



หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๕

ISBN 978-616-576-348-6

จำนวน ๕๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๖

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาต ให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๗

ว่าที่ร้อยตรี

(ธน วังจันดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนา หลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภท ที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้น ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาพิจารณาเทียบเคียง กับหลักสูตรสถานศึกษาและพิจารณาเลือกใช้หนังสือนี้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตร สถานศึกษาของตนได้ตามความเหมาะสม

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐาน การศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรี

(ธน วังจันดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้อันซับซ้อน กระบวนการ วัฏจักรการเรียนรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔–๖ แล้ว จะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๕ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นต้องเรียนประกอบด้วยเรื่อง เอกภพและกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น นักวิจัย วิศวกร สถาปนิก ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเองมีแบบตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้วรวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบันและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เกียรติสุขสกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๕

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

เวลา ๔๐ ชั่วโมง จำนวน ๑ หน่วยกิต

ศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในเอกภพ โดยทำความเข้าใจเกี่ยวกับกำเนิด วิวัฒนาการของเอกภพ และหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง โครงสร้าง องค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก ตำแหน่งของระบบสุริยะ และการสังเกตเห็นทางช้างเผือก กระบวนการเกิด วิวัฒนาการ การสร้างพลังงาน และสมบัติของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบิรวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต และการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะ และเทคโนโลยีอวกาศกับการพัฒนาคุณภาพชีวิต โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิด และการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสาร สิ่งที่ยั่งยืนและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

๑. อธิบายการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
๒. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
๓. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก
๔. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
๕. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน
๖. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
๗. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
๘. อธิบายวิถีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์

- ๙. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการ จากแผนภาพแฮร์ซปรุง-รัสเซลล์
- ๑๐. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
- ๑๑. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์
- ๑๒. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์ นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะ และพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย
- ๑๓. สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียมยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

รวมทั้งหมด ๑๓ ผลการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมโยงไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่ปรากฏในหนังสือเรียน การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

- | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| • คำถามสำคัญ | • ตรวจสอบความเข้าใจ | • ศัพท์น่ารู้ |
| • จุดประสงค์การเรียนรู้ | • กิจกรรม | • สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน |
| • ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน | • ลองทำดู | • แบบฝึกหัดท้ายบท |
| • ขวนคิด | • ความรู้เพิ่มเติม | |

1

คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

2

จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

3

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหานั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

4	ชวนคิด
	คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา
5	ตรวจสอบความเข้าใจ
	คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง
6	กิจกรรม
	การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง
7	ลองทำดู
	การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้
8	ความรู้เพิ่มเติม
	ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล
9	ศัพท์น่ารู้
	ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติมและสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

สารบัญ		
บทที่	เนื้อหา	หน้า
13	บทที่ 13 เอกภพและกาแล็กซี	1
เอกภพและกาแล็กซี	13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	3
	13.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	6
	13.2.1 การขยายตัวของเอกภพ	6
	13.2.2 ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ	13
	13.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก	15
	แบบฝึกหัดท้ายบท	24
14	บทที่ 14 ดาวฤกษ์	26
ดาวฤกษ์	14.1 สมบัติของดาวฤกษ์	29
	14.1.1 ความส่องสว่าง และโชติมาตรของดาวฤกษ์	29
	14.1.2 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์	46
	14.1.3 แผนภาพเฮิร์ตซสปริง-รัสเซลล์	51
	14.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	53
	14.2.1 กำเนิดดาวฤกษ์	54
	14.2.2 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	58
	แบบฝึกหัดท้ายบท	65
15	บทที่ 15 ระบบสุริยะ	69
ระบบสุริยะ	15.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารรอบดวงอาทิตย์	71
	15.2 การโคจรของดาวเคราะห์	79
	15.3 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	85
	15.3.1 ปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	88
	แบบฝึกหัดท้ายบท	94

บทที่	เนื้อหา	หน้า
16	บทที่ 16 เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้	95
	16.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	97
	16.1.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ	97
	16.1.2 ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และดาวเทียม	105
	16.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	111
	16.2.1 ด้านวัสดุศาสตร์	112
	16.2.2 ด้านอาหาร	113
	16.2.3 ด้านการแพทย์และสุขภาพ	114
	แบบฝึกหัดท้ายบท	118
	ภาคผนวก	119
คำศัพท์	120	
บรรณานุกรม	125	
ที่มาของรูป	127	

เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้

บทที่ 13 | เอกภพและกาแล็กซี (The Universe and Galaxies)



ipst.me/10869

ในยามค่ำคืนเมื่อเรามองท้องฟ้าด้วยตาเปล่าจะเห็นดวงดาวมากมาย แต่ถ้าใช้กล้องโทรทรรศน์สังเกตท้องฟ้าและเล็งไปยังบริเวณหนึ่ง ซึ่งเป็นที่ว่างระหว่างดวงดาวต่าง ๆ เราจะได้เห็นวัตถุท้องฟ้าหรือ เทห์ฟ้า (celestial object) อีกจำนวนมากที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากรูปด้านบนเป็นภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลที่เล็งไปยังพื้นที่ว่างในทิศทางของกลุ่มดาวเตาหลอม (Fornax) พบกาแล็กซีจำนวนมากในพื้นที่นั้น แสดงว่ายังมีวัตถุท้องฟ้าจำนวนมากกว่าที่เรามองเห็น และวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน



คำถามสำคัญ

- เอกภพมีกำเนิดและวิวัฒนาการอย่างไร
- นักวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานใดบ้างในการอธิบายกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ และนำหลักฐานดังกล่าวมาใช้อธิบายอย่างไร
- กาแล็กซีทางช้างเผือกมีโครงสร้างและองค์ประกอบอย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายกำเนิด อุณหภูมิและขนาดของเอกภพ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสสารตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตกับระยะห่างระหว่างผู้สังเกตกับกาแล็กซี เพื่อใช้สนับสนุนการขยายตัวของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
3. อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่นำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
4. อธิบายโครงสร้าง และองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
5. อธิบายลักษณะทางช้างเผือกที่คนบนโลกสังเกตเห็น



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน	
2	พลังงานและสสารสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้	
3	เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมาก	
4	อุณหภูมิ 1 เคลวิน มีค่าเท่ากับ 273 องศาเซลเซียส	
5	ปีแสงเป็นหน่วยของระยะทาง	
6	นิวเคลียสของไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอน 1 อนุภาค	
7	ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสง	
8	โลกอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก	

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
9	เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต คลื่นที่แผ่ออกจากวัตถุจะมีความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น	
10	หากผู้สังเกตอยู่ที่ประเทศไทยต้องการศึกษากลุ่มดาวโดยใช้แผนที่ดาว ต้องใช้แผนที่ดาวซีกฟ้าใต้	

บทนำ

เอกภพเป็นระบบที่ใหญ่ที่สุดที่มนุษย์ศึกษาได้ในขณะนี้ ในอดีตมนุษย์เคยเชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ แต่เมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้ามากขึ้นจึงพบว่าโลกเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเอกภพ และเพื่ออธิบายความเป็นมาของสิ่งต่าง ๆ ในเอกภพ มนุษย์จึงศึกษาและสำรวจอวกาศเพื่อไขข้อสงสัยเกี่ยวกับกำเนิด รวมทั้งวิวัฒนาการและจุดจบของเอกภพที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เอกภพมีกำเนิด และวิวัฒนาการอย่างไร และมีหลักฐานใดบ้างที่นำมาอธิบายกำเนิดของเอกภพ ศึกษาได้จากหัวข้อต่อไปนี้

13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

แนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อธิบายกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพเป็นอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 13.1



กิจกรรม 13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และระบุสสารที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. สรุปการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ขนาดของเอกภพ และการเปลี่ยนแปลงของสสารในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการ



ipst.me/11070

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนภาพกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
2. เอกสารความรู้เรื่อง อนุภาคมูลฐาน
3. ตารางบันทึกการเปลี่ยนแปลงสสารและอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

1 แผ่น

1 ชุด

1 แผ่น

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code

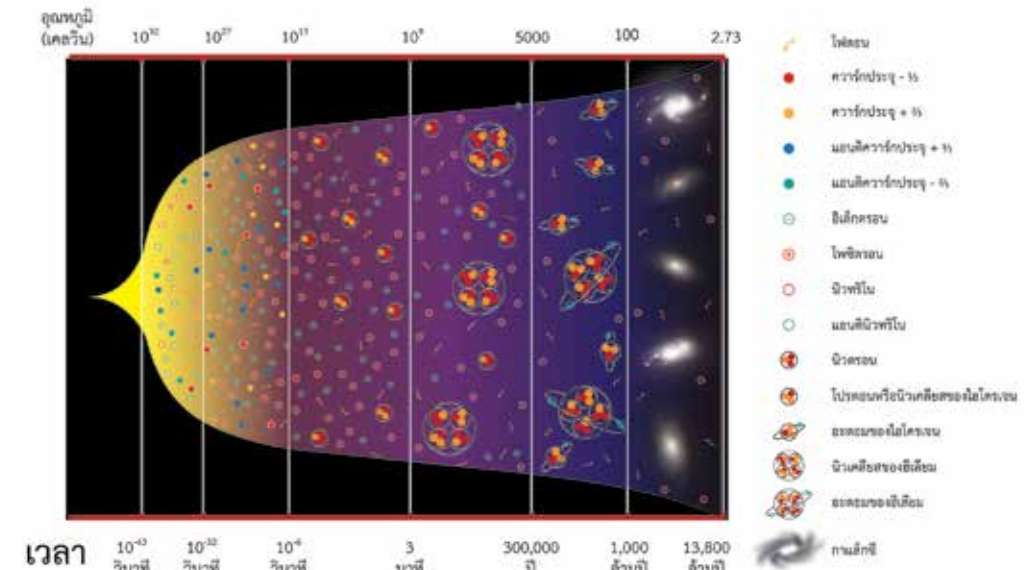
วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาความรู้เรื่องอนุภาคมูลฐานจากเอกสารที่กำหนด
2. ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอนุภาค ขนาด และสสารของเอกภพในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวิวัฒนาการ จากแผนภาพที่กำหนด
3. ระบุสสารที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวิวัฒนาการ ในตารางบันทึกที่กำหนด
4. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังบิกแบง อนุภาคของเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. หลังบิกแบง ขนาดของเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
3. ช่วงเวลาใดที่เริ่มเกิดอนุภาคมูลฐาน
4. ระยะเวลาที่เกิดโปรตอนและนิวตรอนห่างจากช่วงเวลาที่เริ่มเกิดอนุภาคมูลฐานประมาณเท่าใด
5. ในช่วงที่เกิดโปรตอนและนิวตรอนเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอนุภาคจากช่วงที่เริ่มเกิดอนุภาคมูลฐานอย่างไร
6. โฟตอนเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด
7. ปฏิอนุภาคเริ่มหายไปในช่วงเวลาใด
8. นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมเกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่ และเกิดเมื่อเอกภพมีอนุภาคประมาณเท่าใด
9. อะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียมเกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่ และเกิดขึ้นเมื่อเอกภพมีอนุภาคประมาณเท่าใด
10. ระยะเวลาที่เกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและเกิดอะตอมของไฮโดรเจนห่างกันประมาณเท่าใด
11. ระยะเวลาที่เกิดนิวเคลียสของฮีเลียมและเกิดอะตอมของฮีเลียมห่างกันประมาณเท่าใด
12. อนุภาคในช่วงเวลาที่เกิดอะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมแตกต่างจากอนุภาคในช่วงเวลาที่เกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและฮีเลียมหรือไม่ อย่างไร และระยะเวลาห่างกันประมาณเท่าใด
13. หลังบิกแบงเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

จากกิจกรรมพบว่า หลังบิกแบงเอกภพมีวิวัฒนาการโดยมีการเปลี่ยนแปลงอนุภาค ขนาด และสสาร จนกระทั่งเกิดเป็นเอกภพในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์มีแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้อธิบายกำเนิดเอกภพหลายทฤษฎี แต่ปัจจุบันทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ **ทฤษฎีบิกแบง** (Big Bang Theory) ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวอธิบายวิวัฒนาการของเอกภพในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังนี้



รูป 13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง

ตามทฤษฎีบิกแบง เอกภพเริ่มจากบริเวณที่มีขนาดเล็กมากและเป็นบริเวณที่มีอนุภาคและความหนาแน่นสูงมาก ต่อมาเอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วที่เรียกว่า **บิกแบง** (Big Bang) ทำให้อนุภาคมูลฐาน และมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ ดังนี้

ในช่วงเวลาก่อน 10^{-43} วินาทีหลังบิกแบง นักวิทยาศาสตร์อธิบายได้เพียงว่า เอกภพประกอบด้วยพลาสมาของอนุภาคที่มีพลังงานสูง มีอนุภาคมีพลังงานสูงกว่า 10^{32} เคลวิน ต่อมาในช่วงเวลา 10^{-43} – 10^{-32} วินาทีหลังบิกแบง เอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วทำให้อนุภาคของเอกภพลดลง เกิดสสารในรูปแบบของ **อนุภาคมูลฐาน** (elementary particle) ซึ่งได้แก่ ควาร์ก อิเล็กตรอน นิวตริโน และ **ปฏิอนุภาค** (antiparticle) ของอนุภาคมูลฐาน ได้แก่ แอนติควาร์ก โพซิตรอน และแอนตินิวตริโน

ต่อมาที่เวลา 10^{-32} วินาทีหลังบิกแบง อนุภาคและปฏิอนุภาคประเภเดียวกันรวมตัวกันเกิดกระบวนการ **การประลัย** (annihilation) กลายเป็นพลังงานซึ่งอยู่ในรูปโฟตอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่เนื่องจากเอกภพ มีอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค หลังกระบวนการการประลัยจึงมีอนุภาคคงเหลืออยู่ในเอกภพ

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดรูป 13.1 ได้จาก QR code ประจำบท

ต่อมาที่เวลา 10^{-6} วินาทีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 10^{13} เคลวิน ส่งผลให้ ควาร์กรวมตัวเป็นโปรตอนหรือนิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวตรอน ซึ่งโปรตอนและนิวตรอนเป็นองค์ประกอบของสสารส่วนใหญ่ในเอกภพ

หลังจากนั้นที่เวลาประมาณ 3 นาทีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงอีก เหลือประมาณ 10^9 เคลวิน โปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม

ต่อมาที่เวลาประมาณ 300,000 ปีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 5,000 เคลวิน ส่งผลให้พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนลดลง นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียม จึงดึงอิเล็กตรอนเข้ามาอยู่ร่วมกัน เกิดเป็นอะตอมไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียม ทำให้เอกภพเกิดที่ว่างและส่งผลให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกสู่อวกาศได้ ซึ่งคงเหลือมาถึงปัจจุบันในรูปของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

ท้ายสุดที่เวลาประมาณ 1,000 ล้านปีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 100 เคลวิน อะตอมของธาตุไฮโดรเจนและอะตอมของธาตุฮีเลียมรวมตัวกันด้วยแรงโน้มถ่วงเกิดเป็นเนบิวลารุ่นแรกที่กำลังกำเนิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซีรุ่นแรก ปัจจุบันเอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมาก ดังนั้นสสารที่พบในปัจจุบันจึงมีกำเนิดมาจากบิกแบง และนักวิทยาศาสตร์คาดว่าเอกภพมีอายุประมาณ 13,800 ล้านปี

แนวคิดเกี่ยวกับกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบงที่กล่าวมา พัฒนามาจากแนวคิดของ **อเล็กซานเดอร์ ฟรีดแมนน์** (Alexander Friedmann) ในปี พ.ศ. 2465 และ **จอร์จ เลอแมทร์** (Georges Lemaitre) ในปี พ.ศ. 2470 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพนี้เกิดขึ้นมาเป็นเวลานาน นักดาราศาสตร์ใช้หลักฐานใดบ้างในการสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว จะศึกษาได้จากหัวข้อต่อไป

13.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

หลักฐานสำคัญที่นักดาราศาสตร์นำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และ **ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ** (cosmic microwave background: CMB) ซึ่งแต่ละหลักฐานมีการศึกษาอย่างไรและนำมาใช้สนับสนุนได้อย่างไร จะได้ศึกษาต่อไป

13.2.1 การขยายตัวของเอกภพ

นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพมีการขยายตัวและมีวิธีการศึกษาอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 13.2



กิจกรรม 13.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองกับระยะทาง

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|---------|
| 1. ลูกโป่งชนิดกลม | 1 ลูก |
| 2. สติกเกอร์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร | 6 ชิ้น |
| 3. กระดาษกราฟ | 1 แผ่น |
| 4. ยางรัด | 1 เส้น |
| 5. สายวัด | 1 เส้น |
| 6. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |

วิธีการทำกิจกรรม

- สร้างแบบจำลองเอกภพดังนี้
 - เป่าลูกโป่งให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร กำหนดให้เป็นเอกภพจำลอง
 - ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางของสติกเกอร์ทั้ง 6 ชิ้นพร้อมเขียนสัญลักษณ์ ก ข ค ง จ ฉ กำกับ และกำหนดให้เป็นกาแล็กซีจำลอง
 - นำสติกเกอร์ทั้ง 6 ชิ้น มาติดให้กระจายทั่วลูกโป่ง โดยให้มีระยะห่างระหว่างสติกเกอร์ไม่เท่ากัน



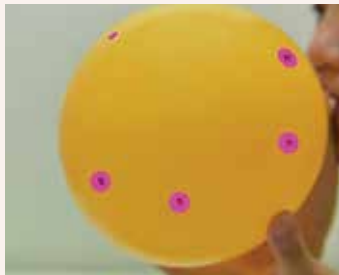
2. วัดระยะทางระหว่างกาแล็กซีดังนี้

- กำหนดให้กาแล็กซี ก เป็นกาแล็กซีอ้างอิง วัดระยะทางที่สั้นที่สุดบนผิวลูกโป่งจากกาแล็กซีอ้างอิง ไปยังกาแล็กซีจำลอง ข ค ง จ ฉ และบันทึกผลในตาราง 1



2.2 เปลี่ยนกาแล็กซีอ้างอิงใหม่แทนกาแล็กซี ก จากนั้นวัดระยะทางที่สั้นที่สุดจากกาแล็กซีอ้างอิงใหม่ไปยังกาแล็กซีจำลองอื่น ๆ และบันทึกผลในตารางที่ 2 ที่สร้างขึ้นแบบเดียวกับตารางที่ 1

3. เป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ ใช้เวลาในการเป่า 5 วินาที จากนั้นวัดระยะทางเช่นเดียวกับข้อ 2.1 และข้อ 2.2 และบันทึกในตาราง 1 และ 2 ตามลำดับ



4. หาผลต่างของระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง ก ไปยังกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ จากการวัดระยะทางในการเป่าครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

5. คำนวณหาความเร็วของกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ออกจากกาแล็กซีอ้างอิง และบันทึกผล

6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองกับระยะทางของกาแล็กซีอ้างอิงกับกาแล็กซีต่าง ๆ หลังการเป่าครั้งที่ 2

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

ตาราง 1

กาแล็กซีจำลอง	ระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง ก (เซนติเมตร)		ผลต่างของระยะทาง (เซนติเมตร)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองออกจากกาแล็กซีอ้างอิง (เซนติเมตรต่อวินาที)
	เป่าครั้งที่ 1	เป่าครั้งที่ 2		
ข				
ค				
ง				
จ				
ฉ				

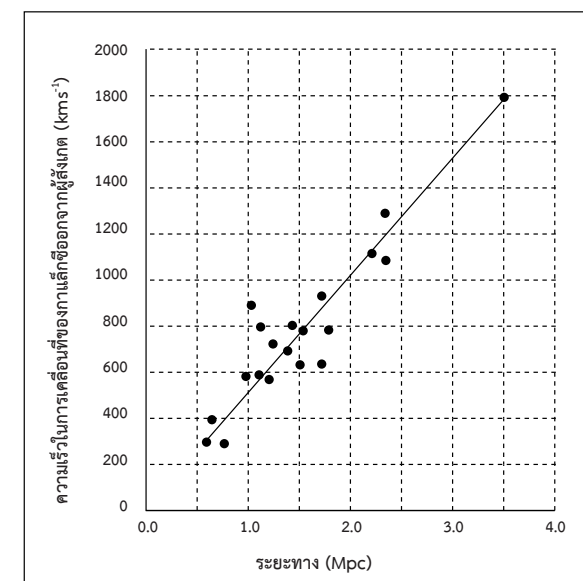
หมายเหตุ กิจกรรมนี้ใช้ความเร็วแทนอัตราเร็วเพื่อคงความหมายตามศัพท์ภาษาอังกฤษ recessional velocity เนื่องจากลูกโป่งขยายตัวออกทำให้กาแล็กซีต่าง ๆ เคลื่อนที่ออกจากกาแล็กซีอ้างอิงในทุกทิศทาง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังจากเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะทางระหว่างกาแล็กซีจำลอง กับกาแล็กซีอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. กาแล็กซีจำลองใดมีการเคลื่อนที่เร็วที่สุดและกาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น
3. กาแล็กซีจำลองใดมีการเคลื่อนที่ช้าที่สุดและกาแล็กซีนี้อยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น
4. ระยะทางจากกาแล็กซีจำลองถึงกาแล็กซีอ้างอิงหลังการเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองอย่างไร
5. เมื่อเปลี่ยนกาแล็กซีอ้างอิง ก เป็นกาแล็กซีอื่น ผลการทำกิจกรรมเหมือนหรือแตกต่างอย่างไร

จากกิจกรรมเป็นการจำลองการศึกษาการขยายตัวของเอกภพ เมื่อเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้กาแล็กซีจำลองต่าง ๆ เคลื่อนที่ห่างออกจากกันและห่างออกจากกาแล็กซีอ้างอิง โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ที่มีความสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างกาแล็กซีต่าง ๆ กับกาแล็กซีอ้างอิง

เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) (พ.ศ. 2432–2496) นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้สังเกตการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีต่าง ๆ และวัดระยะห่างจากผู้สังเกตกับกาแล็กซีเหล่านั้น และเมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตพบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังรูป 13.2



รูป 13.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต

จากกราฟแสดงว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต หรือความเร็วถอยห่าง (recessional velocity) แปรผันตรงกับระยะห่างระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต โดยกาแล็กซีที่อยู่ไกลเคลื่อนที่เร็วกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้ และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎฮับเบิล-เลอแมตร์ (Hubble-Lemaître's law) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V = H_0 D$$

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต หรือความเร็วถอยห่าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาที (kms^{-1})
 D คือ ระยะห่างระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต มีหน่วยเป็น เมกะพาร์เซก (Mpc)
 H_0 คือ ค่าคงตัวฮับเบิล (Hubble constant) มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อวินาทีต่อเมกะพาร์เซก ($\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$)
ฮับเบิลพบว่ากาแล็กซีต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่ออกจากกัน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากผู้สังเกตถึงกาแล็กซี ทำให้สรุปว่าเอกภพมีการขยายตัว

 ความรู้เพิ่มเติม

ค่าคงตัวฮับเบิล
ค่าคงตัวฮับเบิล คือ ค่าความชันของกราฟ ค่านี้เป็นค่าความเร็วที่เปลี่ยนไปในการขยายตัวของเอกภพทุก ๆ ระยะห่าง 1 Mpc ปัจจุบันค่าคงตัวฮับเบิลมีค่าเท่ากับ $73 \pm 2 \text{ kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ ซึ่งหมายความว่าในทุก ๆ ระยะห่าง 1 Mpc เอกภพจะขยายตัวออกด้วยความเร็วเท่ากับ $73 \pm 2 \text{ kms}^{-1}$

หน่วยระยะทางทางดาราศาสตร์
หน่วยดาราศาสตร์ (astronomical unit: AU) เป็นหน่วยวัดระยะทางในระบบสุริยะ ระยะทาง 1 หน่วยดาราศาสตร์ เป็นระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกถึงดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 149,597,870 กิโลเมตร
ปีแสง (light-year: ly) เป็นหน่วยวัดระยะทางในอวกาศ ระยะทาง 1 ปีแสง เป็นระยะทางที่แสงเดินทางใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 9.4605×10^{12} กิโลเมตร
พาร์เซก (parsec: pc) เป็นหน่วยวัดระยะทางในอวกาศเช่นเดียวกับปีแสง ระยะทาง 1 พาร์เซก มีค่า 206,265 เท่าของหน่วยดาราศาสตร์ (AU) หรือประมาณ 3.26 ปีแสง หรือประมาณ 3.0857×10^{13} กิโลเมตร

อ้างอิงจาก พจนานุกรมศัพท์ดาราศาสตร์ สมาคมดาราศาสตร์ไทย

นักดาราศาสตร์ใช้ข้อมูลระยะห่างและความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต มาอธิบายการขยายตัวของเอกภพ แต่เนื่องจากกาแล็กซีอยู่ไกลจากโลกมาก นักดาราศาสตร์มีวิธีการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตได้อย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 13.3

**กิจกรรม 13.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี**

จุดประสงค์กิจกรรม

- เปรียบเทียบตำแหน่งของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซีที่กำหนด กับเส้นสเปกตรัมมืดที่ใช้อ้างอิง
- อธิบายวิธีการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต

วัสดุ-อุปกรณ์

1. เอกสารความรู้เรื่อง การเปลี่ยนตำแหน่งของสเปกตรัมมืด	1 ชุด
2. แผนภาพการเลื่อนทางแดงของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซี	1 แผ่น

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาการเปลี่ยนตำแหน่งของสเปกตรัมมืดจากเอกสารที่กำหนด
- อ่านค่าความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดที่ใช้อ้างอิง (λ_0) และความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดของธาตุในแต่ละกาแล็กซี (λ_r) จากแผนภาพที่กำหนด บันทึกผล
- หาผลต่างของความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซีที่กำหนดกับความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดที่ใช้อ้างอิง ($\Delta\lambda$) บันทึกผล
- คำนวณค่าการเลื่อนทางแดง (Z) ของแต่ละกาแล็กซีโดยใช้สมการจากเอกสารความรู้ที่กำหนด บันทึกผล
- คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต (v) โดยใช้สมการจากเอกสารความรู้ที่กำหนด บันทึกผล
- สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม



ipst.me/11071

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

กาแล็กซี	ความยาวคลื่น (λ) (นาโนเมตร)	ผลต่างของ ความยาวคลื่น ($\Delta\lambda$) (นาโนเมตร)	ค่าการเลื่อน ทางแดง (Z)	ความเร็วใน การเคลื่อนที่ของ กาแล็กซีออกจาก ผู้สังเกต (v) (กิโลเมตร/วินาที)
กาแล็กซี 1				
กาแล็กซี 2				
กาแล็กซี 3				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต มีการใช้ข้อมูลใดบ้าง
2. ผลต่างของความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดในกาแล็กซีต่าง ๆ กับความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดที่ใช้อ้างอิงมีความสัมพันธ์กับค่าการเลื่อนทางแดงอย่างไร
3. ค่าการเลื่อนทางแดงมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตอย่างไร
4. กาแล็กซีใดอยู่ใกล้โลกมากที่สุดและกาแล็กซีใดอยู่ไกลโลกมากที่สุด พิจารณาจากข้อมูลใด



ตรวจสอบความเข้าใจ

เพราะเหตุใดความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดของธาตุชนิดเดียวกันในกาแล็กซีต่าง ๆ จึงไม่เท่ากัน

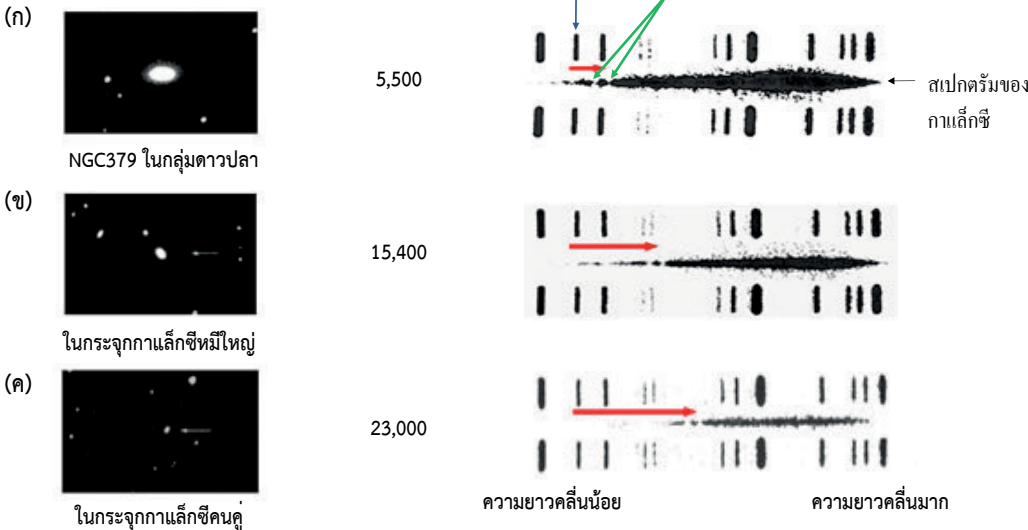
จากกิจกรรมพบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตหาได้จากการเปรียบเทียบตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมมีดของธาตุในกาแล็กซีกับตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมอ้างอิงโดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีมีความสัมพันธ์กับระยะห่างของกาแล็กซีจากผู้สังเกต

ช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 20 เวสต์ สลิปเฟอร์ (Vesto Slipher) (พ.ศ. 2418-2512) นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกันได้เริ่มศึกษาการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีโดยสังเกตการเลื่อนทางแดงและพบว่ากาแล็กซีต่าง ๆ กำลังเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ต่อมาเอ็ดวิน ฮับเบิล ได้คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตโดยใช้การเปลี่ยนตำแหน่งของสเปกตรัมมีดที่เกิดจากการดุดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของกาแล็กซีนั่น ๆ

กาแล็กซี

ความเร็วในการเคลื่อนที่
(กิโลเมตรต่อวินาที)

สเปกตรัมของกาแล็กซี



รูป 13.3 แถบสเปกตรัมของกาแล็กซีต่าง ๆ

(ก) กาแล็กซีในกลุ่มดาวปลา (ข) กระจุกกาแล็กซีหมีใหญ่ (ค) กระจุกกาแล็กซีคนคู่

จากรูป 13.3 เมื่อเทียบสเปกตรัมมีดหรือสเปกตรัมดุดกลืนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของกาแล็กซีกับตำแหน่งความยาวคลื่นอ้างอิง พบว่า สเปกตรัมมีดของธาตุในกาแล็กซีในกลุ่มดาวปลา กระจุกกาแล็กซีหมีใหญ่ กระจุกกาแล็กซีคนคู่ เปลี่ยนตำแหน่งไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้น

การที่สเปกตรัมมีดของธาตุในกาแล็กซีมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้นเรียกว่า **การเลื่อนทางแดง (red shift)** ซึ่งการเลื่อนทางแดงนี้ทำให้ทราบว่ากาแล็กซีมีการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ทั้งนี้การเลื่อนทางแดงของสเปกตรัมใช้หลักการเดียวกันกับ **ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler's effect)** ดังนั้นการเลื่อนทางแดงจึงสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจากรูป 13.3 กระจุกกาแล็กซีคนคู่มีการเลื่อนทางแดงมากที่สุด ดังนั้นกระจุกกาแล็กซีคนคู่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากกว่ากระจุกกาแล็กซีหมีใหญ่ และกาแล็กซีในกลุ่มดาวปลา ตามลำดับ

การเคลื่อนที่ห่างออกากันของกาแล็กซีต่าง ๆ แสดงถึงการขยายตัวของเอกภพ ซึ่งเป็นหลักฐานการเปลี่ยนแปลงขนาดของเอกภพที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ส่วนการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศนำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงได้อย่างไร จะได้ศึกษาจากหัวข้อต่อไป

13.2.2 ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานว่า ถ้าเอกภพเริ่มต้นจากบิกแบงเมื่อประมาณ 13,800 ล้านปีมาแล้ว เอกภพควรจะมียุคแห่งแรกไฟฟ้ที่เกิดในช่วงวิวัฒนาการของเอกภพค้างอยู่ในอวกาศ และถ้าเอกภพมีการขยายตัว อุณหภูมิพื้นหลังหรืออุณหภูมิเฉลี่ยของอวกาศควรลดลงและ

มีค่าสอดคล้องกับอุณหภูมิของการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลืออยู่ ซึ่งในปี พ.ศ. 2491 **รัลฟ์ อัลเฟอร์** (Ralph Alpher) และ **โรเบิร์ต เฮอร์แมน** (Robert Herman) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้พยายามคำนวณหาอุณหภูมิพื้นหลังของเอกภพ ซึ่งได้ค่าประมาณ 5 เคลวิน

ต่อมาในปี พ.ศ. 2507 **อาร์โน เพนเซียส** (Arno A. Penzias) และ **โรเบิร์ต วิลสัน** (Robert W. Wilson) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันจากห้องปฏิบัติการโทรศัพท์เบลล์ (Bell Telephone Laboratories) ได้ทดสอบระบบเครื่องรับสัญญาณที่ติดอยู่กับกล้องโทรทรรศน์วิทยุ และพบสัญญาณรบกวนในช่วงคลื่นไมโครเวฟตลอดเวลา ถึงแม้จะมีการปรับเปลี่ยนทิศทางของเสาอากาศแล้วก็ตาม แต่ก็ยังพบสัญญาณรบกวนอยู่ในทุกทิศทาง จึงได้ไปปรึกษา

โรเบิร์ต ดิก (Robert Dicke) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยพรินซ์ตันซึ่งกำลังศึกษาอุณหภูมิพื้นหลังของเอกภพ และได้ข้อสรุปว่าคลื่นที่พบดังกล่าวเป็นไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

ต่อมาในปี พ.ศ. 2532 องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติหรือองค์การนาซา (National Aeronautics and Space Administration: NASA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ส่งดาวเทียมสำรวจอวกาศโคบี (Cosmic Background Explorer: COBE) ขึ้นไปในอวกาศ เพื่อตรวจสอบและยืนยันการพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ และพบว่าคลื่นดังกล่าวมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในทุกทิศทางจากอวกาศ และมีความสอดคล้องกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่มีอุณหภูมิ 2.73 เคลวิน ซึ่งเป็นอุณหภูมิของเอกภพในปัจจุบันที่ลดลงจากอุณหภูมิหลังบิกแบง และสอดคล้องกับแบบจำลองตามทฤษฎีบิกแบงที่ว่า ปัจจุบันควรมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคงเหลืออยู่ในรูปไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่มีสเปกตรัมการแผ่รังสีสอดคล้องกับอุณหภูมิ 2.73 เคลวิน ดังนั้นการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศจึงเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงว่าเอกภพมีอุณหภูมิลดลงตามช่วงวิวัฒนาการ



ชวนคิด

ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศมีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างจากไมโครเวฟที่นักเรียนรู้จักหรือไม่ อย่างไร



ความรู้เพิ่มเติม



อาร์โน เพนเซียส



โรเบิร์ต วิลสัน

อาร์โน เพนเซียส (พ.ศ 2476 - ปัจจุบัน) และ **โรเบิร์ต วิลสัน** (พ.ศ 2484 - ปัจจุบัน) ผู้ค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี พ.ศ. 2521

จากการศึกษากำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ พบว่าปัจจุบันเอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนนับแสนล้านกาแล็กซี ซึ่งหนึ่งในกาแล็กซีเหล่านั้นคือกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งมีระบบสุริยะเป็นสมาชิก กาแล็กซีทางช้างเผือกมีโครงสร้างและองค์ประกอบอย่างไร จะได้ศึกษาในหัวข้อต่อไป

13.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมากและแต่ละกาแล็กซีมีองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ดาวฤกษ์ เนบิวลา **สสารระหว่างดาว** (interstellar medium) ซึ่งอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีมีรูปร่างต่าง ๆ ได้แก่ **กาแล็กซีรี** (elliptical galaxy: E) **กาแล็กซีกังหัน** (spiral galaxy: S) **กาแล็กซีเลนส์** (lenticular galaxy: S0) หรือ **กาแล็กซีลูกสะบ้า** และกาแล็กซีที่ไม่มีรูปร่างที่แน่นอนเรียกว่า **กาแล็กซีไร้รูปแบบ** (irregular galaxy: Ir) ดังรูป 13.4



(ก)



(ข)



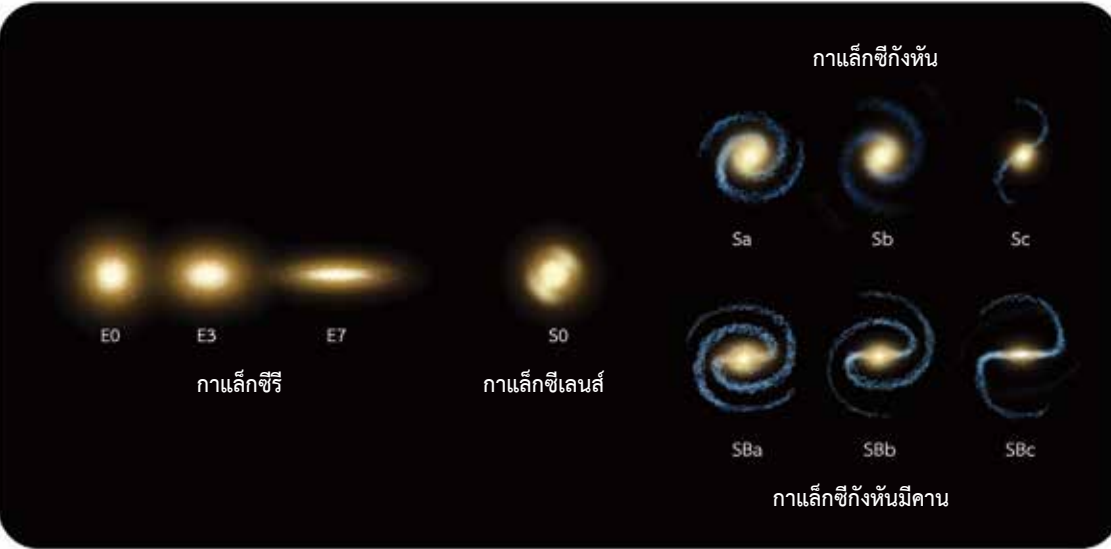
(ค)



(ง)

รูป 13.4 ตัวอย่างกาแล็กซีรูปร่างต่าง ๆ
(ก) กาแล็กซีรี (ข) กาแล็กซีกังหัน (ค) กาแล็กซีเลนส์ (ง) กาแล็กซีไร้รูปแบบ

ในปี พ.ศ. 2479 เอ็ดวิน ฮับเบิล ได้เสนอการจัดหมวดหมู่กาแล็กซีจากรูปร่างที่ปรากฏโดยใช้แผนภาพที่มีชื่อเรียกว่า **ส้อมเสียงของฮับเบิล** (Hubble tuning fork) เพราะแผนภาพมีลักษณะคล้ายส้อมเสียง และจัดเป็นกาแล็กซีรี กาแล็กซีเลนส์ และกาแล็กซีกังหัน ดังรูป 13.5



รูป 13.5 แผนภาพส้อมเสียงของฮับเบิล

จากรูป 13.5 ด้านซ้ายของแผนภาพ คือ กาแล็กซีรี (E) มีการเรียงลำดับจากความรีน้อยไปความรีมาก (E0-E7) ดาวฤกษ์ในกาแล็กซีนี้อยู่หนาแน่นบริเวณใกล้ศูนย์กลางกาแล็กซี เช่น M87

ด้านขวาของแผนภาพ คือ กาแล็กซีกังหัน (S) ซึ่งแบ่งเป็นกาแล็กซีกังหันและ**กาแล็กซีกังหันมีคาน** (barred spiral galaxy: SB) โดยกาแล็กซีกังหันมีลักษณะกลมนูนที่ใจกลางกาแล็กซีเช่นเดียวกับกาแล็กซีรี แต่มีแขนยื่นออกมาจากใจกลางกาแล็กซีจำนวนสองแขนหรือมากกว่า เช่น กาแล็กซีแอนดรอเมดา (M31) ส่วนกาแล็กซีกังหันมีคานจะมีดาวฤกษ์วางตัวหนาแน่นอยู่ในแนวที่พาดผ่านจุดศูนย์กลางของกาแล็กซี จึงทำให้มีลักษณะคล้ายคาน เช่น กาแล็กซีทางช้างเผือก

บริเวณกึ่งกลางของแผนภาพอยู่ระหว่างกาแล็กซีรีและกาแล็กซีกังหัน คือ กาแล็กซีเลนส์ (S0) มีรูปร่างคล้ายเลนส์นูน มีใจกลางสว่าง ล้อมรอบด้วยโครงสร้างคล้ายแผ่นจานเช่นเดียวกับกาแล็กซีกังหัน แต่ที่แตกต่างคือ แผ่นจานไม่มีโครงสร้างของแกนกังหันที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น กาแล็กซี M85

กาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งมีระบบสุริยะเป็นสมาชิกอยู่นั้น มีโครงสร้างเป็นอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 13.4



กิจกรรม 13.4 กาแล็กซีทางช้างเผือก

จุดประสงค์กิจกรรม

- อธิบายโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก
- ระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก

วัสดุ-อุปกรณ์

- เอกสารความรู้เรื่อง โครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก 1 ชุด
- แผนภาพโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก 1 แผ่น



หมายเหตุ: สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกจากเอกสารที่กำหนด
- ระบุโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกลงในแผนภาพที่กำหนด
- ระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก
- สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

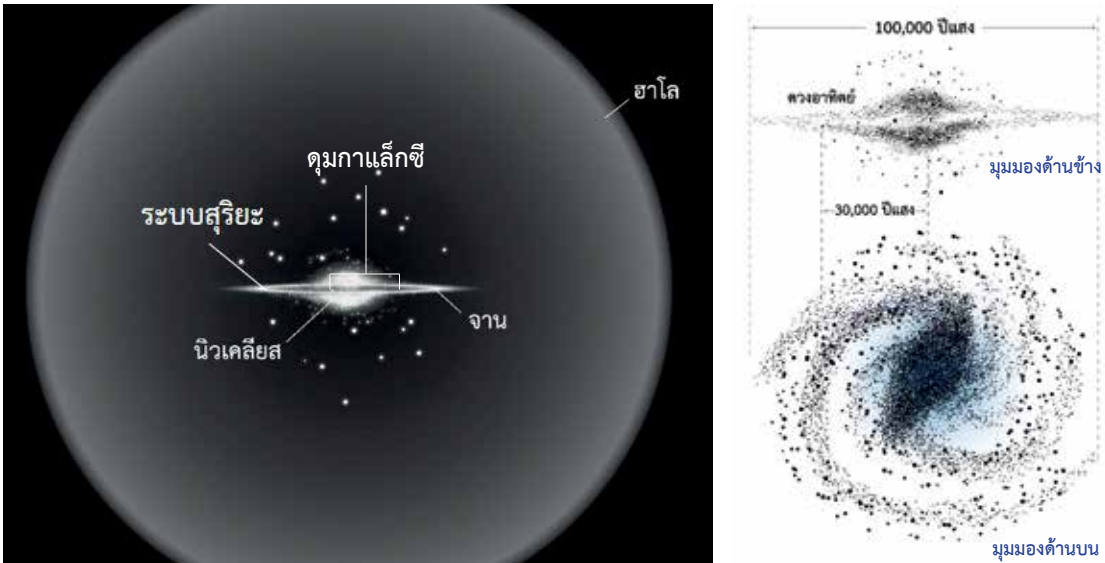
คำถามท้ายกิจกรรม

- กาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างแบบใดและมีโครงสร้างอย่างไร
- โครงสร้างใดที่อยู่รอบนอกสุดของกาแล็กซีทางช้างเผือก
- โครงสร้างใดที่มีดาวฤกษ์รวมตัวกันอย่างหนาแน่น
- โครงสร้างใดที่มองเห็นเป็นเกลียวคล้ายกังหัน
- ระบบสุริยะอยู่ที่โครงสร้างส่วนใดของกาแล็กซีทางช้างเผือก และอยู่ห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซีประมาณเท่าใด

จากกิจกรรม กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน โครงสร้างหลักประกอบด้วย นิวเคลียส จาน และฮาโล โดยมีระบบสุริยะอยู่บนแขนของกาแล็กซีซึ่งอยู่ในโครงสร้างส่วนจาน

กาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมากกว่า 200,000 ล้านดวง ซึ่งดาวฤกษ์อยู่รวมกันหนาแน่นบริเวณศูนย์กลางเรียกว่า **นิวเคลียส** (nucleus) บริเวณรอบนิวเคลียสมีลักษณะนูนตรงกลางเรียกว่า **ดุมกาแล็กซี** (bulge) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10,000 ปีแสง และมีดาวฤกษ์หนาแน่นวางตัวในแนวที่พาดผ่านจุดศูนย์กลาง มีลักษณะคล้ายคาน บริเวณที่ต่อจากปลายคานทั้งสองข้างมีแขนของกาแล็กซีวางตัวอยู่ในแนวระนาบมีลักษณะเป็น**จาน** (disc) มองเห็นเป็นเกลียวคล้ายกังหันล้อมรอบนิวเคลียสและคาน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง และมีความหนาประมาณ 1,000

ปีแสง ระบบสุริยะอยู่ห่างจากศูนย์กลางของกาแล็กซีประมาณ 30,000 ปีแสง ส่วนบริเวณที่ไกลออกไปมีลักษณะเป็นทรงกลมกว้างใหญ่ครอบคลุมนิวเคลียสและจาน มีดาวฤกษ์และกระจุกดาวกระจายตัวอย่างเบาบาง เรียกบริเวณนี้ว่า **ฮาโล (halo)** หรือ ก่อดาราจักร ดังรูป 13.6



(ก)

(ข)

รูป 13.6 แบบจำลองโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก*

เนื่องจากโลกอยู่ภายในกาแล็กซีทางช้างเผือก คนบนโลกจึงเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้เพียงบางส่วน ส่วนของกาแล็กซีที่มองเห็นจากโลกเรียกว่า **ทางช้างเผือก (Milky Way)** ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบสว่างหรือฝ้าขาวขนาดกว้างประมาณ 15 องศา พาดผ่านท้องฟ้าเป็นทางยาว แถบสว่างนี้เกิดจากแสงของดาวฤกษ์จำนวนมากที่รวมกันอยู่ในแนวระนาบของจานกาแล็กซีทางช้างเผือก ดังรูป 13.7 คนบนโลกจะมองเห็นทางช้างเผือกชัดเจนตลอดปีหรือไม่ ศึกษาได้จากกิจกรรม 13.5

*หมายเหตุ แบบจำลองกาแล็กซีนี้นี้สร้างจากข้อมูลตำแหน่งและระยะทางของดาวฤกษ์ที่ตรวจวัดได้



รูป 13.7 ทางช้างเผือกถ่ายที่ตอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่



กิจกรรม 13.5 การปรากฏของทางช้างเผือก

จุดประสงค์กิจกรรม

ระบุวันเวลาที่สังเกตเห็นทางช้างเผือกชัดเจน

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. เอกสารความรู้เรื่อง การใช้แผนที่ดาว | 1 ชุด |
| 2. แผนที่ดาว | 1 แผ่น |
| 3. สติกเกอร์ขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร | 1 ชิ้น |

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารความรู้ได้จาก QR code

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาการใช้แผนที่ดาวจากเอกสารที่กำหนด
- นำสติกเกอร์มาติดบนแผนที่ดาวบริเวณใจกลางทางช้างเผือกที่ตำแหน่งระหว่างกลุ่มดาวแมงป่องกับกลุ่มดาวคนยิงธนู ดังรูป



ipst.me/11073



- 3. หมุนแผนที่ดาวให้ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันออก
- 4. ระบุเวลาของแต่ละเดือนที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันออกในตารางบันทึกผล
- 5. หมุนแผนที่ดาวให้ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันตก
- 6. ระบุเวลาของแต่ละเดือนที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันตกในตารางบันทึกผล
- 7. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

วันที่	เวลาโดยประมาณที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้า	
	ตะวันออก	ตะวันตก
15 มกราคม		
15 กุมภาพันธ์		
15 มีนาคม		
15 เมษายน		
15 พฤษภาคม		
15 มิถุนายน		
15 กรกฎาคม		
15 สิงหาคม		
15 กันยายน		

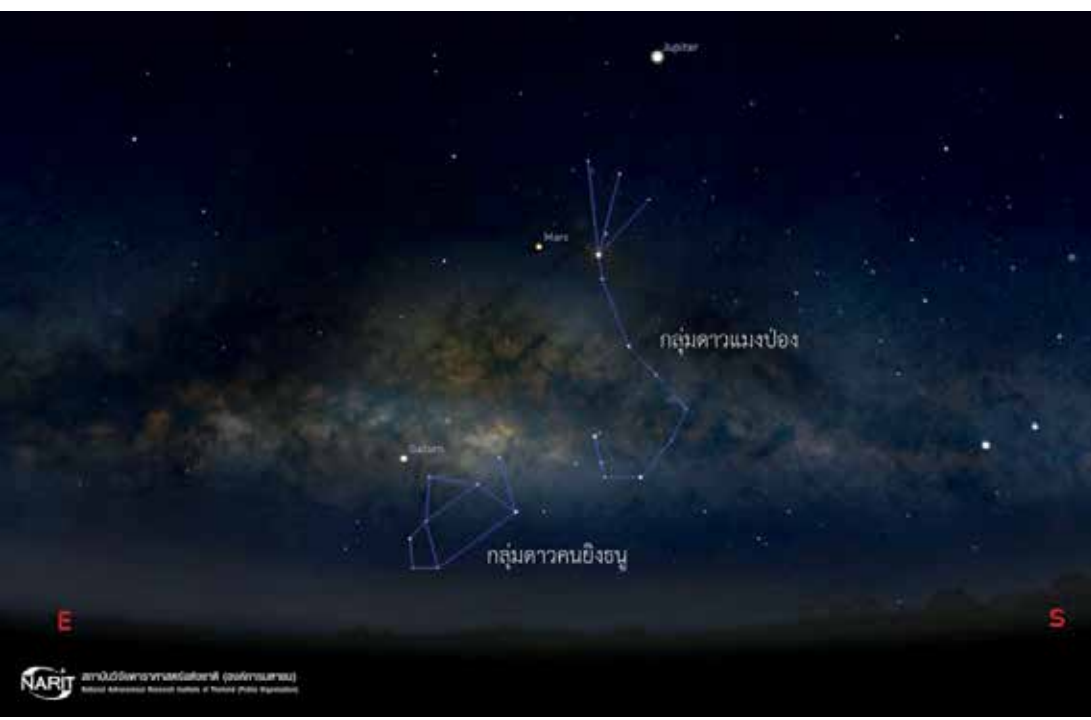
วันที่	เวลาโดยประมาณที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้า	
	ตะวันออก	ตะวันตก
15 ตุลาคม		
15 พฤศจิกายน		
15 ธันวาคม		

คำถามท้ายกิจกรรม

- 1. จากข้อมูลในตาราง เราสามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกในเดือนใดบ้าง
- 2. ในช่วงเดือนใดบ้างที่ไม่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือก
- 3. ในช่วงเดือนใดที่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกได้นานที่สุด
- 4. ถ้าหากต้องการถ่ายภาพใจกลางทางช้างเผือกในเวลา 04:00 น. จะสามารถถ่ายภาพในช่วงเดือนใดได้บ้าง

จากกิจกรรมพบว่า ช่วงเวลาและระยะเวลาที่สังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกจะแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยบางเดือนอาจไม่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกได้

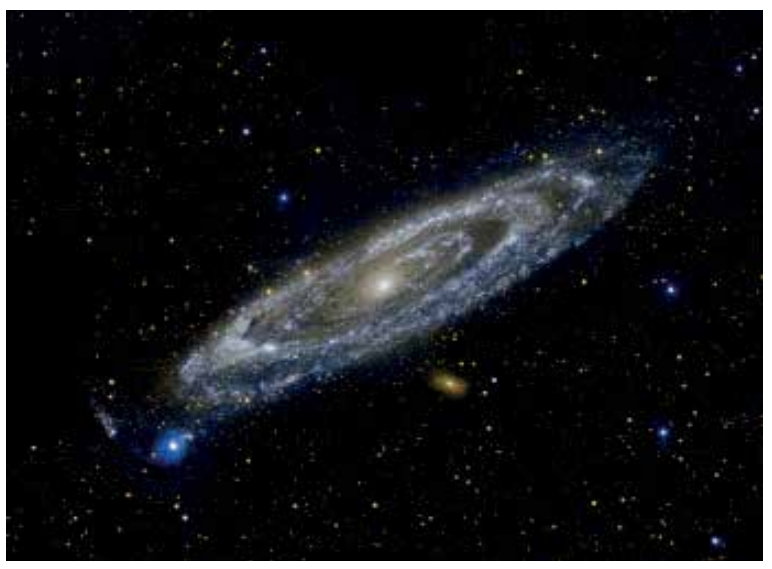
เมื่อสังเกตทางช้างเผือกในทิศทางของกลุ่มดาวแมงป่องและกลุ่มดาวคนยิงธนูจะเห็นเป็นแถบฝ้าชัดเจนเนื่องจากเป็นบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งมีดาวฤกษ์อยู่อย่างหนาแน่น ดังรูป 13.8 แต่หากสังเกตในทิศทางอื่นจะเห็นเป็นแถบฝ้าจาง ๆ เนื่องจากมีดาวฤกษ์จำนวนน้อย สำหรับประเทศไทย ช่วงเวลาที่สังเกตทางช้างเผือกได้ชัดเจนที่สุดคือ ปลายเดือนเมษายนถึงต้นเดือนตุลาคม โดยจะเห็นใจกลางทางช้างเผือกพาดผ่านกลางท้องฟ้าและสามารถมองเห็นได้ตลอดทั้งคืน แต่ทั้งนี้การมองเห็นทางช้างเผือกยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและทัศนวิสัยของท้องฟ้า เช่น ไม่มีแสงรบกวนจากดวงจันทร์ แสงไฟจากเมือง ฝุ่นละออง อย่างไรก็ตามหากสังเกตที่ละติจูดอื่น ๆ การสังเกตเห็นทางช้างเผือกจะแตกต่างจากการสังเกตที่ประเทศไทย รวมทั้งช่วงเวลาที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนก็แตกต่างกัน



รูป 13.8 แสดงใจกลางทางช้างเผือกซึ่งอยู่ระหว่างกลุ่มดาวคนยิงธนูและกลุ่มดาวแมงป่อง

นอกจากกาแล็กซีทางช้างเผือกแล้ว ยังมีกาแล็กซีเพื่อนบ้านที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใส ได้แก่ กาแล็กซีแอนดรอเมดา กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่หรือเมฆแมเจลแลนใหญ่ (Large Magellanic Cloud) และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็กหรือเมฆแมเจลแลนเล็ก (Small Magellanic Cloud)

ในคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเราเห็นกาแล็กซีแอนดรอเมดา (Andromeda) เป็นฝ้าจาง ๆ ขนาดเล็กอยู่ในกลุ่มดาวแอนดรอเมดา กาแล็กซีแอนดรอเมดาเป็นกาแล็กซีกังหัน มีขนาดใหญ่กว่ากาแล็กซีทางช้างเผือก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 220,000 ปีแสง และอยู่ห่างจากโลก 2.5 ล้านปีแสง ดังรูป 13.9 นักดาราศาสตร์พบว่ากาแล็กซีแอนดรอเมดาและกาแล็กซีทางช้างเผือกกำลังเคลื่อนที่เข้าหากันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของทั้งสองกาแล็กซี และคาดว่าจะชนกันในอีกประมาณ 5,000 ล้านปีข้างหน้า



รูป 13.9 กาแล็กซีแอนดรอเมดา

กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่ และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็กเป็นกาแล็กซีไร้รูปแบบ ดังรูป 13.10 ซึ่งอยู่บริเวณใกล้กับขอบฟ้าทางทิศใต้ จึงทำให้สังเกตเห็นได้ยากในประเทศไทย กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20,000 ปีแสง อยู่ห่างจากกาแล็กซีทางช้างเผือก 160,000 ปีแสง สำหรับกาแล็กซีแมเจลแลนเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7,000 ปีแสง อยู่ห่างจากกาแล็กซีทางช้างเผือก 200,000 ปีแสง



รูป 13.10 กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่ และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก

เอกภพเริ่มต้นจากบิกแบง และมีวิวัฒนาการจนเกิดกาแล็กซีจำนวนมาก ภายในกาแล็กซีมีดาวฤกษ์จำนวนมาก ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร มีสมบัติอย่างไร และมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร จะได้ศึกษาในบทต่อไป



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

- ทฤษฎีบิกแบงเป็นทฤษฎีที่อธิบายกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบัน
- หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และไม่โครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
- หลังบิกแบงเอกภพมีสสารเกิดขึ้นในรูปของอนุภาคมูลฐาน
- ในช่วงวิวัฒนาการเอกภพมีการขยายตัว อุณหภูมิของเอกภพลดลง อนุภาคมูลฐานรวมตัวกันเกิดเป็นอะตอมของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียม
- กาแล็กซีมีองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ดาวฤกษ์ เนบิวลา สสารระหว่างดาว ซึ่งอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีมีรูปร่างแตกต่างกัน
- กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน มีโครงสร้าง 3 ส่วน คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล ระบบสุริยะอยู่บนแขนของกาแล็กซี
- ทางช้างเผือกมีลักษณะเป็นแถบสว่างหรือฝ้าขาวพาดผ่านท้องฟ้าเป็นทางยาว แถบสว่างนี้เกิดจากแสงของดาวฤกษ์จำนวนมากที่รวมกันอยู่ในแนวระนาบของจานกาแล็กซีทางช้างเผือก



แบบฝึกหัดท้ายบท

1. นำคำหรือข้อความที่กำหนด มาเติมในช่องว่างให้สอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างวิวัฒนาการของเอกภพ และเรียงลำดับกระบวนการดังกล่าวโดยใส่หมายเลขในกล่องสี่เหลี่ยมตามลำดับวิวัฒนาการของเอกภพ

อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม โปรตอนและนิวตรอน นิวเคลียสของฮีเลียม พลังงาน กาแล็กซีรุ่นแรก

- ☐เกิดจากโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกัน
- ☐เกิดจากอนุภาคและปฏิอนุภาครวมตัวกัน
- ☐เกิดจากควาร์กบางชนิดรวมตัวกัน
- ☐เกิดจากธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกัน
- ☐เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมรวมกันกับอิเล็กตรอน

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ถูกหรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ผิด

เครื่องหมาย	ข้อความ
	1. กาแล็กซีกำเนิดมาพร้อมกับเอกภพ
	2. อุณหภูมิของเอกภพลดลง หลังจากกำเนิดของเอกภพ
	3. อะตอมของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมเกิดขึ้นตั้งแต่วเวลา 10^{-32} วินาที หลังบิกแบง
	4. ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่หลงเหลืออยู่จากกำเนิดเอกภพ
	5. อุณหภูมิเฉลี่ยของเอกภพในปัจจุบันสอดคล้องกับอุณหภูมิของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
	6. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตกับระยะห่างของกาแล็กซีจากผู้สังเกต เป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
	7. กาแล็กซีรุ่นแรกเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมที่เกิดจากบิกแบง
	8. ระบบสุริยะอยู่ที่บริเวณใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก
	9. มนุษย์สามารถสังเกตเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกทั้งหมดได้จากโลกด้วยตาเปล่า

3. อุณหภูมิของเอกภพในช่วงแรกแตกต่างจากอุณหภูมิของเอกภพในปัจจุบันอย่างไร เพราะเหตุใด
4. ถ้าหากมีใครกล่าวว่า “ดาวฤกษ์ทั้งหมดที่เห็นบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก” นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด
5. ทางช้างเผือกกับกาแล็กซีทางช้างเผือก เกี่ยวข้องกันอย่างไร