หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ตัวอย่าง

๑๐๐.-

หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ตัวอย่าง

จัดทำโดย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖
มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ฉบับสื่อสิ่งพิมพ์ ที่ได้จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยมิได้รับอนุญาต

สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/

ตัวอย่าง

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปนี้โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก อาทิ เช่น เรื่องโลกในเอกภพ กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ ซึ่งเป็นเรื่องที่จำเป็นจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในโลก บรรยากาศ และอวกาศ เพื่อจะได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้หรือเตรียมความพร้อมในการรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ตัวอย่าง

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน และสามารถเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์รายการสื่อเพิ่มเติมได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบทและกิจกรรม การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

คำถามสำคัญ

คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหานั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

ชวนคิด

คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

ตรวจสอบความเข้าใจ

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

ตัวอย่าง

ข้อแนะนำทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

ศัพท์น่ารู้

ก/ฮ

ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติมและสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

ลองทำดู

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติในห้องเรียนด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียนเพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

ตัวอย่าง

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	หน้า
1 โลกในเอกภพ	คำถามสำคัญ	2
	ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	2

บทที่	เนื้อหา	หน้า
1 เอกภพ	เอกภพและกาแล็กซี	4
	1.1กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	5
	1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	8
	1.2.1 การขยายตัวของเอกภพ	9
	1.2.2 ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ	13
	1.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก	15
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	19
	แบบฝึกหัดท้ายบท	20
2 ดาวฤกษ์	ดาวฤกษ์	23
	2.1. สมบัติของดาวฤกษ์	25
	2.1.1 ความส่องสว่างและโชติมาตรของดาวฤกษ์	25
	2.1.2 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์	30
	2.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	34
	2.2.1 กำเนิดดาวฤกษ์	35
	2.2.2 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	36
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	41
	แบบฝึกหัดท้ายบท	42

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
3 ระบบสุริยะ	ระบบสุริยะ	44
	3.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารรอบดวงอาทิตย์	45
	3.2 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	53
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	58
	แบบฝึกหัดท้ายบท	59
4 เทคโนโลยีอวกาศ	เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้	61
	4.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	62
	4.1.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ	63
	4.1.2 ยานอวกาศ สถานีอวกาศและดาวเทียม	70
	4.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	77
	4.2.1 ด้านวัสดุศาสตร์	77
	4.2.2 ด้านอาหาร	79
	4.2.3 ด้านการแพทย์และสุขภาพ	80
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	83
	แบบฝึกหัดท้ายบท	84

ตัวอย่าง

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	หน้า
2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก	คำถามสำคัญ	86
	ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	87

บทที่	เนื้อหา	หน้า
5 โครงสร้างโลก	โครงสร้างโลก	88
	5.1 ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	90
	5.2 การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก	95
	5.2.1 การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี	95
	5.2.2 การแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล	100
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	109
	แบบฝึกหัดท้ายบท	110
6 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	114
	6.1 แนวคิดทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน	115
	6.2 แนวคิดทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและหลักฐานสนับสนุน	123
	6.3 การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี	126
	6.4 ธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี	129
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	135
	แบบฝึกหัดท้ายบท	136

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
7 ธรณีพิบัติภัย	ธรณีพิบัติภัย	141
	7.1 ภูเขาไฟระเบิด	143
	7.2 แผ่นดินไหว	152
	7.3 สึนามิ	166
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	174
	แบบฝึกหัดท้ายบท	175

หน่วยการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	หน้า
3 ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ	คำถามสำคัญ	179
	ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	179

บทที่	เนื้อหา	หน้า
8	การเกิดลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ	181
	8.1 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิวโลก	183
	8.1.1 สัณฐานและการเอียงของแกนโลก	183
	8.1.2 เมฆและละอองลอย	185
	8.1.3 ลักษณะของพื้นผิวโลก	186
	8.2 การหมุนเวียนของอากาศ	189
	8.2.1 ความแตกต่างของความกดอากาศกับการหมุนเวียนของอากาศ	189

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
	8.2.2 การหมุนรอบตัวเองของโลกกับการหมุนเวียนของอากาศ	195
	8.2.3 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก	200
	8.3 การหมุนเวียนของน้ำผิวหน้ามหาสมุทร	206
	8.4 ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา	211
การเกิดลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	217
	แบบฝึกหัดท้ายบท	218
9	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	224
	9.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก	226
	9.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	230
	9.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและแนวทางการรับมือ	238
การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	242
	แบบฝึกหัดท้ายบท	243
10	ข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยากับการใช้ประโยชน์	247
	10.1 ข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา	249
	10.1.1 แผนที่อากาศผิวพื้น	249
	10.1.2 ข้อมูลและสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ	256
	10.2 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยา	265
ข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยากับการใช้ประโยชน์	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	270
	แบบฝึกหัดท้ายบท	271

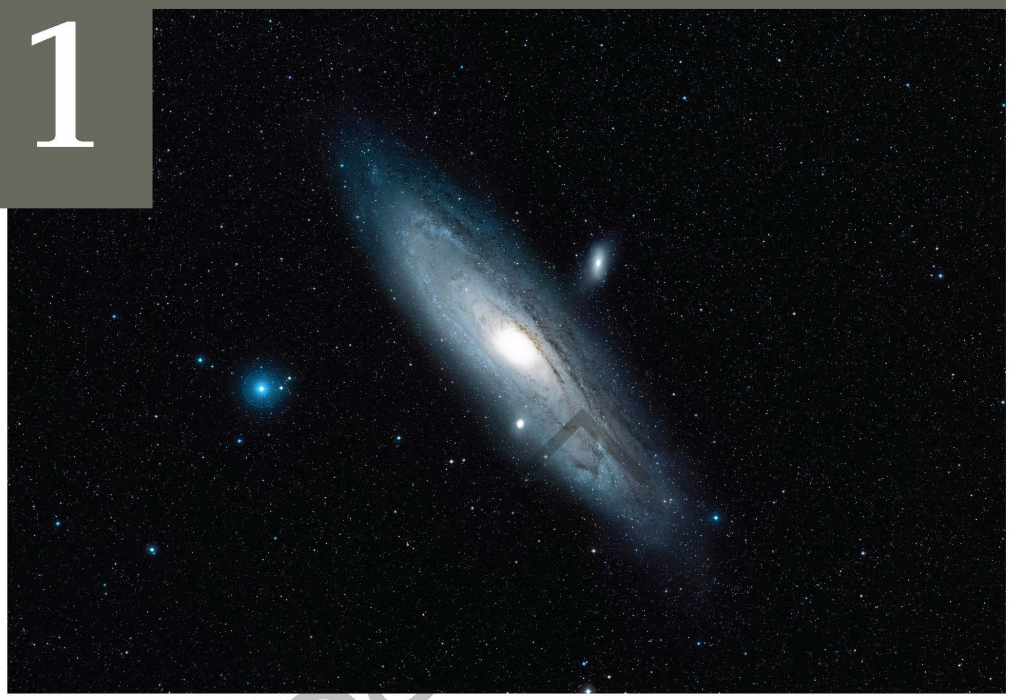
ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
ภาคผนวก		
	คำศัพท์	277
	บรรณานุกรม	288
	ที่มาของรูป	291
	คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	297

ตัวอย่าง

หน่วยที่ 1 | โลกในเอกภพ



โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งใน**ระบบสุริยะ** (solar system) ที่มีดวงอาทิตย์เป็นจุดศูนย์กลาง โดยดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์หนึ่งในดาวฤกษ์นับหลายแสนล้านดวง ที่อยู่ใน**กาแล็กซีทางช้างเผือก** (Milky Way galaxy) ซึ่งเป็นหนึ่งในจำนวนนับล้านล้านกาแล็กซีในเอกภพ จากรูป แสดง**กาแล็กซีแอนดรอเมดา** (Andromeda galaxy) ซึ่งอยู่ใกล้กับกาแล็กซีทางช้างเผือก จะเห็นว่าโลกที่เราคิดว่ากว้างใหญ่ไพศาลนั้นมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดของกาแล็กซี และถ้าต้องเปรียบเทียบกับขนาดของโลกในเอกภพคงจะเล็กกว่าขนาดของเม็ดทรายในมหาสมุทร แสดงว่าในเอกภพยังมีพื้นที่และสิ่งต่าง ๆ อีกมากมายที่รอคอยให้มนุษย์ค้นหา ดังนั้นมนุษย์จึงพยายามพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ เพื่อศึกษาพื้นที่อันกว้างใหญ่ไพศาลนี้ และนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิตของมนุษย์

คำถามสำคัญ

- นักวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานใดบ้างในการอธิบายกระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ
- กาแล็กซีของเรามีรูปร่างและโครงสร้างเป็นอย่างไร
- สมบัติของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับลักษณะของดาวฤกษ์อย่างไร
- ดาวฤกษ์เกิดขึ้นมาได้อย่างไร ดาวฤกษ์แต่ละดวงจะมีวิวัฒนาการและจบชีวิตอย่างไร
- ลมสุริยะและพายุสุริยะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างไร
- เทคโนโลยีอวกาศมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย (✗) ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ผิด

1. นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยอนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน
2. พลังงานและสสารสามารถเปลี่ยนรูปกลับไป-มาได้
3. เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมาก
4. เคลวินเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิมีค่าเท่ากับองศาเซลเซียส
5. สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดยกเว้นแสง
6. ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในเอกภพ
7. ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสง

ตัวอย่าง

8. สเปกตรัมของแสงสีแดงมีพลังงานสูงกว่าแสงสีน้ำเงิน

9. ดาวฤกษ์ที่มีมวลมากมีค่าความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยที่ระยะทางเท่ากัน

10. สีของดาวฤกษ์เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์

11. เมื่อดาวฤกษ์มีการยุบตัวอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิภายในของดาวฤกษ์จะลดลง

12. ดาวฤกษ์แต่ละดวงในกลุ่มดาวเดียวกันอยู่ห่างจากโลกด้วยระยะทางเท่ากัน

13. เมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุเพิ่มมากขึ้น แรงโน้มถ่วงจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น

14. ดาวหางไม่จัดเป็นสมาชิกของระบบสุริยะ

15. แสงเหนือใต้จะพบเห็นได้บ่อยบริเวณขั้วโลก

16. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดเคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็วไม่เท่ากัน

17. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีความถี่ต่ำ

18. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและระยะห่างของวัตถุนั้นถึงจุดศูนย์กลางของโลก

19. ดาวเทียมที่โคจรในระดับสูงมีความเร็วมากกว่าดาวเทียมที่โคจรในระดับต่ำ

20. ภาพที่มองเห็นจากกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงและชนิดหักเหแสงเป็นภาพชนิดเดียวกัน

บทที่ 1 | เอกภพและกาแล็กซี (The Universe and Galaxies)

ipst.me/8900

ในยามค่ำคืนเมื่อเรามองท้องฟ้าด้วยตาเปล่าจะเห็นดวงดาวมากมาย แต่ถ้าสังเกตท้องฟ้าด้วยกล้องโทรทรรศน์ และเล็งไปยังจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นที่ว่างที่อยู่ระหว่างดวงดาวต่าง ๆ จะพบวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ จำนวนมากที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า จากรูปแสดงภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล เมื่อ พ.ศ 2547 ที่เล็งไปยังพื้นที่ขนาดเล็กเพียง 1 ใน 10 เท่าของจันทร์เพ็ญ ในทิศทางของ**กลุ่มดาวเตาหลอม** (Fornax) ผลการสังเกตพบกาแล็กซีต่าง ๆ จำนวนมากในพื้นที่ซึ่งเคยปรากฏเห็นเป็นที่ว่างนั้น การที่นักดาราศาสตร์ศึกษาวัตถุท้องฟ้าใหม่ ๆ เป็นการตอบสนองสัญชาตญาณความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ และไขข้อสงสัยใคร่รู้เกี่ยวกับความเป็นมาของโลกเรารวมถึงสิ่งต่าง ๆ ในเอกภพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายการกำเนิด และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซีเพื่อสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
3. อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเพื่อใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
4. อธิบายรูปร่าง โครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
5. อธิบายการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

ตัวอย่าง

บทนำ

ในอดีตมนุษย์สังเกตท้องฟ้าและบันทึกข้อมูลของดวงดาวต่าง ๆ ร่วมกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในขณะนั้นมาอธิบายเอกภพ เราเคยเชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพ แต่เมื่อเทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้พบหลักฐานต่าง ๆ ที่ช่วยขยายขอบเขตของการเรียนรู้ให้กว้างขึ้น ความรู้ในอดีตจึงเปลี่ยนแปลงไป เราจึงทราบว่าระบบสุริยะและโลกเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเอกภพ การที่มนุษย์สนใจศึกษาเอกภพ ซึ่งเป็นระบบที่ใหญ่ที่สุด เป็นเพราะมนุษย์ต้องการรู้จุดกำเนิดของสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งวิวัฒนาการและจุดจบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต นักเรียนคิดว่าเอกภพกำเนิดมาได้อย่างไรและมีความสัมพันธ์กับโลกอย่างไร

1.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

นักวิทยาศาสตร์ได้มีแนวคิดและทฤษฎีเพื่ออธิบายการกำเนิดเอกภพมากมาย แต่ในปัจจุบันทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือทฤษฎีบิกแบง ทฤษฎีดังกล่าวอธิบายการกำเนิดเอกภพอย่างไร นักเรียนจะได้ศึกษาจากกิจกรรมต่อไปนี้

กิจกรรม 1.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการเปลี่ยนแปลงระหว่างสสาร ขนาดและอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนภาพแสดงการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
2. เอกสารความรู้เรื่อง อนุภาคมูลฐาน
3. ตารางแสดงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสสารและพลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

ipst.me/9212

หมายเหตุ: ข้อมูล 1 และ 2 ดาวน์โหลดได้จาก QR code

ตัวอย่าง

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างสสารและพลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ พร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และขนาดของเอกภพ จากแผนภาพที่กำหนด
2. วิเคราะห์และระบุสสาร หรือพลังงานที่พบในแต่ละช่วงเวลาของวิวัฒนาการลงในตารางที่กำหนด
3. สรุป นำเสนอและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

โปรตอน และนิวตรอนเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด และเกิดจากอนุภาคใดบ้าง

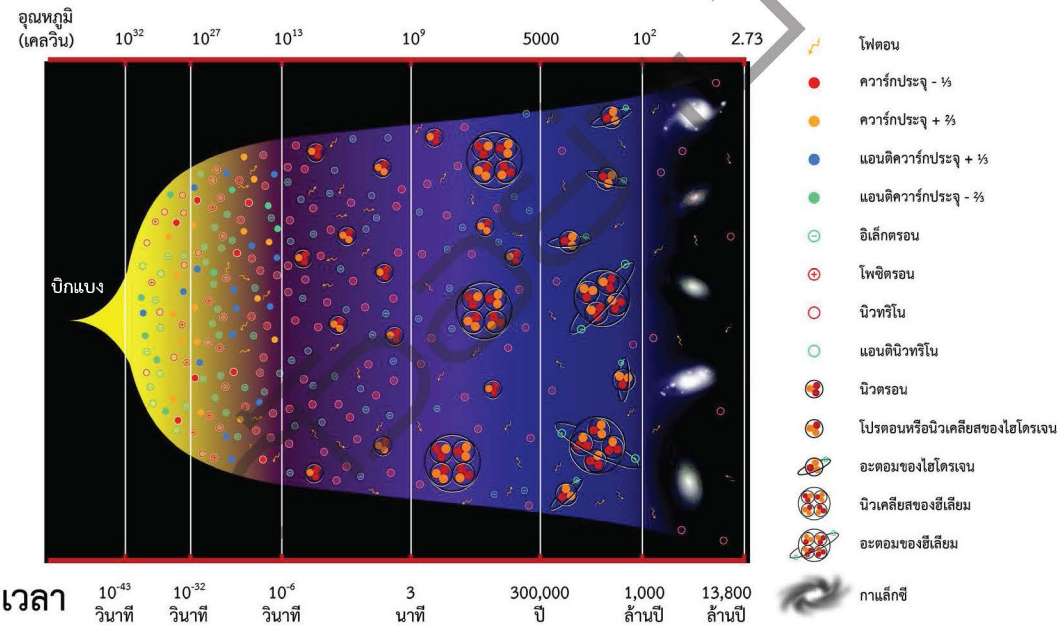
นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมเกิดพร้อมกันหรือไม่ อย่างไร

อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด

นักเรียนคิดว่ากาแล็กซีเกิดจากธาตุใดเป็นองค์ประกอบหลัก

นอกจากการเปลี่ยนแปลงของสสารแล้ว เอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอะไรอีกบ้าง และเปลี่ยนแปลงอย่างไร

จากกิจกรรมพบว่า ในระหว่างวิวัฒนาการเอกภพจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งสสาร อุณหภูมิ และขนาด โดยอุณหภูมิของเอกภพลดลง ขนาดของเอกภพจะเพิ่มขึ้น เกิดสสารต่าง ๆ ในเอกภพ ต่อจากนั้นสสารในเอกภพจะรวมตัวกันจนเกิดเป็นกาแล็กซี และสมาชิกต่าง ๆ ภายในกาแล็กซีในปัจจุบัน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้อธิบายการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพไว้ดังนี้



รูป 1.1 การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง

เอกภพในช่วงก่อน 10^{-6} วินาทีหลังบิกแบงมีสสารเกิดขึ้นในรูปของ**อนุภาคมูลฐาน** (elementary particle) เมื่ออนุภาคมูลฐานและ**ปฏิอนุภาค** หรือ **ปฏิยานุภาค** (antiparticle) ของอนุภาคมูลฐานประเภทเดียวกันเกิดการรวมตัวกัน จะเกิด**กระบวนการประลัย** (anihilation) ทำให้ทั้งอนุภาคและปฏิอนุภาคกลายเป็นพลังงานซึ่งอยู่ในรูปโฟตอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่เนื่องจากเอกภพมีอนุภาคมากกว่าปฏิอนุภาค เอกภพหลังจากนั้นจึงเหลือเฉพาะอนุภาคมูลฐาน เมื่ออุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 10^{13} เคลวิน ทำให้ควาร์กรวมตัวกันเป็นโปรตอนหรือนิวเคลียสของไฮโดรเจน และนิวตรอน

หลังจากนั้นที่เวลาประมาณ 3 นาทีหลังบิกแบงอุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 1,000 ล้านเคลวิน จะเริ่มเกิดนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของโปรตอน และนิวตรอน

ต่อมาที่เวลาประมาณ 300,000 ปีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงอีกเหลือประมาณ 5,000 เคลวิน อิเล็กตรอนมีพลังงานจลน์ลดลง ทำให้นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมดึงอิเล็กตรอนเข้ามาอยู่รวมกันด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดเป็นอะตอมไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียม

สุดท้ายที่เวลาประมาณ 1,000 ล้านปีหลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพลดลงเหลือประมาณ 100 เคลวิน อะตอมของธาตุไฮโดรเจนและธาตุฮีเลียมรวมตัวกันด้วยแรงโน้มถ่วงเกิดเป็นเนบิวลารุ่นแรกที่จะก่อกำเนิดเป็นดาวฤกษ์และกาแล็กซีรุ่นแรกซึ่งจะวิวัฒนาการต่อมาเป็นกาแล็กซีในปัจจุบัน ซึ่งปัจจุบันทราบว่าเอกภพมีอายุประมาณ 13,800 ล้านปี

ความรู้เพิ่มเติม

อนุภาคมูลฐาน เป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถแบ่งย่อยลงไปอีกได้ เช่น **ควาร์ก** (quark) **อิเล็กตรอน** (electron) **นิวทริโน** (neutrino)

ปฏิอนุภาค มีสมบัติเหมือนอนุภาคแต่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้าม เช่น **โพซิตรอน** (positron) มีประจุ +1 เป็นปฏิอนุภาคของอิเล็กตรอน ซึ่งมีประจุ -1 **แอนติควาร์ก** (antiquark) เป็นปฏิอนุภาคของควาร์ก

ในปี พ.ศ. 2465 **อเล็กซานเดอร์ ฟรีดแมนน์** (Alexander Friedmann) และในพ.ศ. 2470 **จอร์จ เลอแมทร์** (Georges Lemaitre) มีแนวคิดที่สอดคล้องกันในเรื่องการขยายตัวของเอกภพทำให้สามารถจินตนาการย้อนกลับไปที่จุดกำเนิดของเอกภพซึ่งต่อมาแนวคิดนี้ได้ถูกพัฒนาเป็น**ทฤษฎีบิกแบง** (Big Bang theory) ที่อธิบายว่า เอกภพเริ่มต้นจากจุดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า **บิกแบง** (Big Bang) ซึ่งขณะนั้นเอกภพมีอุณหภูมิสูงมาก (มากกว่า 10^{32} เคลวิน) ขนาดเล็กและมีมวลมหาศาลจึงมีความหนาแน่นสูงมาก จากนั้นเอกภพเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิลดลง สสารต่าง ๆ จึงอยู่ในรูปอนุภาคและปฏิอนุภาคและมีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนเป็นเอกภพในยุคปัจจุบัน โดยทฤษฎีบิกแบงเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน เพราะมีหลักฐานจากการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์สนับสนุนดังต่อไปนี้

1.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

หลักฐานที่นำมาสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงที่สำคัญ คือ การขยายตัวของเอกภพ และ**ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ** (Cosmic Microwave Background: CMB) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 การขยายตัวของเอกภพ

นักดาราศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพกำลังขยายตัว และขยายตัวอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกิจกรรมดังนี้

กิจกรรม 1.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง
2. อธิบายการขยายตัวของเอกภพจากแบบจำลอง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. ลูกโป่งชนิดกลม	1 ใบ
2. กระดาษสติกเกอร์ขนาด 1 เซนติเมตร × 1 เซนติเมตร	5 ชิ้น
3. กระดาษกราฟ	1 แผ่น
4. ยางรัด	1 เส้น
5. สายวัด	1 เส้น
6. นาฬิกาจับเวลา	1 เรือน

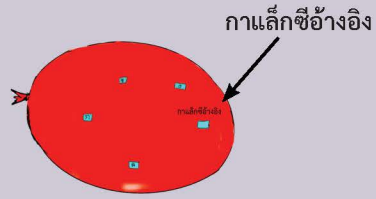
วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดทำแบบจำลองของเอกภพดังนี้
   1.1. กำหนดให้ลูกโป่งแทนเอกภพ และสติกเกอร์แทนกาแล็กซี
   1.2. เป่าลูกโป่งครั้งที่ 1 ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร
   1.3. นำสติกเกอร์ซึ่งแทนกาแล็กซีจำนวน 5 ชิ้น ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งที่กึ่งกลางของสติกเกอร์ และกำหนดให้สติกเกอร์ชิ้นหนึ่งเป็นกาแล็กซีอ้างอิง และที่เหลือเป็นกาแล็กซี ก ข ค ง
   1.4. นำสติกเกอร์จากข้อ 1.3 มาติดให้กระจายทั่วผิวลูกโป่ง

ตัวอย่าง

2. วัดระยะทางที่สั้นที่สุดบนผิวลูกโป่ง จากกาแล็กซีอ้างอิงไปยังกาแล็กซี ก ข ค ง และบันทึกผล
3. เป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ ใช้เวลาในการเป่า 5 วินาที จากนั้นวัดระยะทางเช่นเดียวกับข้อ 2 และบันทึกผล

เป่าครั้งที่ 1



เป่าครั้งที่ 2

4. หาผลต่างของระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิงไปยังกาแล็กซี ก ข ค ง ที่วัดได้ในข้อ 2 และข้อ 3 พร้อมบันทึกผล
5. คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี ก ข ค ง และบันทึกผล
6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางหลังเป่า (เป่าครั้งที่ 2) กับความเร็วของกาแล็กซีต่าง ๆ

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

กาแล็กซีอ้างอิงกับกาแล็กซี	ระยะทาง (ซม.)		ผลต่างของระยะทาง (ซม.)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (ซม./วินาที)
	เป่าครั้งที่ 1	เป่าครั้งที่ 2		
ก				
ข				
ค				
ง				

หมายเหตุ ในกิจกรรมนี้กำหนดให้การกระจัดเท่ากับผลต่างของระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิงกับกาแล็กซีต่าง ๆ ตามผิวลูกโป่ง และความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากับผลต่างของระยะทางต่อเวลา

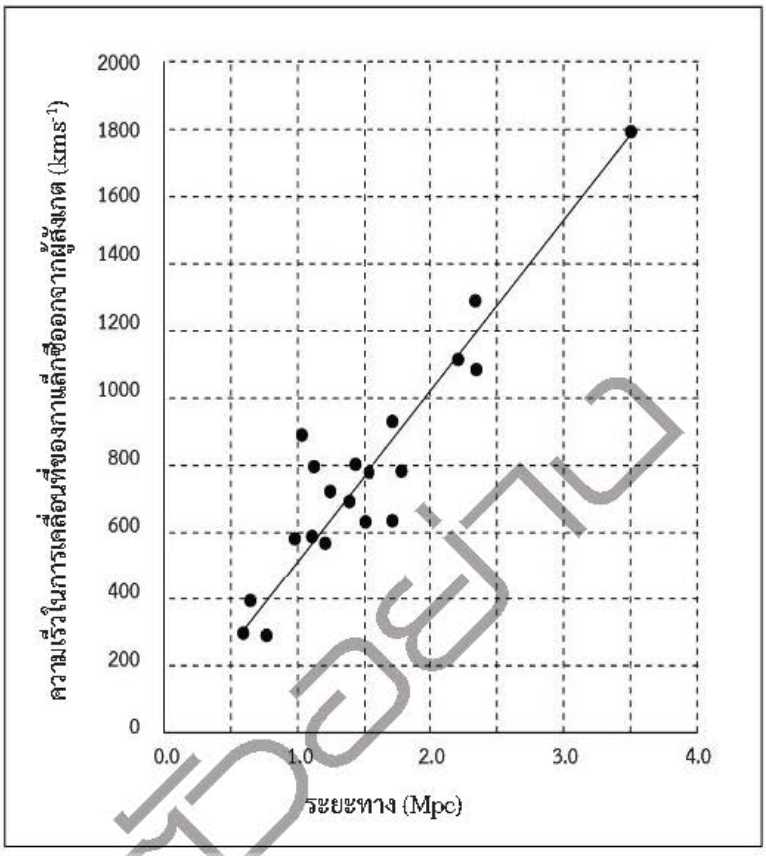
คำถามท้ายกิจกรรม

- ในการเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 ระยะทางบนผิวลูกโป่งระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีแต่ละกาแล็กซีเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- กาแล็กซีจำลองใดเคลื่อนที่เร็วที่สุดและกาแล็กซีนั้นอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น
- กาแล็กซีจำลองใดเคลื่อนที่ช้าที่สุดและกาแล็กซีนั้นอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น
- ระยะทางจากกาแล็กซีจำลองถึงกาแล็กซีอ้างอิงหลังการเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองหรือไม่อย่างไร
- การขยายตัวของลูกโป่งกับการขยายตัวของเอกภพเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

ตัวอย่าง

จากกิจกรรม 1.2 เป็นการจำลองการศึกษาการขยายตัวของเอกภพ เมื่อเป่าลูกโป่งให้มีขนาดและปริมาตรเพิ่มขึ้น จะสังเกตเห็นกาแล็กซีจำลอง และกาแล็กซีอ้างอิงเคลื่อนที่ออกจากกัน เมื่อนำข้อมูลระยะทางกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีมาเขียนกราฟ พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองแปรผันตรงกับระยะทางจากกาแล็กซีจำลองถึงกาแล็กซีอ้างอิง โดยกาแล็กซีจำลองที่อยู่ไกลจะเคลื่อนที่เร็วกว่ากาแล็กซีจำลองที่อยู่ใกล้

เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้สังเกตการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีต่าง ๆ พร้อมวัดระยะห่างของกาแล็กซีต่าง ๆ เหล่านั้น เมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟพบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตแปรผันตรงกับระยะทางระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต ดังรูป 1.2



รูป 1.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต กับระยะทางของกาแล็กซีกับผู้สังเกต

กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงจึงสรุปว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตแปรผันตรงกับระยะทางระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต หรือมีความหมายว่ากาแล็กซีที่อยู่ไกลเคลื่อนที่ออกไปจากผู้สังเกตด้วยความเร็วที่มากกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้ เรียกว่า **กฎฮับเบิล-เลอแมทร์** (Hubble-Lemaitre's law) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตกับระยะทางระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ก/ฮ ศัพท์น่ารู้

พาร์เซก (parsec : pc) คือหน่วยวัดระยะทางทางดาราศาสตร์โดยที่ 1 พาร์เซก = 3.26 ปีแสง (ly)
1 เมกะพาร์เซก = 1 ล้านพาร์เซก

ตัวอย่าง

$$v = H_0 D$$

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตของกาแล็กซีมีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาที ($km\ s^{-1}$)

D คือ ระยะทางของกาแล็กซีจากผู้สังเกต มีหน่วยเป็นเมกะพาร์เซก (Mpc)

H_0 คือ **ค่าคงตัวฮับเบิล** (Hubble constant) มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาทีต่อเมกะพาร์เซก ($km\ s^{-1}\ Mpc^{-1}$) โดยปัจจุบันค่าคงตัวฮับเบิล เท่ากับ $73 \pm 2\ km\ s^{-1}\ Mpc^{-1}$

ตรวจสอบความเข้าใจ

การขยายตัวของเอกภพนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ได้อย่างไร

ในการวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง เอกภพมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและอุณหภูมิ โดยการเคลื่อนที่ห่างออกจากกันของกาแล็กซีต่าง ๆ แสดงถึงการขยายตัวของเอกภพ ซึ่งเป็นหลักฐานที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงขนาดของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง สำหรับหลักฐานที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเอกภพนักเรียนจะได้ศึกษาจากหัวข้อต่อไปนี้

1.2.2 ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานว่าถ้าเอกภพเริ่มต้นจากบิกแบงเมื่อประมาณกว่าหมื่นล้านปีมาแล้ว ปัจจุบันเอกภพควรจะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหลืออยู่ และเนื่องจากการขยายตัวของเอกภพ อุณหภูมิพื้นหลังโดยเฉลี่ยของเอกภพควรจะลดลงจนมีอุณหภูมิสอดคล้องกับการแผ่รังสีที่เหลืออยู่นั้น ในปี พ.ศ. 2491 **รัลฟ์ อัลเฟอร์** (Ralph Alpher) และ **รอเบิร์ต เมอร์แมน** (Robert Merman) ได้พยายามคำนวณหาอุณหภูมิพื้นหลังของเอกภพ พบว่าควรจะมีค่าประมาณ 5 เคลวิน

ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 **อาร์โน เพนเซียส** (Arno Penzias) และ**รอเบิร์ต วิลสัน** (Robert Wilson) ได้ตรวจพบไมโครเวฟที่มาจากอวกาศเป็นครั้งแรกด้วยความบังเอิญขณะทดสอบระบบเครื่องรับสัญญาณของกล้องโทรทรรศน์ช่วงคลื่นวิทยุ และเมื่อได้เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองตามทฤษฎีบิกแบงของ**รอเบิร์ต ดิก** (Robert Dicke) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยปรินซ์ตัน จึงทำให้รู้ว่าได้ค้นพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลือจากการขยายตัวของเอกภพในช่วงคลื่นไมโครเวฟซึ่งตรงกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิประมาณ 2.73 เคลวิน และในปี พ.ศ. 2532 นักวิทยาศาสตร์ได้ส่งดาวเทียมสำรวจชื่อว่า โคบี (Cosmic Background Explorer: COBE) เพื่อตรวจสอบและยืนยันการพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ดังนั้นการพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศจึงเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนว่าเอกภพขยายตัว

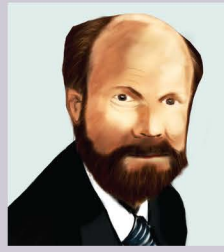
ตามทฤษฎีบิกแบง โดยอุณหภูมิของเอกภพจะลดลงจนเหลืออุณหภูมิที่สอดคล้องตามทฤษฎีบิกแบง ซึ่งปัจจุบันเอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 2.73 เคลวิน

นักวิทยาศาสตร์อธิบายว่าไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศนี้เกิดขึ้นเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 5,000 เคลวิน ทำให้อิเล็กตรอนที่เคยอยู่อย่างอิสระจะเคลื่อนที่ช้าลงจึงถูกนิวเคลียสของไฮโดรเจนและฮีเลียมดึงให้มาอยู่รวมกันเกิดเป็นอะตอมไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียม ทำให้เอกภพโปร่งแสงและมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคงเหลือในอวกาศ ซึ่งต่อมาเมื่ออุณหภูมิของเอกภพลดลง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวจะอยู่ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศนี้จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลืออยู่จากการขยายตัวของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง

ตรวจสอบความเข้าใจ

เพราะเหตุใดไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศจึงถูกนำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

ความรู้เพิ่มเติม



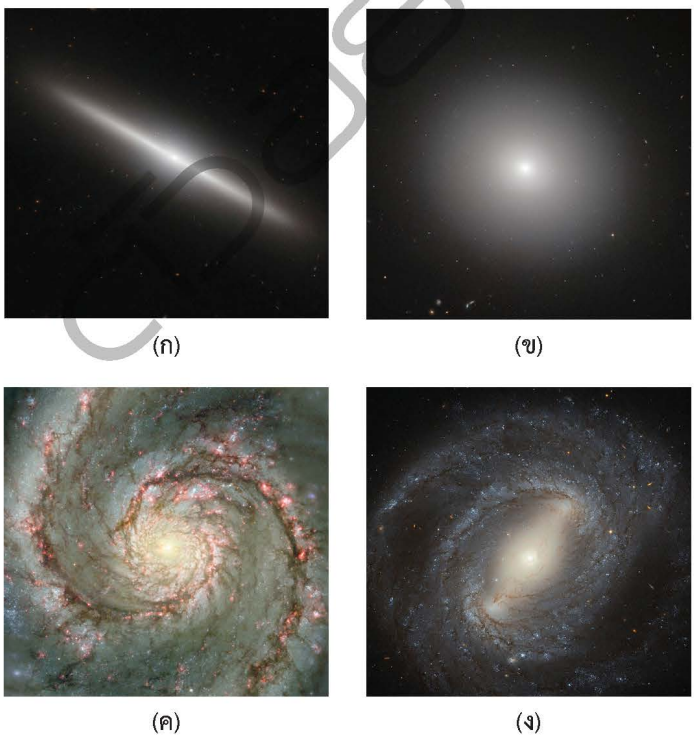
อาร์โน เพนเซียส (พ.ศ 2476) และ**รอเบิร์ต วิลสัน** (พ.ศ 2484) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันจากห้องปฏิบัติการโทรศัพท์เบล (Bell Telephone Laboratories) ได้ตรวจพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืนในทุกฤดูตลอดทั้งปี ถึงแม้ว่าจะปรับเปลี่ยนทิศทางของเสาอากาศแล้วก็ตาม ก็ยังพบสัญญาณรบกวนอยู่เช่นเดิม และต่อมารู้ว่าเป็นพลังงานที่เหลือจากบิกแบงในรูปของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ซึ่งสอดคล้องกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิประมาณ 2.73 เคลวิน ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี พ.ศ.2521

ตัวอย่าง

จากหลักฐานที่กล่าวมาแสดงว่าเอกภพกำเนิดมาจากบิกแบง ซึ่งทำให้เกิดสสารต่าง ๆ เมื่อสสารรวมตัวกันเป็นระบบจะเกิดกาแล็กซีรุ่นแรกและมีวิวัฒนาการมาจนกระทั่งปัจจุบัน เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมากมาย หนึ่งในนั้นคือกาแล็กซีทางช้างเผือก โลกของเราอยู่ในระบบสุริยะซึ่งเป็นสมาชิกของกาแล็กซีทางช้างเผือก นักเรียนคิดว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีลักษณะอย่างไร และระบบสุริยะอยู่ที่ตำแหน่งใดในกาแล็กซีทางช้างเผือก

1.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

กาแล็กซีเกิดหลังบิกแบงประมาณ 1,000 ล้านปี ประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก เนบิวลา และ**สสารระหว่างดาว** (interstellar medium) ซึ่งอยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน เช่น รูปร่างรีหรือกลม รูปร่างกังหัน รูปร่างคล้ายเลนส์นูนหรือลูกสะบ้า นอกจากนี้ยังมีกาแล็กซีจำนวนมากที่ไม่มีรูปร่างดังกล่าว จัดเป็น**กาแล็กซีไร้รูปแบบ** (irregular galaxy)



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูป 1.3 ตัวอย่างกาแล็กซีรูปร่างต่าง ๆ
(ก) กาแล็กซีเลนส์ (ข) กาแล็กซีรี
(ค) กาแล็กซีกังหัน (ง) กาแล็กซีกังหันมีคาน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ตัวอย่าง

QR WEBSITE
WWW.SUKSAPANPANIT.COM

ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์
พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว
นายพัฒนะ พัฒนทวีดล ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา
๖๖๐๐๐๓๔
องค์การค้าของ สกสค.
www.suksapan.or.th