รูปที่ 1.6 จอร์จส์ เลอเมตร์

หากมองย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้น เอกภพจะต้องมีขนาดเล็กมาก มีความหนาแน่นและอุณหภูมิสูงมากเป็นอนันต์ และเกิดบิกแบงขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทุกสิ่งทุกอย่าง

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

ในช่วงแรกหลังจากการเกิดบิกแบง เอกภพมีอุณหภูมิสูงมาก จนอะตอมไม่สามารถก่อตัวขึ้นได้ เมื่อเอกภพขยายตัวออก เย็นตัวลง และมีที่ว่างมากขึ้น อนุภาคเล็ก ๆ จึงเริ่มรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ก่อตัวเป็นอะตอม และอะตอมเหล่านี้รวมตัวกัน จนเกิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซีขึ้นในขณะที่ยังมีสสารที่เบาและดับลง สิ่งต่างๆ เช่น ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ดาวเคราะห์ หลุมดำก็กำเนิดขึ้นแล้วเดียวกับดาวฤกษ์

ทฤษฎีบิกแบง (big bang theory) เสนอโดย ฌอร์ฌ เลอเมตร์

(Georges Lemaitre) นักดาราศาสตร์ชาวเบลเยียม เมื่อ พ.ศ. 2470 โดยมีแนวคิดที่ว่า เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน จุดเริ่มต้นของเวลาและเอกภพกำเนิดขึ้นจากจุดเล็กๆ ที่มีสภาวะร้อนจัดและมีความหนาแน่นสูงมาก เกิดการขยายตัว เมื่อเวลาผ่านไป เอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารต่างๆ เกิดกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลก

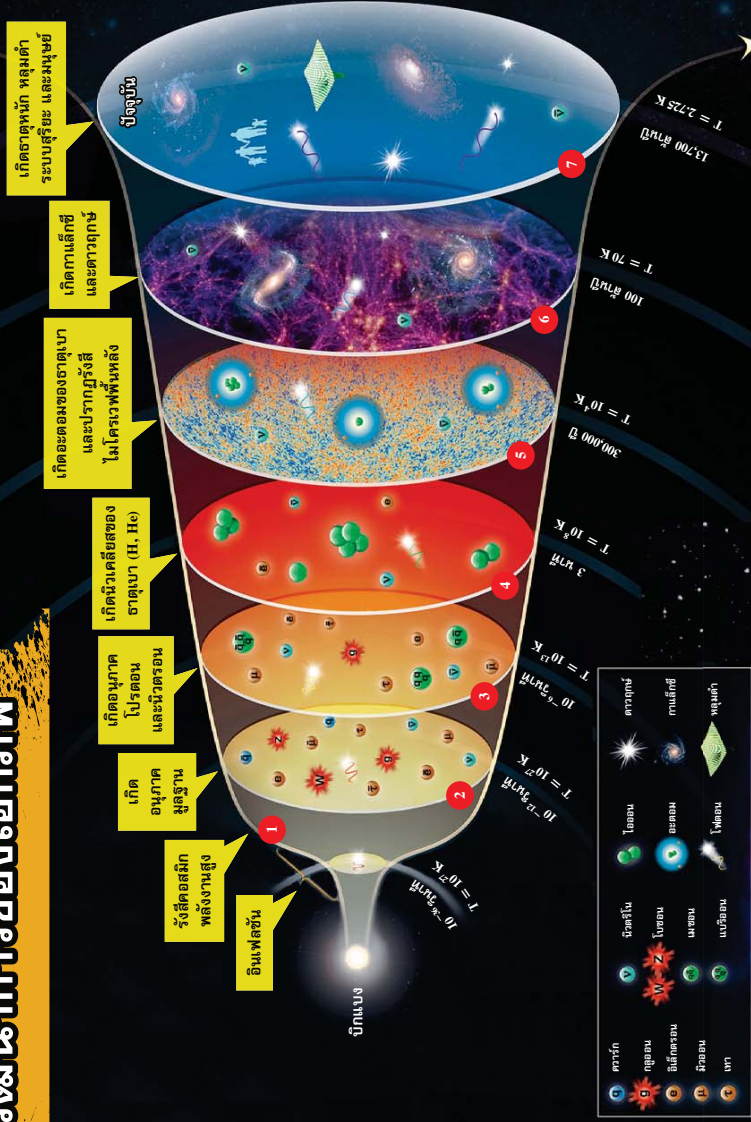
ในตอนแรก แนวคิดของเลอเมตร์ เรียกว่า สมมติฐานของอะตอมเริ่มแรก (hypothesis of the primeval atom) ต่อมาจึงรู้จักกันในชื่อทฤษฎีบิกแบง ซึ่งตั้งขึ้นโดย เฟรด ฮอยล์ (Fred Hoyle) นักฟิสิกส์ดาราศาสตร์

หลังจากนั้นใน พ.ศ. 2472 เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) ได้สังเกตว่า กาแล็กซีส่วนใหญ่กำลังเคลื่อนที่ออกจากโลก และกาแล็กซีที่อยู่ไกลมาก ๆ ก็ยิ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากโลกมากขึ้น ซึ่งหมายความว่า เอกภพยังคงขยายตัว ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดเลอเมตร์



รูปที่ 1.7 จอร์จส์ กามอฟ

วิวัฒนาการของเอกภพ

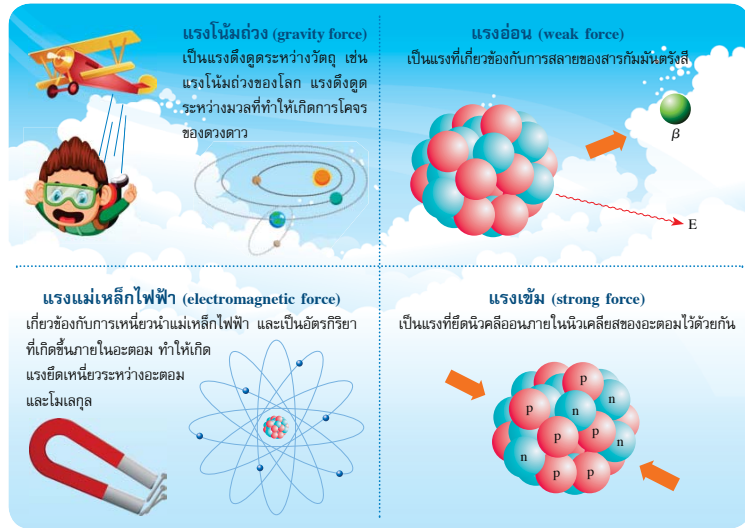


- 1 เริ่มต้นการเกิดเอกภพ เอกภพได้ถือกำเนิดขึ้นและเวลาเริ่มเดินไปข้างหน้า เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-36} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิสูงถึง 10^{29} เคลวิน ในช่วงนี้มีเฉพาะรังสีคอสมิกพลังงานสูงเท่านั้น ยังไม่มีอนุภาคใดๆ เกิดขึ้นในช่วงเวลา 10^{-36} - 10^{-32} วินาที เอกภพจะขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว เรียกว่า อินเฟลชัน (inflation)
- 2 เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-12} วินาที เกิดอนุภาคมูลฐานต่างๆ ขึ้น ได้แก่ ควาร์ก อิเล็กตรอน โฟตอน และนิวตริโน รวมถึงโปรตอน อนุภาคและปฏิอนุภาค จะทำลายล้างกันและหายไป แต่ในขณะนั้นพลังงานของอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค จึงทำให้เกิดสสารต่างๆ ในเอกภพได้ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา
- 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 อิเล็กตรอนเริ่มรวมตัวกับโปรตอนและนิวตรอนทำให้เกิดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียม ที่มีเสถียรภาพ และทำให้การรังสีไมโครเวฟพื้นหลังขึ้น ซึ่งนับเป็นแสงแรกแห่งเอกภพ
- 6 เมื่อเวลาผ่านไป 100 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิ 70 เคลวิน มีธาตุและสสารต่างๆ หนาแน่นมากขึ้น จึงมีแรงโน้มถ่วงมากพอที่จะทำให้กาแล็กซีและเกิดดาวฤกษ์ภายในห้วงอวกาศได้
- 7 ในปัจจุบัน เวลาผ่านไปประมาณ 13,700 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2,725 เคลวิน มีธาตุหนักเกิดขึ้น เกิดกาแล็กซีต่างๆ หลุมดำ ระบบสุริยะ รวมถึงโลกและสิ่งมีชีวิตต่างๆ

การลำดับเหตุการณ์หลังเกิดบิกแบง ในตำราและการสืบค้นข้อมูลจากที่ต่าง ๆ อาจมีช่วงเวลาและอุณหภูมิที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่ยังมีความใกล้เคียงกันและบรรยายเหตุการณ์เหมือนกัน โดยมีลำดับเหตุการณ์ ดังนี้

เริ่มต้นการเกิดบิกแบง เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-43} วินาที เรียกว่า **ยุคพลังค์ (plank era)** นักวิทยาศาสตร์ยังไม่ทราบอะไรมากนักในช่วงเวลานี้ การทดลองในเครื่องเร่งอนุภาค ทำให้ทราบว่า ในตอนเริ่มต้นของเอกภพ มีอุณหภูมิสูงถึง 10^{32} เคลวิน ซึ่งร้อนเกินกว่าที่จะมีอนุภาคเกิดขึ้นได้และแรงพื้นฐานทั้งสี่ ได้แก่ แรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงอ่อน แรงเข้ม และแรงโน้มถ่วงจะรวมกันเป็นหนึ่งเดียว

แรงพื้นฐานทั้ง 4 ในธรรมชาติ (four fundamental forces)



ในช่วงเวลา 10^{-43} – 10^{-36} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิสูงถึง 10^{29} เคลวิน เรียกว่า **ยุคมหาเอกภพ (grand unification era)** แรงโน้มถ่วงแยกออกจากแรงพื้นฐาน ซึ่งแรงพื้นฐานอื่นอีกสามแรงที่ยังคงรวมกันอยู่ เรียกว่า **แรงไฟฟ้า-เข้ม (electrostrong force)** ในช่วงนี้มีเฉพาะรังสีคอสมิกพลังงานสูง ยังไม่มีอนุภาคใด ๆ เกิดขึ้น

ในช่วงเวลา 10^{-36} – 10^{-12} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 10^{27} เคลวิน เรียกว่า **ยุคไฟฟ้า-อ่อน (electroweak era)** เป็นยุคที่แรงเข้มแยกออกมาจากแรงไฟฟ้า-เข้ม จึงเหลือเพียงแรงแม่เหล็กไฟฟ้าและแรงอ่อนที่ยังรวมอยู่ด้วยกัน ซึ่งเรียกว่า **แรงไฟฟ้า-อ่อน (Electroweak force)** ในช่วงเวลา 10^{-36} – 10^{-32} วินาที เอกภพขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว เรียกว่า **อินฟเลชัน (inflation)** ในช่วงเวลา 10^{-32} – 10^{-12} วินาที พลังงานศักย์จากการเกิดอินฟเลชัน ทำให้มีอนุภาคมูลฐานเกิดขึ้น ได้แก่ ควาร์ก โฟตอน และกลูออน รวมถึงปฏิกิริยา ซึ่งอนุภาคและปฏิกิริยาจะเกิดการประลัย (annihilation) หรือหักล้างกันและหายไป แต่จำนวนของอนุภาคมักมากกว่าปฏิกิริยา จึงทำให้เกิดสสารต่าง ๆ ในเอกภพได้ดังเช่นปัจจุบัน

ในช่วงเวลา 10^{-12} – 10^{-6} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 1013 เคลวิน เรียกว่า **ยุคอนุภาค (particle era)** ช่วงเวลานี้เอกภพเย็นตัวลงพอที่แรงแม่เหล็กไฟฟ้าและแรงอ่อนจะแยกออกจากกันได้ ทำให้เกิดแรงพื้นฐานทั้งสี่แรงที่รู้จักกันในทุกวันนี้ เมื่อแรงพื้นฐานทั้งสี่แยกออกจากกัน ผลคือ **สนามของฮิกส์ (Higgs field)** ทำให้อนุภาคเกิดมวลขึ้น ควาร์กวมตัวกันเป็นอนุภาคโปรตรอนและนิวตรอน



รูปที่ 1.8 ควาร์กที่รวมตัวกันเป็นโปรตอนและนิวตรอน

ในช่วงเวลา 10^{-6} วินาที ถึง 3 นาที เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 10^8 เคลวิน เรียกว่า **ยุคการสังเคราะห์นิวเคลียส (nucleosynthesis era)** หลังจากเกิดอินฟเลชัน เอกภพเต็มไปด้วยรังสีและอนุภาคมูลฐาน เมื่อเอกภพเย็นตัวลง ทำให้อนุภาคโปรตรอนและนิวตรอนรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุเบา ได้แก่ ไฮโดรเจน ฮีเลียม และดิวเทอเรียม โดยมีไฮโดรเจนประมาณ 75% ฮีเลียมประมาณ 25% และดิวเทอเรียมประมาณ 0.01%

ในช่วงเวลา 3 นาที ถึง 300,000 ปี เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 10^4 เคลวิน เรียกว่า **ยุคนิวเคลียส (nuclei era)** ในช่วงแรกของยุคนี้เอกภพยังคงมืดมิด เนื่องจากยังไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใด ๆ เกิดขึ้น ขณะที่เอกภพกำลังเย็นลงและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อิเล็กตรอนรวมตัวกับนิวเคลียสของธาตุเบา ทำให้เกิดอะตอมของธาตุขึ้นเป็นครั้งแรก การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่า **รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง** ซึ่งนับเป็นแสงแรกแห่งเอกภพที่มองเห็นได้จริง

ในช่วงเวลา 300,000 ปี ถึง 100 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 70 เคลวิน เรียกว่า **ยุคอะตอม (atom era)** ในช่วงแรกของยุคนี้จะเรียกว่า **ยุคมืด (dark ages)** เนื่องจากยังไม่มีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้น มีเพียงไฮโดรเจน ฮีเลียม และโฟตอนที่เดินทางอย่างอิสระทั่วเอกภพ จนกระทั่งเวลาผ่านไป 100 ล้านปี ดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ จึงเริ่มก่อตัวขึ้น เนื่องจากการยุบตัวของกลุ่มแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมที่มีความหนาแน่นสูง

ในช่วงเวลา 100 ล้านปี จนถึงปัจจุบัน (ประมาณ 13,700 ล้านปี) เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน มีดาวฤกษ์และกาแล็กซีต่าง ๆ มากขึ้น ปฏิกริยานิวเคลียร์บนดาวฤกษ์ขนาดใหญ่ทำให้เกิดธาตุหนัก และการเกิดซูเปอร์โนวาของดาวฤกษ์ทำให้เกิดหลุมดำและธาตุที่หนักกว่าเหล็ก เมื่อเวลาผ่านไป 5,600 ล้านปี จึงเกิดระบบสุริยะโลก และสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. เหตุใดทฤษฎีบิกแบงจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ
3. อะตอมแรกที่เกิดขึ้นในเอกภพคือธาตุชนิดใด เกิดขึ้นเมื่อไร
4. ดาวฤกษ์เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อเอกภพมีอายุและอุณหภูมิประมาณเท่าไร
5. เมื่ออนุภาคและปฏิอนุภาครวมกันจะหักล้างกันและหายไป แต่ยังคงมีอนุภาคและสสารต่าง ๆ อยู่ใน ปัจจุบัน นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด

3. หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง



แนวคิดสำคัญ

ทฤษฎีบิกแบงมีหลักฐานสำคัญที่สนับสนุน 2 ประการ ได้แก่ การขยายตัวของเอกภพที่อธิบายได้ด้วยกฎของฮับเบิลและการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังที่อุณหภูมิ 2.725 เคลวิน ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิของเอกภพ

การอธิบายความเป็นมาของเอกภพด้วยทฤษฎีบิกแบงนั้นมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับมากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ เนื่องจากมีหลักฐานสำคัญ 2 ประการ ดังนี้



3.1 การขยายตัวของเอกภพ

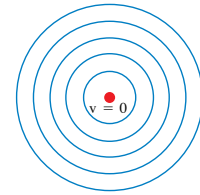
เอ็ดวิน เพาเวลล์ ฮับเบิล (Edwin Powell Hubble) นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของกาแล็กซีกับการเคลื่อนทางแดงโดยใช้ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (doppler effect) ในการอธิบายการขยายตัวของเอกภพ



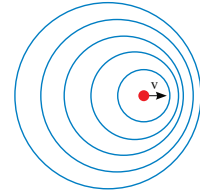
รูปที่ 1.9 เอ็ดวิน เพาเวลล์ ฮับเบิล

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (doppler effect) เกิดจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างผู้สังเกตและแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งผลต่อความถี่ของคลื่นให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งการเคลื่อนที่ของผู้สังเกตหรือแหล่งกำเนิดคลื่นจะทำให้หน้าคลื่นที่เดินทางมาถึงผู้สังเกตมีความถี่และความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงไปได้ เช่น คลื่นเสียงจากแตรรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟังจะมีความถี่สูงขึ้น (เสียงแหลมขึ้น) และเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านและออกห่างจากผู้ฟังจะมีความถี่ต่ำลง (เสียงทุ้มลง) โดย **การเลื่อนของดอปเพลอร์ (doppler shift)** สำหรับคลื่นใด ๆ คือ สัดส่วนระหว่างความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับความยาวคลื่นเดิม



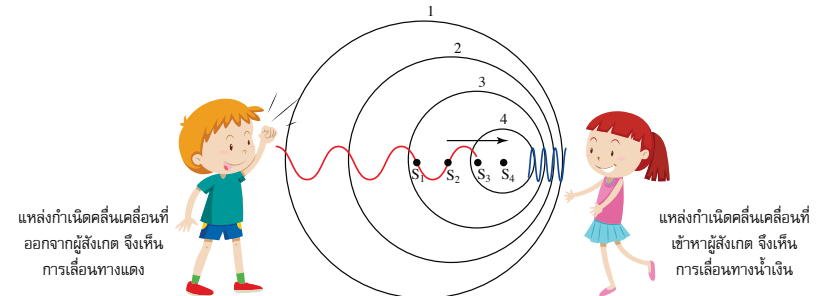
ก. แหล่งกำเนิดคลื่นอยู่นิ่งกับที่



ข. แหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วคงตัว

รูปที่ 1.10 ลักษณะหน้าคลื่นของแหล่งกำเนิดคลื่น

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เกิดขึ้นได้ทั้งกรณีแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่หรือผู้ฟังเคลื่อนที่ เมื่อพิจารณาปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในกรณีแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ ขณะที่แหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ความยาวคลื่นที่อยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดจะมีค่าลดลงจากเดิม จึงทำให้ผู้สังเกตมองเห็นคลื่นสีที่สั้นลงที่มีความยาวคลื่นน้อย เรียกว่า **การเลื่อนทางน้ำเงิน (blueshift)** ส่วนแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ความยาวคลื่นที่อยู่ด้านหลังแหล่งกำเนิดจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม จึงทำให้ผู้สังเกตมองเห็นคลื่นสีที่สั้นลงที่มีความยาวคลื่นมาก เรียกว่า **การเลื่อนทางแดง (redshift)** การเลื่อนของดอปเพลอร์นั้นไม่ได้จำกัดแต่เพียงช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด



แหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต จึงเห็นการเลื่อนทางแดง

แหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต จึงเห็นการเลื่อนทางน้ำเงิน

รูปที่ 1.11 ลักษณะคลื่นที่ปรากฏต่อผู้สังเกตเมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่

กฎของฮับเบิล

ฮับเบิลได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของกาแล็กซีกับการเคลื่อนของดอปเพลอร์ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์เฝ้าสังเกตการณ์กาแล็กซีต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ผลการสังเกตพบว่า กาแล็กซีที่อยู่ใกล้กลุ่มท้องถิ่นเดียวกับกาแล็กซีทางช้างเผือกนั้นเกิดการเคลื่อนทางน้ำเงิน เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงคอยดึงกาแล็กซีที่อยู่ใกล้เคียงให้เคลื่อนที่เข้าหากัน ส่วนกาแล็กซีที่อยู่ไกลกลุ่มท้องถิ่นจะเกิดการเคลื่อนทางแดง และกาแล็กซีที่อยู่ไกลออกไปมาก ๆ จะยังมีการเคลื่อนทางแดงมากขึ้นหรือเคลื่อนที่ห่างออกไปเร็วขึ้น เช่น กาแล็กซีที่อยู่ห่างจากโลกประมาณ 2.5 พันล้านปีแสง มีความเร็ว 61,000 กิโลเมตรต่อวินาที ส่วนกาแล็กซีที่อยู่ห่างกว่านี้ก็จะมีความเร็วมากขึ้นตามลำดับ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวลำดับ (v) กับระยะห่างของกาแล็กซี (d) พบว่า ความเร็วในแนวลำดับจะแปรผันตรงกับระยะทางจากโลก จึงสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v = Hd$$

เมื่อ v คือ ความเร็วในแนวลำดับ มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อวินาที (km/s)

H คือ ค่าคงตัวของฮับเบิล (Hubble's constant) มีค่าระหว่าง 60–80 กิโลเมตรต่อวินาที–เมกะพาร์เซก (km/s·Mpc)

d คือ ระยะห่างของกาแล็กซี มีหน่วยเป็น เมกะพาร์เซก (Mpc)

การค้นพบของฮับเบิลนี้เรียกว่า **กฎของฮับเบิล (Hubble's law)** ที่แสดงให้เห็นว่า กาแล็กซีที่อยู่ห่างไกลนั้นกำลังเคลื่อนที่ออกจากโลก ยิ่งกาแล็กซีอยู่ห่างจากโลกมากเท่าไรก็จะยิ่งเคลื่อนที่ออกจากโลกด้วยอัตราเร็วมากขึ้นเท่านั้น สิ่งนี้ทำให้ทราบว่าเอกภพกำลังขยายตัวอยู่นั่นเอง การขยายตัวของเอกภพมีลักษณะอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมที่ 1.1



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 เอกภพกำลังขยายตัว

วัสดุอุปกรณ์

1. ปากกาเมจิก 1 ด้าม
2. ลูกโป่ง 1 ลูก

วิธีปฏิบัติ

1. ใช้ปากกาเมจิกเขียนรูปวงรีขนาดเล็บบนผิวของลูกโป่งให้ทั่วลูกโป่ง
2. ใช้ปากกาเมจิกเขียนรูปวงรีขนาดใหญ่ขึ้นจนผิวลูกโป่งตึง
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของรูปวงรีบนผิวลูกโป่ง แล้วบันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

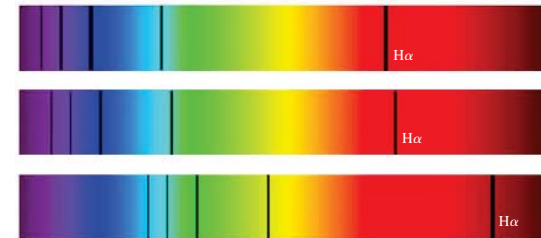
1. ขณะที่เป่าลมเข้าลูกโป่งเพียงเล็กน้อย รูปวงรีที่อยู่บนผิวลูกโป่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. ขณะที่เป่าลมเข้าลูกโป่งจะทำให้ลูกโป่งโตขึ้นเรื่อย ๆ รูปวงรีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
3. ในกิจกรรมนี้ รูปวงรีและผิวของลูกโป่งเปรียบเทียบกับสิ่งใด

จากกิจกรรมที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า เมื่อลูกโป่งพองตัวมากขึ้น ผิวลูกโป่งที่เปรียบเทียบกับเอกภพจะเกิดการขยายตัวออก และรูปวงรีบนผิวของลูกโป่งที่เปรียบเทียบกับกาแล็กซีจะเคลื่อนที่ออกจากกันมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า การขยายตัวของเอกภพทำให้กาแล็กซีต่าง ๆ เคลื่อนที่ออกจากกัน ดังนั้น หากคิดย้อนกลับไปในอดีต กาแล็กซีต่าง ๆ ก็น่าจะอยู่ใกล้กันมากกว่านี้และเอกภพก็น่าจะเคยมีขนาดเล็กกว่านี้มาก่อนที่จะเกิดขยายตัว ซึ่งพลังงานและสสารทั้งหมดในเอกภพอาจจะเคยอัดแน่นอยู่ที่จุดเพียงจุดเดียว เรียกว่า **ซิงกูลาริตี (singularity)** ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีบิกแบงนั่นเอง



รูปที่ 1.12 การจำลองการขยายตัวของเอกภพบนผิวลูกโป่ง

นักดาราศาสตร์ได้สังเกตสเปกตรัมของดาว จึงทำให้ทราบว่าเอกภพกำลังขยายตัวและขยายตัวด้วยความเร่ง เนื่องจากสเปกตรัมของดาวมีการเลื่อนไปทางแดง และสามารถวัดความเร็วของแหล่งกำเนิดแสงจากสเปกตรัมของดาวได้ ซึ่งถ้าดาวหรือวัตถุท้องฟ้านั้นมีการเลื่อนไปทางแดงหรือทางน้ำเงินมากก็แสดงว่าวัตถุนั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่มาก



รูปที่ 1.13 สเปกตรัมที่มีการเลื่อนทางแดง

ก่อนหน้านี้ ทฤษฎีบิกแบงอธิบายการเกิดเอกภพในลักษณะการระเบิดครั้งใหญ่ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดไปจากความเป็นจริง เอกภพไม่ได้เกิดจากการระเบิด แต่เป็นการขยายตัวของที่ว่างในทุกทิศทาง เนื่องจากการระเบิดมักสื่อถึงการกระจายจากจุดศูนย์กลางจุดหนึ่งออกไปสู่ที่ว่าง (space) แต่ที่ว่างนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อหลังจากบิกแบง และการขยายตัวของเอกภพนั้นไม่มีจุดศูนย์กลาง ซึ่งจะเห็นได้จากการขยายของผิวลูกโป่งดังรูปที่ 1.12 ดังนั้นไม่ว่านักเรียนจะอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ตามในเอกภพ ก็ยังคงมองเห็นการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในลักษณะเดียวกับบนโลก

3.2 การค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง

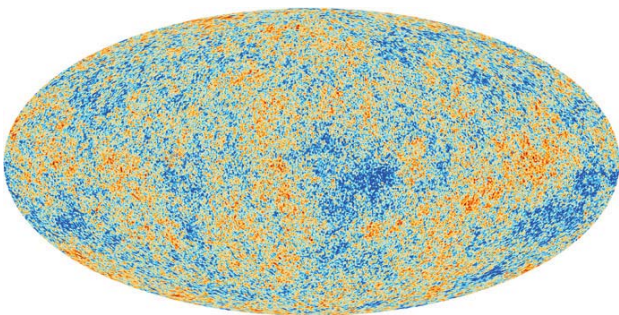


รูปที่ 1.14 อาร์โน เพนเซียส และโรเบิร์ต วิลสัน

เมื่อ พ.ศ. 2508 อาร์โน เพนเซียส (Arno Penzias) และโรเบิร์ต วิลสัน (Robert Wilson) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ได้ทดสอบเครื่องรับสัญญาณวิทยุความไวสูง ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้องทดลองของบริษัทเบลล์เทเลโฟน พบว่าเครื่องรับสัญญาณได้รับสัญญาณวิทยุในย่านไมโครเวฟรบกวนอยู่ตลอดเวลาโดยไม่ทราบทิศทางและที่มาของแหล่งกำเนิด ถึงแม้ว่าจะทดลองหันจานรับสัญญาณไปในทิศทางอื่น ๆ หรือทำความสะอาดอุปกรณ์เป็นอย่างดีแล้ว ยังคงพบสัญญาณไมโครเวฟที่มีความสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา เป็นไปได้ว่าสัญญาณนี้กระจายอยู่ทั่วไปในเอกภพ ภายหลังจึงตรวจสอบได้ว่าสัญญาณดังกล่าวเป็นรังสีพื้นหลังของเอกภพซึ่งเกิดจากบิกแบง และมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของเอกภพ คือ 2.725 เคลวิน เรียกว่า **รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง (microwave cosmic background)**

จากการทำนายของทฤษฎีบิกแบง ขณะที่เอกภพกำลังเย็นลงและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อิเล็กตรอนจะรวมตัวกับนิวเคลียสของไฮโดรเจนและฮีเลียม ทำให้เกิดอะตอมของธาตุขึ้นเป็นครั้งแรก ทำให้เกิดการแผ่รังสีเหมือนพื้นผิวของดาวยักษ์แดงที่มีอุณหภูมิ 3,000 เคลวิน เมื่อเอกภพเย็นตัวลงและขยายตัวมากขึ้นอีก รังสีนี้จึงเกิดการเลื่อนทางแดงไปอยู่ในช่วงรังสีไมโครเวฟซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 3 เคลวิน และกระจายไปทั่วท้องฟ้า เอกภพจึงเต็มไปด้วยการแผ่รังสีไมโครเวฟพื้นหลังที่มีสัญญาณสม่ำเสมอในทุกทิศทาง

การค้นพบโดยบังเอิญนี้ได้สนับสนุนแนวคิดของ จอร์จ กามอฟ (George Gamow) ที่ทำนายไว้ว่า ถ้าเอกภพเกิดขึ้นจากบิกแบงที่ร้อนมาก ๆ จะต้องมียุคที่หลังเหลือปรากฏอยู่ในเอกภพปัจจุบัน เมื่อเกิดบิกแบง เอกภพเกิดการขยายตัวและมีอุณหภูมิลดลง ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากบิกแบงมีความยาวคลื่นมากขึ้น จนปัจจุบันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะอยู่ในช่วงไมโครเวฟและมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน



รูปที่ 1.15 รังสีไมโครเวฟพื้นหลัง

ที่มา : www.esa.int

จากรูปที่ 1.15 เป็นภาพรังสีไมโครเวฟพื้นหลังที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์อวกาศพลังค์ (plank space telescope) ขององค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency : ESA) ซึ่งมีความละเอียดสูง จากภาพเป็นแผนที่ของอุณหภูมิในช่วงรังสีไมโครเวฟที่บริเวณต่าง ๆ ในเอกภพ จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันในบางตำแหน่ง (บริเวณที่มีสีส้มมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่มีสีน้ำเงิน) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่เกิดการก่อตัวของดาวฤกษ์และกระจุกกาแล็กซีที่พบในปัจจุบัน การศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลังนี้มีความสำคัญต่อการศึกษาเอกภพเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกของเอกภพเมื่อประมาณ 300,000 ปีหลังเกิดบิกแบง นับเป็นแสงแรกแห่งเอกภพ ซึ่งช่วยให้นักเอกภพวิทยาเข้าใจเอกภพในช่วงก่อนและหลังของการเกิดรังสีไมโครเวฟพื้นหลังได้ดียิ่งขึ้น

อีกหลักฐานหนึ่งที่ยืนยันว่า เอกภพไม่ได้คงอยู่และมีขนาดเป็นอนันต์ แต่มีจุดกำเนิดเมื่อประมาณ 13,750 ล้านปีก่อน คือ **ปฏิกิริยาฮอเลเบอร์ส (Olbers' paradox)** เสนอโดย ไฮน์ริช โอลเบอร์ส (Heinrich Olbers) เมื่อ พ.ศ. 2369 โอลเบอร์สมีข้อสงสัยว่า ถ้าเอกภพนั้นคงอยู่และมีขนาดเป็นอนันต์ เหตุใดท้องฟ้าเวลากลางคืนจึงมืดและเป็นสีดำ ถ้าเอกภพนั้นคงอยู่และมีขนาดเป็นอนันต์ ท้องฟ้าเวลากลางคืนควรจะสว่างเท่ากับกลางวันเนื่องจากแสงจากดาวฤกษ์ทุกดวงจะต้องเดินทางมาถึงโลกเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ โดยโอลเบอร์สได้สรุปว่า สาเหตุที่ท้องฟ้ามืดเช่นนั้น อาจเป็นเพราะอวกาศไม่ได้โปร่งใสอย่างสมบูรณ์

ปฏิกิริยาฮอเลเบอร์สอธิบายได้ด้วยการขยายตัวของเอกภพ แสงของดาวฤกษ์เกิดการเลื่อนทางแดงไปยังช่วงรังสีไมโครเวฟที่ตามองไม่เห็น และเนื่องจากแสงเดินทางด้วยอัตราเร็วจำกัด จึงมีแสงจากดาวฤกษ์เพียงบางดวงเท่านั้นที่เดินทางมาถึงโลก การสังเกตท้องฟ้าจึงเป็นการมองภาพในอดีตของวัตถุ โดยกาแล็กซีที่เก่าแก่และอยู่ไกลที่สุดที่มนุษย์สังเกตได้นั้นอยู่ห่างออกไปประมาณ 13,000 ปีแสง ซึ่งเป็นขอบฟ้าของเอกภพที่สามารถสังเกตได้ และสอดคล้องกับอายุของเอกภพประมาณ 13,750 ล้านปี จึงไม่สามารถมองเห็นสิ่งมีอายุมากกว่านี้หรืออยู่ไกลมากกว่านี้ได้



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.3

งตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพกำลังขยายตัว
2. หากดาวฤกษ์ดวงหนึ่งอยู่หนึ่งกับที่และนักเรียนกำลังเคลื่อนที่เข้าหาดาวฤกษ์ดวงนั้น นักเรียนจะเห็นการเลื่อนของดอปเพลอร์อย่างไร
3. กาแล็กซีที่อยู่ห่างไกลจากโลกมาก ๆ จะมีการเคลื่อนที่อย่างไรเมื่อสังเกตจากโลก
4. การเลื่อนทางน้ำเงินของกาแล็กซีที่อยู่ใกล้กับโลกนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร
5. รังสีไมโครเวฟพื้นหลังคืออะไร ถูกค้นพบได้อย่างไร



กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ “วิวัฒนาการของเอกภพ”

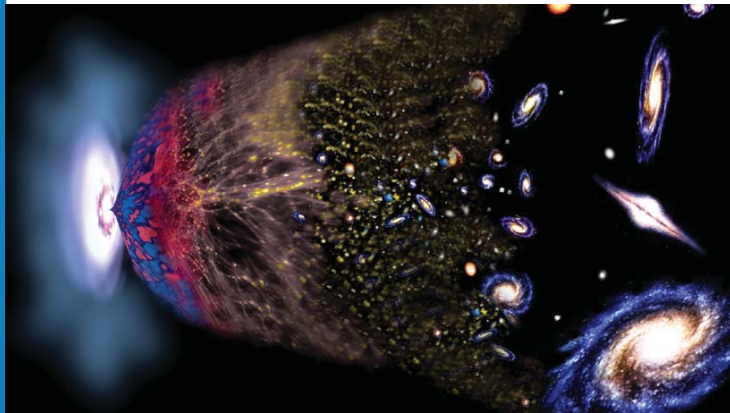
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน และตั้งชื่อกลุ่ม
2. ทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. การทำกิจกรรมต้องระดมสมองในการสืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผล ในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับการทำกิจกรรม

สถานการณ์

● แบบจำลองเอกภพ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการกำเนิดเอกภพและวิวัฒนาการของเอกภพ
2. สร้างแบบจำลองเอกภพโดยแสดงรายละเอียดของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ
3. แบบจำลองควรมีความแข็งแรง สวยงาม ใช้วัสดุที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง



สรุปเรื่องเอกภพ

Knowledge

เอกภพวิทยา

- เอกภพวิทยา คือ การศึกษาสมบัติโดยรวมของเอกภพ ทั้งด้านการกำเนิด วิวัฒนาการ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของเอกภพ
- ชาวกรีกเชื่อว่า โลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาลที่มีขอบเขตจำกัดเป็นทรงกลม มีดาวฤกษ์อยู่ประจำที่ที่ขอบเขตของจักรวาล ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบโลกเป็นวงกลม เรียกว่า ระบบโลกเป็นศูนย์กลาง
- นิโคเลาส์ โคเปอร์นิคัส ได้เสนอแนวคิดว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล โลกและดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลม เรียกว่า ระบบดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง
- โยฮันเนส เคปเลอร์ ได้เสนอว่า ดาวเคราะห์ต่าง ๆ รวมทั้งโลก โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปร่างรี
- กาลิเลโอ กาลิเลอี ได้ใช้กล้องโทรทรรศน์สำรวจท้องฟ้า พบว่า ดวงจันทร์มีพื้นผิวขรุขระ การเกิดข้างขึ้นข้างแรมของ ดาวศุกร์ และดวงจันทร์กาลิเลียน
- เซอร์ไอแซก นิวตัน ได้เสนอกฎความโน้มถ่วงสากลที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ รวมถึงวัตถุทุกชนิดในเอกภพ และสนับสนุนแนวคิดของเคปเลอร์ที่บอกว่าดาวเคราะห์มีวงโคจรเป็นวงรี

ทฤษฎีบิกแบง

- ทฤษฎีบิกแบงเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเกิดเอกภพที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีแนวคิดว่า เมื่อประมาณ 13,700 ล้านปีก่อน จุดเริ่มต้นของเวลาและเอกภพกำเนิดขึ้นจากจุดเล็ก ๆ ที่มีสภาวะร้อนจัดและมีความหนาแน่นสูงมากเกิดการขยายตัว เมื่อเวลาผ่านไปเอกภพมีวิวัฒนาการจนเกิดสสารต่าง ๆ เกิดกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ โลก รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลก
- เริ่มต้นการเกิดบิกแบง เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-36} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิ 10^{29} เคลวิน ในช่วงนี้มีเฉพาะรังสีคอสมิก พลังงานสูงเท่านั้น ยังไม่มีอนุภาคใด ๆ เกิดขึ้น
- เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-12} วินาที เกิดอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ ได้แก่ ควาร์ก อิเล็กตรอน โฟตอน และนิวตริโน
- เมื่อเวลาผ่านไป 10^{-6} วินาที เอกภพมีอุณหภูมิ 10^{13} เคลวิน ควาร์กเริ่มรวมตัวกันเป็นอนุภาคโปรตอนและนิวตรอน
- เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที เอกภพมีอุณหภูมิ 10^8 เคลวิน อนุภาคโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุเบา คือ นิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียม
- เมื่อเวลาผ่านไป 300,000 ปี เอกภพมีอุณหภูมิ 10,000 เคลวิน อิเล็กตรอนรวมตัวกับโปรตอนและนิวตรอนทำให้เกิดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมและเกิดรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง
- เมื่อเวลาผ่านไป 100 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิ 70 เคลวิน มีธาตุและสสารต่าง ๆ หนาแน่นมากขึ้น เกิดกาแล็กซีและดาวฤกษ์
- ในปัจจุบันเวลาผ่านไปประมาณ 13,700 ล้านปี เอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2.725 เคลวิน เกิดธาตุหนัก กาแล็กซี หลุมดำ ระบบสุริยะ โลก และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

- ทฤษฎีบิกแบงมีความน่าเชื่อถือเนื่องจากมีหลักฐานสำคัญที่สนับสนุน 2 ประการ ได้แก่ การขยายตัวของเอกภพและการค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง
- เอ็ดวิน ฮับเบิล อธิบายการขยายตัวของเอกภพโดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของกาแล็กซีกับการเลื่อนทางแดง และได้เสนอกฎของฮับเบิลว่า กาแล็กซีกำลังเคลื่อนที่ออกจากกันและมีอัตราเร็วแปรผันตรงกับระยะทางจากโลกดังสมการ

$$v = Hd$$

- รังสีไมโครเวฟพื้นหลังที่กระจายอยู่ทั่วไปในเอกภพเป็นร่องรอยของการเกิดบิกแบง มีอุณหภูมิเท่ากับ 2.725 เคลวิน ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิของเอกภพ ค้นพบโดย อาร์โน เพนเซียส และ โรเบิร์ต วิลสัน
- ปัจจุบันการศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลังช่วยให้เข้าใจเอกภพในช่วงก่อนและหลังของการเกิดรังสีไมโครเวฟพื้นหลัง (เมื่อ 380,000 ปีหลังเกิดบิกแบง) ได้ดียิ่งขึ้น

Process

1. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี
3. อธิบายข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
4. สื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

Attribute

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน



คำถามท้าทายหน่วยการเรียนรู้

1. วิธีการศึกษาเอกภพในอดีตและปัจจุบันมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. แนวคิดแบบจำลองจักรวาลของไคเปอร์นั้นส่งผลต่อการศึกษาเอกภพวิทยาอย่างไร
3. กาลิเลโอมีข้อพิพาทข้อใดที่ทำให้ทราบว่าโลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล
4. “เอกภพเกิดขึ้นจากการระเบิด” นักเรียนคิดว่าแนวความคิดนี้มีควมน่าเชื่อถือมากหรือน้อยอย่างไร
5. ปัจจุบันเอกภพมีอายุประมาณเท่าไร
6. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเอกภพคือธาตุชนิดใด
7. เมื่อเอกภพมีอายุประมาณ 3 นาที จะมีวิวัฒนาการเป็นอย่างไร
8. ระบบสุริยะเกิดขึ้นเมื่อเอกภพมีอายุประมาณเท่าไรและมีอุณหภูมิเท่าไร
9. นักเรียนคิดว่า ถ้าปฏิอนุภาคมีจำนวนมากกว่าอนุภาค เอกภพจะมีลักษณะเป็นอย่างไร
10. เหตุใดการอธิบายการเกิดเอกภพด้วยทฤษฎีบิกแบงจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ
11. ให้นักเรียนอธิบายการขยายตัวของเอกภพโดยใช้กฎของฮับเบิล
12. นักดาราศาสตร์พบว่า กาแล็กซีแอนดรอเมดากำลังเคลื่อนที่เข้าหากาแล็กซีทางช้างเผือก นักเรียนคิดว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบนั้นถูกต้องหรือไม่ อย่างไร
13. หากนักอยู่บนดาวดวงหนึ่งในกาแล็กซีที่ห่างไกลจากโลก นักเรียนจะมองเห็นการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นอย่างไร
14. การค้นพบรังสีไมโครเวฟพื้นหลังช่วยสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงอย่างไร
15. อุณหภูมิของเอกภพและอุณหภูมิของรังสีไมโครเวฟพื้นหลังมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
16. การศึกษารังสีไมโครเวฟพื้นหลังมีความสำคัญอย่างไร