



คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๖





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

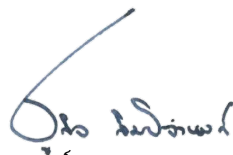
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ
พ.ศ. 2562

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยถามและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิบุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลายมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนใน ชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนประกอบด้วยเรื่องเอกภพและกาแล็กซี ดาวฤกษ์ ระบบสุริยะ และเทคโนโลยีอวกาศ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้งสสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

สาระสำคัญ

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

เวลาที่ใช้

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามทีละใบในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบเป็นดังนี้

• จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

• ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

• สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ เช่น บัตรคำ วิดีทัศน์เว็บไซต์ ซึ่งครูควรเตรียมล่วงหน้าก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้

• แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

• กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- จุดประสงค์
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- วัสดุ และอุปกรณ์
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- การเตรียมล่วงหน้า
ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- ข้อเสนอแนะสำหรับครู
ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ
- ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม
ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
- อภิปรายและสรุปผล
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง
นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

- **แนวทางการวัดและประเมินผล**

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

- **เฉลยคำถาม**

แนวคำตอบ ของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- **เฉลยคำถามระหว่างเรียน**

แนวคำตอบ ของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัดทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- **เฉลยคำถามท้ายบทเรียน**

แนวคำตอบ ของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่าหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

13

เอกภพและกาแล็กซี

บทที่ 13 เอกภพและกาแล็กซี

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์

ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

สาระสำคัญ

เวลาที่ใช้

เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

เฉลยกิจกรรม 13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

แนวทางการวัดและประเมินผล

13.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

เฉลยกิจกรรม 13.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ

เฉลยกิจกรรม 13.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี

แนวทางการวัดและประเมินผล

13.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

เฉลยกิจกรรม 13.4 กาแล็กซีทางช้างเผือก

เฉลยกิจกรรม 13.5 การปรากฏของทางช้างเผือก

แนวทางการวัดและประเมินผล

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

14

ดาวฤกษ์

บทที่ 14 ดาวฤกษ์	35
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	36
ผังมโนทัศน์	38
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	39
สาระสำคัญ	40
เวลาที่ใช้	40
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	40
14.1 สมบัติของดาวฤกษ์	41
14.1.1 ความส่องสว่างและโชติมาตรของดาวฤกษ์	41
เฉลยกิจกรรม 14.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่าง	
ของหลอดไฟฟ้า	43
เฉลยกิจกรรม 14.2 การหาระยะทางของวัตถุโดย	
ใช้หลักการแพริลแลกซ์	49
แนวทางการวัดและประเมินผล	57
14.1.2 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์	58
เฉลยกิจกรรม 14.3 สี อุณหภูมิผิว และชนิด	
สเปกตรัมของดาวฤกษ์	58
แนวทางการวัดและประเมินผล	62
14.1.3 แผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์	63
เฉลยกิจกรรม 14.4 แผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์	63
แนวทางการวัดและประเมินผล	67
14.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	70
14.2.1 กำเนิดดาวฤกษ์	70
แนวทางการวัดและประเมินผล	73
14.2.2 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	73
เฉลยกิจกรรม 14.5 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	74
แนวทางการวัดและประเมินผล	79
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	82

15

ระบบสุริยะ

บทที่ 15 ระบบสุริยะ	88
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	89
ผังมโนทัศน์	90
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	91
สาระสำคัญ	92
เวลาที่ใช้	92
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	92
15.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์	94
เฉลยกิจกรรม 15.1 กำเนิดระบบสุริยะ	95
เฉลยกิจกรรม 15.2 เขตเอื้อชีวิต	101
แนวทางการวัดและประเมินผล	105
15.2 การโคจรของดาวเคราะห์	105
เฉลยกิจกรรม 15.3 กฎเคพลอร์	106
แนวทางการวัดและประเมินผล	110
15.3 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์	110
เฉลยกิจกรรม 15.4 โครงสร้างดวงอาทิตย์	112
เฉลยกิจกรรม 15.5 ผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก	116
แนวทางการวัดและประเมินผล	118
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	120

16

เทคโนโลยีอวกาศและ การประยุกต์ใช้

บทที่ 16 เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้	122
การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	123
ผังมโนทัศน์	124
ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง	125
สาระสำคัญ	126
เวลาที่ใช้	126
เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	126
16.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	127
เฉลยกิจกรรม 16.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้า ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ	129
แนวทางการวัดและประเมินผล	135
16.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	136
เฉลยกิจกรรม 16.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	140
แนวทางการวัดและประเมินผล	142
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท	143

บทที่

13

| เอกภพและกาแล็กซี (The Universe and Galaxies)



ipst.me/10869



ผลการเรียนรู้

1. อธิบายกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบงในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

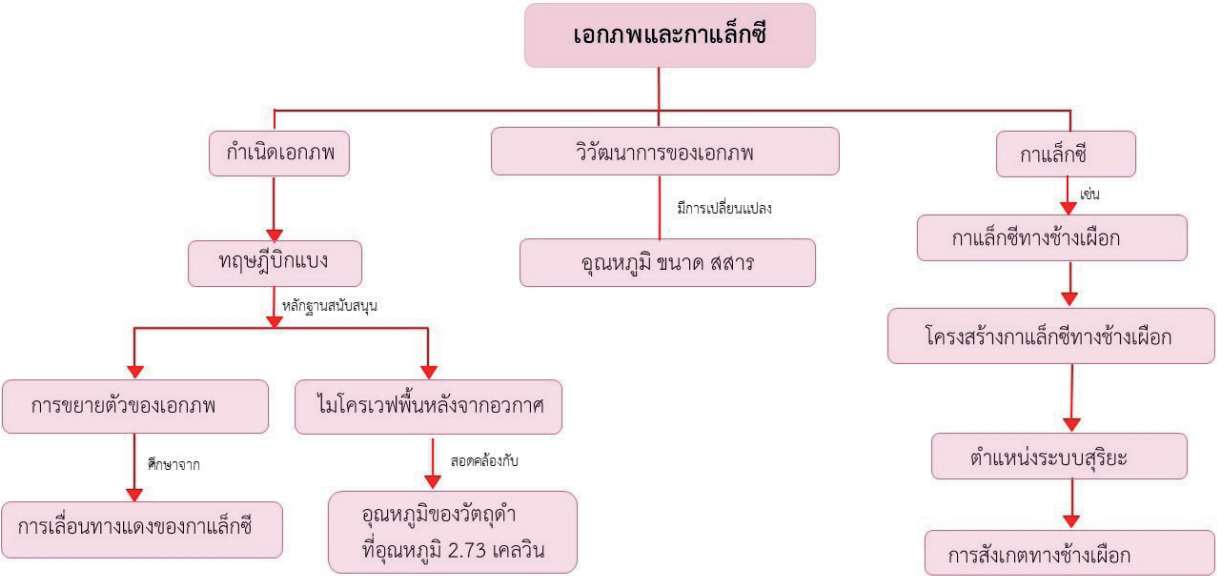
1. อธิบายกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด และอุณหภูมิของเอกภพหลังเกิดบิกแบง ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายหลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะทางของกาแล็กซี รวมทั้งข้อมูลการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ
3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะ พร้อมอธิบายเชื่อมโยงกับการสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และอธิบายกำเนิด อุณหภูมิและขนาดของเอกภพ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสสารตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตของกาแล็กซีกับระยะห่างระหว่างผู้สังเกตกับกาแล็กซี เพื่อสนับสนุนการขยายตัวของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
3. อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่นำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
4. อธิบายโครงสร้าง และองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก และระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
5. อธิบายลักษณะทางช้างเผือกที่คนบนโลกสังเกตเห็น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 3. การใช้จำนวน 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. การตีความหมายและลงข้อสรุป 6. การสร้างแบบจำลอง	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 4. ความใจกว้าง 5. การยอมรับความเห็นต่าง 6. ความซื่อสัตย์ 7. ความมุ่งมั่นอดทน 8. ความรอบคอบ 9. วัตถุวิสัย 10. การเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ผังมโนทัศน์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ได้รับการยอมรับกันในปัจจุบันคือทฤษฎีบิกแบง



หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ



การขยายตัวของเอกภพศึกษาได้จากการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซี



กาแล็กซีเป็นระบบของดาวฤกษ์ มีเนบิวลา และสสารระหว่างดาว
อยู่รวมกันด้วยแรงโน้มถ่วง และมีรูปร่างต่าง ๆ



กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน มีโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ
นิวเคลียส จาน และฮาโล โดยมีระบบสุริยะอยู่บริเวณแขนของกาแล็กซี



คนบนโลกเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้เพียงบางส่วน ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบ
สว่างหรือฝ้าขาว เรียกว่า ทางช้างเผือก

สาระสำคัญ

เอกภพเป็นระบบใหญ่ที่สุด ประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมหาศาลอยู่รวมกันเป็นกระจุกกาแล็กซี และมีสสารต่าง ๆ อยู่ระหว่างกาแล็กซี ทฤษฎีกำเนิดเอกภพที่ยอมรับในปัจจุบันคือทฤษฎีบิกแบง กล่าวว่างเอกภพกำเนิดจากจุดที่มีขนาดเล็ก มีความหนาแน่นมาก และอุณหภูมิสูงมาก เมื่อเกิดการขยายตัว เอกภพจะมีอุณหภูมิลดลง มีสสารเกิดขึ้นในรูปอนุภาคและปฏิกิริยานิวเคลียสชนิดต่าง ๆ หลักฐานสำคัญที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง คือ การขยายตัวของเอกภพ และการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

กาแล็กซีประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมาก เนบิวลา และสสารระหว่างดาวซึ่งอยู่รวมกันเป็นระบบ ด้วยแรงโน้มถ่วง กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน มีโครงสร้าง คือ นิวเคลียส จาน และ ฮาโล โดยมีระบบสุริยะอยู่ที่บริเวณแขนของกาแล็กซีคนบนโลกสังเกตเห็นเพียงบางส่วนของกาแล็กซีทางช้างเผือก ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบฝ้าจาง ๆ พาดผ่านท้องฟ้าเป็นแนวยาวเรียกว่า ทางช้างเผือก

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ	10 ชั่วโมง
13.1 การกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ	2 ชั่วโมง
13.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	5 ชั่วโมง
13.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก	3 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

- 1. อนุภาคมูลฐาน
- 2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 3. ปฏิกิริยาการถดถอเพลอร์

ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แนวคำตอบ นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน	✗
2	พลังงานและสสารสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้	✓
3	เอกภพประกอบด้วยกาแล็กซีจำนวนมาก	✓
4	อุณหภูมิ 1 เคลวิน มีค่าเท่ากับ 273 องศาเซลเซียส แนวคำตอบ $c = k - 273$ $c = 1 - 273$ $c = -272$ ดังนั้น 1 เคลวิน มีค่าเท่ากับ -272 องศาเซลเซียส	✗
5	ปีแสงเป็นหน่วยของระยะทาง	✓
6	นิวเคลียสของไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอน 1 อนุภาค	✓
7	ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสง แนวคำตอบ ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าแสง	✗
8	โลกอยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก	✓
9	เมื่อวัตถุเคลื่อนออกจากผู้สังเกต คลื่นที่แผ่ออกจากวัตถุจะมีความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น	✓
10	หากผู้สังเกตอยู่ที่ประเทศไทยต้องการศึกษากลุ่มดาวโดยใช้แผนที่ดาว ต้องใช้แผนที่ดาวซีกฟ้าใต้ แนวคำตอบ ต้องใช้แผนที่ดาวทั้งซีกฟ้าเหนือและซีกฟ้าใต้ประกอบกัน	✗

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
เข้าใจว่าวัตถุท้องฟ้าที่สังเกตเห็นเป็นวัตถุท้องฟ้าทั้งหมดในเอกภพ	วัตถุท้องฟ้าที่เราเห็นบนท้องฟ้าเป็นเพียงส่วนหนึ่งในกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งนับว่าเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับสิ่งที่มิในเอกภพ
เข้าใจว่าทางช้างเผือก คือกาแล็กซีทางช้างเผือก	ทางช้างเผือกเป็นส่วนหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก ที่เราสามารถมองเห็นได้จากโลก

13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์และอธิบายกำเนิด อุณหภูมิและขนาดของเอกภพ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสสารตามวิวัฒนาการของเอกภพ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เล่ม 5
- สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามดังนี้
 - นักเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเอกภพ
 - แนวคำตอบ** เอกภพประกอบด้วย เนบิวลา ดาวเคราะห์ ดาวหาง ดาวฤกษ์ และกาแล็กซี
 - นักเรียนคิดว่าเอกภพเป็นเช่นนี้มาตั้งแต่แรกกำเนิดเอกภพหรือไม่ อย่างไร
 - แนวคำตอบ** อาจจะตอบใช่หรือไม่ใช่ก็ได้
- เอกภพไม่ได้เป็นเช่นนี้มาแต่แรกกำเนิด เอกภพมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไรให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ



กิจกรรม 13.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. วิเคราะห์และระบุสารที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
2. สรุปการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ขนาดของเอกภพ และการเปลี่ยนแปลงของสสาร ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการ

เวลา 50 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|--------|
| 1. แผนภาพกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง | 1 แผ่น |
| 2. เอกสารความรู้เรื่อง อนุภาคมูลฐาน | 1 ชุด |
| 3. ตารางบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสสารในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ | 1 แผ่น |

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code ประจำบท

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ควรพิมพ์แผนภาพวิวัฒนาการของเอกภพเป็นสี โดยเป็นขนาด A3 ขึ้นไป

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาความรู้เรื่องอนุภาคมูลฐานจากเอกสารที่กำหนดให้
2. ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ขนาด และสสารของเอกภพในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวิวัฒนาการ จากแผนภาพที่กำหนด
3. ระบุสารที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวิวัฒนาการ ในตารางบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสสาร ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ
4. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม
ตารางการเปลี่ยนแปลงของสสารในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ

สสารที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ					
10^{-43} - 10^{-32} วินาที	10^{-32} - 10^{-6} วินาที	10^{-6} วินาที - 3 นาที	3 นาที - 300,000 ปี	300,000 ปี - 1,000 ล้านปี	1,000- 13,800 ล้านปี
10^{32} - 10^{27} เคลวิน	10^{27} - 10^{13} เคลวิน	10^{13} - 10^9 เคลวิน	10^9 - 5,000 เคลวิน	5000-100 เคลวิน	100 - 2.73 เคลวิน
☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ○ โฟตอน ○ นิวตรอน ○ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ○ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ○ อะตอมของ ไฮโดรเจน ○ อะตอมของ ฮีเลียม ○ กาแล็กซี	☐ ควาร์ก ☐ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ○ นิวตรอน ○ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ○ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ○ อะตอมของ ไฮโดรเจน ○ อะตอมของ ฮีเลียม ○ กาแล็กซี	○ ควาร์ก ○ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ☐ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ☐ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ○ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ○ อะตอมของ ไฮโดรเจน ○ อะตอมของ ฮีเลียม ○ กาแล็กซี	○ ควาร์ก ○ แอนติควาร์ก ☐ อิเล็กตรอน ○ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ○ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ☐ นิวตรอน ☐ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ☐ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ○ อะตอมของ ไฮโดรเจน ○ อะตอมของ ฮีเลียม ○ กาแล็กซี	○ ควาร์ก ○ แอนติควาร์ก ○ อิเล็กตรอน ○ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ○ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ○ นิวตรอน ○ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ○ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ☐ อะตอมของ ไฮโดรเจน ☐ อะตอมของ ฮีเลียม ○ กาแล็กซี	○ ควาร์ก ○ แอนติควาร์ก ○ อิเล็กตรอน ○ โพซิตรอน ☐ นิวทรีโน ○ แอนตินิวทรีโน ☐ โฟตอน ○ นิวตรอน ○ โปรตอนหรือ นิวเคลียสของ ไฮโดรเจน ○ นิวเคลียสของ ฮีเลียม ○ อะตอมของ ไฮโดรเจน ○ อะตอมของ ฮีเลียม ☐ กาแล็กซี

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่าระหว่างวิวัฒนาการเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงทั้ง อุณหภูมิ ขนาด และสสาร โดยอุณหภูมิของเอกภพลดลง ขนาดของเอกภพเพิ่มขึ้นเกิดสสารต่าง ๆ ในเอกภพ จากนั้นสสารในเอกภพรวมตัวกันเกิดเป็นกาแล็กซี

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังบิกแบง อุณหภูมิของเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ หลังบิกแบงอุณหภูมิของเอกภพลดลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ ของวิวัฒนาการ
2. หลังบิกแบง ขนาดของเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ หลังบิกแบงเอกภพมีขนาดใหญ่ขึ้น
3. ช่วงเวลาใดที่เริ่มเกิดอนุภาคมูลฐาน
แนวคำตอบ อนุภาคมูลฐานเริ่มเกิดหลังจากบิกแบงประมาณ 10^{-43} วินาที
4. ระยะเวลาที่เกิดโปรตอนและนิวตรอนห่างจากช่วงเวลาเริ่มเกิดอนุภาคมูลฐานประมาณเท่าใด
แนวคำตอบ ระยะเวลาที่เกิดโปรตอนและนิวตรอนห่างจากช่วงเวลาที่เกิดอนุภาคมูลฐานประมาณ 10^{-6} วินาที (คิดจาก $10^{-6} - 10^{-43}$)
5. ในช่วงที่เกิดโปรตอนและนิวตรอนเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากช่วงที่เริ่มเกิดอนุภาคมูลฐานอย่างไร
แนวคำตอบ ช่วงที่เกิดโปรตอนและนิวตรอน อุณหภูมิของเอกภพลดลงจากช่วงที่เริ่มพบอนุภาคมูลฐาน
6. โฟตอนเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด
แนวคำตอบ โฟตอนเกิดตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 10^{-32} วินาที ถึงปัจจุบัน
7. ปฏิยานุภาคเริ่มหายไปในช่วงเวลาใด
แนวคำตอบ ปฏิยานุภาคเริ่มหายไปหลังช่วงเวลาประมาณ 10^{-6} วินาที
8. นิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมเกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่ และเกิดเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิประมาณเท่าใด
แนวคำตอบ ไม่พร้อมกัน นิวเคลียสของไฮโดรเจนเกิดก่อนนิวเคลียสของฮีเลียม นิวเคลียสของไฮโดรเจนเริ่มเกิดเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 10^{13} เคลวิน ส่วนนิวเคลียสของฮีเลียมเริ่มเกิดเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 10^9 เคลวิน
9. อะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียมเกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่ และเกิดเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิประมาณเท่าใด
แนวคำตอบ อะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียมเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยเริ่มเกิดเมื่อเอกภพมีอุณหภูมิประมาณ 5,000 เคลวิน

10. ระยะเวลาที่เริ่มเกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและเกิดอะตอมของไฮโดรเจนห่างกันประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ ระยะเวลาที่เริ่มเกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและเกิดอะตอมของไฮโดรเจนห่างกันประมาณ 300,000 ปี เนื่องจาก 10^{-6} วินาที เป็นเวลาที่สั้นมากดังนั้นระยะเวลาที่เริ่มเกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและอะตอมของไฮโดรเจนจึงต่างกันประมาณ 300,000 ปี

11. ระยะเวลาที่เกิดนิวเคลียสของฮีเลียมและเริ่มเกิดอะตอมของฮีเลียมห่างกัน ประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ ระยะเวลาที่เกิดนิวเคลียสของฮีเลียมและเริ่มเกิดอะตอมของฮีเลียมห่างกันประมาณ 300,000 ปี เนื่องจาก 3 นาที เป็นเวลาที่สั้นมากดังนั้นระยะเวลาที่เริ่มเกิดนิวเคลียสของฮีเลียมและอะตอมของฮีเลียมจึงต่างกันประมาณ 300,000 ปี

12. อุณหภูมิในช่วงเวลาที่เกิดอะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียมแตกต่างจากอุณหภูมิในช่วงเวลาที่เกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมหรือไม่ อย่างไร และระยะเวลาห่างกันประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ แตกต่างกัน ช่วงที่เกิดอะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียมที่มีอุณหภูมิระหว่าง 5,000 - 100 เคลวิน ซึ่งต่ำกว่าช่วงที่เกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมที่มีอุณหภูมิระหว่าง 10^{13} - 5000 เคลวิน โดยมีระยะเวลากันประมาณ 300,000 ปี

13. หลังบิกแบงเอกภพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ หลังบิกแบงเอกภพมีขนาดใหญ่ขึ้น อุณหภูมิลดลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ และเกิดสสารต่าง ๆ จากนั้นสสารรวมกันเกิดเป็นกาแล็กซี

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ครูให้นักเรียนศึกษาหนังสือเรียนหน้า 5-6 และร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสสาร ในช่วงเวลาต่าง ๆ ในวิวัฒนาการของเอกภพในรูปของตาราง โดยใช้คำถามดังนี้
- ณ เวลาและช่วงอุณหภูมิที่กำหนดให้เกิดเหตุการณ์ใดบ้าง

ช่วงเวลาหลังบิกแบง	ช่วงอุณหภูมิ (เคลวิน)	การเปลี่ยนแปลง
$10^{-43} - 10^{-32}$ วินาที	$10^{32} - 10^{27}$	มีพลังงานเกิดขึ้น
$10^{-32} - 10^{-6}$ วินาที	$10^{27} - 10^{13}$	พลังงานเปลี่ยนเป็นสสารเกิดอนุภาค คือ ควาร์ก อิเล็กตรอน นิวทริโน และปฏิยานุภาค เมื่ออนุภาครวมกับปฏิยานุภาคกลายเป็นพลังงานในรูปของโฟตอน
10^{-6} วินาที - 3 นาที	$10^{13} - 10^9$	ควาร์ก รวมตัวเป็น โปรตอน หรือ นิวเคลียสของไฮโดรเจน และนิวตรอน
3 นาที - 300,000 ปี	$10^9 - 5,000$	โปรตอนและนิวตรอนรวมตัวเป็น นิวเคลียสฮีเลียม
300,000 ปี - 1,000 ล้านปี	5,000 - 100	อิเล็กตรอนมีพลังงานจลน์ลดลงนิวเคลียสของไฮโดรเจน และนิวเคลียสของฮีเลียม ดึงอิเล็กตรอนเข้ามาในวงโคจรเป็นอะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม เอกภพโปร่งแสงและขยายตัวอย่างรวดเร็ว เกิดการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสู่อวกาศ และหลงเหลือเป็นไมโครเวฟพื้นหลังในปัจจุบัน
1,000 ล้านปี - 13,800 ล้านปี	100 - 2.73	อะตอมไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกันด้วยแรงโน้มถ่วงเกิดเป็น เนบิวลารุ่นแรก ดาวฤกษ์ และกาแล็กซีรุ่นแรก
13,800 ล้านปี	2.73	เอกภพในปัจจุบัน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: 1. การกำเนิดเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง 2. วิวัฒนาการของเอกภพ	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 13.1 2. การอธิบายและสรุปผลกิจกรรม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท และแบบทดสอบ
P: 1. การสังเกต 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การสังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.1 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.1 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.1 4. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการนำเสนอผลงาน 5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.1
A: 1. ความใจกว้าง 2. ความรอบคอบ 3. วัตถุวิสัย 4. ความอยากรู้อยากเห็น 5. การเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. ความใจกว้างจากการร่วมอภิปรายและการตอบคำถาม 2. ความรอบคอบและวัตถุวิสัยจากการแปลความหมายข้อมูล ให้สอดคล้องกับหลักฐาน อย่างเที่ยงตรง 3. ความอยากรู้อยากเห็นและการเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์จากการตั้งคำถามและการอธิบายเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ

13.2 หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตของกาแล็กซีกับระยะห่างระหว่างผู้สังเกตกับกาแล็กซี เพื่อสนับสนุนการขยายตัวของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
2. อธิบายการค้นพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่นำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ตามประเด็นคำถามต่อไปนี้

- นักดาราศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าเอกภพมีการขยายตัว

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเอกภพ

2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 13.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ



กิจกรรม 13.2 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพ

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทาง

เวลา 50 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

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

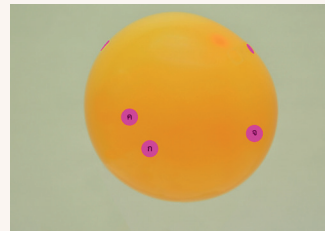
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ไม่ควรติดสติ๊กเกอร์ใกล้ขั้วลูกโป่ง
2. การวัดระยะทางระหว่างสติ๊กเกอร์ให้วัดจากจุดกึ่งกลางของสติ๊กเกอร์
3. ถ้าไม่มีสายวัด ครูอาจให้นักเรียนใช้เชือกแทนสายวัดแล้วนำมาเทียบกับไม้บรรทัด

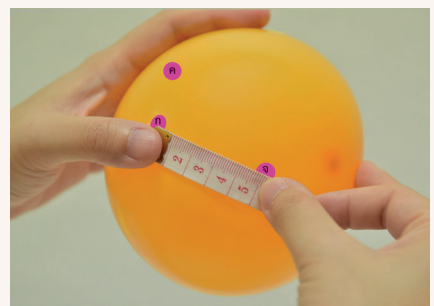
4. ก่อนเป่าครั้งที่ 2 ระวังไม่ปล่อยลมออกจากลูกโป่ง
5. การวัดระยะทางหลังเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 ต้องเป็นทิศทางเดียวกับการวัดครั้งที่ 1
6. ครูอาจเพิ่มจำนวนกาแล็กซีเพื่อให้เห็นแนวโน้มของกราฟ
7. ครูแนะนำให้ให้นักเรียนเขียนกราฟโดยลากเส้นแนวโน้มแทนการลากเส้นต่อจุด
8. ครูแนะนำให้อาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เช่นโปรแกรม excel ในการสร้างกราฟ

วิธีการทำกิจกรรม

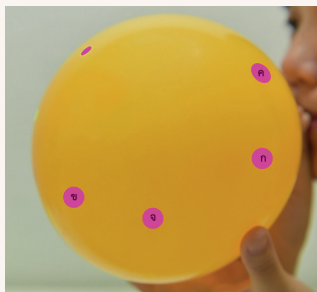
1. สร้างแบบจำลองเอกภพดังนี้
 - 1.1 เป่าลูกโป่งให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร กำหนดให้เป็นเอกภพจำลอง
 - 1.2 ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางของสติ๊กเกอร์ 6 ชิ้น พร้อมเขียนสัญลักษณ์ ก ข ค ง จ ฉ กำกับ และกำหนดให้เป็นกาแล็กซีจำลอง
 - 1.3 นำสติ๊กเกอร์ทั้ง 6 ชิ้น มาติดให้กระจายทั่วลูกโป่ง โดยให้มีระยะห่างระหว่างสติ๊กเกอร์ไม่เท่ากัน



2. วัดระยะทางระหว่างกาแล็กซีดังนี้
 - 2.1 กำหนดให้กาแล็กซี ก เป็นกาแล็กซีอ้างอิง วัดระยะทางที่สั้นที่สุดบนผิวลูกโป่งจากกาแล็กซีอ้างอิง ไปยังกาแล็กซีจำลอง ข ค ง จ ฉ และบันทึกผลในตาราง 1
 - 2.2 เปลี่ยนกาแล็กซีอ้างอิงใหม่แทนกาแล็กซี ก จากนั้นวัดระยะทางที่สั้นที่สุดจากกาแล็กซีอ้างอิงใหม่ไปยังกาแล็กซีจำลองอื่น ๆ และบันทึกผลในตารางที่สร้างขึ้นแบบตาราง 1



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



4. หาผลต่างของระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง ก ไปยังกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ จากการวัดระยะครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2
5. คำนวณหาความเร็วของกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ออกจากกาแล็กซีอ้างอิง และบันทึกผล
6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองกับระยะทางของกาแล็กซีอ้างอิงกับกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ หลังการเป่าครั้งที่ 2

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

ตารางที่ 1 เมื่อให้กาแล็กซีจำลอง ก เป็นกาแล็กซีอ้างอิง

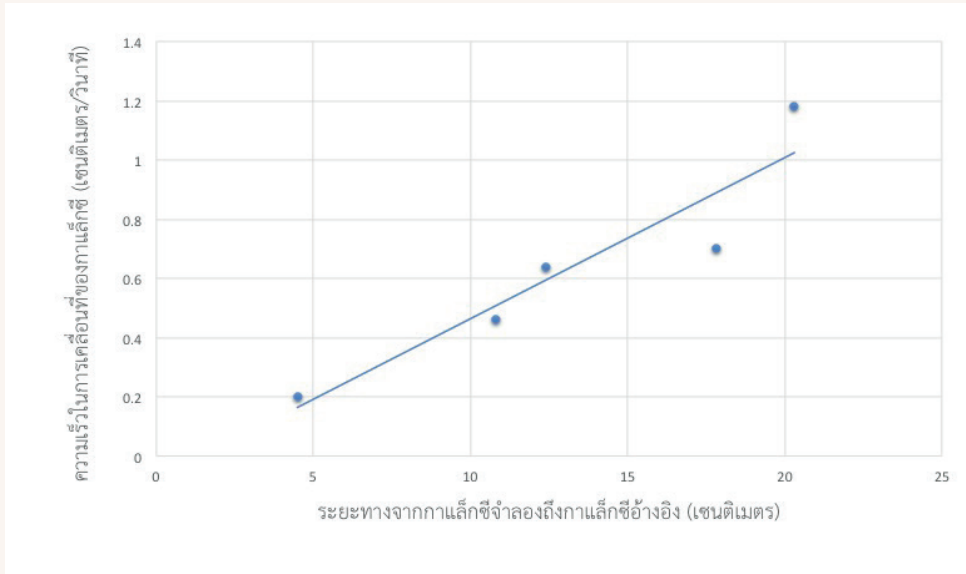
กาแล็กซีจำลอง	ระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง ก (เซนติเมตร)		ผลต่างของระยะทาง (เซนติเมตร)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองออกจากกาแล็กซีอ้างอิง (เซนติเมตรต่อวินาที)
	เป่าครั้งที่ 1	เป่าครั้งที่ 2		
ข	3.5	4.5	1	0.2
ค	8.5	10.8	2.3	0.46
ง	9.2	12.4	3.2	0.64
จ	14.4	20.3	5.9	1.18
ฉ	14	17.8	2.8	0.7

ตารางที่ 2 เมื่อให้กาแล็กซีจำลอง ข เป็นกาแล็กซีอ้างอิง

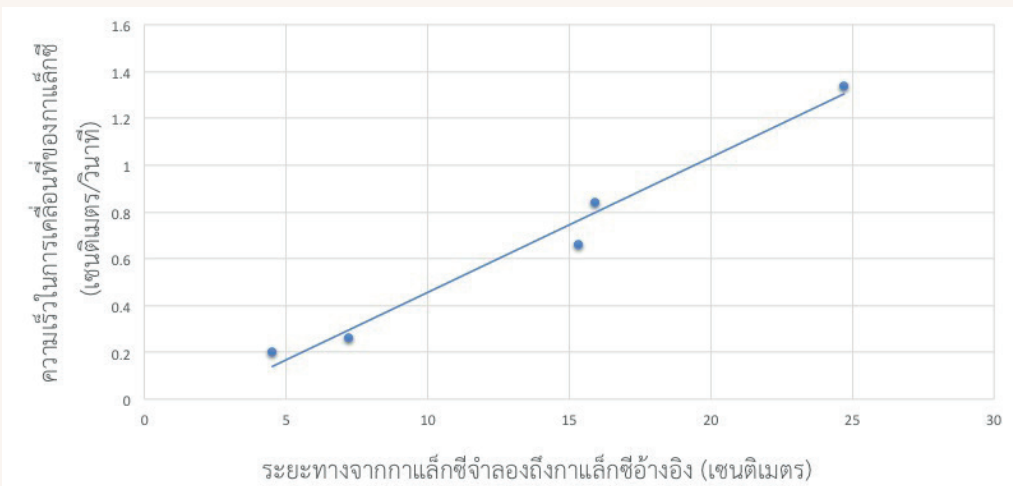
กาแล็กซีจำลอง	ระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิง ข (เซนติเมตร)		ผลต่างของระยะทาง (เซนติเมตร)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองออกจากกาแล็กซีอ้างอิง (เซนติเมตรต่อวินาที)
	เป่าครั้งที่ 1	เป่าครั้งที่ 2		
ก	3.5	4.5	1	0.2
ค	5.7	7.2	1.3	0.26
ง	11.7	15.9	4.2	0.84
จ	18	24.7	6.7	1.34
ฉ	12	15.3	3.3	0.66

หมายเหตุ กิจกรรมนี้ใช้ความเร็วแทนอัตราเร็วเพื่อคงความหมายตามศัพท์ภาษาอังกฤษ recessional velocity เนื่องจากลูกโป่งขยายตัวออกทำให้กาแล็กซีต่าง ๆ เคลื่อนที่ออกจากกาแล็กซีอ้างอิงในทุกทิศทุกทาง

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทางของกาแล็กซีอ้างอิง ก กับกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ หลังการเป่าครั้งที่ 2



กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองและระยะทางของกาแล็กซีอ้างอิง ข กับกาแล็กซีจำลองต่าง ๆ หลังการเป่าครั้งที่ 2



สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น กาแล็กซีจำลองมีการเคลื่อนที่ห่างออกจากกัน โดยพบว่า กาแล็กซีจำลองที่อยู่ไกลจากกาแล็กซีอ้างอิงจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงมากกว่ากาแล็กซีจำลองที่อยู่ใกล้

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลังจากเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะทางระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิง มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ หลังจากเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะทางระหว่างกาแล็กซีจำลองกับกาแล็กซีอ้างอิง เพิ่มมากขึ้น

2. กาแล็กซีจำลองใดมีการเคลื่อนที่เร็วที่สุดและกาแล็กซีนั้นอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น

แนวคำตอบ กาแล็กซีจำลองที่อยู่ไกลจากกาแล็กซีอ้างอิงมากที่สุด จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุด

3. กาแล็กซีจำลองใดมีการเคลื่อนที่ช้าที่สุดและกาแล็กซีนั้นอยู่ห่างจากกาแล็กซีอ้างอิงเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกาแล็กซีอื่น

แนวคำตอบ กาแล็กซีจำลองที่อยู่ใกล้จากกาแล็กซีอ้างอิงมากที่สุด จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุด

4. ระยะทางจากกาแล็กซีจำลองถึงกาแล็กซีอ้างอิงหลังเป่าลูกโป่งครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองอย่างไร

แนวคำตอบ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีจำลองมีความสัมพันธ์ระหว่างกาแล็กซีต่าง ๆ กับกาแล็กซีอ้างอิง โดยความเร็วแปรผันตรงกับระยะทางจากกาแล็กซีอ้างอิงถึงกาแล็กซีจำลองนั้น

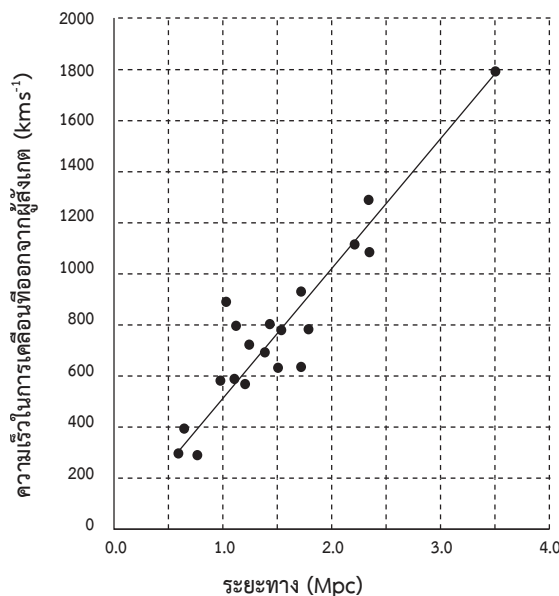
5. เมื่อเปลี่ยนกาแล็กซีอ้างอิง ก เป็นกาแล็กซีอ้างอิงอื่น ผลการทำกิจกรรมเหมือนหรือแตกต่างอย่างไร

แนวคำตอบ เหมือนกัน โดยกาแล็กซีที่อยู่ไกลมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความรู้เรื่อง การขยายตัวของเอกภพ โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

จากกิจกรรมเป็นการจำลองการศึกษาการขยายตัวของเอกภพ เมื่อเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้กาแล็กซีจำลองต่าง ๆ เคลื่อนที่ห่างออกจากกันและห่างออกจากกาแล็กซีอ้างอิง โดยความเร็วในการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างกาแล็กซีต่าง ๆ กับกาแล็กซีอ้างอิง

- ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตกับระยะห่างระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต โดยอธิบายจากกราฟ ดังรูป



จากกราฟแสดงว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต หรือความเร็วลอยห่างแปรผันตรงกับระยะห่างระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต โดยกาแล็กซีที่อยู่ไกลเคลื่อนที่เร็วกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้ และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎฮับเบิล-เลอแมตร์ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v = H_0 D$$

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต หรือความเร็วลอยห่าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อวินาที (kms^{-1})

D คือ ระยะห่างระหว่างกาแล็กซีกับผู้สังเกต มีหน่วยเป็น เมกะพาร์เซก (Mpc)

H_0 คือ ค่าคงตัวฮับเบิล มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อวินาทีต่อเมกะพาร์เซก ($\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$)

ฮับเบิลพบว่ากาแล็กซีต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่ออกจากกัน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากผู้สังเกตถึงกาแล็กซี ทำให้สรุปว่าเอกภพมีการขยายตัว

6. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อจำกัดในการทดลองเรื่องการขยายตัวของเอกภพว่า เนื่องจากเราไม่สามารถวัดระยะทางภายในลูกโป่งได้ ทำให้ต้องวัดระยะทางบนผิวลูกโป่งซึ่งเป็นผิวโค้งและข้อมูลที่ได้อาจคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ยังคงทำให้ได้แนวคิดเรื่องการขยายตัวของเอกภพ
7. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามดังนี้
 - มีวิธีการอย่างไรในการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี

แนวคำตอบ ตอบตามความคิดเห็นของผู้เรียน
8. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 13.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี



กิจกรรม 13.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซี

จุดประสงค์กิจกรรม

1. เปรียบเทียบตำแหน่งของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซีที่กำหนดกับเส้นสเปกตรัมมืดที่ใช้อ้างอิง
2. อธิบายวิธีการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต

เวลา 20 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

1. เอกสารความรู้เรื่อง การเปลี่ยนตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมมืด 1 ชุด
2. แผนภาพการเลื่อนทางแดงของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซี 1 แผ่น

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาการเปลี่ยนตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมมืดจากเอกสารที่กำหนด
2. เลือกสเปกตรัมมืดของธาตุที่ต้องศึกษา จากนั้นอ่านค่าความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดของธาตุนั้นในกาแล็กซี 1 2 3 และกาแล็กซีอ้างอิง จากแผนภาพที่กำหนด บันทึกผล
3. หาผลต่างของความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดของธาตุในกาแล็กซีต่าง ๆ กับความยาวคลื่นของสเปกตรัมมืดที่ใช้อ้างอิง ($\Delta\lambda$) บันทึกผล
4. คำนวณค่าการเลื่อนทางแดง (z) ของแต่ละกาแล็กซี โดยใช้สมการจากเอกสารความรู้ที่กำหนด บันทึกผล
5. คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต (v) ของกาแล็กซี โดยใช้สมการจากเอกสารความรู้ที่กำหนด บันทึกผล
6. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

ผลการทำกิจกรรมนี้เลือกสเปกตรัมมีดอ้างอิงของธาตุแคลเซียม เค (λ_0) มีค่าเท่ากับ 393 นาโนเมตร

กาแล็กซี	ความยาวคลื่น (λ_r) (นาโนเมตร)	ผลต่างของ ความยาวคลื่น ($\Delta\lambda$) (นาโนเมตร)	ค่าการเลื่อน ทางแดง (Z)	ความเร็วในการ เคลื่อนที่ออก จากผู้สังเกต (V) (กิโลเมตร/วินาที)
กาแล็กซี 1	397	4	0.01	3,000
กาแล็กซี 2	413	20	0.05	15,000
กาแล็กซี 3	491	98	0.25	75,000

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากการเปรียบเทียบตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมมีดของธาตุในกาแล็กซีกับตำแหน่งของเส้นสเปกตรัมมีดอ้างอิง ทำให้ทราบค่าเลื่อนทางแดงของกาแล็กซี และเมื่อนำค่าเลื่อนทางแดงมาหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต พบว่ากาแล็กซีที่มีค่าเลื่อนทางแดงมากจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตมาก

จากกิจกรรมพบว่า กาแล็กซี 3 มีค่าเลื่อนทางแดงและความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตมากที่สุด ส่วนกาแล็กซี 1 มีค่าเลื่อนทางแดงและความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตน้อยที่สุด ดังนั้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีหาได้จากค่าเลื่อนทางแดง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ใช้ข้อมูลใดบ้าง
แนวคำตอบ ความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดอ้างอิง ความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดของกาแล็กซีที่กำหนด ค่าเลื่อนทางแดง
2. ผลต่างของความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดของกาแล็กซีต่าง ๆ และความยาวคลื่นของสเปกตรัมมีดอ้างอิงมีความสัมพันธ์กับค่าเลื่อนทางแดงอย่างไร
แนวคำตอบ หากผลต่างมากค่าเลื่อนทางแดงก็มากขึ้นด้วย
3. ค่าเลื่อนทางแดงของเส้นสเปกตรัมมีดมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกตอย่างไร
แนวคำตอบ ค่าเลื่อนทางแดงมากแสดงว่ากาแล็กซีนั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตมาก หากค่าเลื่อนทางแดงน้อยแสดงว่ากาแล็กซีนั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตน้อย

4. กาแล็กซีที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดและกาแล็กซีที่อยู่ไกลโลกมากที่สุด พิจารณาจากข้อมูลใด
- แนวคำตอบ** กาแล็กซี 1 อยู่ใกล้โลกมากที่สุดและกาแล็กซี 3 อยู่ไกลโลกมากที่สุด พิจารณาจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจากผู้สังเกต ซึ่งจากการคำนวณพบว่า กาแล็กซี 1 มีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตน้อยที่สุด ในขณะที่กาแล็กซี 3 มีความเร็วในการเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตมากที่สุด

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
9. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า กาแล็กซีที่อยู่ไกลเคลื่อนที่เร็วกว่ากาแล็กซีที่อยู่ใกล้ ซึ่งเป็นไปตามกฎฮับเบิล เป็นหลักฐานหนึ่งที่ใช้สนับสนุนการขยายตัวของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง
10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากการขยายตัวของเอกภพแล้ว ยังมีหลักฐานอื่นที่นำมาใช้สนับสนุนทฤษฎีบิกแบงหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาความรู้เรื่อง ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ในหนังสือเรียนหน้า 13 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- นักวิทยาศาสตร์ได้มีการตรวจพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศได้อย่างไร

แนวคำตอบ ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศได้ถูกตรวจพบโดยบังเอิญระหว่างทดสอบระบบสัญญาณเครื่องรับวิทยุ ที่ติดอยู่กับกล้องโทรทรรศน์วิทยุ จากนั้นนักวิทยาศาสตร์ได้ส่งดาวเทียมสำรวจอวกาศโคปีขึ้นไปในอวกาศ เพื่อตรวจสอบและยืนยันการพบไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

- ทราบได้อย่างไรว่าไมโครเวฟที่ตรวจวัดได้เป็นไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ

แนวคำตอบ ทราบได้ว่าไมโครเวฟดังกล่าวเป็นไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเนื่องจากไมโครเวฟที่ตรวจวัดได้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในทุกทิศทางจากอวกาศ

- ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่ตรวจพบได้นำมาสนับสนุนทฤษฎีบิกแบงได้อย่างไร

แนวคำตอบ ทฤษฎีบิกแบงกล่าวว่าปัจจุบันเอกภพควรมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหลืออยู่ในรูปของไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศ ที่มีสเปกตรัมการแผ่รังสีสอดคล้องกับอุณหภูมิ 2.73 เคลวิน จากการสำรวจโดยใช้ดาวเทียมสำรวจอวกาศโคปีพบว่า คลื่นไมโครเวฟดังกล่าวมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในอวกาศและมีความสอดคล้องกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 2.73 เคลวิน ซึ่งเป็นอุณหภูมิของเอกภพในปัจจุบันที่ลดลงหลังบิกแบงและสอดคล้องกับแบบจำลองตามทฤษฎีบิกแบงที่ว่า ปัจจุบันควรมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลงเหลืออยู่ในรูปของคลื่นไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศที่มีสเปกตรัมการแผ่รังสีสอดคล้องกับอุณหภูมิ 2.73 เคลวิน

11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามชวนคิด โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังนี้
- ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศมีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างจากไมโครเวฟที่นักเรียนรู้จักหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ มีทั้งส่วนที่เหมือนและแตกต่างกัน ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับไมโครเวฟในเครื่องใช้ไฟฟ้า แต่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดยไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศมีความถี่ที่ 160 กิกะเฮิรตซ์ ความยาวคลื่น 2 มิลลิเมตร ในขณะที่คลื่นไมโครเวฟในเตาอบไมโครเวฟมีความถี่ที่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ ความยาวคลื่น 12 เซนติเมตร

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 และ 13.3 2. การอภิปรายและสรุปผลกิจกรรม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท และแบบทดสอบ
P: 1. การสังเกต 2. การใช้จำนวน 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 4. การตีความหมายและลงข้อสรุป 5. การสร้างแบบจำลอง 6. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 7. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 8. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การสังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 2. การใช้จำนวนจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 และ 13.3 3. จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 4. การตีความหมายและลงข้อสรุปจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 5. การสร้างแบบจำลองจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 6. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการนำเสนอผลงาน 7. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 8. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 และ 13.3

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
A: 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 4. การใช้วิจารณ์ญาณ 5. ความใจกว้าง 6. การยอมรับความเห็นต่าง 7. ความซื่อสัตย์ 8. ความมุ่งมั่นอดทน	1. ความอยากรู้อยากเห็น การเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์จากการตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานจากการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3. การใช้วิจารณ์ญาณ ความใจกว้าง และการยอมรับความเห็นต่างจากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถาม 4. ความซื่อสัตย์จากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 และ 13.3 และการนำเสนอผลการทำกิจกรรม 5. ความมุ่งมั่นอดทนจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.2 และ 13.3

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

คลื่นความโน้มถ่วง (gravitational wave) เป็นระลอกคลื่นใน**ปริภูมิเวลา** (space-time) ที่เกิดขึ้นจากสสารเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เช่น การเกิดซูเปอร์โนวาของดาวฤกษ์ การชนกันของหลุมดำหรือดาวนิวตรอน คลื่นความโน้มถ่วงกระจายไปในปริภูมิเวลาด้วยความเร็ว แนวคิดเรื่องคลื่นความโน้มถ่วงถูกเสนอครั้งแรกโดย อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ โดยใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปในการอธิบายว่ามวลที่มีขนาดใหญ่เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร่งสามารถแผ่คลื่นความโน้มถ่วงออกไปรอบ ๆ ได้ คลื่นความโน้มถ่วงจึงควรมีอยู่ในธรรมชาติตั้งแต่เอกภพกำเนิดขึ้นมา ต่อมาเมื่อมีการสร้างหอสังเกตการณ์คลื่นความโน้มถ่วง เลเซอร์ (LIGO :The Laser Interferometry Gravitational Wave Observatory) จึงสามารถตรวจวัดคลื่นความโน้มถ่วงที่เกิดจากการชนกันของหลุมดำได้ถึง 3 ปรากฏการณ์ จึงยืนยันว่าคลื่นความโน้มถ่วงสามารถเกิดขึ้นได้จริงตามทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปของไอสน์ไตน์ ในปัจจุบันนักดาราศาสตร์ได้พยายามศึกษาและใช้ประโยชน์จากคลื่นความโน้มถ่วงในการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติทางดาราศาสตร์รวมทั้งปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเอกภพ

นักดาราศาสตร์ได้คำนวณหาอัตราการขยายตัวของเอกภพจากความเร็วถอยห่างของกาแล็กซี โดยใช้ปรากฏการณ์เลือนทางแดงที่พบจากสเปกตรัมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในวัตถุท้องฟ้านั้น ต่อมาสามารถใช้ค่าความเร็วถอยห่างเพื่อคำนวณหาค่าคงตัวของฮับเบิล นักดาราศาสตร์สามารถหาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ แต่เป็นการยากที่จะหาระยะห่างของวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ห่างไกล จนเมื่อมีการค้นพบคลื่นความโน้มถ่วง นักดาราศาสตร์จึงมีแนวคิดที่จะหาระยะห่างของวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกลเพื่อจะนำมาใช้คำนวณค่าคงตัวของฮับเบิลให้มีความถูกต้องมากขึ้น จึงช่วยให้นักดาราศาสตร์สามารถเข้าใจการวิวัฒนาการของเอกภพได้อย่างถูกต้อง

13.3 กาแล็กซีและกาแล็กซีทางช้างเผือก

จุดประสงค์

1. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือกและระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก
2. อธิบายลักษณะทางช้างเผือกที่คนบนโลกสังเกตเห็น

สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครุณาเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิม โดยใช้คำถามดังนี้
 - ระบบสุริยะอยู่ในกาแล็กซีใด

แนวคำตอบ กาแล็กซีทางช้างเผือก
2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 13.4 กาแล็กซีทางช้างเผือก



กิจกรรม 13.4 กาแล็กซีทางช้างเผือก

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก
2. ระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในกาแล็กซีทางช้างเผือก

เวลา 30 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

1. เอกสารความรู้ เรื่อง โครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก 1 ชุด
2. แบบบันทึกกิจกรรมโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก 1 แผ่น

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพและเอกสารความรู้ได้จาก QR code ประจำบท

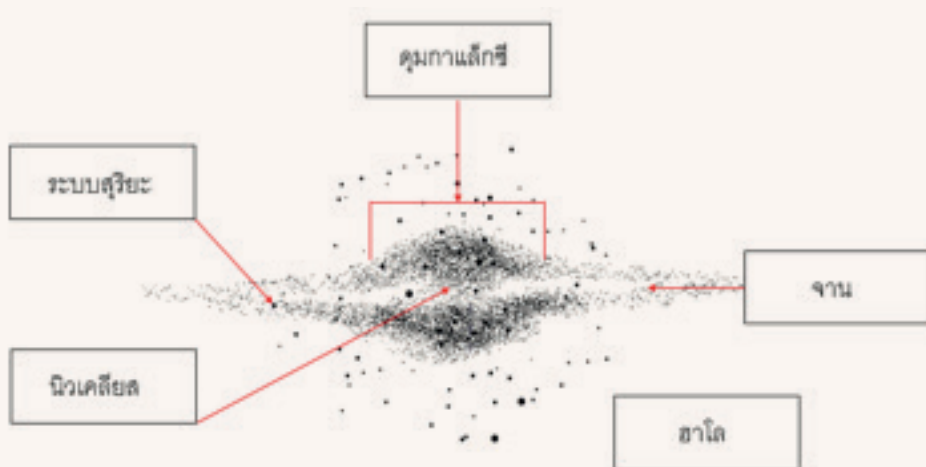
วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกจากเอกสารที่กำหนด
2. ระบุโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือกในแบบบันทึกกิจกรรมให้สอดคล้องกับภาพและข้อความที่กำหนด

3. ระบุตำแหน่งของระบบสุริยะในโครงสร้างกาแล็กซีทางช้างเผือก

4. สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



หมายเหตุ กิจกรรม 13.4 กาแล็กซีทางช้างเผือก มีการปรับแก้จากหนังสือเรียน ครูและนักเรียนสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบทของหนังสือเรียนและคู่มือครู

สรุปผลการทำกิจกรรม

กาแล็กซีทางช้างเผือก มีโครงสร้างหลัก คือ นิวเคลียส จาน และฮาโล โดยนิวเคลียสอยู่ในส่วนที่เรียกว่า ดุมกาแล็กซี และตำแหน่งของระบบสุริยะอยู่ในบริเวณจานของกาแล็กซี

คำถามท้ายกิจกรรม

1. กาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างแบบใดและมีโครงสร้างอย่างไร

แนวคำตอบ กาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน โครงสร้างประกอบด้วย นิวเคลียส จาน และฮาโล

2. โครงสร้างใดที่อยู่รอบนอกสุดของกาแล็กซีทางช้างเผือก

แนวคำตอบ ฮาโล

3. โครงสร้างใดที่มีดาวฤกษ์รวมตัวกันอย่างหนาแน่น

แนวคำตอบ นิวเคลียส

4. โครงสร้างใดที่มองเห็นเป็นเกลียวคล้ายกังหัน

แนวคำตอบ จาน

5. ระบบสุริยะอยู่ที่โครงสร้างใดของกาแล็กซีทางช้างเผือกและอยู่ห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซีประมาณเท่าใด

แนวคำตอบ ระบบสุริยะอยู่ที่โครงสร้างที่เป็นจาน โดยอยู่ห่างจากศูนย์กลางกาแล็กซีประมาณ 30,000 ปีแสง

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ โดยศึกษาในหนังสือเรียนหน้าที่ 17-18 และมีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นกาแล็กซีกังหันมีคาน โครงสร้างหลักประกอบด้วยนิวเคลียส จาน และฮาโล กาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่รวมกันหนาแน่นบริเวณศูนย์กลางเรียกว่า นิวเคลียส บริเวณรอบนิวเคลียสมีลักษณะนูนตรงกลางเรียกว่า ดุมกาแล็กซี มีดาวฤกษ์หนาแน่นวางตัวในแนวที่พาดผ่านจุดศูนย์กลาง มีลักษณะคล้ายคาน บริเวณที่ต่อจากปลายคานทั้งสองข้างมีแขนของกาแล็กซีวางตัวอยู่ในแนวระนาบมีลักษณะเป็นจาน มองเห็นเป็นเกลียวคล้ายกังหันล้อมรอบนิวเคลียสและคาน ระบบสุริยะอยู่ที่จานของกาแล็กซี ส่วนบริเวณที่ไกลออกไปมีลักษณะเป็นทรงกลมกว้างใหญ่ครอบคลุมนิวเคลียสและจาน มีดาวฤกษ์และกระจุกดาวกระจายตัวอย่างเบาบาง เรียกบริเวณนี้ว่า ฮาโล

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามว่า เมื่อมองจากโลกเราจะเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกมีลักษณะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน

6. ครูให้นักเรียนศึกษาความรู้เรื่องทางช้างเผือกจากหนังสือเรียนหน้า 18 และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- เมื่อมองจากโลก เราจะเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ คนบนโลกจะเห็นเป็นแถบสว่างหรือผ้าขาว พาดผ่านท้องฟ้าเป็นทางยาว

- คนบนโลกสังเกตเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้ทั้งกาแล็กซีหรือไม่ และส่วนที่สังเกตเห็นเรียกว่าอะไร

แนวคำตอบ คนบนโลกสังเกตเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้เพียงบางส่วน ส่วนที่สังเกตเห็นเรียกว่า ทางช้างเผือก

7. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันว่าคนบนโลกจะมองเห็นทางช้างเผือกชัดเจนตลอดปีหรือไม่ ให้นักเรียนศึกษาได้จากการปฏิบัติกิจกรรม 13.5 การปรากฏของทางช้างเผือก



กิจกรรม 13.5 การปรากฏของทางช้างเผือก

จุดประสงค์กิจกรรม

ระบุวันเวลาที่สังเกตเห็นทางช้างเผือกชัดเจน

เวลา 50 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. เอกสารความรู้ เรื่องการใช้แผนที่ดาว | 1 ชุด |
| 2. แผนที่ดาว | 1 แผ่น |
| 3. สติกเกอร์ขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร | 1 ชิ้น |

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาวิธีการใช้แผนที่ดาวจากเอกสารที่กำหนด
- นำสติกเกอร์มาติดบนแผนที่ดาวที่บริเวณใจกลางทางช้างเผือกที่ตำแหน่งระหว่างกลุ่มดาวแมงป่องกับกลุ่มดาวคนยิงธนู ดังรูป



- หมุนแผนที่ดาวให้ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันออก
- ระบุเวลาของแต่ละเดือนที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันออกในตารางบันทึกผล
- หมุนแผนที่ดาวให้ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันตก
- ระบุเวลาของแต่ละเดือนที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางตะวันตกในตารางบันทึกผล
- สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

*ตาราง เวลาที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้าทางทิศตะวันออกและตะวันตก

วันที่	เวลาที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้า	
	ตะวันออก	ตะวันตก
15 มกราคม	04:50	15:50
15 กุมภาพันธ์	02:50	13:50

วันที่	เวลาที่ใจกลางทางช้างเผือกอยู่ที่ขอบฟ้า	
	ตะวันออก	ตะวันตก
15 มีนาคม	24:50	11:50
15 เมษายน	22:50	09:50
15 พฤษภาคม	20:50	07:50
15 มิถุนายน	18:50	05:50
15 กรกฎาคม	16:50	03:50
15 สิงหาคม	14:50	01:50
15 กันยายน	12:50	23:50
15 ตุลาคม	10:50	21:50
15 พฤศจิกายน	08:50	19:50
15 ธันวาคม	06:50	17:50

หมายเหตุ ผลการทำกิจกรรมอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งตูดิกเกอร์ และแผนที่ดาวที่ใช้

สรุปผลการทำกิจกรรม

ช่วงเวลาและระยะเวลาที่สังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกจะแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยในช่วงเดือนธันวาคมไม่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกได้

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากข้อมูลในตาราง เราสามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกในเดือนใดบ้าง
แนวคำตอบ เราสามารถสังเกตเห็นในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน
2. ในช่วงเดือนใดบ้างที่ไม่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือก
แนวคำตอบ ธันวาคม
3. ในช่วงเดือนใดที่สามารถสังเกตเห็นใจกลางทางช้างเผือกได้นานที่สุด
แนวคำตอบ มิถุนายน
4. ถ้าหากต้องการถ่ายภาพใจกลางทางช้างเผือกในเวลา 04:00 น. จะสามารถถ่ายภาพในช่วงเดือนใดได้บ้าง
แนวคำตอบ กุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ โดยศึกษาในหนังสือเรียนหน้า 21 และมีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป เมื่อสังเกตทางช้างเผือกในทิศทางของกลุ่มดาวแมงป่องและกลุ่มดาวคนยิงธนู จะเห็นเป็นแถบฝ้าชัดเจนเนื่องจากเป็นบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือกซึ่งมีดาวฤกษ์อยู่อย่างหนาแน่น สำหรับประเทศไทยสามารถสังเกตทางช้างเผือกได้ตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน โดยเดือนที่สังเกตทางช้างเผือกได้ยาวนานตลอดทั้งคืนคือเดือนมิถุนายน แต่ทั้งนี้ การมองเห็นทางช้างเผือกยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและทัศนวิสัยของท้องฟ้า อย่างไรก็ตามหากสังเกตที่ละจุดอื่น ๆ การสังเกตเห็นทางช้างเผือกจะแตกต่างจากการสังเกตที่ประเทศไทย รวมทั้งช่วงเวลาที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนก็แตกต่างกัน

5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษารูปร่างของกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยมีใจความสำคัญดังต่อไปนี้

นักวิทยาศาสตร์ทราบได้ว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีรูปร่างเป็นกังหันมีแกน โดยการนำภาพถ่ายท้องฟ้าทุกทิศทางมาต่อกันตามตำแหน่งที่ใช้พิกัดกาแล็กซี ซึ่งมีแกนนอนเป็นเส้นที่ผ่านทางช้างเผือก จะได้รูปร่างตามความหนาแน่นของดาวฤกษ์โดยบริเวณใจกลางจะมีดาวอยู่อย่างหนาแน่นและลดลงไปตามแขนทั้งสองข้าง ส่วนบริเวณที่เป็นแกนของกาแล็กซีทางช้างเผือกศึกษาโดยใช้การตรวจจับคลื่นวิทยุและอินฟราเรดซึ่งสามารถทะลุผ่านฝุ่นได้ จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในบริเวณใจกลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก พบว่าแหล่งกำเนิดเหล่านั้นมีการเรียงตัวเป็นแถวต่อเนื่องกันในแนวเส้นตรง นักดาราศาสตร์จึงสรุปว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกมีแกน

สำหรับประเทศไทยสามารถสังเกตทางช้างเผือกได้ตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน โดยเดือนที่สังเกตทางช้างเผือกได้ยาวนานตลอดทั้งคืนคือเดือนมิถุนายน ทั้งนี้การมองเห็นทางช้างเผือกยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและทัศนวิสัยของท้องฟ้า เช่น ไม่มีแสงรบกวนจากดวงจันทร์ แสงไฟจากเมือง ฝุ่นละออง ปริมาณเมฆ อย่างไรก็ตามหากสังเกตที่ละจุดอื่น ๆ การสังเกตเห็นทางช้างเผือกจะแตกต่าง จากการสังเกตที่ประเทศไทย รวมทั้งช่วงเวลาที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนก็แตกต่างกัน

6. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูล เรื่อง ขนาดและระยะห่างจากโลกของกาแล็กซีเพื่อนบ้าน ในหนังสือเรียนหน้า 22-23 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- นอกจากกาแล็กซีทางช้างเผือกแล้วยังมีกาแล็กซีได้อีกบ้างที่สังเกตได้จากโลก

แนวคำตอบ กาแล็กซีแอนดรอเมดา กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก

- กาแล็กซีแอนดรอเมดา กาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็ก มีรูปร่างเหมือนหรือแตกต่างจากกาแล็กซีทางช้างเผือก อย่างไร

แนวคำตอบ แตกต่างกัน โดยกาแล็กซีแอนดรอเมดาเป็นกาแล็กซีกังหัน ส่วนกาแล็กซีแมเจลแลนใหญ่และกาแล็กซีแมเจลแลนเล็กเป็นกาแล็กซีไร้รูปแบบ

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	แนวทางการวัดและประเมินผล
K: 1. องค์ประกอบและโครงสร้างของกาแล็กซีทางช้างเผือก 2. ตำแหน่งของระบบสุริยะและสังเกตเห็นทางช้างเผือกของคนบนโลก	 1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 13.4 และ 13.5 2. การอภิปรายและสรุปผลกิจกรรม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท และแบบทดสอบ
P: 1. การสังเกต 2. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	 1. การสังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.5 2. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลาจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.5 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการนำเสนอผลงาน 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.4 และ 13.5
A: 1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 3. การใช้วิจารณญาณ 4. ความใจกว้าง 5. การยอมรับความเห็นต่าง 6. ความมุ่งมั่นอดทน	 1. ความอยากรู้อยากเห็นและการเห็นความสำคัญและคุณค่าทางวิทยาศาสตร์จากการตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ 2. การใช้วิจารณญาณ ความใจกว้างและการยอมรับความเห็นต่างจากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถามโดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน 3. ความมุ่งมั่นอดทนจากการปฏิบัติกิจกรรม 13.5



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

- นำคำหรือข้อความที่กำหนด มาเติมในช่องว่างให้สอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามวิวัฒนาการของเอกภพ และเรียงลำดับกระบวนการดังกล่าวตามลำดับวิวัฒนาการของเอกภพ

อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม
โปรตอนและนิวตรอน

นิวเคลียสของฮีเลียม
พลังงาน

กาแล็กซีรุ่นแรก

- ☐นิวเคลียสของฮีเลียม..... เกิดจากโปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกัน
- ☐พลังงาน เกิดจากอนุภาคและปฏิยานุภาครวมตัวกัน
- ☐โปรตอนและนิวตรอน..... เกิดจากควาร์กบางชนิดรวมตัวกัน
- ☐กาแล็กซีรุ่นแรก เกิดจากธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกัน
- ☐ ...อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียม....เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจนและนิวเคลียสของฮีเลียมรวมกันกับอิเล็กตรอน

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย × ลงในช่องคำตอบหน้าข้อความที่ผิด

เครื่องหมาย	ข้อความ
×	1. กาแล็กซีกำเนิดมาพร้อมกับเอกภพ แนวคำตอบ กาแล็กซีเกิดหลังเอกภพ 1,000 ล้านปี
✓	2. อุณหภูมิของเอกภพลดลง หลังจากกำเนิดของเอกภพ
×	3. อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมเกิดขึ้นตั้งแต่เวลา 10^{-32} วินาที แนวคำตอบ อะตอมของไฮโดรเจนและฮีเลียมเกิดในช่วง 300,000 ปี หลังบิกแบง
✓	4. ไมโครเวฟพื้นหลังจากอวกาศเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่หลงเหลืออยู่ จากกำเนิดเอกภพ
✓	5. อุณหภูมิเฉลี่ยของเอกภพในปัจจุบันสอดคล้องกับอุณหภูมิของไมโครเวฟ พื้นหลังจากอวกาศ
✓	6. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของกาแล็กซีออกจาก ผู้สังเกตกับระยะห่างของกาแล็กซีจากผู้สังเกต เป็นส่วนหนึ่งของ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง
✓	7. กาแล็กซีรุ่นแรกเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุไฮโดรเจนและฮีเลียม ที่เกิดจากบิกแบง
×	8. ระบบสุริยะอยู่ที่บริเวณใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก แนวคำตอบ ระบบสุริยะอยู่ที่บริเวณจานของกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยอยู่ห่างจากนิวเคลียสประมาณ 30,000 ปีแสง
×	9. มนุษย์สามารถสังเกตเห็นกาแล็กซีทางช้างเผือกได้ทั้งหมดจากโลกด้วย ตาเปล่า แนวคำตอบ มนุษย์สังเกตเห็นเพียงบางส่วนของกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยจะเห็นชัดเจนบริเวณใจกลางกาแล็กซีทางช้างเผือก

3. คุณสมบัติของเอกภพในช่วงแรกแตกต่างจากคุณสมบัติของเอกภพในปัจจุบันอย่างไร เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** คุณสมบัติของเอกภพในปัจจุบันลดลงจากคุณสมบัติเอกภพในช่วงแรกเนื่องจากเอกภพมีการขยายตัว
4. ถ้าหากมีใครกล่าวว่า “ดาวฤกษ์ทั้งหมดที่เห็นบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก” นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** เห็นด้วย เพราะกาแล็กซีทางช้างเผือกมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับโลก ดังนั้นดาวฤกษ์ทั้งหมดที่เห็นบนท้องฟ้าจึงเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือก และเราไม่สามารถ สังเกตเห็นดาวฤกษ์ในกาแล็กซีอื่นได้เพราะดาวฤกษ์เหล่านั้นอยู่ไกลมาก
5. ทางช้างเผือกกับกาแล็กซีทางช้างเผือก เกี่ยวข้องกันอย่างไร
- แนวคำตอบ** ทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่เป็นเพียงส่วนหนึ่งของกาแล็กซีทางช้างเผือก โดยมีลักษณะเป็นแนวฝ้าขาวพาดผ่านกลุ่มดาวต่าง ๆ

บทที่

| ดาวฤกษ์ (Stars)

14



ipst.me/10870



ผลการเรียนรู้

1. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาหลูทซ์-โพรตอน-โพรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน
3. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์
5. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์
6. อธิบายลำดับวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการจากแผนภาพแฮร์ตสปรุง-รัสเซลล์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

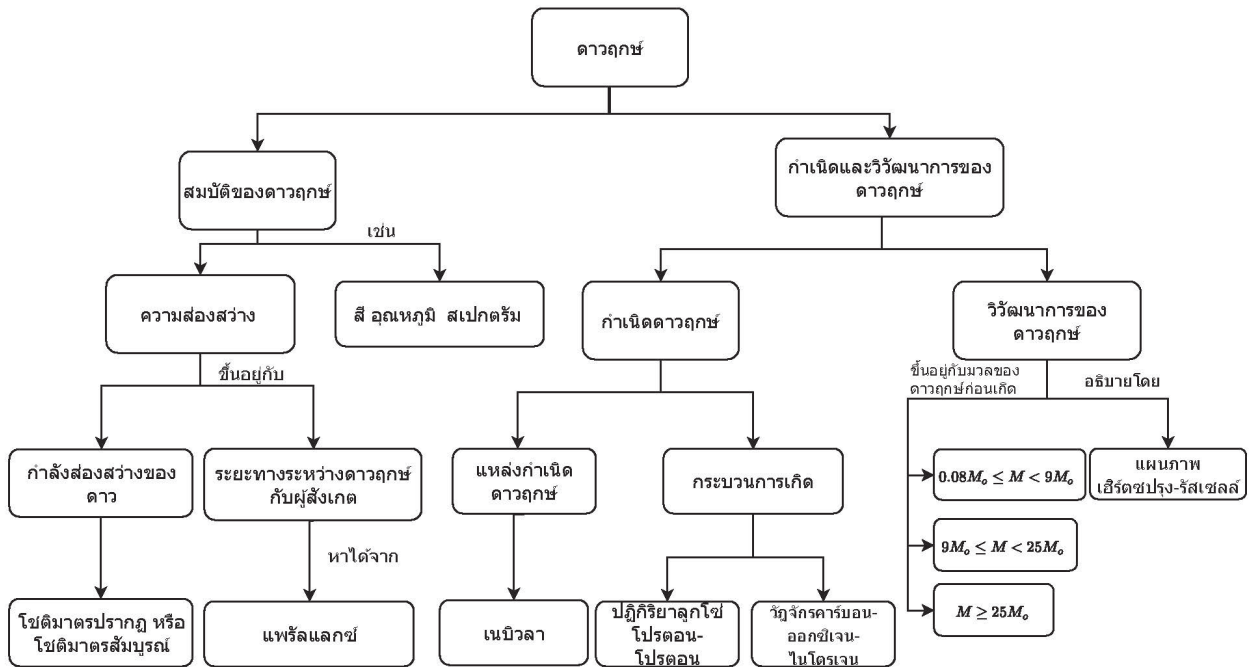
1. อธิบายกระบวนการเกิดดาวฤกษ์โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน
3. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์
5. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ พร้อมคำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์
6. อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการจากแผนภาพแฮร์ตสปรุง-รัสเซลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
3. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์โดยใช้หลักการพารัลแลกซ์
4. คำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์โดยใช้หลักการพารัลแลกซ์
5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์
6. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
7. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้นโดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน
8. สืบค้นข้อมูล อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น
9. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการจากแผนภาพแฮร์ตสปรุง-รัสเซลล์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การใช้จำนวน 3. การสังเกต	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ 5. ความสนใจในวิทยาศาสตร์

ผังโนทัศน์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

ดาวฤกษ์เป็นก้อนแก๊สขนาดใหญ่ เกิดจากการรวมตัวของสสารในเนบิวลาด้วยแรงโน้มถ่วง



ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ความส่องสว่าง สี อุณหภูมิผิว สเปกตรัม มวล



ความส่องสว่างของดาวฤกษ์แต่ละดวง บอกโดยการเปรียบเทียบค่าโชติมาตรซึ่งมีโชติมาตรปรากฏ และโชติมาตรสัมบูรณ์



ระยะห่างของดาวฤกษ์หาได้โดยใช้ปรากฏการณ์แพรัลแลกซ์



สี และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์



ดาวฤกษ์แบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามสมบัติของดาวฤกษ์โดยใช้แผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์



ดาวฤกษ์กำเนิดจากปฏิกิริยาหลูทโซโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน โดยขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้น



วิวัฒนาการและอายุขัยของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์ และสามารถอธิบายได้จากแผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์

สาระสำคัญ

ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ความส่องสว่าง โชติมาตร อุณหภูมิ ผิวสี มวลของดาวฤกษ์ ดาวฤกษ์เกิดจากการรวมกลุ่มของสสารในเนบิวลาที่มีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ แรงโน้มถ่วงทำให้สสารมารวมกันอย่างหนาแน่นในบางบริเวณ เกิดการหมุนรอบตัวเอง และยุบตัวของกลุ่มสสารทำให้มีขนาดเล็กลง แต่มีความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เกิดเป็นดาวฤกษ์ก่อนเกิด เมื่ออุณหภูมิที่ศูนย์กลางสูงขึ้นจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ส่งผลให้เกิดเป็นก้อนแก๊สขนาดใหญ่ เกิดเป็นดาวฤกษ์ และเมื่อดาวฤกษ์อยู่ในสภาพสมดุลระหว่างแรงดันกับแรงโน้มถ่วง ดาวฤกษ์จะมีขนาดคงที่ ซึ่งดาวฤกษ์แต่ละดวงมีการวิวัฒนาการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ	14 ชั่วโมง
14.1 สมบัติของดาวฤกษ์	8 ชั่วโมง
14.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	6 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

1. สเปกตรัมของแสง
2. เนบิวลา
3. แรงโน้มถ่วง
4. ความแตกต่างของดาวฤกษ์และดาวเคราะห์
5. ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์
6. ความสว่าง



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ดาวส่วนใหญ่ที่มองเห็นบนท้องฟ้าด้วยตาเปล่าเป็นดาวฤกษ์	✓
2	ดาวเคราะห์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส แนวคำตอบ ดาวพุธ ดาวศุกร์ ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์	✗

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
3	กลุ่มดาวฤกษ์มีรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานาน	✓
4	ดาวฤกษ์ทั้งหมดบนท้องฟ้ามีสีเดียวกัน แนวคำตอบ ดาวฤกษ์แต่ละดวงบนท้องฟ้ามีสีต่างกัน	✗
5	ดาวฤกษ์แต่ละดวงในกลุ่มดาวเดียวกันอยู่ห่างจากโลกด้วยระยะทางแตกต่างกัน	✓
6	สเปกตรัมของแสงสีแดงมีพลังงานสูงกว่าแสงสีน้ำเงิน แนวคำตอบ สเปกตรัมของแสงสีแดงมีพลังงานต่ำกว่าแสงสีน้ำเงิน	✗
7	สีของเปลวไฟมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ	✓
8	แรงโน้มถ่วงบนโลกกับแรงโน้มถ่วงของดาวฤกษ์เป็นแรงที่มีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของดาวเหมือนกัน	✓

14.1 สมบัติของดาวฤกษ์

14.1.1 ความส่องสว่างและโชติมาตรของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์
3. อธิบายวิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์โดยใช้หลักการพารัลแลกซ์
4. คำนวณหาระยะทางของดาวฤกษ์โดยใช้หลักการพารัลแลกซ์

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตรูปกลุ่มดาวเรียงเด่นในกลุ่มดาวนายพรานในหนังสือเรียน หน้า 28 และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้



รูปกลุ่มดาวนายพราน

- จากรูป กลุ่มดาวเรียงเด่นในกลุ่มดาวนายพรานมีดาวฤกษ์อะไรบ้าง
แนวคำตอบ ดาวเบเทลจูส ดาวเบลลาทริกซ์ ดาวอัลนิแทค ดาวอัลนิลัม ดาวมินตากะ ดาวไรเจล
 - ดาวแต่ละดวง มีความแตกต่างในเรื่องใดบ้าง
แนวคำตอบ ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน
 - เพราะเหตุใด ดาวแต่ละดวงจึงมีความแตกต่างกัน
แนวคำตอบ ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน
2. ให้นักเรียนศึกษากิจกรรม 14.1 และตั้งสมมติฐาน โดยตอบคำถามต่อไปนี้ “ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้าและส่งผลอย่างไร”



กิจกรรม 14.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

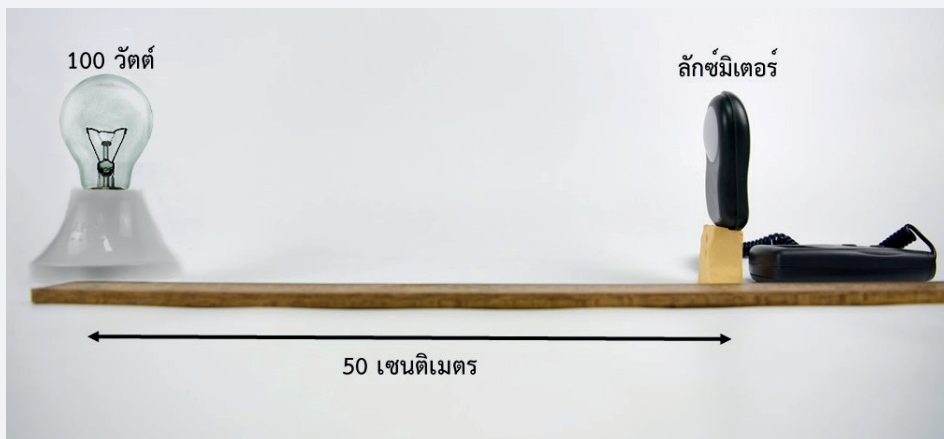
- | | |
|--|--------|
| 1. หลอดไฟฟ้าประเภทหลอดไส้ที่มีกำลังไฟฟ้าหรือกำลังส่องสว่าง 25 60 และ 100 วัตต์ อย่างละ | 1 หลอด |
| 2. ลักซ์มิเตอร์ | 1 ชุด |
| 3. สายวัด | 1 เส้น |
| 4. เทปใส | 1 ม้วน |
| 5. ดินน้ำมัน | 1 ก้อน |

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ควรให้มีความสว่างภายในห้องน้อยที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการวัดค่าความส่องสว่างจากหลอดไฟฟ้า หรืออาจแก้ไขความคลาดเคลื่อนโดยการวัดค่าความส่องสว่างก่อนการทดลอง แล้วนำมาลบกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง
- ครูสามารถใช้หลอด LED ที่มีกำลังไฟฟ้า 5 9 และ 12 วัตต์ แทนหลอดไส้ที่มีกำลังไฟฟ้า 25 60 และ 100 วัตต์ได้
- ครูอาจเพิ่มระยะห่างระหว่างหลอดไฟฟ้าและลักซ์มิเตอร์ได้นอกจากที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
- ครูอาจให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน ในการวัดความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าแทนการใช้ลักซ์มิเตอร์ โดยกำหนดให้ใช้แอปพลิเคชันเดียวกัน

วิธีการทำกิจกรรม

1. วางลักซ์มิเตอร์ให้ห่างจากหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ เป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร โดยจัดให้ลักซ์มิเตอร์ตั้งฉากกับพื้นและอยู่ในระดับเดียวกับหลอดไฟฟ้า ดังรูป



2. เปิดสวิตช์ของหลอดไฟฟ้า จากนั้นปิดไฟในห้องทุกดวง และอ่านค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้าจากลักซ์มิเตอร์ บันทึกผล
3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ และ 25 วัตต์ ตามลำดับ อ่านค่าความสว่าง และบันทึกผล
4. เปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟ้า 100 วัตต์ และเปลี่ยนระยะทางลักซ์มิเตอร์ให้ห่างจากหลอดไฟฟ้าเป็น 25 50 75 100 และ 125 เซนติเมตร ตามลำดับ อ่านค่าความสว่าง บันทึกผล จากนั้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและระยะทาง
5. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

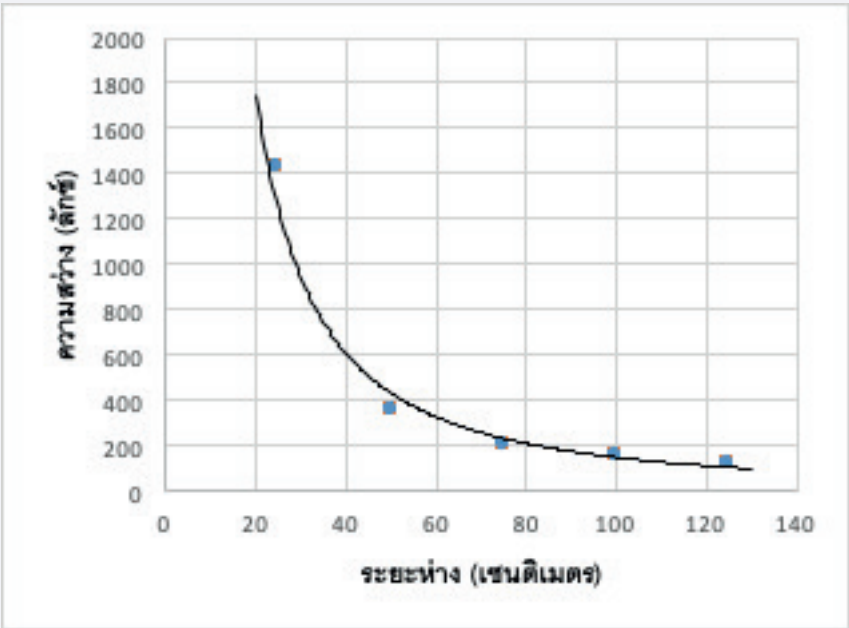
สมมติฐาน หลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูง จะมีความสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ ตารางความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (ลักซ์)
25	340
60	362
100	602

ตาราง ความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่ระยะทางแตกต่างกัน

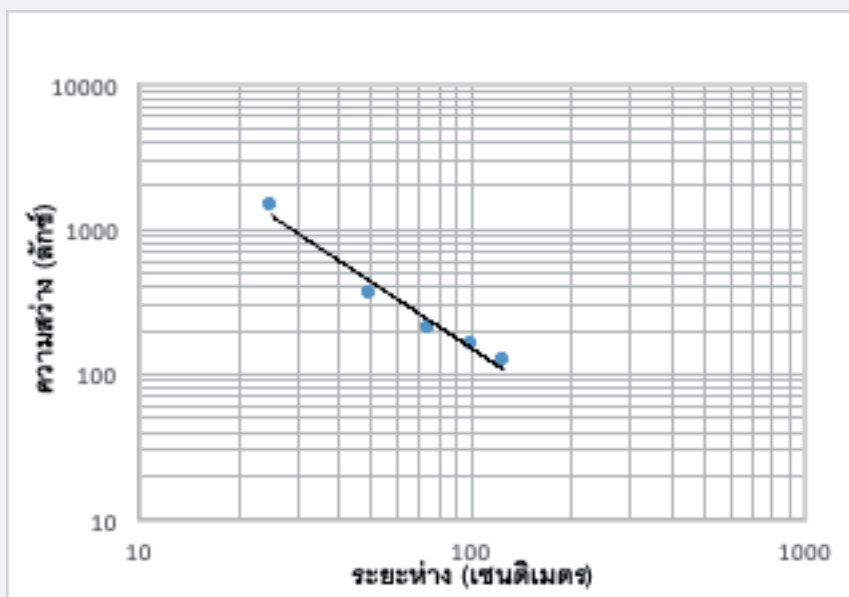
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (ลักซ์)
25	1429
50	362
75	207
100	159
125	122

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและระยะทาง



หมายเหตุ ครูสามารถใช้กราฟล็อก-ล็อก (log-log) แทนกราฟเส้นตรงได้ เนื่องจากความสว่างและระยะทาง มีความสัมพันธ์ในรูปของ $y = Ax^n$ เมื่อ A เป็นค่าคงที่ และ n เป็นจำนวนใดๆ ดังนั้นเมื่อเขียนกราฟตามสมการดังกล่าวลงในกระดาษกราฟที่มีแกนนอนและแกนตั้งเป็นสเกลล็อก-ล็อก จะทำให้กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังรูป

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและระยะทาง



สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อกำหนดให้หลอดไฟฟ้ามีระยะห่างจากลัคนีเตอร์เท่ากัน ความสว่างที่วัดได้ขึ้นอยู่กับกำลังของหลอดไฟฟ้า โดยหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้ามากกว่าจะมีความสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า เมื่อหลอดไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีระยะห่างจากผู้สังเกตแตกต่างกัน ความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่วัดได้จะเปลี่ยนแปลง โดยหลอดไฟฟ้าที่อยู่ห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น จะมีความสว่างลดลง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน แต่มีระยะห่างจากลัคนีเตอร์เท่ากัน จะมีความสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน ที่ระยะทางเท่ากันหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงจะมีค่าความสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ

2. หลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีระยะห่างจากลัคนีเตอร์แตกต่างกัน จะมีความสว่างเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน โดยหลอดไฟฟ้าที่มีระยะห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น ความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะลดลง

3. ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า

แนวคำตอบ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า ได้แก่ กำลังของหลอดไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างหลอดไฟฟ้ากับผู้สังเกต

4. ในกรณีใดบ้างที่หลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ มีความสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์

แนวคำตอบ เมื่อเลื่อนหลอดไฟฟ้า 60 วัตต์ เข้ามาใกล้ผู้สังเกตมากขึ้น หรือเลื่อนหลอดไฟฟ้าขนาด 100 วัตต์ ให้ห่างจากผู้สังเกตมากขึ้น

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางในการอภิปรายและแนวทางการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าความสว่างของหลอดไฟฟ้าเทียบกับความสว่างของดาวฤกษ์ และกำลังไฟฟ้าเทียบกับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- ดาวฤกษ์ที่มีความสว่างต่างกันจะมีกำลังส่องสว่างต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มีกำลังส่องสว่างต่างกัน เมื่อดาวฤกษ์ห่างจากผู้สังเกตที่ระยะทางเท่ากัน ดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างมากกว่าจะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างน้อยกว่า แต่เมื่อดาวฤกษ์มีกำลังส่องสว่างเท่ากัน ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้ผู้สังเกตมากกว่า จะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลกว่า

- ปัจจัยที่มีผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์มีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ กำลังส่องสว่าง ระยะทาง

- ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและระยะทางมีแนวโน้มลดลงอย่างเป็นเอกซ์โพเนนเชียล เนื่องจากแสงจากดาวฤกษ์กระจายออกในทุกทิศทาง และพื้นที่การรับแสงเพิ่มมากขึ้นตามระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงที่เพิ่มขึ้นโดยศึกษารายละเอียดจากความรู้เพิ่มเติมในหนังสือเรียนหน้า 31-32
 - ครูนำเข้าสู่เรื่องโชติมาตร โดยร่วมกันอภิปราย ตามแนวคำถามต่อไปนี้
 - ดวงอาทิตย์กับดาวไรเจล ดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากกว่ากัน
- แนวคำตอบ** ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน

8. ครูให้นักเรียนศึกษาความรู้เกี่ยวกับโชติมาตร จากหนังสือเรียนหน้า 32 และอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถาม ดังนี้

- นักดาราศาสตร์ใช้ค่าโชติมาตรในการบอกความส่องสว่างดาวฤกษ์อย่างไร

แนวคำตอบ โดยการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวฤกษ์ที่สังเกตได้จากบนโลก และนำมาจัดเรียงลำดับ ค่าโชติมาตรจึงไม่มีหน่วย

- ฮิปปาร์คัส จัดลำดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นกี่ลำดับ

แนวคำตอบ ฮิปปาร์คัสจัดลำดับความส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็น 6 ลำดับ

- นักดาราศาสตร์แปลความหมายโชติมาตรอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรมาก จะมีความส่องสว่างน้อย ขณะที่ดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรน้อย จะมีความส่องสว่างมาก

- ดาวฤกษ์ที่มีโชติมาตร 1 กับดาวฤกษ์ที่มีโชติมาตร 6 มีความส่องสว่างต่างกันกี่เท่า

แนวคำตอบ มีความส่องสว่างต่างกัน 100 เท่า

- โชติมาตรที่ได้จากการสังเกตบนโลกเรียกว่าอะไร

แนวคำตอบ โชติมาตรปรากฏ

- คำถามตรวจสอบความเข้าใจ จากรูป 14.3 ในหนังสือเรียนหน้า 33 ดาวดวงใดสว่างกว่ากันระหว่างดาวเหนือกับดาวศุกร์

แนวคำตอบ ดาวศุกร์สว่างกว่าเนื่องจากมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่า

- โชติมาตรปรากฏนำมาใช้เปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบได้ เพราะโชติมาตรปรากฏเป็นการเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวที่สังเกตได้จากโลก

- ถ้าต้องการเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ ควรมีวิธีการอย่างไร

แนวคำตอบ กำหนดระยะทางของดาวฤกษ์ให้เท่ากัน

- โชติมาตรที่ใช้เปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์เรียกว่าอะไร

แนวคำตอบ โชติมาตรสมบูรณ์

- นักดาราศาสตร์กำหนดโชติมาตรสมบูรณ์เพื่อเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์อย่างไร

แนวคำตอบ เปรียบเทียบความส่องสว่างที่ระยะทางเท่ากันคือ 10 พาร์เซก

9. ครูตรวจสอบความเข้าใจโดยให้นักเรียนพิจารณาตาราง 14.1 และตอบคำถามในหนังสือเรียนหน้า 36 "จากตาราง 14.1 ดวงอาทิตย์และดาวไรเจล ดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากกว่ากัน และดาวดวงใดมีกำลังส่องสว่างมากกว่ากัน พิจารณาจากข้อมูลใด"

แนวคำตอบ จากตาราง ดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างมากกว่าดาวไรเจล เนื่องจากดวงอาทิตย์มีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยกว่าดาวไรเจล แต่ดวงอาทิตย์มีค่ากำลังส่องสว่างน้อยกว่าดาวไรเจล เนื่องจาก

- ดวงอาทิตย์มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มากกว่าดาวไรเจล
10. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าการหาโชติมาตรสัมบูรณ์ต้องทราบระยะทางจริงของดาวฤกษ์ การหาระยะทางจากโลกถึงดาวฤกษ์มีหลักการอย่างไร ให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.2 การหาระยะทางของวัตถุโดยใช้หลักการพารัลแลกซ์



กิจกรรม 14.2 การหาระยะทางของวัตถุโดยใช้หลักการพารัลแลกซ์

จุดประสงค์กิจกรรม

- อธิบายปรากฏการณ์พารัลแลกซ์
- อธิบายการหาระยะทางของวัตถุโดยใช้หลักการพารัลแลกซ์
- คำนวณระยะทางของวัตถุ

เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

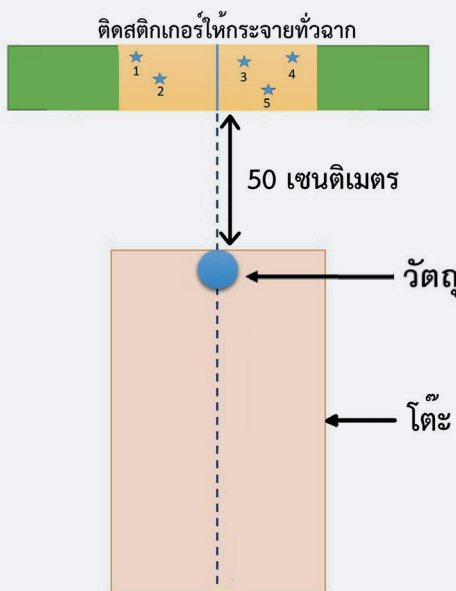
1. โต๊ะยาว	1	ตัว
2. สายวัด	1	เส้น
3. วัตถุที่ใช้สังเกต	1	ชิ้น
4. กระดาษปฐพี	1	แผ่น
5. ปากกาเคมี	1	ด้าม
6. ไมโครเมตรเครื่องวงกลม	1	อัน
7. เทปใส	1	ม้วน
8. สติกเกอร์รูปวงกลม	10	ชิ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

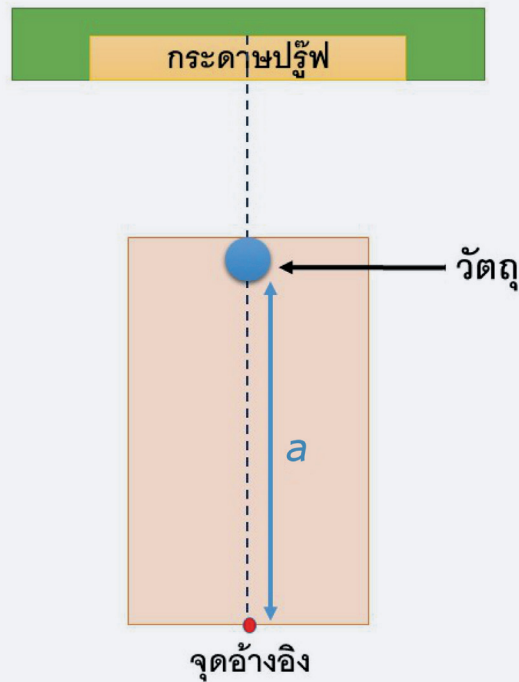
ในการสังเกตตำแหน่งของวัตถุ กำหนดให้เป็นผู้สังเกตคนเดิม เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในการระบุตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากร

วิธีการทำกิจกรรม

1. จัดโต๊ะให้ด้านกว้างของโต๊ะห่างจากผนังห้องประมาณ 50 เซนติเมตร นำกระดาษปฐพีที่ลากเส้นกึ่งกลางในแนวตั้งไว้ล่วงหน้ามาติดเป็นฉากบนผนังห้องโดยให้ขอบล่างของกระดาษปฐพีอยู่ระดับเดียวกับความสูงของโต๊ะ และให้เส้นกึ่งกลางบนกระดาษปฐพีอยู่ในแนวกึ่งกลางของโต๊ะ ติดสติ๊กเกอร์บนกระดาษให้กระจายทั่วฉากอย่างน้อย 5 จุด พร้อมเขียนหมายเลขกำกับ

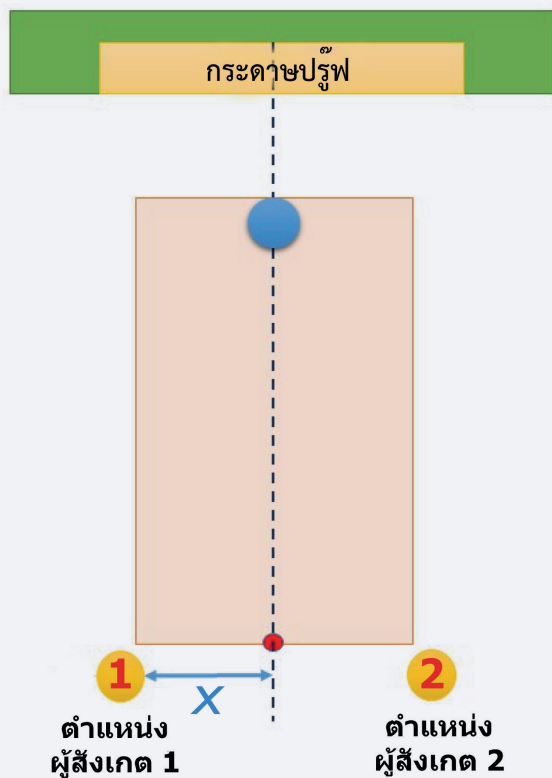


2. วางวัตถุที่ต้องการสังเกตให้อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของขอบโต๊ะด้านใกล้ผนัง และกำหนดให้จุดกึ่งกลางขอบโต๊ะด้านไกลผนังเป็นจุดอ้างอิง พร้อมติดสติ๊กเกอร์ที่ตำแหน่งนี้ ดังรูป



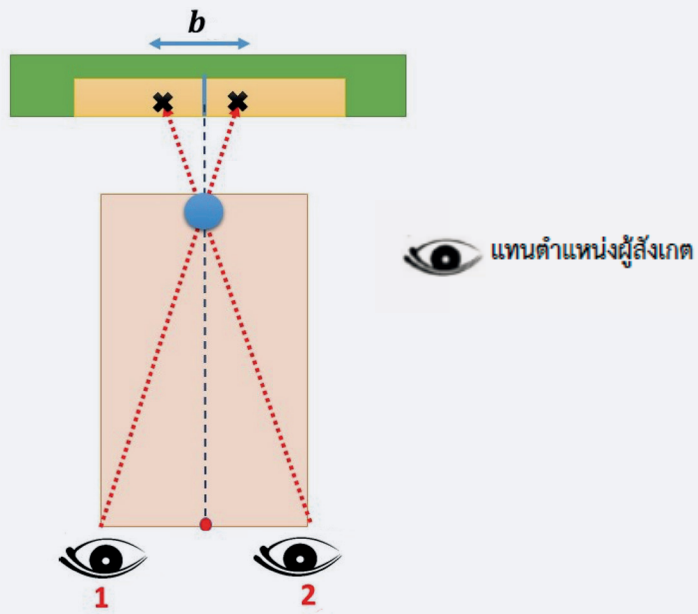
3. วัดระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิง (a) ด้วยสายวัด บันทึกผล

4. กำหนดให้ตำแหน่งผู้สังเกตอยู่ที่มุมโต๊ะด้านซ้ายและขวาเป็นตำแหน่ง 1 และ 2 ตามลำดับ จากนั้นวัดระยะทางจากจุดอ้างอิงถึงผู้สังเกตที่ตำแหน่ง 1 (x) บันทึกผล

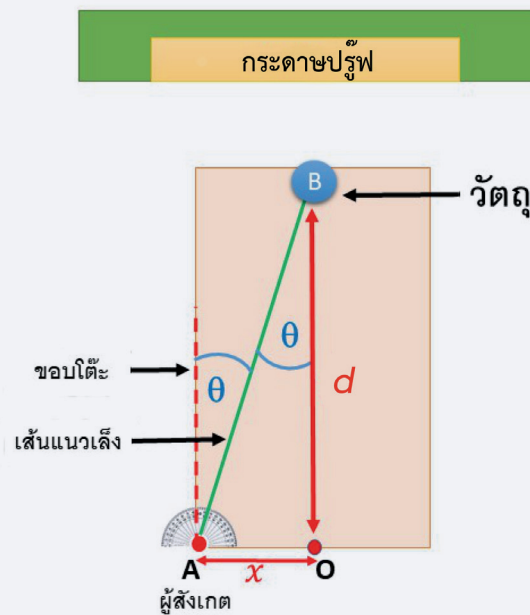


5. ให้ผู้สังเกตมองผ่านวัตถุจากตำแหน่ง 1 เล็งไปยังฉากและระบุตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากด้วยปากกาเคมี
6. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 5 และให้ผู้สังเกตมองผ่านวัตถุจากตำแหน่ง 2

7. วัดระยะห่างระหว่างตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากร (b) บันทึกผล



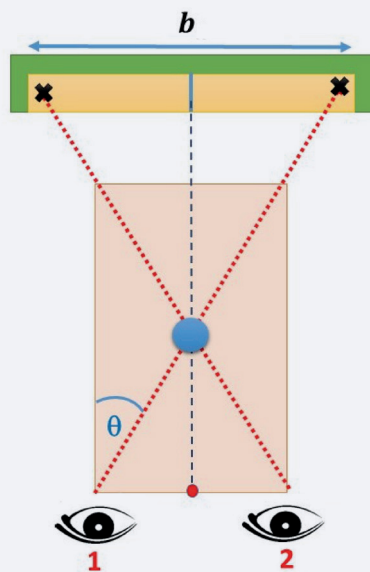
8. วัดมุมระหว่างเส้นแนวเล็งกับขอบโต๊ะ (θ) บันทึกผล



9. คำนวณระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิง (d) เมื่อผู้สังเกตอยู่ที่ตำแหน่ง 1 โดยพิจารณาจากสามเหลี่ยม AOB และใช้ความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมมุมฉากตามสมการ และบันทึกผล

$$d = \frac{x}{\tan \theta}$$

10. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3-9 แต่เลื่อนวัตถุเข้ามาให้อยู่จุดกึ่งกลางโต๊ะ



11. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตาราง ข้อมูลระยะทางและมุมจากการสังเกตวัตถุ ณ ตำแหน่งของผู้สังเกตที่แตกต่างกัน

ข้อมูล	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1. ระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิง (a)	200 เซนติเมตร	100 เซนติเมตร
2. ระยะทางจากจุดอ้างอิงถึงผู้สังเกต (x)	200 เซนติเมตร	55 เซนติเมตร
3. ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉาก (b)	369.4 เซนติเมตร	193.3 เซนติเมตร
4. มุมระหว่างเส้นแนวเล็งกับขอบโต๊ะ θ	15 องศา	28 องศา
5. ระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิง เมื่อคำนวณจากความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมมุมฉาก (d) โดยพิจารณาจากสามเหลี่ยม AOB	205.26 เซนติเมตร	103.44 เซนติเมตร

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมพบว่า เมื่อสังเกตวัตถุที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่มุมมองต่างกัน ตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากจะเปลี่ยนไป เมื่อเลื่อนวัตถุมาอยู่ใกล้ตำแหน่งผู้สังเกต มุมที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และในการหาระยะทางของวัตถุ สามารถใช้ความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมมุมฉาก

คำถามท้ายกิจกรรม

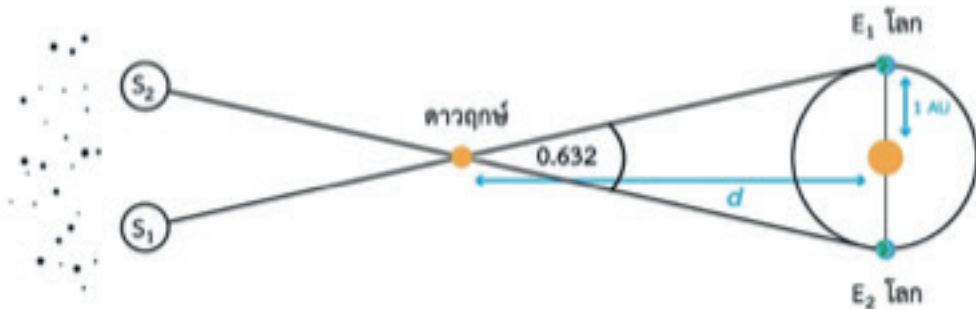
1. ตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากทั้งสองครั้งอยู่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ ไม่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน โดยตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากเปลี่ยนไปเมื่อสังเกตวัตถุจากตำแหน่งที่ 1 และ 2
2. เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเข้าใกล้ผู้สังเกตมากขึ้น ตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนฉากเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิมหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ เปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม มุมที่วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งจะมีความกว้างมากขึ้น
3. ความแตกต่างของมุมที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิงอย่างไร
แนวคำตอบ มุมที่วัดได้จะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเลื่อนวัตถุเข้ามาใกล้ผู้สังเกตมากขึ้น
4. ระยะทางจากวัตถุถึงจุดอ้างอิง เมื่อวัดด้วยสายวัด (a) กับเมื่อคำนวณจากความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมมุมฉาก (d) มีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยความแตกต่างของค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการวัด

11. ให้นักเรียนนำเสนอกิจกรรม และอภิปราย พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางในการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
12. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปรากฏการณ์แพริลแลกซ์และการหาระยะทางของวัตถุ โดยใช้หลักการแพริลแลกซ์ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้
การที่มองเห็นตำแหน่งของวัตถุเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับฉากหลังเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งของผู้สังเกต เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์แพริลแลกซ์ มุมที่เกิดจากการเห็นตำแหน่งของวัตถุบนฉากเปลี่ยนไป เรียกว่า มุมแพริลแลกซ์ เมื่อลากเส้นจากตำแหน่งผู้สังเกตถึงตำแหน่งวัตถุบนฉาก และลากเส้นตั้งฉากจากจุดอ้างอิงถึงตำแหน่งวัตถุทำให้เกิดสามเหลี่ยมมุมฉาก และใช้ความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมมุมฉากนั้นมาหาระยะทางของวัตถุได้ โดยใช้สมการดังนี้

$$d = \frac{x}{\tan \theta}$$

ซึ่งหลักการนี้นำมาใช้ในการหาระยะทางของดาวฤกษ์ โดยศึกษารายละเอียดได้จากหนังสือเรียน หน้า 43-45

13. ครูตรวจสอบความเข้าใจนักเรียน โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 45 ดังนี้ “เมื่อสังเกตดาวฤกษ์ดวงหนึ่งจากตำแหน่งในวงโคจรของโลก 2 ตำแหน่ง ที่ห่างกันมากที่สุด และวัดมุมได้ 0.632 ฟิลิปดา ดาวดวงนี้อยู่ห่างจากโลกเท่าใด”



แนวคำตอบ ในการคำนวณครั้งนี้ ค่ามุมแพริลแลกซ์มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของมุมที่วัดได้ คือ

$$\frac{0.632}{2} = 0.316 \quad \text{ฟิลิปดา} \quad \text{ดังนั้นดาวดวงนี้อยู่ห่างจากโลกเท่ากับ}$$

$$\begin{aligned} d(\text{พาร์เซก}) &= \frac{1}{p(\text{ฟิลิปดา})} \\ &= \frac{1}{0.316} \quad \text{ฟิลิปดา} \\ &= 3.165 \quad \text{พาร์เซก} \end{aligned}$$

ดังนั้นดาวฤกษ์ดวงนี้อยู่ห่างจากโลก 3.165 พาร์เซก

14. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าการหาระยะทางโดยใช้หลักการพารัลแลกซ์มีข้อจำกัด คือ ถ้าวัตถุอยู่ไกลจากผู้สังเกตมาก ขนาดของมุมจะเล็กลง ในกรณีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ ถ้าดาวฤกษ์อยู่ไกลเกินกว่า 100 พาร์เซก มุมจะเล็กกว่า 0.01 พิลิปดา ส่งผลให้ระยะทางที่คำนวณได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: สมบัติดาวฤกษ์	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 14.1 และ 14.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การนำเสนอผลงานการร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้ 3. แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
P: 1. การสังเกต 2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซกับสเปซกับเวลา 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4. การใช้จำนวน	1. การสังเกตสมบัติของดาวฤกษ์จากภาพท้องฟ้าจริง 2. ผลการจัดกระทำข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 14.1 และ 14.2 และการนำเสนอผลงานให้เห็นความสัมพันธ์ของความส่องสว่างระยะทาง กับโชติมาตรของดาวฤกษ์ 3. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ 4. การคำนวณระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3 .ความอยากรู้อยากเห็น	1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับการอธิบายสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ 2. ร่วมกันอภิปรายและการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้

14.1.2 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตรูป 14.5 ในหนังสือเรียนหน้า 46 และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- เพราะเหตุใดเหล็กก้อนแต่ละส่วนมีสีแตกต่างกัน

แนวคำตอบ เพราะอุณหภูมิต่างกัน

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า การที่เหล็กก้อนในรูปมีสีแตกต่างกัน เนื่องจากมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนั้นการที่เราเห็นดาวฤกษ์มีสีแตกต่างกัน จะมีอุณหภูมิแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ให้นักเรียนทำกิจกรรม 14.3 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์



กิจกรรม 14.3 สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

เวลา 1 ชั่วโมง

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาข้อมูลจากตาราง 1 และ ตาราง 2

ตาราง 1 ข้อมูลสี อุณหภูมิผิว ของดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์	สี	อุณหภูมิผิว โดยประมาณ (เคลวิน)
ดวงอาทิตย์ (Sun)	เหลือง	5,780
ดาวรวงข้าว (Spica)	น้ำเงินแกมขาว	22,400
ดาวซิริอัส เอ (Sirius A)	ขาว	9,940

ดาวฤกษ์	สี	อุณหภูมิผิวโดยประมาณ (เคลวิน)
ดาวไรเจล (Rigel)	น้ำเงินแกมขาว	11,000
ดาวโพรซิออน เอ (Procyon A)	ขาวแกมเหลือง	6,530
ดาวคาเพลลา (Capella)	เหลือง	4,940
ดาวปาริชาต (Antares)	แดง	3,570
ดาวหัวใจสิงห์ (Regulus)	น้ำเงินแกมขาว	10,300
ดาวเวกา (Vega)	ขาว	9,600
ดาวเบเทลจูส (Betelgeuse)	แดง	3,500
ดาวอัลนิแทค (Alnitak)	น้ำเงิน	30,000
ดาวเอปซิลอน อินดี บี (Epsilon Indi B)	ส้ม	4,630

ตาราง 2 ชนิดสเปกตรัม สี และอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์

ชนิดสเปกตรัม	สี	อุณหภูมิผิวโดยประมาณ (เคลวิน)
O	น้ำเงิน	มากกว่า 30,000
B	น้ำเงินแกมขาว	10,000-30,000
A	ขาว	7,500-10,000
F	ขาวแกมเหลือง	6,000-7,500
G	เหลือง	4,900-6,000
K	ส้ม	3,500-4,900
M	แดง	2,500-3,500

2. ออกแบบตารางเพื่อบันทึกลำดับดาวฤกษ์ตามอุณหภูมิผิวจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำ พร้อมทั้งระบุชนิดสเปกตรัมให้สอดคล้องกับอุณหภูมิผิวและสี
3. จำแนกดาวฤกษ์และระบุเกณฑ์ที่ใช้
4. สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตาราง อุณหภูมิผิว สี และชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์	อุณหภูมิผิว (เคลวิน)	สี	ชนิดสเปกตรัม
ดาวอัลนีแทค (Alnitak)	30,000	น้ำเงิน	O
ดาวรวงข้าว (Spica)	22,400	น้ำเงินแกมขาว	B
ดาวไรเจล (Rigel)	11,000	น้ำเงินแกมขาว	B
ดาวหัวใจสิงห์ (Regulus)	10,300	น้ำเงินแกมขาว	B
ดาวซิริอัส เอ (Sirius A)	9,940	ขาว	A
ดาวเวกา (Vega)	9,600	ขาว	A
ดาวโพรซิออน เอ (Procyon A)	6,530	ขาวแกมเหลือง	F
ดวงอาทิตย์ (Sun)	5,780	เหลือง	G
ดาวคาเพลลา (Capella)	4,940	เหลือง	G
ดาวเอปซิลอน อินดี บี (Epsilon Indi B)	4,630	ส้ม	K
ดาวปาริชาต (Antares)	3,570	แดง	K
ดาวเบเทลจูส (Betelgeuse)	3,500	แดง	M

หมายเหตุ นักเรียนอาจจะระบุชนิดสเปกตรัมของดาวปาริชาตเป็นได้ทั้ง K หรือ M โดยหากพิจารณาจากอุณหภูมิจะระบุเป็นชนิดสเปกตรัม K และหากพิจารณาจากสี จะระบุเป็นชนิดสเปกตรัม M

จากตาราง จำแนกดาวฤกษ์เป็น 7 กลุ่มตามชนิดสเปกตรัม ได้ดังนี้ O B A F G K M โดยเรียงลำดับจากอุณหภูมิผิวสูงไปอุณหภูมิต่ำ

สรุปผลการทำกิจกรรม

ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสีแตกต่างกัน โดยสีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับชนิดสเปกตรัม และอุณหภูมิของดาวฤกษ์ โดยดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวสูง มีสีน้ำเงิน อยู่ในสเปกตรัม O ส่วนดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวดำ มีสีแดง อยู่ในสเปกตรัม M จึงจำแนกกลุ่มของดาวฤกษ์ออกได้เป็น 7 กลุ่มตามชนิดสเปกตรัม เรียงลำดับตามอุณหภูมิผิวจากสูงไปต่ำได้ดังนี้ O B A F G K M และมีสีเรียงลำดับดังนี้ สีน้ำเงิน สีน้ำเงินแกมขาว สีขาว สีขาวแกมเหลือง สีเหลือง สีส้ม สีแดง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวเท่าใด มีสีและสเปกตรัมชนิดใด

แนวคำตอบ มีอุณหภูมิผิวประมาณ 5,780 เคลวิน มีสีเหลือง มีสเปกตรัมชนิด G

2. ดาวฤกษ์ดวงใดที่มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด มีค่าเท่าใด มีสีและสเปกตรัมชนิดใด

แนวคำตอบ ดาวอัลนีแทคมีอุณหภูมิผิวประมาณ 30,000 เคลวิน มีสีน้ำเงิน สเปกตรัมชนิด O

3. ดาวฤกษ์ดวงใดที่มีอุณหภูมิผิวดำที่สุด มีค่าเท่าใด มีสีและสเปกตรัมชนิดใด

แนวคำตอบ ดาวเบเทลจัส มีอุณหภูมิผิวประมาณ 3,500 เคลวิน มีสีแดง สเปกตรัมชนิด M

4. อุณหภูมิผิว สี และสเปกตรัมของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวที่มีอุณหภูมิผิวต่างกันจะมีสีและสเปกตรัมแตกต่างกัน โดยสามารถเรียงลำดับตามอุณหภูมิผิวจากสูงไปต่ำ ที่สัมพันธ์กับสเปกตรัมได้ดังนี้ O B A F G K M ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสีดังนี้ สีน้ำเงิน สีน้ำเงินแกมขาว สีขาว สีขาวแกมเหลือง สีเหลือง สีส้ม สีแดง

3. นักเรียนนำเสนอกิจกรรม และอภิปรายผล พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางในการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสีแตกต่างกัน โดยสีของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กับสเปกตรัม และอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ จากนั้น ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 49 ดังนี้ “ดาว ก มีสเปกตรัม O และดาว ข มีสเปกตรัม M ดาวทั้งสองมีสมบัติแตกต่างกันในด้านใดบ้าง และแตกต่างกันอย่างไร”
แนวคำตอบ มีสีและอุณหภูมิผิวแตกต่างกัน โดยดาว ก มีสเปกตรัม O มีสีน้ำเงิน ซึ่งมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าดาว ข ที่มีสเปกตรัม M และมีสีแดง
5. ครูให้นักเรียนพิจารณาการจัดกลุ่มของดาวปาริชาติจากกิจกรรม 14.3 ดังนี้ “ดาวปาริชาติมีอุณหภูมิผิว 3,570 เคลวิน ซึ่งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างสเปกตรัมชนิด K และ M แล้วร่วมกันอภิปรายว่า เพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงจัดให้ดาวปาริชาติอยู่ในสเปกตรัมชนิด M โดยให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากหนังสือเรียนหน้า 50-51” และอภิปรายร่วมกันโดยมีแนวคำถามดังนี้

- นักดาราศาสตร์แก้ปัญหาการจัดกลุ่มของดาวฤกษ์ตามชนิดสเปกตรัม ในกรณีที่ดาวฤกษ์มีอุณหภูมิอยู่บริเวณรอยต่อของสเปกตรัมอย่างไร

แนวคำตอบ นักดาราศาสตร์กำหนดดัชนีสี เพื่อช่วยจัดกลุ่มของดาวฤกษ์ตามชนิดสเปกตรัม

- นักดาราศาสตร์มีวิธีการกำหนดดัชนีสีอย่างไร

แนวคำตอบ ใช้ผลต่างของค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ดวงเดียวกันในสองช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้โชติมาตรในช่วงคลื่นสั้นลบด้วยโชติมาตรในช่วงคลื่นยาว แล้วนำผลที่ได้ไปเทียบกับตารางดัชนีสี

- ดาวปาริชาติจัดอยู่ในสเปกตรัม M เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ดาวปาริชาติมีอุณหภูมิ 3,570 เคลวิน ซึ่งอยู่ระหว่างรอยต่อชนิดสเปกตรัม M และ K เมื่อพิจารณาค่าดัชนีสี (B-V) ของดาวปาริชาติพบว่ามีความเท่ากับ +1.83 จึงจัดดาวปาริชาติให้อยู่ในกลุ่มดาวชนิดสเปกตรัม M ซึ่งมีสีแดง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: สมบัติดาวฤกษ์	- ผลการปฏิบัติกิจกรรม 14.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม - การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: - การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา - การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา - การสื่อสาร - การทำงานร่วมกัน	- ผลการจัดกระทำข้อมูลในการปฏิบัติกิจกรรม 14.3 และการนำเสนอผลงานให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสี ดัชนีสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ - จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ - การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม - การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบระหว่างการทำงานกลุ่ม
A: - การใช้วิจารณญาณ - ความใจกว้าง - ความอยากรู้อยากเห็น	- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับการอธิบายสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ - ร่วมกันอภิปรายและการตอบคำถาม - สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้

14.1.3 แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการจากแผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- สมบัติของดาวฤกษ์มีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ความส่องสว่าง โขติมาตร กำลังส่องสว่าง สี อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัม

2. ครูอธิบายว่า สมบัติต่าง ๆ ของดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งนักดาราศาสตร์นำสมบัติเหล่านั้นมาเขียนแผนภาพเรียกว่า แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์ นักเรียนคิดว่าแผนภาพนี้นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 14.4 แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์ดาวฤกษ์มีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะอย่างไรให้ปฏิบัติกิจกรรม 14.4” นักเรียนคิดว่านักดาราศาสตร์นำข้อมูลเหล่านั้นมาหาความสัมพันธ์กันอย่างไร ศึกษาได้จากกิจกรรม 14.4 แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์



กิจกรรม 14.4 แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์สมบัติและระบุตำแหน่งของดาวฤกษ์บนแผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. แผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์ 1 แผ่น
2. ชุดข้อมูล สมบัติดาวฤกษ์ 1 ชุด

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพเฮอร์ตซ์ปรง-รัสเซลล์ ได้จาก QR code ประจำบทในคู่มือครู

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

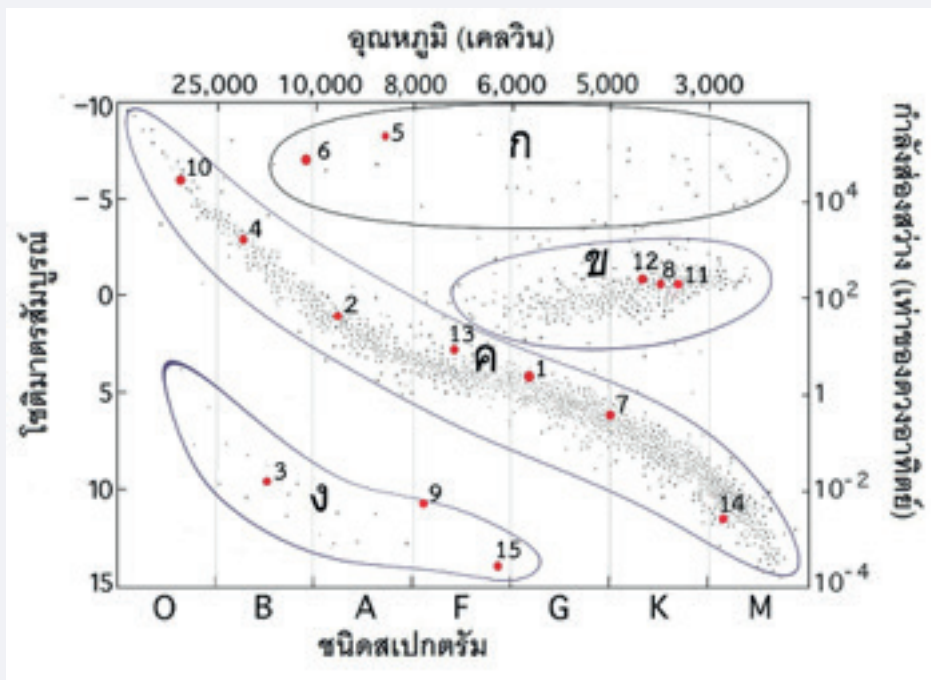
ในการจัดกลุ่มของดาวฤกษ์ ให้นักเรียนลากเส้นล้อมรอบกลุ่มของดาวฤกษ์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกันให้เป็นกลุ่มเดียวกัน

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาสมบัติดาวฤกษ์จากชุดข้อมูลที่กำหนดให้
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติต่าง ๆ ของดาวฤกษ์บนแผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์
3. นำผลที่ได้มาระบุตำแหน่งของดาวฤกษ์โดยบันทึกหมายเลขของดาวฤกษ์ที่กำหนดให้ลงในแผนภาพข้อ 2
4. พิจารณาตำแหน่งข้อมูลจากข้อ 3 นำมาจัดกลุ่มของดาวฤกษ์ กำหนดชื่อกลุ่มของดาวฤกษ์ระบุเกณฑ์ในการจำแนก พร้อมทั้งอธิบายสมบัติของดาวฤกษ์แต่ละกลุ่ม
5. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

แผนภาพแฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์



จากชุดข้อมูลที่ให้ นักเรียนอาจจัดกลุ่มได้แตกต่างกัน แต่จากตัวอย่างผลการทำกิจกรรม จัดดาวฤกษ์ได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่	ชื่อดาวฤกษ์	สมบัติของดาวฤกษ์
ก	ดาวหางหงส์ ดาวไรเจล เอ	มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์น้อยกำลังส่องสว่างมาก และมีสเปกตรัมชนิด B หรือ A
ข	ดาวดวงแก้ว ดาวอัลดิบาแรน ดาวพอลลักซ์	มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์น้อย และกำลังส่องสว่างมาก แต่น้อยกว่าดาวฤกษ์ในกลุ่ม A มีอุณหภูมิต่ำ
ค	ดวงอาทิตย์ ดาวซีริอัส เอ ดาวรวงข้าว ดาวเอปซิลอน แม่น้ำ ดาวอัลนีแทค ดาวแกมมา หญิงสาว ดาวพรอกซิมา เซนทอรี	มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์น้อย กำลังส่องสว่างมาก อุณหภูมิสูง และมีชนิดสเปกตรัม O หรือ B มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ปานกลาง กำลังส่องสว่างปานกลาง อุณหภูมิปานกลาง และมีชนิดสเปกตรัม A F G มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาก กำลังส่องสว่างน้อย อุณหภูมิต่ำ และมีชนิดสเปกตรัม K หรือ M
ง	ดาว 40 แม่น้ำ ปี ดาวแวน มาเนน ดาวโพซิออน ปี	มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาก กำลังส่องสว่างน้อย และอุณหภูมิสูง และมีชนิดสเปกตรัม B A F

สรุปผลการทำกิจกรรม

จากกิจกรรมนักเรียนสามารถจัดกลุ่มของดาวฤกษ์ โดยใช้อุณหภูมิผิวกับโชติมาตรสัมบูรณ์ แต่ขณะเดียวกันนักดาราศาสตร์ได้จัดกลุ่มของดาวฤกษ์โดยใช้สมบัติอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ใช้โชติมาตรสัมบูรณ์กับชนิดสเปกตรัม กำลังส่องสว่างกับอุณหภูมิ กำลังส่องสว่างกับชนิดสเปกตรัม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมแบ่งได้เป็นกี่กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยดาวอะไรบ้าง
- แนวคำตอบ 4 กลุ่ม ได้แก่
- ก ดาวหางหงส์ และดาวไรเจล เอ

ข ดาวดวงแก้ว ดาวอัลติบาแรน ดาวพอลลักซ์

ค ดวงอาทิตย์ ดาวซิริอัส เอ ดาวรวงข้าว ดาวเอปซิลอน แม่น้ำ ดาวอัลนีแพค ดาวแกมมาหญิงสาว และดาวพรอกซิมา เซนทอรี

ง ดาว 40 แม่น้ำ บี ดาวแวน มาเนน และดาวโพรซิออน บี

2. ดาวฤกษ์แต่ละกลุ่มมีโชติมาตรสมบูรณ์ กำลังส่องสว่าง อุณหภูมิผิว และชนิดสเปกตรัมแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ

กลุ่ม ก มีค่าโชติมาตรสมบูรณ์น้อย มีกำลังส่องสว่างมาก มีอุณหภูมิผิวสูงมาก และมีสเปกตรัมระหว่าง B ถึง M

กลุ่ม ข มีค่าโชติมาตรสมบูรณ์ต่ำกว่า มีกำลังส่องสว่างน้อยกว่า มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าดาวฤกษ์ในกลุ่ม ก และมีสเปกตรัมระหว่าง F ถึง M

กลุ่ม ค มีค่าโชติมาตรสมบูรณ์และกำลังส่องสว่างเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิผิว และมีสเปกตรัมระหว่าง O ถึง M

กลุ่ม ง มีค่าโชติมาตรสมบูรณ์มาก กำลังส่องสว่างน้อย อุณหภูมิสูง และมีชนิดสเปกตรัม B A และ F

3. ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มใด

แนวคำตอบ กลุ่ม ค

4. ดวงอาทิตย์จัดอยู่ในกลุ่มใด

แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ในกลุ่ม ค

3. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมและร่วมกันอภิปราย พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น

4. ให้นักเรียนศึกษาแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ในรูป 14.6 และข้อมูลในหนังสือเรียนหน้า 52-53 และอภิปรายร่วมกัน โดยใช้แนวคำถาม ดังนี้

- จากแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์แสดงข้อมูลสมบัติดาวฤกษ์ในเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ อุณหภูมิผิว โชติมาตรสมบูรณ์ กำลังส่องสว่าง และชนิดสเปกตรัม

- จากแผนภาพแบ่งประเภทของดาวฤกษ์ได้เป็นกี่กลุ่ม อะไรบ้าง

แนวคำตอบ จัดประเภทของดาวฤกษ์ได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ดาวในแถบลำดับหลัก ดาวยักษ์ ดาวยักษ์ใหญ่ และดาวแคระขาว

- ดาวฤกษ์แต่ละกลุ่มมีสมบัติอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวในแถบลำดับหลัก เป็นกลุ่มของดาวฤกษ์ที่เรียงตัวจากมุมซ้ายบนไปยังมุมขวาล่างของแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ดาวฤกษ์ในกลุ่มนี้มีกำลังส่องสว่างเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิผิว โดยกลุ่มดาวฤกษ์ที่อยู่มุมซ้ายบน เป็นดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวสูง มีกำลังส่องสว่างสูง ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่มุมขวาล่าง เป็นดาวฤกษ์ที่มีอุณหภูมิผิวดำ มีกำลังส่องสว่างต่ำ ส่วนดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่บริเวณตอนกลางค่อนข้างมาทางด้านล่างของแถบลำดับหลัก

ดาวยักษ์ เป็นกลุ่มของดาวฤกษ์ที่อยู่เหนือแถบลำดับหลัก อยู่ทางด้านขวาออกไปด้านบนของแผนภาพ โดยดาวที่อยู่ด้านซ้ายของกลุ่มดาวยักษ์ มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าดาวที่อยู่ด้านขวาของกลุ่มดาวยักษ์มี

ดาวยักษ์ใหญ่ เป็นกลุ่มของดาวฤกษ์ที่อยู่บริเวณมุมบนขวาของแผนภาพเหนือกลุ่มดาวยักษ์ มีขนาดใหญ่กว่าและมีกำลังส่องสว่างมากกว่าดาวยักษ์ ดาวที่อยู่ทางด้านซ้ายของกลุ่มดาวยักษ์ใหญ่ มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าดาวที่อยู่ทางด้านขวาของกลุ่มดาวยักษ์ใหญ่

ดาวแคระขาว เป็นกลุ่มของดาวที่อยู่บริเวณล่างซ้ายของแผนภาพ ดาวในกลุ่มนี้ไม่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ จึงไม่จัดเป็นดาวฤกษ์ มีอุณหภูมิผิวสูง มีกำลังส่องสว่างน้อย

5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า แม้ว่าดาวแคระขาวจะมีอุณหภูมิผิวสูง แต่กลับมีกำลังส่องสว่างต่ำเพราะดาวแคระขาวมีขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวน้อย ส่วนดาวยักษ์แดงมีอุณหภูมิผิวดำ แต่กลับมีกำลังส่องสว่างสูง ทั้งนี้เนื่องจากมีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวมาก

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: สมบัติดาวฤกษ์	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 14.4 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. การสื่อสาร 4. การทำงานร่วมกัน	1. ผลการจัดกระทำข้อมูลจากการปฏิบัติกิจกรรม 14.4 และการนำเสนอผลงานให้เห็นลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลในแผนภาพ 2. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ 3. การนำเสนอผลงาน และการตอบคำถาม 4. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบระหว่างการทำงานกลุ่ม

KPA	การวัดและประเมินผล
A: 1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น	1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับการอธิบายสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ 2. ร่วมกันอภิปรายและการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ความแตกต่างระหว่างความสว่างกับความส่องสว่าง

ความสว่าง คือความหนาแน่นแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ผิวใด ๆ เกิดจากพลັกซ์การส่องสว่าง หรืออัตราการให้พลังงานแสง ตกบนพื้นที่รองรับแสง

$$E = \frac{F}{A}$$

เมื่อ F คืออัตราพลังงานแสงที่ตกตั้งฉากบนพื้น มีหน่วยเป็นลูเมน

A คือพื้นที่รับแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

E คือความสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์

ความส่องสว่าง คือพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงที่ปล่อยออกมา 1 วินาทีต่อหน่วยพื้นที่ผิวทรงกลมที่มีรัศมีเท่ากับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงตำแหน่งของผู้สังเกต

$$B = \frac{L}{4\pi d^2}$$

B คือความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นกำลังส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงต่อพื้นที่ผิวทรงกลมที่มีรัศมีเท่ากับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงตำแหน่งของผู้สังเกต

L คือกำลังส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ ซึ่งเป็นพลังงานทั้งหมดที่แหล่งกำเนิดแสงปลดปล่อยออกมาในเวลา 1 วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและอุณหภูมิผิวของแหล่งกำเนิดแสง

d คือระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงตำแหน่งของผู้สังเกต มีหน่วยเป็นเมตร

การเปลี่ยนหน่วยมุมแพร์แลกซ์ของวัตถุจากหน่วยฟิลิปดาเป็นเรเดียน

$$1 \text{ องศา} = \frac{2\pi}{360} \text{ เรเดียน}$$

$$60 \text{ ลิปดา} = \frac{2\pi}{360} \text{ เรเดียน}$$

$$1 \text{ ลิปดา} = \frac{2\pi}{360 \times 60} \text{ เรเดียน}$$

$$60 \text{ ฟิลิปดา} = \frac{2\pi}{360 \times 60} \text{ เรเดียน}$$

$$1 \text{ ฟิลิปดา} = \frac{2\pi}{360 \times 60 \times 60} \text{ เรเดียน}$$

$$1 \text{ ฟิลิปดา} = \frac{1}{206,265} \text{ เรเดียน}$$

$$1 \text{ เรเดียน} = 206,265 \text{ ฟิลิปดา}$$

ปริมาณการแผ่รังสีของวัตถุใด ๆ ที่มีสมบัติเป็นวัตถุดำ

ในปี พ.ศ. 2443 มัคซ์ พลังค์ (Max Planck) สามารถอธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่รังสีกับอุณหภูมิ ปริมาณการแผ่รังสีของวัตถุใด ๆ ที่มีสมบัติเป็นวัตถุดำจะสามารถอธิบายได้โดยใช้กฎของแพลงค์ซึ่งได้ถูกพัฒนาให้เป็นกฎการแผ่รังสีที่สำคัญ 2 ข้อคือ

1. กฎสเตฟาน (Stefan's Law) (พ.ศ.2401-2490) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันแสดงความสัมพันธ์ของพลังงานที่แผ่รังสีทั้งหมด (E) ในหน่วยจูล ที่แผ่ออกมาจากพื้นผิว 1 ตารางเมตรต่อวินาทีของวัตถุดำ กับกำลังสี่ของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) ในหน่วยเคลวินของวัตถุดำ ดังสมการ

$$E = \sigma T^4$$

เมื่อ σ คือค่าคงที่สเตฟาน-โบลต์ซมันน์ $= 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

2. กฎของวิน (Wien's Law) อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นที่มีความเข้มการแผ่รังสีมากที่สุด (λ_{max}) ในหน่วยเมตรของวัตถุดำกับอุณหภูมิ (T) ในหน่วยเคลวิน ดังสมการ

$$\lambda_{\text{max}} T = 2.898 \times 10^{-3}$$

เราสามารถใช้กฎของวินแสดงถึงสีของวัตถุดำได้ เพราะถึงแม้ว่าจะหมายถึงวัตถุที่ดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทุกช่วงความยาวคลื่น แต่เมื่อวัตถุนั้นอ การเปลี่ยนหน่วยมมแพรร์ลแลกซ์ของวัตถุจากหน่วยฟลิปดาเป็นเรเดียน อยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อดูดกลืนทุกความยาวคลื่น วัตถุดำจะแผ่รังสีออกมาทุกความยาวคลื่น แต่จะมีเพียงความยาวคลื่นค่าเดียวเท่านั้นที่วัตถุดำจะแผ่รังสีออกมาที่มีความเข้มสูงที่สุด ดังนั้นจึงทำให้ผู้สังเกตมองเห็นสีของวัตถุดำจากค่า λ_{max} เท่านั้น λ_{max} จึงเป็นสมบัติที่กำหนดสีของวัตถุดำ ตัวอย่างวัตถุดำที่พบในธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์

14.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

14.2.1 กำเนิดดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิผิว ขนาด จากดาวฤกษ์ก่อนเกิดจนเป็นดาวฤกษ์
2. อธิบายกระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์และผลที่เกิดขึ้นโดยวิเคราะห์ปฏิกิริยาฟิวชันโปรตอน-โปรตอน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้แนวคำถาม “จากที่ได้เรียนมาแล้ว ดาวฤกษ์แต่ละดวงมีสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นดาวฤกษ์แต่ละดวงมีกำเนิดเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร”

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. จากนั้นให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในหนังสือเรียนหน้า 54-58 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดของดาวฤกษ์คืออะไร

แนวคำตอบ เนบิวลา

- เนบิวลาม้องค์ประกอบอะไรบ้าง

แนวคำตอบ แก๊ส ฝุ่น

- แก๊สในเนบิวลาส่วนใหญ่เป็นแก๊สอะไร

แนวคำตอบ แก๊สไฮโดรเจน

- ดาวฤกษ์มีกระบวนการเกิดอย่างไร

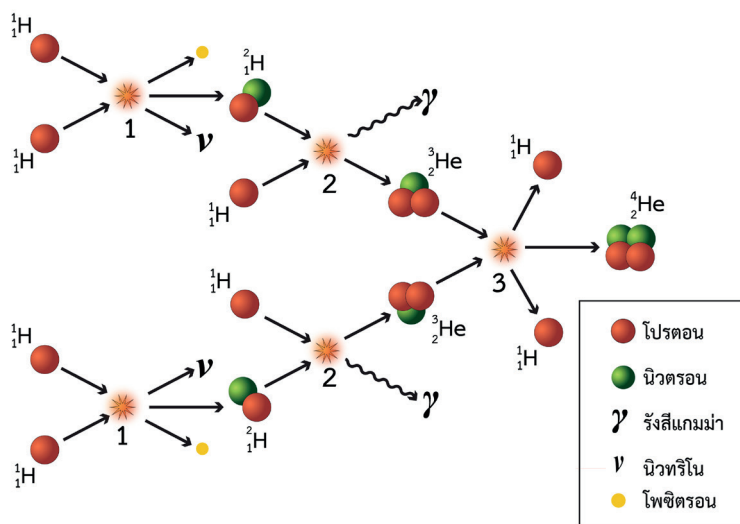
แนวคำตอบ เกิดจากสสารภายในเนบิวลาที่กระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ และแรงโน้มถ่วงทำให้สสารมารวมกันอย่างหนาแน่นในบางบริเวณ ทำให้เกิดการหมุนรอบตัวเอง และยุบตัวลงส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงถึงประมาณ 10 ล้านเคลวินทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์จนเกิดเป็นดาวฤกษ์

- ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดาวฤกษ์มีกี่ปฏิกิริยา อะไรบ้าง

แนวคำตอบ เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน และปฏิกิริยาวัวจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน

- ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน มีขั้นตอนอย่างไร

แนวคำตอบ ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจน (^1H) 2 นิวเคลียสมารวมกันได้ฮีเลียม-3 (^3He) 1 นิวเคลียส จำนวน 2 ชุดปฏิกิริยามารวมตัวกันได้ฮีเลียม-4 (^4He) จำนวน 1 นิวเคลียส มวลที่หายไประหว่างปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนนี้ ได้เปลี่ยนเป็นพลังงาน โพซิตรอน และนิวตริโน รวมทั้งเกิดนิวเคลียสของไฮโดรเจนอีก 2 นิวเคลียสซึ่งจะทำปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนต่อไป

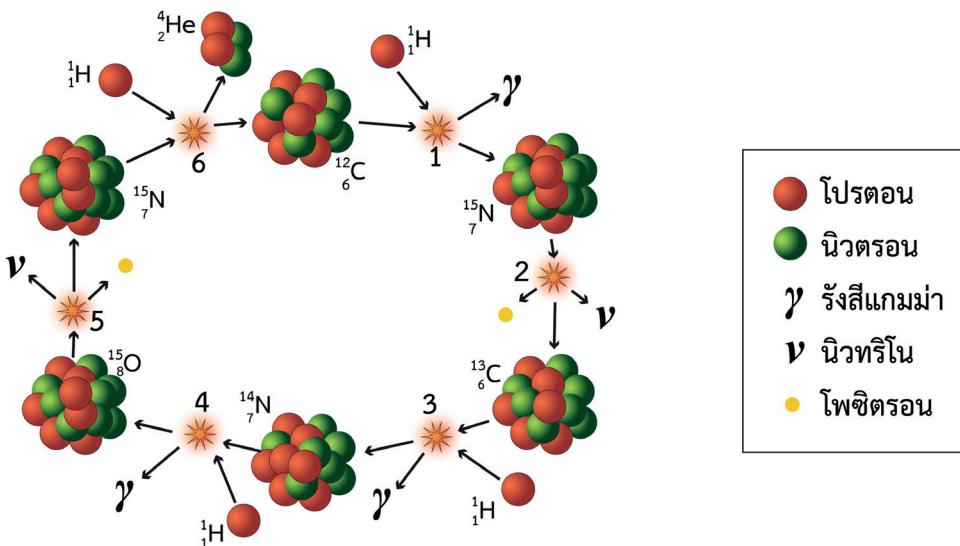


- ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนเกิดจากนิวเคลียสของธาตุใด และผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาคืออะไร

แนวคำตอบ เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจน และผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา คือ ฮีเลียมและพลังงาน

- ปฏิกิริยาวัดจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน มีขั้นตอนอย่างไร

แนวคำตอบ ปฏิกิริยาคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจน (^1_1H) รวมกับนิวเคลียสของคาร์บอน-12 ($^{12}_6\text{C}$) กลายเป็นไนโตรเจน-13 ($^{13}_7\text{N}$) ซึ่งจะสลายตัวเป็นคาร์บอน-13 ($^{13}_6\text{C}$) แล้วคาร์บอน-13 ($^{13}_6\text{C}$) รวมตัวกับไฮโดรเจน (^1_1H) ได้เป็นไนโตรเจน-14 ($^{14}_7\text{N}$) ซึ่งจะรวมตัวกับไฮโดรเจน (^1_1H) กลายเป็นออกซิเจน-15 ($^{15}_8\text{O}$) เมื่อออกซิเจน-15 ($^{15}_8\text{O}$) สลายตัวกลายเป็นไนโตรเจน-15 ($^{15}_7\text{N}$) ซึ่งจะหลอมรวมกับไฮโดรเจน (^1_1H) ได้เป็นนิวเคลียสของฮีเลียม (^4_2He) พลังงานและนิวเคลียสของคาร์บอน-12 ($^{12}_6\text{C}$) ซึ่งนิวเคลียสของคาร์บอน-12 ($^{12}_6\text{C}$) จะทำปฏิกิริยาในวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจนต่อไป



- ปฏิกิริยาวัดจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจนเกิดจากนิวเคลียสของธาตุใด และผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาคืออะไร

แนวคำตอบ เกิดจากนิวเคลียสของไฮโดรเจน และผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาคือฮีเลียมและพลังงาน

- ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนและวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิเดียวกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่างกัน โดยที่ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนนั้นเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่แก่นมีค่าประมาณ 10 ถึง 15 ล้านเคลวิน และวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจนเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่แก่นมีค่าประมาณ 16 ล้านเคลวิน

3. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามชวนคิดในหนังสือเรียนหน้า 59 “ธาตุคาร์บอนไนโตรเจนและออกซิเจนในวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน มาจากที่ใด”

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์เกิดจากการรวมตัวของธาตุไฮโดรเจน จากนั้นการเกิดปฏิกิริยาภายในดาวฤกษ์ทำให้เกิดการสังเคราะห์ธาตุที่หนักขึ้น เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน และออกซิเจน

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: 1. กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ 2. กระบวนการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์	1. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การนำเสนอผลงานให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความดัน อุณหภูมิ ขนาด จากเนบิวลาเป็นดาวฤกษ์ 2. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน 3. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: 1. ความใจกว้าง 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. ร่วมกันอภิปรายและการตอบคำถาม 2. การสืบค้นข้อมูล ตั้งคำถาม และร่วมกันอภิปรายในชั้นขยายความรู้

14.2.2 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น
2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ในลำดับวิวัฒนาการจากแผนภาพแฮร์ตซปรุง-รัสเซลล์

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดย ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามประเด็นคำถามต่อไปนี้ “เมื่อเกิดดาวฤกษ์แล้ว ดาวฤกษ์จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปอีกหรือไม่ อย่างไร”

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของตนเอง

2. ครูให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงของดาวฤกษ์โดยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 14.5 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์



กิจกรรม 14.5 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น
2. จัดทำแผนภาพแสดงลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกัน

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

1. เอกสารความรู้ วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 1 ชุด
2. ชุดภาพที่ 1 ภาพดาวฤกษ์เริ่มต้นที่มีมวลแตกต่างกัน 1 ชุด
3. ชุดภาพที่ 2 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของดาวฤกษ์ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการ 1 ชุด

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดแผนภาพเอิร์ดซปรุง-รัสเซลล์ ได้จาก QR code ประจำบทในคู่มือครู

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาและวิเคราะห์วิวัฒนาการของดาวฤกษ์จากเอกสารความรู้ที่กำหนด
2. เขียนแผนผังสรุปวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลแตกต่างกัน
3. นำภาพที่กำหนดให้จากชุดภาพที่ 1 และชุดภาพที่ 2 มาเรียงลำดับตามแผนผังในข้อ 2
4. สรุปการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดาวฤกษ์ตามวิวัฒนาการ และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

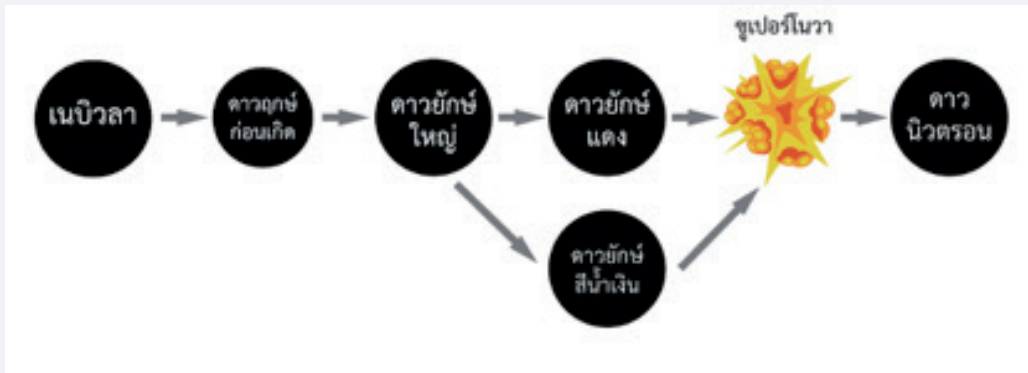
ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

สามารถเขียนแผนผังสรุปวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ด้วยแผนภาพดังนี้

- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ($0.08M_{\odot} \leq M < 9M_{\odot}$)



- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ถึงน้อยกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ($9M_{\odot} \leq M < 25M_{\odot}$)



- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป ($M \geq 25M_{\odot}$)



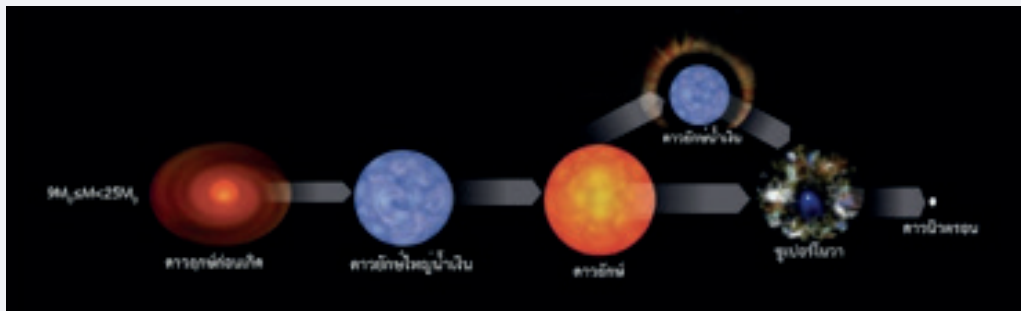
ชุดภาพเรียงลำดับตามวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ($0.08M_{\odot} \leq M < 9M_{\odot}$)

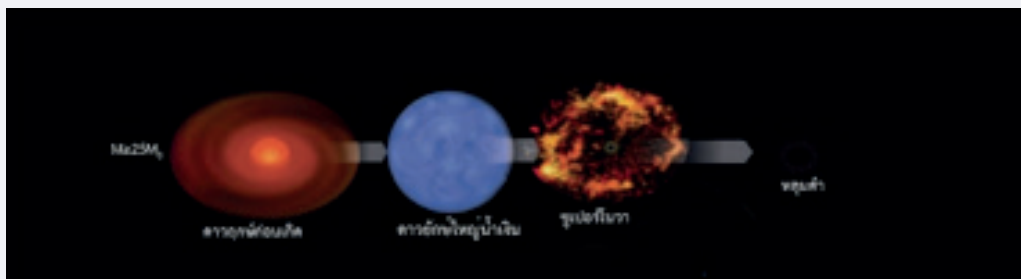


- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 0.08 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ($0.08M_{\odot} \leq M < 9M_{\odot}$)

- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ถึงน้อยกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ ($9M_{\odot} \leq M < 25M_{\odot}$)



- ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป ($M \geq 25M_{\odot}$)



สรุปผลการทำกิจกรรม

ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นแตกต่างกัน จะมีลำดับวิวัฒนาการและจุดจบที่แตกต่างกัน โดยดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะมีวิวัฒนาการเป็นดาวแคระขาวและเนบิวลาดาวเคราะห์ ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะเกิดการระเบิดที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา และวิวัฒนาการเป็นดาวนิวตรอนหรือหลุมดำ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

แนวคำตอบ ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ก่อนเกิด

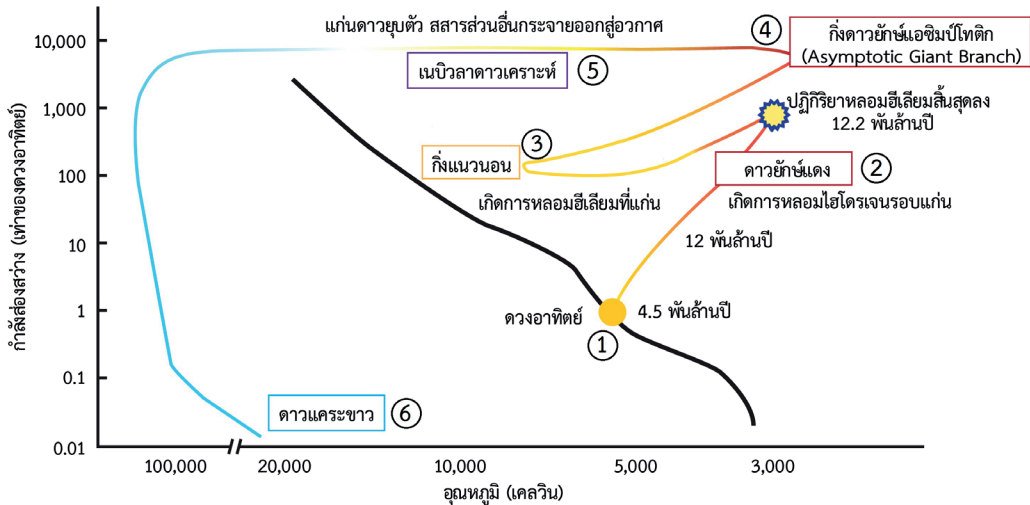
2. ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 0.08 ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ มีวิวัฒนาการอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวจะยุบตัวลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด และดาวจะขยายขนาดใหญ่ขึ้นเป็นดาวยักษ์แดง เมื่อปฏิกิริยาหลอมฮีเลียมสิ้นสุดลง แก่นของดาวยักษ์แดงยุบตัวกลายเป็นดาวแคระขาว ส่วนอื่น ๆ ที่อยู่รอบแก่นไม่ได้ยุบเข้ามารวม แต่กระจายตัวออกสู่อวกาศทำให้เกิดเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์

3. ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 9 แต่ไม่เกิน 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ มีวิวัฒนาการอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อดาวฤกษ์ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด ดาวฤกษ์จะขยายขนาดขึ้น อุณหภูมิที่ผิวจะลดลงเปลี่ยนจากดาวยักษ์ใหญ่ น้ำเงิน ไปเป็นดาวยักษ์แดง จากนั้นจะเกิดการระเบิดที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา หรือดาวฤกษ์บางดวงอาจจะเปลี่ยนจากดาวยักษ์แดงเป็นดาวยักษ์น้ำเงิน ก่อนที่จะเกิดซูเปอร์โนวา จากนั้นแก่นกลางของดาวยุบตัวลงเป็นดาวนิวตรอน
4. ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป มีวิวัฒนาการอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อดาวฤกษ์ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด จะเริ่มการเผาผลาญธาตุที่มีมวลมากขึ้นเป็นลำดับ เช่น ฮีเลียม คาร์บอน นีออน และสิ้นสุดที่เหล็ก ในระหว่างนี้ดาวฤกษ์จะเกิดการระเบิดที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา ทำให้แก่นกลางของดาวจะยุบตัวลงเป็นหลุมดำ
5. ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยกว่าหรือเท่ากับมวลของดวงอาทิตย์ กับดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่ามวลของดวงอาทิตย์มีจุดจบเหมือนกัน หรือแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ ต่างกัน โดยดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 0.08 ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ จะมีจุดจบเป็นดาวแคระขาว ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ เป็นต้นไปจะมีจุดจบเป็นดาวนิวตรอนหรือหลุมดำ

3. นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายผลพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ครูให้นักเรียนศึกษาความรู้เกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ ในหนังสือเรียนหน้า 60-62 โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้
 - ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการ ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นแตกต่างกันจะมีการสังเคราะห์ธาตุที่แก่นแตกต่างกันอย่างไร
แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 0.08 ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ จะมีการสังเคราะห์ธาตุฮีเลียมและคาร์บอน ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ เป็นต้นไป จะมีการสังเคราะห์ธาตุที่หนักและสิ้นสุดที่เหล็ก
 - การสังเคราะห์ธาตุที่หนักกว่าเหล็กซึ่งพบในดวงอาทิตย์และดาวบริวาร รวมทั้งโลกของเราเกิดขึ้นได้อย่างไร
แนวคำตอบ กระบวนการสังเคราะห์ธาตุที่หนักกว่าเหล็ก เช่น ดิบุก ทองคำ ตะกั่ว เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 3,000 ล้านเคลวิน ซึ่งเกิดจากการระเบิดที่เรียกว่า ซูเปอร์โนวา
 - ในอนาคต ดวงอาทิตย์จะมีวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อธาตุไฮโดรเจนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงที่แก่นของดวงอาทิตย์เกือบหมด ดวงอาทิตย์จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิผิวลดลง สีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง กลายเป็นดาวยักษ์แดง และเมื่อปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์สิ้นสุดลง แก่นของดวงอาทิตย์จะยุบตัวลงกลายเป็นดาวแคระขาวที่มีอุณหภูมิสูง และมีขนาดเล็ก

5. ให้นักเรียนศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดวงอาทิตย์ตามช่วงวิวัฒนาการจากรูป 14.14 แผนภาพแฮร์ตสปรุง-รัสเซลล์ในหนังสือเรียนหน้า 63 จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยมีแนวคำถามต่อไปนี้



- เพราะเหตุใดดวงอาทิตย์จึงย้ายจากแถบลำดับหลักไปอยู่ในกลุ่มของดาวยักษ์
แนวคำตอบ เมื่อดวงอาทิตย์หลอมไฮโดรเจนรอบแก่นจนเกือบหมด ดวงอาทิตย์ขยายขนาด ทำให้อุณหภูมิลดลง กำลังส่องสว่างเพิ่มมากขึ้น ดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนเป็นดาวยักษ์แดงซึ่งอยู่ในกลุ่มของดาวยักษ์
- เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งหมายเลข 3 อุณหภูมิและกำลังส่องสว่างเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ เมื่อดวงอาทิตย์หลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอน แก่นดาวยุบตัวลง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น กำลังส่องสว่างลดลง ดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนตำแหน่งจากดาวยักษ์แดง (หมายเลข 2) ไปอยู่ในตำแหน่งกึ่งเนวอน (หมายเลข 3)
- หลังจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์สิ้นสุดลงที่หมายเลข 4 ดวงอาทิตย์มีสมบัติเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ พลังงานที่แก่นในการหลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอนสิ้นสุดลง แก่นของดาวยุบตัวลงเป็นดาวแคระขาวดังแสดงที่ตำแหน่งหมายเลข 6 และส่วนที่เหลือกระจายออกสู่อวกาศเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ดังแสดงที่ตำแหน่งหมายเลข 5

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: วิวัฒนาการของดาวฤกษ์	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 14.5 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา 2. การสื่อสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การนำเสนอผลงานให้เห็นวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น 2. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน 3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น 4. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 5. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับมวลตั้งต้น 2. ร่วมกันอภิปรายและการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้

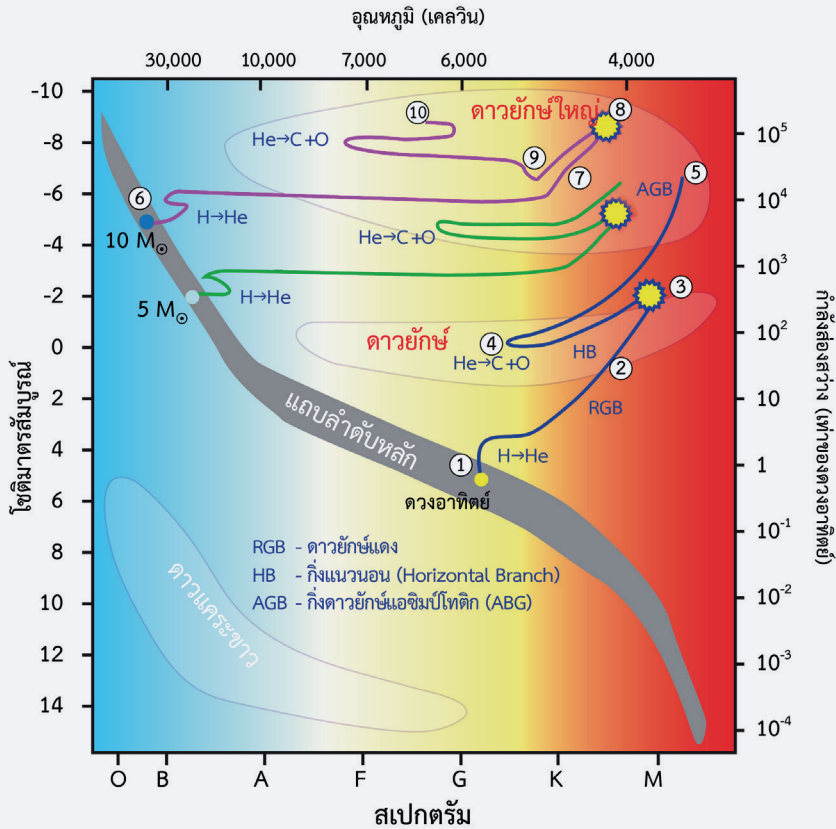


ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์

แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์นอกจากจัดประเภทดาวฤกษ์แล้ว ยังสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดาวฤกษ์ตามขั้นตอนการวิวัฒนาการได้อีกด้วย เมื่อดาวฤกษ์ใช้ไฮโดรเจนที่แก่นหลอมเป็นฮีเลียมจนเกือบหมด จะเริ่มวิวัฒนาการจากแถบลำดับ ไปอยู่ในกลุ่มอื่น ๆ บนแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ โดยลำดับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ก่อนเกิดดังนี้

ดาวฤกษ์ก่อนเกิดที่มีมวลตั้งแต่ 0.08 ถึง 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์



วิวัฒนาการของดาวฤกษ์บนแผนภาพเฮอร์ตซปรุง-รัสเซลล์

จากรูป เมื่อดาวฤกษ์ออกจากแถบลำดับหลักที่ตำแหน่งหมายเลข 1 แล้ว ดาวฤกษ์จะเข้าสู่กลุ่มของดาวยักษ์ โดยรอบแก่นและผิวดาวฤกษ์ขยายขนาดขึ้น ทำให้อุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ลดลง สีผิวของดาวฤกษ์เปลี่ยนเป็นสีแดง เรียกว่า ดาวยักษ์แดง ดังแสดงที่ตำแหน่งหมายเลข 2 ในช่วงชีวิตของดาวยักษ์แดงจะเกิดการหลอมไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมรอบแก่นอย่างต่อเนื่อง จนอุณหภูมิที่แก่นสูงขึ้นประมาณ 300 ล้านเคลวิน ทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่แก่นของดาวยักษ์แดงอย่างฉับพลัน โดยหลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอนและออกซิเจน แก่นจึงเกิดการขยายตัวทันทีทันใด เรียกว่า **ฮีเลียมแฟลช (helium flash)** ดังแสดงที่ตำแหน่งหมายเลข 3 จากนั้นดาวฤกษ์จะหลอมฮีเลียมที่แก่นกลายเป็นคาร์บอนและออกซิเจน และหลอมไฮโดรเจนที่รอบแก่นให้เป็นฮีเลียมอย่างต่อเนื่อง ในช่วงนี้ดาวจะเลื่อนจากตำแหน่งฮีเลียมแฟลชต่ำลงมาทางซ้ายบริเวณหมายเลข 4 เรียกบริเวณนี้ว่า **กิ่งแนวนอน (the horizontal branch)** ต่อมาดาวฤกษ์

เกิดการหลอมฮีเลียมที่แก่นเป็นคาร์บอนอย่างต่อเนื่อง จนดาวฤกษ์เลื่อนเข้าสู่ตำแหน่งกิ่งดาวยักษ์แอสิมป์โทติก (asymptotic giant branch) ดังแสดงที่ตำแหน่ง 5 เมื่อแก่นของดาวฤกษ์หลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอนจนเกือบหมด แก่นมีมวลสูงขึ้น ทำให้แรงโน้มถ่วงมากกว่าแรงดัน แก่นจึงยุบตัวลง สสารส่วนที่เหลือกระจายออกสู่อวกาศกลายเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์ ส่วนแก่นดาวซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีความสว่างน้อยและมีขนาดเล็ก เรียกว่า ดาวแคระขาว (white dwarf)

ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 9 ถึงน้อยกว่า 25 เท่าของดวงอาทิตย์

ดาวฤกษ์เริ่มวิวัฒนาการจากแถบลำดับหลักบริเวณซ้ายบนของแผนภาพแฮิร์ตสปรัง-รัสเซลล์ที่ตำแหน่งหมายเลข 6 เมื่อดาวฤกษ์ออกจากแถบลำดับหลักแล้วจะเลื่อนตำแหน่งไปอยู่ในกลุ่มดาวยักษ์ใหญ่ ดังแสดงที่หมายเลข 7 ซึ่งมีกำลังส่องสว่างสูง มีขนาดใหญ่ และมีสีแดง จึงเรียกว่า ดาวยักษ์ใหญ่แดง ในช่วงนี้เริ่มมีการหลอมไฮโดรเจนรอบแก่นของดาวฤกษ์จนอุณหภูมิสูงมากพอที่จะเกิดการหลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอน ดาวฤกษ์จะเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่งหมายเลข 8 และเกิดฮีเลียมแฟลช จากนั้นแก่นของดาวหลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอนและออกซิเจน ทำให้อุณหภูมิของดาวฤกษ์เพิ่มสูงขึ้น ดาวจะเลื่อนไปยังซ้ายมือในกลุ่มดาวยักษ์ใหญ่บริเวณกิ่งแนวนอนซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งหมายเลข 9 ในช่วงนี้ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องที่แก่น โดยมวลของแก่นมีค่าสูงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นชั้น ๆ ซึ่งทำให้เกิดธาตุคาร์บอน ออกซิเจน นีออน แมกนีเซียม และสิ้นสุดที่เหล็ก จากนั้นอุณหภูมิของดาวฤกษ์จะลดลงอีกครั้ง กลายเป็นดาวยักษ์ใหญ่แดง ดาวฤกษ์จะเลื่อนตำแหน่งไปอยู่ที่กิ่งดาวยักษ์แอสิมป์โทติกดังแสดงที่ตำแหน่งหมายเลข 10 แก่นของดาวยักษ์ใหญ่แดงในช่วงนี้จะมีขนาดเล็กประกอบด้วยเหล็กล้อมด้วยชั้นของปฏิกิริยานิวเคลียร์ชั้นต่าง ๆ จนกระทั่งแก่นที่เป็นเหล็กมีมวลมากกว่า 1.4 ถึงน้อยกว่า 3 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ อิเล็กตรอนในแก่นรวมกับโปรตอนเปลี่ยนเป็นนิวตรอน แก่นจึงกลายเป็นดาวนิวตรอน พร้อมปลดปล่อยสสารและพลังงานออกมาจำนวนมากทำให้เกิดการระเบิดเรียกว่า ซูเปอร์โนวา

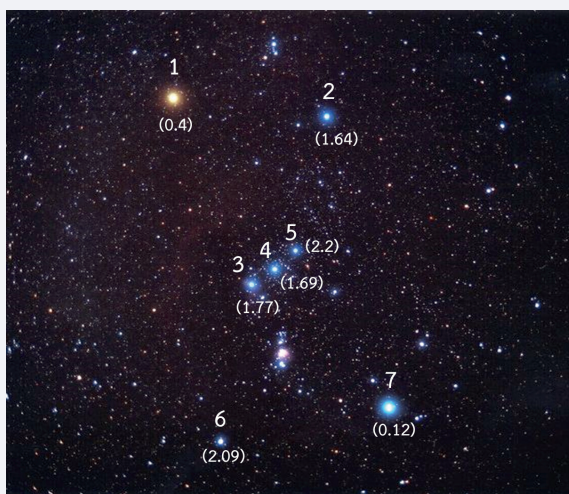
ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นมากกว่า 25 เท่าของดวงอาทิตย์

ดาวฤกษ์จะมีขนาดใหญ่สีน้ำเงินอยู่ซ้ายบนของแผนภาพแฮิร์ตสปรัง-รัสเซลล์ 11 ดาวฤกษ์จะมีลำดับวิวัฒนาการเช่นเดียวกันกับดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งต้นตั้งแต่ 9 ถึง 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ โดยเกิดกระบวนการสังเคราะห์ธาตุหนักที่แก่นและไปสิ้นสุดที่เหล็ก จากนั้นดาวฤกษ์เลื่อนตำแหน่งไปอยู่ที่กิ่งดาวยักษ์แอสิมป์โทติก ในช่วงนี้แก่นดาวฤกษ์มีมวลมากกว่า 3 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ แรงโน้มถ่วงที่แก่นสูงมาก ไม่มีสิ่งใดที่จะต้านทานแรงโน้มถ่วงได้ ทำให้แก่นกลางของดาวยุบตัวลงเป็นหลุมดำ หลังจากนั้นส่วนที่เหลือจะเกิดการระเบิดเป็นซูเปอร์โนวา



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
แนวคำตอบ ความส่องสว่างของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์และระยะห่างของดาวฤกษ์กับผู้สังเกต โดยดาวที่มีกำลังส่องสว่างมากจะมีความส่องสว่างมากกว่าดาวที่มีกำลังส่องสว่างน้อยเมื่อห่างจากผู้สังเกตในระยะทางที่เท่ากัน
2. จากภาพ ดาวแต่ละดวงมีความส่องสว่างแตกต่างกัน ดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากที่สุด และดาวดวงใดมีความส่องสว่างน้อยที่สุด เรียงลำดับความส่องสว่างของดาวจากมากไปน้อย



แนวคำตอบ 7 (ดาวไรเจล) 1 (ดาวเบเทลจัส) 2 (ดาวเบลลาทริกซ์) 4 (ดาวอัลนีลัม) 3 (ดาวอัลนีแทค) 6 (ดาวซาอ์ฟ) 5 (ดาวมินตาเกะ)

3. โชติมาตรปรากฏและโชติมาตรสัมบูรณ์ต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ โชติมาตรปรากฏคือความส่องสว่างของดาวที่สังเกตได้จากโลก ส่วนค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ คือ ค่าเปรียบเทียบความส่องสว่างของดาวที่ระยะ 10 พาร์เซก

4. จากข้อมูลโชติมาตรปรากฏของดาวต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ดาวดวงใดมีความส่องสว่างมากที่สุด ดาวดวงใดมีความส่องสว่างน้อยที่สุดและเรียงลำดับความส่องสว่างของดาวจากมากไปน้อยได้อย่างไร

ดาวตานกอินทรี	(0.77)	ดวงจันทร์เต็มดวง	(-12.5)	ดาวซีริอัส	(-1.46)
ดาวคาเพลลา	(0.08)	ดาวไรเจล	(0.12)	ดาวศุภฤกษ์	(-4.4)
ดาวพหุหสบัติ	(-2.7)	ดวงอาทิตย์	(-26.7)	ดาวเวกา	(0.04)

แนวคำตอบ ดาวที่มีความส่องสว่างมากที่สุดคือ ดวงอาทิตย์ และดาวที่มีความส่องสว่างน้อยที่สุด คือดาวตานกอินทรี สามารถเรียงลำดับความส่องสว่างของดาวจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์เต็มดวง ดาวศุกร์ ดาวพฤหัสบดี ดาวซิริอัส ดาวเวกา ดาวคาเพลลา ดาวไรเจล ดาวตานกอินทรี

5. นักดาราศาสตร์วัดมุมพารัลแลกซ์ของดาวฤกษ์ ก และ ข ได้เท่ากับ 0.130 พิลิปดา และ 0.236 พิลิปดา ตามลำดับ ดาวฤกษ์ทั้งสองมีระยะห่างจากผู้สังเกตเท่าใด และดาวฤกษ์ดวงใดอยู่ใกล้โลกมากกว่า

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ ก มีระยะทางจากผู้สังเกตเท่ากับ

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0.130} = 7.69 \text{ พาร์เซก}$$

และ ดาวฤกษ์ ข มีระยะทางจากผู้สังเกตเท่ากับ

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0.236} = 4.23 \text{ พาร์เซก}$$

ดังนั้นดาวฤกษ์ ข จึงอยู่ใกล้ผู้สังเกตมากกว่าดาวฤกษ์ ก

6. พิจารณาตารางแสดงโชติมาตรปรากฏและโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาว และตอบคำถามข้อ 6.1 ถึง 6.3

ดาว	สี	โชติมาตรปรากฏ	โชติมาตรสัมบูรณ์
ดาวแกว (Arcturus)	ส้ม	-0.05	-0.6
ดาวเบเทลจูส (Betelgeuse)	แดง	0.4	-5.0
ดาวไรเจล (Rigel)	น้ำเงินแกมขาว	0.12	-7.8
ดาวซิริอัส (Sirius)	ขาว	-1.46	1.5

ดาว	สี	โชติมาตรปรากฏ	โชติมาตรสัมบูรณ์
ดาวคาเพลลา (Capella)	เหลือง	0.08	0.29
ดาวมินตากะ (Mintaka)	น้ำเงิน	2.2	-4.9

6.1 เมื่อมองจากโลกจะเห็นดาวดวงใดสว่างที่สุด

แนวคำตอบ ดาวซิริอัสมีค่าโชติมาตรปรากฏน้อยที่สุด จึงมีความสว่างมากที่สุด เมื่อมองจากโลก

6.2 ดาวดวงใดมีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด

แนวคำตอบ ดาวมินตากะมีสีน้ำเงิน จึงมีอุณหภูมิสูงมากที่สุด

6.3 ดาวดวงใดที่มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์มากที่สุด พิจารณาจากข้อมูลใด

แนวคำตอบ เนื่องจากดาวคาเพลลามีสีเหลืองซึ่งมีสีใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ จึงมีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์มากที่สุด

7. เพราะเหตุใดเมื่อมองจากโลก นักเรียนจึงเห็นดวงอาทิตย์สว่างกว่าดาวซิริอัส

แนวคำตอบ เมื่อเปรียบเทียบโชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์และดาวซิริอัสพบว่า ดวงอาทิตย์มีค่าโชติมาตรปรากฏ -26.7 ส่วนดาวซิริอัสมีค่าโชติมาตรปรากฏ -1.46 ดังนั้นผู้สังเกตบนโลกจะเห็นดวงอาทิตย์มีความส่องสว่างมากกว่าดาวซิริอัส เพราะค่าโชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์น้อยกว่าค่าโชติมาตรปรากฏของดาวซิริอัส

8. ในแต่ละช่วงวิวัฒนาการสมบัติของดาวฤกษ์มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เปลี่ยนแปลงโดยสี อุณหภูมิ และกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงวิวัฒนาการ ลักษณะการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นกับมวลตั้งต้นของดาวฤกษ์

9. ดาวในแถบลำดับหลักและดาวยักษ์มีสมบัติแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ แตกต่างกัน ดาวในแถบลำดับหลักมีขนาด สี และอุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนดาวยักษ์มีขนาดใหญ่ และมีสีค่อนข้างแดง

10. เนบิวลาคืออะไร และมีความสัมพันธ์กับดาวฤกษ์อย่างไร

แนวคำตอบ เนบิวลา คือกลุ่มแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมที่เกิดจากบิกแบงหรือเกิดจากซูเปอร์โนวา หรือเกิดจากจุดจบของดาวฤกษ์ขนาดใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ เนบิวลาเกี่ยวข้องกับดาวฤกษ์เนื่องจากดาวฤกษ์เกิดจากการรวมตัวของสสารภายในเนบิวลาด้วยแรงโน้มถ่วง เมื่อสสารยุบตัวลง เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ กลายเป็นดาวฤกษ์และจุดจบของดาวฤกษ์เป็นเนบิวลา

11. ปฏิกริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนและวัฏจักรคาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ

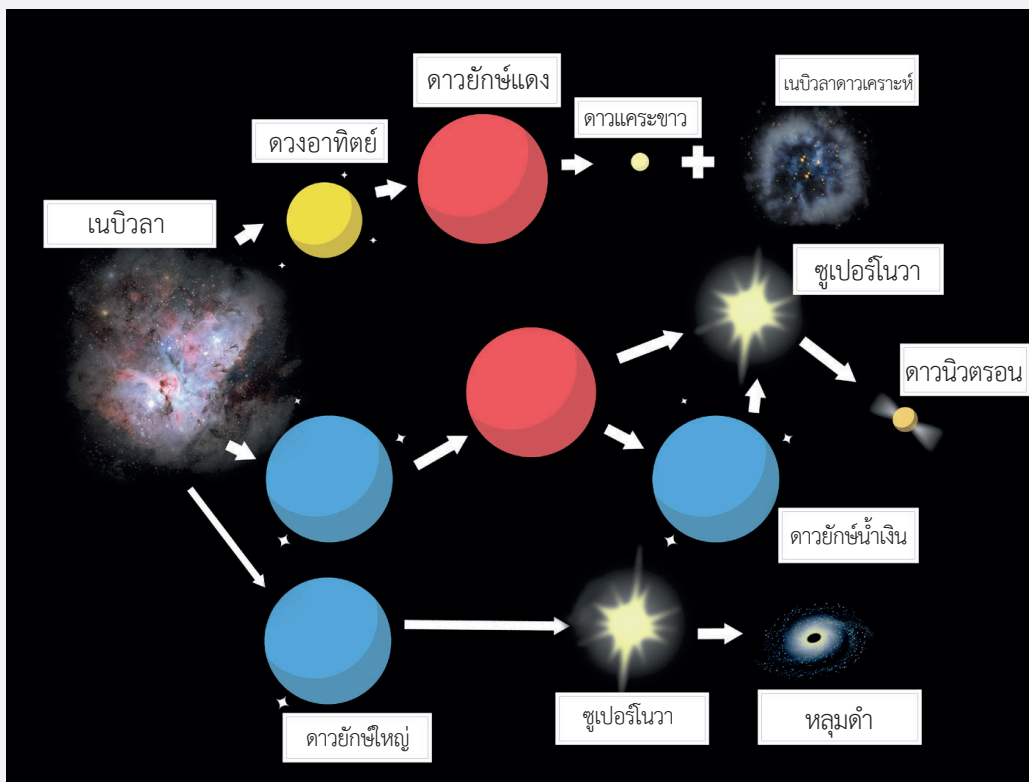
ปฏิกิริยา	อุณหภูมิ	มวลดาวฤกษ์	ตัวกลางปฏิกิริยา	ผลของปฏิกิริยา
ลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน	10-15 ล้านเคลวิน	ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 0.08 ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์	ไม่มี	เปลี่ยนนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม
คาร์บอน-ไนโตรเจน-ออกซิเจน	ประมาณ 16 ล้านเคลวิน	ดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์	คาร์บอนไนโตรเจนออกซิเจน	เปลี่ยนนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม

12. เพราะเหตุใดดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย จึงมีช่วงชีวิตที่ยาวนานกว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลมาก

แนวคำตอบ ดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยมีขนาดเล็ก จะมีการใช้เชื้อเพลิงในอัตราที่น้อย จึงมีช่วงชีวิตยาว ส่วนดาวฤกษ์ที่มีมวลมาก มีขนาดใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงในอัตราที่สูงมาก ทำให้มีช่วงชีวิตสั้น

13. นำคำที่กำหนดให้เติมลงในช่องว่างของแผนภาพวิวัฒนาการดาวฤกษ์ที่กำหนด

ดาวฤกษ์แดง	เนบิวลา	เนบิวลาดาวเคราะห์	ดาวนิวตรอน	ดาวแคระขาว
ดาวฤกษ์ใหญ่	ดวงอาทิตย์	หลุมดำ	ดาวฤกษ์น้ำเงิน	ซูเปอร์โนวา



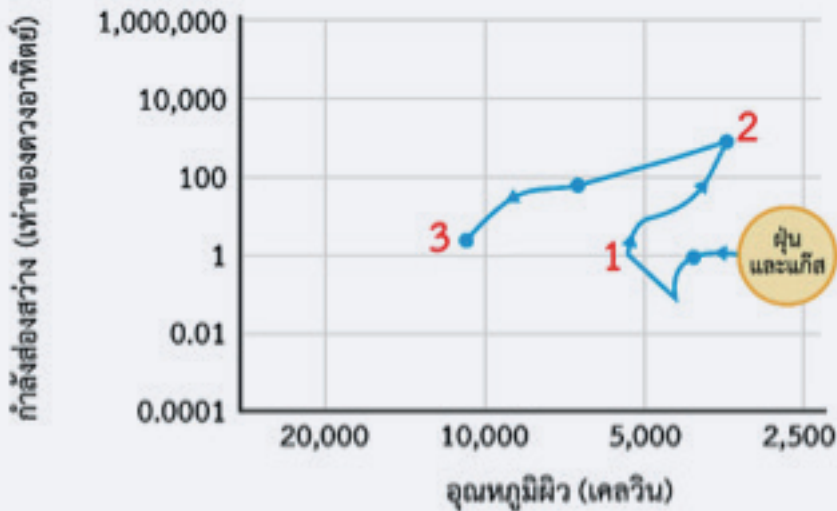
14. ปัจจุบันดวงอาทิตย์ของเราอายุประมาณเท่าไร และจะมีอายุขัยประมาณเท่าไร

แนวคำตอบ จากแผนภาพวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์พบว่าดวงอาทิตย์ในปัจจุบัน มีอายุประมาณ 4,500 ล้านปี และมีอายุขัยได้ประมาณ 10,000 ล้านปี

15. ธาตุต่าง ๆ บนโลกและในตัวเราเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์อย่างไร

แนวคำตอบ การวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ก่อให้เกิดธาตุหนักขึ้นในอวกาศ และเป็นธาตุเริ่มต้นในการก่อตัวของโลกและสิ่งมีชีวิต ธาตุตั้งแต่ฮีเลียมถึงเหล็กเกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดาวฤกษ์ ส่วนธาตุที่หนักกว่าเหล็กเกิดจากซูเปอร์โนวา

16. พิจารณาแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ของดาวฤกษ์ที่กำหนดให้และตอบคำถามต่อไปนี้



หมายเหตุ รูปมีการปรับแก้จากหนังสือเรียน ครูและนักเรียนสามารถดาวน์โหลดได้ที่ QR code ประจำบทของหนังสือเรียนและคู่มือครู

16.1 จากแผนภาพ หมายเลข 1 ถึง 3 แสดงลำดับวิวัฒนาการช่วงใดของดาวฤกษ์

แนวคำตอบ 1.ดาวในแถบลำดับหลัก 2.ดาวยักษ์ 3.ดาวแคระขาว

16.2 จุดจบของดาวดวงนี้เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ แก่นของดาวฤกษ์ยุบตัวกลายเป็นดาวแคระขาว และส่วนที่เหลือกระจายออกสู่อวกาศกลายเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์

16.3 ดาวฤกษ์ดวงนี้น่าจะมีมวลประมาณเท่าใดเมื่อเทียบกับมวลของดวงอาทิตย์

แนวคำตอบ ตั้งแต่ 0.08 ถึงน้อยกว่า 9 เท่าของมวลดวงอาทิตย์

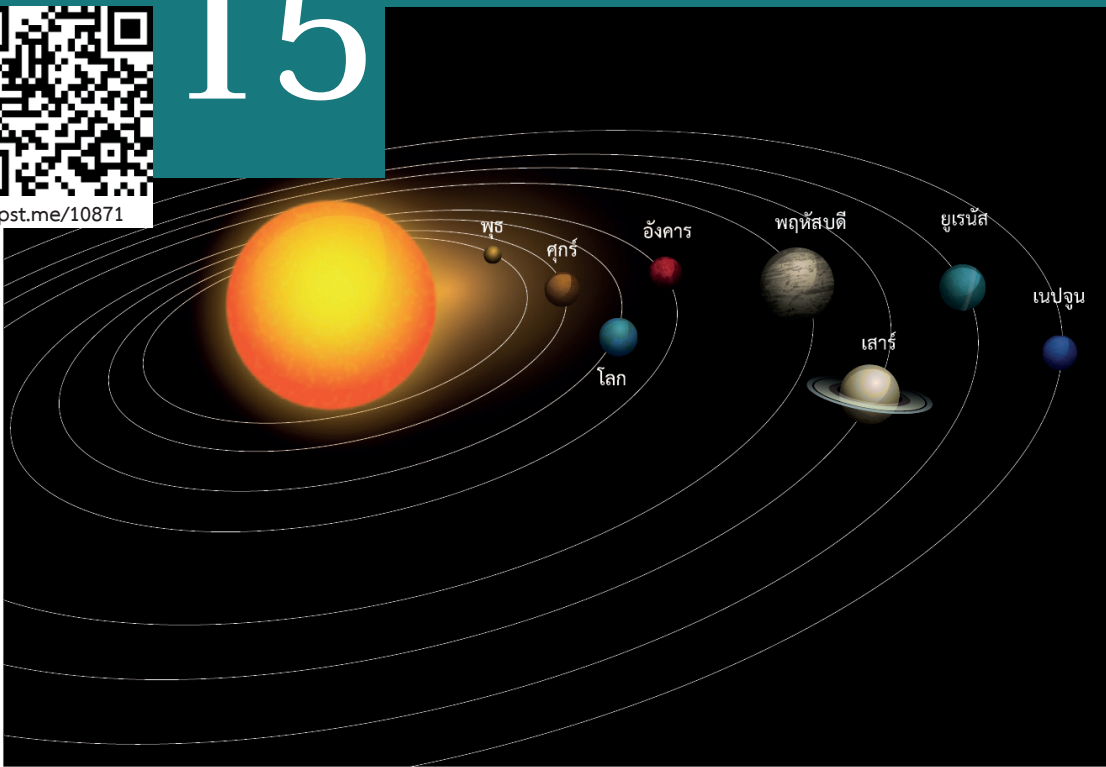
16.4 อธิบายวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ดวงนี้

แนวคำตอบ ในช่วงที่ดาวฤกษ์ดวงนี้อยู่ในแถบลำดับหลัก เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลอมไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมที่แก่น จนกระทั่งใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด ดาวฤกษ์จะขยายขนาดขึ้นกลายเป็นดาวยักษ์แดง ในขณะที่แก่นของดาวฤกษ์จะเริ่มหลอมฮีเลียมเป็นคาร์บอน เมื่อฮีเลียมที่แก่นหมดลงแล้ว แก่นดาวจะยุบตัวลงกลายเป็นดาวแคระขาว ส่วนที่เหลือกระจายออกสู่อวกาศกลายเป็นเนบิวลาดาวเคราะห์

บทที่ 15 | ระบบสุริยะ (Solar System)



ipst.me/10871



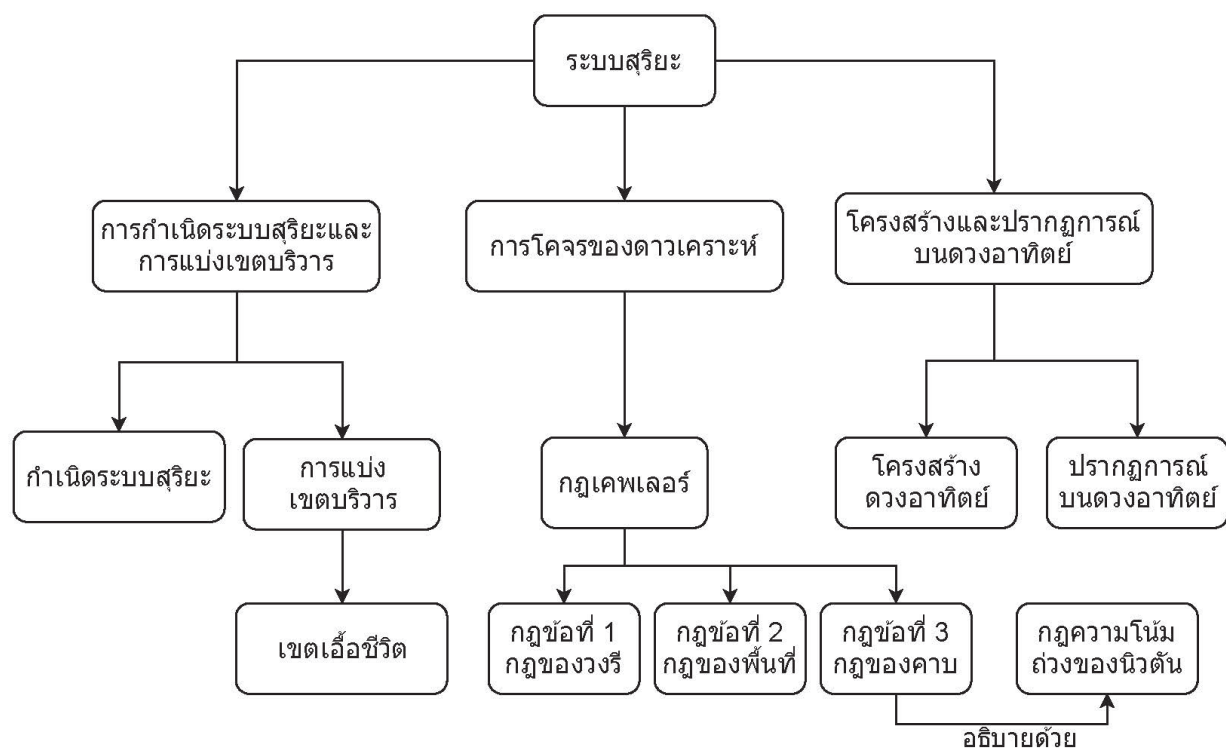
ผลการเรียนรู้

1. อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต
2. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์
3. อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ - อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ และลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต - อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์ - อธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และวิเคราะห์นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลกรวมทั้งประเทศไทย		
จุดประสงค์การเรียนรู้ - อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริวารรอบดวงอาทิตย์ - อธิบายลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต - อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์และกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์ - สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ - สืบค้นข้อมูล อภิปราย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับผลจากปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลกรวมทั้งประเทศไทย		
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา	- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ - ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ - การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	- การใช้วิจารณญาณ - ความใจกว้าง - ความอยากรู้อยากเห็น - การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ผังมโนทัศน์





สาระสำคัญ

ระบบสุริยะเกิดจากการรวมตัวของสสารในเนบิวลาสุริยะ โดยสสารส่วนใหญ่รวมตัวกันเป็นดวงอาทิตย์ และมวลที่เหลือรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ และบริวารอื่น ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ซึ่งอธิบายได้ด้วยกฎเคปเลอร์และกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน ปัจจุบันมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะพบสิ่งมีชีวิตบนดาวดวงอื่น หากดาวดวงนั้นมีสภาวะที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต พลังงานจากดวงอาทิตย์นอกจากจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแล้ว ปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ยังมีผลต่อโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลก

เวลาที่ใช้

บทเรียนนี้ควรใช้เวลาประมาณ

10 ชั่วโมง

15.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ 4 ชั่วโมง

15.2 การโคจรของดาวเคราะห์ 3 ชั่วโมง

15.3 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ 3 ชั่วโมง

รวม

10 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

1. ธาตุ
2. บริวารของดวงอาทิตย์
3. เนบิวลา
4. แรงดัน
5. ปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์
6. แรงโน้มถ่วง



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบท้ายข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ชั้นใน	✓
2	ดวงอาทิตย์สร้างพลังงานจากปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์	✓

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
3	วงโคจรของดาวพลูโตเป็นเขตนอกสุดของระบบสุริยะ แนวคำตอบ เมฆของออร์ตเป็นเขตนอกสุดของระบบสุริยะ	x
4	เมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุเพิ่มมากขึ้น แรงโน้มถ่วงจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น แนวคำตอบ แรงโน้มถ่วงจะมีค่าน้อยลง	x
5	แรงโน้มถ่วงของโลกกับวัตถุแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลของโลกกับมวลของวัตถุและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างวัตถุกับโลก $F = \frac{GM_{โลก}m_{วัตถุ}}{r^2}$	✓
6	ดาวเคราะห์บางดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงกลม แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ทุกดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี	x
7	ดาวหางไม่จัดเป็นสมาชิกของระบบสุริยะ แนวคำตอบ ดาวหางจัดเป็นสมาชิกของระบบสุริยะ	x
8	จุดมืดดวงอาทิตย์เป็นบริเวณที่ไม่มีความร้อน แนวคำตอบ จุดมืดดวงอาทิตย์เป็นบริเวณที่มีความร้อน	x
9	ดวงอาทิตย์มีการหมุนรอบตัวเอง	✓
10	น้ำในสถานะของเหลวเป็นปัจจัยหนึ่งที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต	✓
11	ความเร็วในการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับระยะทางและเวลา ดังสมการ $v = \frac{s}{t}$	✓
12	วงรีมีจุดโฟกัสสองจุด และมีแกนสองแกนตัดกันที่จุดศูนย์กลาง แกนที่ยาวกว่าเรียกว่า แกนเอกอีกแกนหนึ่งเรียกว่า แกนโท	✓

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ความเข้าใจที่ถูกต้อง
จุดมืดดวงอาทิตย์คือ บริเวณที่ดวงอาทิตย์ดับ ไม่มีพลังงานและจะขยายขนาดมากขึ้นเรื่อย ๆ	จุดมืดดวงอาทิตย์อยู่บนชั้นโฟโตสเฟียร์ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณอื่น โดยบริเวณที่เกิดจุดมืดดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิประมาณ 4,300 เคลวินซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์ที่มีค่าประมาณ 5,800 เคลวิน จึงทำให้สังเกตเห็นว่ามีสีคล้ำกว่าบริเวณข้างเคียง
ระบบสุริยะประกอบด้วย ดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์	ระบบสุริยะประกอบด้วย ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง
ดาวเคราะห์ชั้นนอกเป็นดาวเคราะห์ที่มีมืองค์ประกอบเป็นแก๊สเท่านั้น	ดาวเคราะห์ชั้นนอกไม่ได้มีมืองค์ประกอบเป็นแก๊สอย่างเดียว แต่จะมีแกนเป็นของแข็ง มืองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลวและแก๊ส
แสงเหนือใต้เกิดจากแสงอาทิตย์สะท้อนจากน้ำแข็งขั้วโลก	แสงเหนือใต้เกิดจากการแตกตัวของแก๊สในชั้นบรรยากาศโลกเมื่อได้รับลมสุริยะและพายุสุริยะ

15.1 กำเนิดระบบสุริยะและการแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายกระบวนการเกิดระบบสุริยะ และการแบ่งเขตบริหารรอบดวงอาทิตย์
- อธิบายลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
- สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ภาพของระบบสุริยะในหนังสือเรียนหน้า 69 พร้อมร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้
 - ระบบสุริยะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง
แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ ดาวหาง ดาวเคราะห์น้อย
 - ระบบสุริยะเกิดขึ้นมาได้อย่างไร
แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น การยุบตัวของเนบิวลา
2. ครูให้นักเรียนศึกษากำเนิดระบบสุริยะโดยปฏิบัติการ 15.1

**กิจกรรม 15.1 กำเนิดระบบสุริยะ****จุดประสงค์กิจกรรม**

วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการกำเนิดระบบสุริยะ

เวลา 1 ชั่วโมง**วัสดุ-อุปกรณ์**

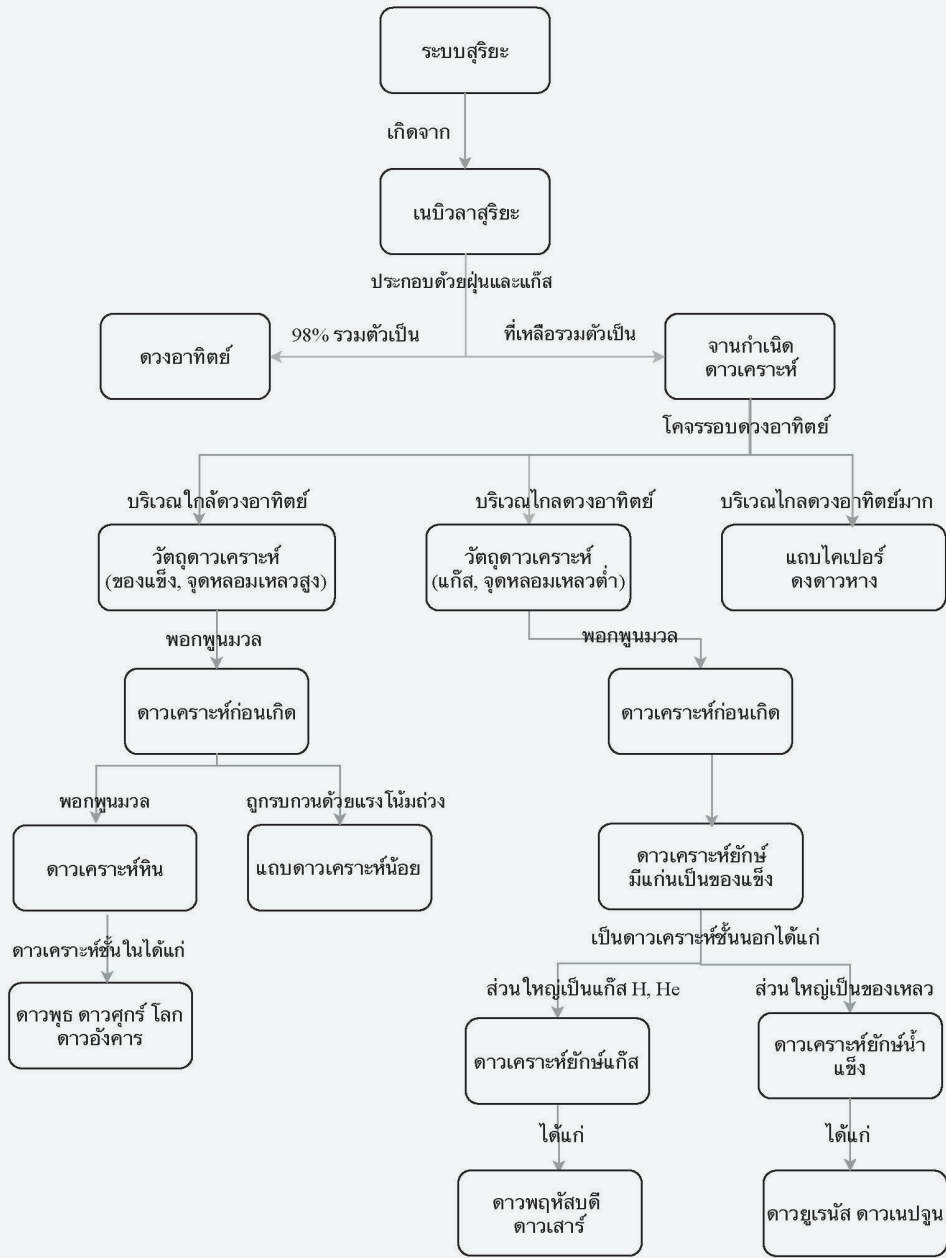
แบบร่างแผนผังขั้นตอนกำเนิดระบบสุริยะ และชุดข้อความ 1 ชุด

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารประกอบกิจกรรมได้จาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. วิเคราะห์ขั้นตอนการเกิดระบบสุริยะจากแบบร่างแผนผังและชุดข้อความที่กำหนด
2. เลือกคำหรือข้อความจากชุดข้อความที่กำหนดและนำมาเติมลงในช่องว่างของแผนผัง
3. เขียนคำบรรยายการเกิดระบบสุริยะจากแบบร่างแผนผังที่ได้ในข้อ 2
4. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



ตัวอย่างคำอธิบายกำเนิดระบบสุริยะ

ระบบสุริยะเกิดจากเนบิวลาสุริยะซึ่งประกอบไปด้วยมวลของดวงอาทิตย์ 99.8% และส่วนที่เหลือรวมเป็นจานกำเนิดดาวเคราะห์ซึ่งโคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยสามารถแบ่งจานกำเนิด

ดาวเคราะห์ออกเป็น 3 บริเวณ ได้แก่

- บริเวณใกล้ดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีจุดหลอมเหลวสูง โดยวัตถุดาวเคราะห์จะเกิดการพอกพูนมวลจนกลายเป็นดาวเคราะห์ก่อนเกิด การพอกพูนมวลจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นดาวเคราะห์ หิน ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร ซึ่งอยู่ในเขตดาวเคราะห์ชั้นใน ส่วนดาวเคราะห์ก่อนเกิดที่ถูกแรงโน้มถ่วงจากดาวพฤหัสบดีรบกวนจะไม่สามารถพอกพูนมวลต่อไปได้ จึงกลายเป็นแถบดาวเคราะห์น้อย
- บริเวณไกลดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊ส มีจุดหลอมเหลวต่ำ โดยวัตถุดาวเคราะห์จะเกิดการพอกพูนมวลจนกลายเป็นดาวเคราะห์ก่อนเกิด การพอกพูนมวลจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นดาวเคราะห์ยักษ์ ซึ่งมีแก่นเป็นของแข็ง แบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มคือดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไฮโดรเจนและฮีเลียม ได้แก่ ดาวพฤหัสบดี และดาวเสาร์ และดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็งซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของเหลว ได้แก่ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน ดาวเคราะห์บริเวณนี้อยู่ในเขตดาวเคราะห์ชั้นนอก
- บริเวณไกลดวงอาทิตย์มาก ประกอบไปด้วยแถบไคเปอร์และดงดาวหาง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดวงอาทิตย์และบริวารกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์และบริวารกำเนิดมาจากแหล่งเดียวกันคือ เนบิวลาสุริยะ

2. จากกิจกรรมเขตดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์มีกี่เขต อะไรบ้าง

แนวคำตอบ เขตดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 เขต ได้แก่ เขตดาวเคราะห์ชั้นใน และเขตดาวเคราะห์ชั้นนอก

3. ดาวเคราะห์ชั้นในและดาวเคราะห์ชั้นนอกกำเนิดมาจากวัตถุดาวเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ต่างกันคือ ดาวเคราะห์ชั้นในกำเนิดมาจากวัตถุดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีจุดหลอมเหลวสูง ส่วนดาวเคราะห์ชั้นนอกกำเนิดมาจากวัตถุดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊ส มีจุดหลอมเหลวต่ำ

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามดังแสดงข้างต้น

4. ครูให้นักเรียนศึกษาความรู้เรื่องกำเนิดระบบสุริยะตามหนังสือเรียนหน้า 72-76 และอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ประเด็นคำถามดังต่อไปนี้

- ระบบสุริยะกำเนิดขึ้นมาได้อย่างไร

แนวคำตอบ ระบบสุริยะกำเนิดจากการรวมตัวของสสารในเนบิวลาสุริยะโดยสสารส่วนใหญ่รวมตัวกันเป็นดวงอาทิตย์ ส่วนที่เหลือรวมตัวเป็นดาวเคราะห์และบริวารอื่นในระบบสุริยะ

- นักดาราศาสตร์แบ่งเขตพื้นที่รอบดวงอาทิตย์ตามลักษณะการก่อตัวได้เป็นกี่เขต อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งออกเป็น 4 เขต คือ เขตดาวเคราะห์ชั้นใน แถบดาวเคราะห์น้อย เขตดาวเคราะห์ชั้นนอก และแถบไคเปอร์กับดงดาวหาง

- ดาวเคราะห์ชั้นในมีองค์ประกอบอย่างไร ได้แก่ดาวเคราะห์ดวงใดบ้าง

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ชั้นในมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็ง ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร

- ดาวเคราะห์ชั้นนอกมีองค์ประกอบอย่างไร ได้แก่ดาวเคราะห์ดวงใดบ้าง

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ชั้นนอกมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นของเหลวและแก๊ส ได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน

- ดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สกับดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็งมีองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียม ส่วนดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น น้ำ แอมโมเนียและมีเทนที่อยู่ในสถานะของเหลว

- แถบดาวเคราะห์น้อยเกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ แถบดาวเคราะห์น้อยเป็นเศษที่เหลือจากการก่อตัวของดาวเคราะห์ชั้นในที่มีขนาดเล็ก และได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดี ทำให้ไม่สามารถรวมตัวเป็นดาวเคราะห์ได้ จึงรวมตัวกันอยู่บริเวณระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี

- ดาวหางกำเนิดมาจากแหล่งใดในระบบสุริยะ

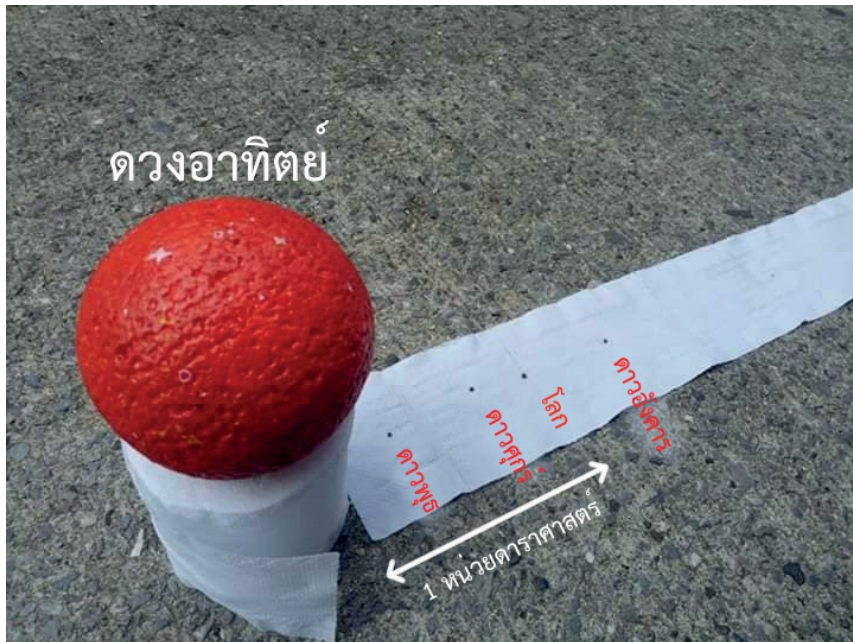
แนวคำตอบ แถบไคเปอร์และดงดาวหาง

5. ครูขยายความรู้เกี่ยวกับกำเนิดระบบสุริยะโดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- โลกจะมีโอกาสถูกวัดถูที่เป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบสุริยะชนหรือไม่ อย่างไร

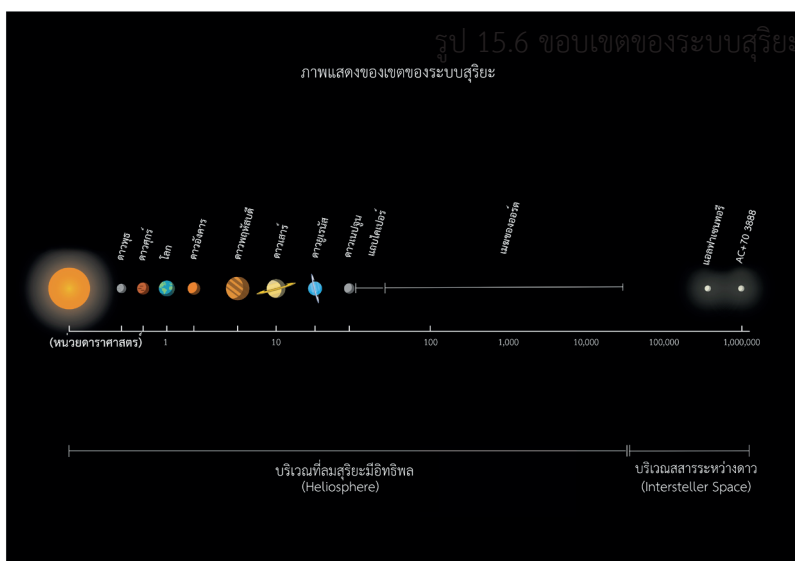
แนวคำตอบ มีโอกาส เนื่องจากในระบบสุริยะของเรามีเศษวัตถุที่เหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์และดาวเคราะห์จำนวนมาก แต่วัตถุเหล่านี้ส่วนใหญ่มีขนาดไม่ใหญ่มาก และจะถูกเผาไหม้ขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศโลก จึงไม่ได้ส่งผลกระทบต่องานมีชีวิตบนโลก ในแต่ละปีโลกจะถูกอุกกาบาตและฝุ่นในระบบสุริยะชนจำนวนมาก คาดว่าเป็นมวลรวมประมาณ 37,000-78,000 ตันต่อปี

6. ครูอาจให้นักเรียนสร้างแบบจำลองระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงดาวเคราะห์ตามสัดส่วนจริง โดยใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น เช่น ดินน้ำมันแทนดาวเคราะห์ กระดาษทิชชูแทนระยะทาง โดยกำหนดให้ความยาวของกระดาษทิชชู 1 แผ่นแทนระยะทาง 1 หน่วยดาราศาสตร์ ดังรูป



7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับขอบเขตของระบบสุริยะตามหนังสือเรียนหน้า 76 โดยใช้คำถามดังนี้ “ระบบสุริยะมีขอบเขตประมาณเท่าใด”

แนวคำตอบ ระบบสุริยะมีขอบเขตที่กว้างขวางมาก เมื่อพิจารณาขอบเขตที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมสุริยะจากดวงอาทิตย์จะมีขนาดประมาณ 120 หน่วยดาราศาสตร์ และจากการสังเกตวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ ที่อยู่ไกลออกไป เช่น ดาวหางเวสต์ พบว่ามีวงโคจรห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 70,000 หน่วยดาราศาสตร์ หรือประมาณ 1.1 ปีแสง ดังนั้นขอบเขตของระบบสุริยะอาจกว้างใหญ่มากกว่า 1.1 ปีแสง



8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะโดยใช้คำถามตัวอย่างดังนี้
- นอกจากโลกในระบบสุริยะแล้ว นักเรียนคิดว่ายังมีดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์อื่นอีกหรือไม่ และดาวเคราะห์เหล่านั้นจะมีโอกาสมีสิ่งมีชีวิตหรือไม่ เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** ตอบตามความคิดเห็นของผู้เรียน เช่น น่าจะมีดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์อื่นอีก เนื่องจากในกาแล็กซีของเราประกอบด้วยดาวฤกษ์หลายแสนล้านดวง จึงมีโอกาสดาวฤกษ์บางดวงอาจมีดาวเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายโลกได้ โดยดาวเคราะห์ดวงนั้นต้องมีชั้นบรรยากาศ แก๊สออกซิเจน น้ำ และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต
9. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ลักษณะของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะและอธิบายโอกาสที่จะพบสิ่งมีชีวิตโดยปฏิบัติกิจกรรม 15.2

กิจกรรม 15.2 เขตเอื้อชีวิต

จุดประสงค์กิจกรรม

วิเคราะห์สภาพเอื้อชีวิตของดาวเคราะห์จากข้อมูลที่กำหนดให้

เวลา 1 ชั่วโมง

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของโลกและตัวอย่างดาวเคราะห์ จากตารางที่กำหนดให้

ดาวเคราะห์	ดาวแม่ (ดาวศูนย์กลางของระบบ)	ชนิดสเปกตรัมของดาวแม่	มวลของดาวแม่ (จำนวนเท่าของมวลดวงอาทิตย์)	มวลดาวเคราะห์ (จำนวนเท่าของมวลโลก)	รัศมีดาวเคราะห์ (จำนวนเท่าของรัศมีโลก)	อุณหภูมิสมดุล* (องศาเซลเซียส)	คาบการโคจร (เทียบกับวันบนโลก)	ระยะทางจากดาวแม่ (หน่วยดาราศาสตร์)
โลก	ดวงอาทิตย์	G	1	1.00	1.00	-17	365.24	1.00
Kepler-452b	Kepler-452	G	1.037	5	1.42	-8	384.84	1.063
Proxima b	Proxima Centauri	M	0.12	1.27	1.2	-39	11	0.0485
Trappist-1e	Trappist-1	M	0.08	0.77	0.9	-27	6.09	0.029

*หมายเหตุ อุณหภูมิของดาวเคราะห์เมื่อพิจารณาให้ดาวเคราะห์ปราศจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

2. เลือกดาวเคราะห์ที่มนุษย์อาจพยพไปอาศัยอยู่ได้ พร้อมให้เหตุผล
3. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

นักเรียนเลือกดาวเคราะห์ดวงใดดวงหนึ่งและให้เหตุผลประกอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ดาว Kepler-452b เป็นดาวเคราะห์ที่มีรัศมี อุณหภูมิสมดุล ระยะทางจากดาวแม่ และคาบการโคจรใกล้เคียงโลก รวมทั้งดาวแม่เป็นดาวฤกษ์ที่มีชนิดสเปกตรัม G เหมือนชนิดสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ เนื่องจากดาวเคราะห์นี้มีมวลมากกว่าโลก 5 เท่า แรงโน้มถ่วงจึงมีค่ามาก จึงส่งผลกระทบต่อของมนุษย์ได้
- ดาว Proxima-b เป็นดาวเคราะห์ที่มีมวล รัศมี และอุณหภูมิใกล้เคียงกับโลก เนื่องจากดาวเคราะห์มีระยะทางจากดาวแม่ใกล้กว่าระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์มาก อาจทำให้สภาพบรรยากาศและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก จึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้

- ดาวTrappist-1e เป็นดาวเคราะห์ที่มีมวล รัศมี และอุณหภูมิใกล้เคียงกับโลก เนื่องจากดาวเคราะห์มีระยะทางจากดาวแม่ใกล้กว่าระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์มาก อาจทำให้สภาพบรรยากาศและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก จึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้

คำถามท้ายกิจกรรม

มนุษย์มีโอกาสจะพบดาวเคราะห์ที่สามารถอาศัยอยู่ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มีโอกาส เพราะมีการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะจำนวนมากซึ่งบางดวงมีองค์ประกอบคล้ายโลก เช่น ดาว Kepler-425B ดาว Proxima-b ดาว Trappist-1e

ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับครูเกี่ยวกับดาวเคราะห์ในกิจกรรม

โลกเป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะที่มีสภาวะเอื้อต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์พอเหมาะ บรรยากาศส่วนใหญ่เป็นแก๊สไนโตรเจน และแก๊สออกซิเจน ที่เหลือเป็นแก๊สอาร์กอน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศช่วยให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิต โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร คาบการโคจรประมาณ 365 วัน มีรัศมี 6,378 กิโลเมตร มีมวล 5.976×10^{24} กิโลกรัม มีความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง 9.81 เมตรต่อวินาที² และอุณหภูมิสมดุลง่ายมีค่าเท่ากับ -15 องศาเซลเซียส

ดาวเคราะห์ Proxima-b (ดาวแม่คือ Proxima Centauri)

Proxima-b เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะในเขตเอื้อชีวิต โคจรรอบดาวฤกษ์ Proxima Centauri ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ประเภทดาวแคระแดงในกลุ่มดาวคนครึ่งม้า เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด โดยอยู่ห่างจากโลกประมาณ 4.24 ปีแสง Proxima-b ค้นพบโดยคณะนักดาราศาสตร์จากหอดูดาวยุโรปในซีกโลกใต้ ในวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2559 นักดาราศาสตร์กลุ่มนี้ได้ตรวจวัดโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ ณ หอดูดาวลาซิยา ประเทศชิลี โดยตรวจพบดาวเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็นและช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต นักดาราศาสตร์เชื่อว่าบนผิวของดาวเคราะห์ดวงนี้มีของเหลวซึ่งคล้ายกับน้ำอยู่ นอกจากนี้ดาวแม่ได้มีการปลดปล่อยพลังงานและรังสีอัลตราไวโอเล็ตออกมาตลอดเวลา จึงส่งผลให้ได้รับปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากกว่าโลกหลายเท่า

ดาวเคราะห์ Kepler-425b (ดาวแม่คือ Kepler-425)

องค์การนาซาค้นพบในปีพ.ศ. 2558 ดาวเคราะห์ดวงนี้อยู่ในเขตเอื้อชีวิต โคจรรอบดาวแม่ที่มีลักษณะคล้ายดวงอาทิตย์ ปัจจุบันยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า Kepler-425b เป็นดาวเคราะห์ชนิดใด แต่ถ้าหากเป็นดาวเคราะห์หิน ดาวเคราะห์ดวงนี้ก็เอื้อต่อการเกิดสิ่งมีชีวิต และเนื่องจาก Kepler-425b มีขนาดใหญ่กว่าโลกถึงห้าเท่า นักวิทยาศาสตร์จึงสันนิษฐานว่าพื้นผิวดาวมีโอกาสที่จะเกิดภูเขาไฟและมหาสมุทรดังเช่นโลกของเรา

ดาวเคราะห์ Trappist-1e (ดาวแม่คือ Trappist-1)

เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีขนาดใกล้เคียงโลก ดาวแม่มีขนาดเล็กกว่าดวงอาทิตย์ 0.08 เท่า อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณหาพื้นที่เขตเอื้อชีวิตของระบบนี้ แล้วพบว่าดาวเคราะห์ Trappist-1e มีวงโคจรอยู่ในเขตเอื้อชีวิตพอดี เนื่องจากดาวแม่มีขนาดเล็ก เขตเอื้อชีวิตจึงมีระยะใกล้ดาวแม่มากขึ้นด้วย ซึ่งในปีพ.ศ. 2560 นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของดาวเคราะห์ Trappist-1e มีน้ำอยู่จริง แต่ยังไม่มีการยืนยันผลว่าน้ำที่ค้นพบอยู่ในรูปของของเหลวหรือแก๊ส และยังไม่มีการชี้ชัดว่าสภาพอากาศของดาวเคราะห์สามารถทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตได้หรือไม่ ยังคงต้องมีการศึกษาต่อไป

10. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปรายพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางในการตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
11. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลดาวเคราะห์ที่กำหนดให้กับความเป็นไปได้ที่มนุษย์จะอาศัยอยู่ได้ โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้
 - ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มนุษย์อาจอพยพไปอาศัยอยู่ได้ควรมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์ควรมีสภาพคล้ายโลก มนุษย์จึงสามารถอาศัยอยู่ได้
12. ครูให้นักเรียนศึกษาความรู้เกี่ยวกับเขตเอื้อชีวิตจากหนังสือเรียนหน้า 78 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้
 - เขตเอื้อชีวิตคืออะไร

แนวคำตอบ เป็นบริเวณที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต มีน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลว มีชั้นบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และอยู่ห่างจากดาวฤกษ์ในระยะทางที่เหมาะสม ทำให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

- ในระบบสุริยะของเราบริเวณใดเป็นเขตเอื้อชีวิต เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ บริเวณที่อยู่ระหว่างดาวศุกร์กับดาวอังคาร เพราะเป็นบริเวณที่อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ในระยะทางที่เหมาะสม และมีโอกาสที่จะพบน้ำ



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สัดส่วนองค์ประกอบของโลกและดาวอังคาร

ส่วนที่เป็นเปลือกโลกประกอบด้วย ซิลิกา อะลูมินา เหล็กออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และอื่น ๆ ส่วนเนื้อโลกประกอบด้วย เหล็ก ซิลิกอน แมกนีเซียม และอื่น ๆ สำหรับแก่นประกอบด้วย เหล็ก นิกเกิล และซัลเฟอร์ โลกมีบรรยากาศประกอบด้วย แก๊สไนโตรเจน 78.09% แก๊สออกซิเจน 20.95% แก๊สอาร์กอน 0.93% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.039% และอื่น ๆ

ดาวอังคารมีสัดส่วนของธาตุใกล้เคียงกัน อาจต่างกันเล็กน้อยโดยดาวอังคารมีสัดส่วนของเหล็กมากกว่าโลกเล็กน้อย สำหรับดาวอังคารมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 95.32% แก๊สไนโตรเจน 2.7% แก๊สอาร์กอน 1.6% แก๊สออกซิเจน 0.13% แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.08% และอื่น ๆ

สัดส่วนองค์ประกอบของดาวเคราะห์แก๊ส

ดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สที่อยู่ในระบบสุริยะประกอบด้วยดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ มีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ดังนี้ ดาวพฤหัสบดีประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจน 89% แก๊สฮีเลียม 10% แก๊สมีเทน 0.3% และแก๊สแอมโมเนีย 0.026% ดาวเสาร์ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนมากถึง 96.3% แก๊สฮีเลียม 3.25% แก๊สมีเทน 0.45% และแก๊สแอมโมเนีย 0.0125%

สัดส่วนองค์ประกอบของดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง

ดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็งที่อยู่ในระบบสุริยะประกอบด้วยดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน มีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ดังนี้ น้ำ 56% มีเทน 36% และแอมโมเนีย 8% นอกจากนี้ยังอาจมีของเหลวหรือของแข็งในรูปผลึก ภายในดาวยักษ์น้ำแข็งประกอบด้วยเหล็ก ซิลิกอน แมกนีเซียมออกไซด์ เหล็กซัลไฟด์ และโลหะเหลว สำหรับชั้นบรรยากาศประกอบด้วย ไฮโดรเจน ฮีเลียม และไฮโดรคาร์บอน ยานวอยเอจเจอร์ 2 วัดอุณหภูมิผิวของดาวยักษ์น้ำแข็งได้ประมาณ -224 องศาเซลเซียส

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: 1. การเกิดระบบสุริยะ 2. การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ 3. ลักษณะดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตและดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 15.1 และ 15.2 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปกกับเวลา 2 .การสื่อสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การนำเสนอผลงานให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการเกิดดวงอาทิตย์และบริวารของดวงอาทิตย์ และการแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ 2. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน 3. ร่วมอภิปรายข้อมูล หรือข่าวเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์อื่นๆ 4. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
A: 1.การใช้วิจารณญาณ 2.ความใจกว้าง 3.ความอยากรู้อยากเห็น 4.การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์	1. การร่วมอภิปรายข้อมูลหรือข่าวเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวเคราะห์อื่นๆ 2. ร่วมกันอภิปราย และการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้

15.2 การโคจรของดาวเคราะห์

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์และกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน พร้อมคำนวณคาบการโคจรของดาวเคราะห์

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามดังต่อไปนี้ “ดาวเคราะห์และบริวารต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ได้อย่างไร”

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น ดาวเคราะห์และบริวารต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วง

2. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 15.3 กฎเคปเลอร์



กิจกรรม 15.3 กฎเคปเลอร์

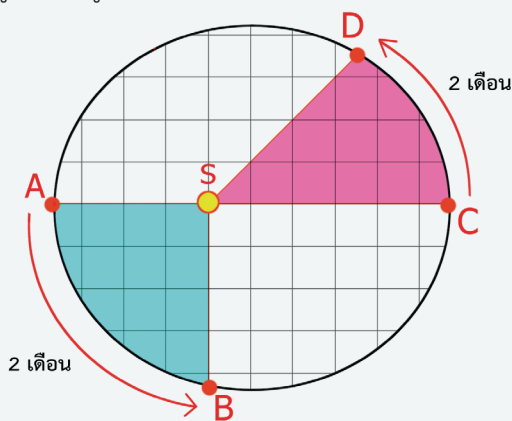
จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์

เวลา 1 ชั่วโมง

สถานการณ์

“นักดาราศาสตร์สังเกตการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ ก เมื่อตำแหน่งของดาวเคราะห์ ก อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเป็นระยะเวลา 2 เดือน และเมื่อตำแหน่งอยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดเป็นระยะเวลา 2 เดือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาบันทึกลงในแผนภาพการโคจรของดาวเคราะห์ ก ได้ดังรูป” ข้อมูลดังกล่าวบอกลักษณะการโคจรของดาวเคราะห์ได้อย่างไร



กำหนดให้

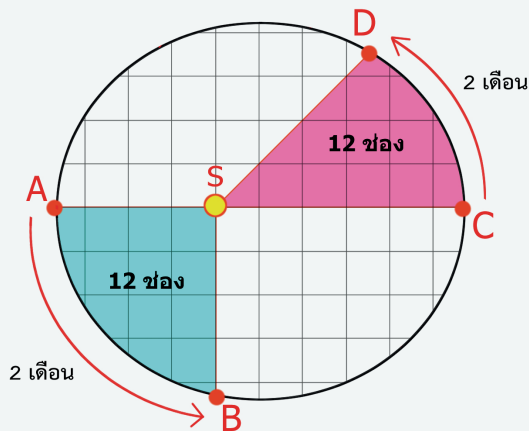
S คือตำแหน่งของดวงอาทิตย์
A และ B คือตำแหน่งที่ดาวเคราะห์ ก อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด
C และ D คือตำแหน่งที่ดาวเคราะห์ ก อยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุด

ตอนที่ 1 การศึกษาพื้นที่ในวงโคจรของดาวเคราะห์

วิธีการทำกิจกรรม

วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และหาพื้นที่การโคจรของดาวเคราะห์ ก เมื่อตำแหน่งอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด และเมื่ออยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดโดยการนับช่องตาราง และบันทึกผล

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



คำถามท้ายกิจกรรม

1. พื้นที่เมื่อตำแหน่งของดาวเคราะห์ ก อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด และพื้นที่เมื่อตำแหน่งดาวเคราะห์ ก อยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ มีพื้นที่ใกล้เคียงกัน จำนวน 12 ช่อง

2. อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ ก ช่วงที่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด และช่วงที่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน เมื่อพิจารณาระยะทางระหว่าง A ถึง B และระยะทางระหว่าง C ถึง D ในระยะเวลาที่เท่ากัน พบว่าระยะทาง A ถึง B มากกว่า ระยะทาง C ถึง D ดังนั้น ช่วงที่ดาวเคราะห์ ก อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด จึงมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่วงที่ดาวเคราะห์ ก อยู่ไกลดวงอาทิตย์มากที่สุด

ตอนที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคาบการโคจรกับค่าครึ่งแกนหลัก

วิธีการทำกิจกรรม

1. จากตารางที่กำหนดศึกษาคาบการโคจรของดาวเคราะห์ต่าง ๆ (P) และศึกษาค่าครึ่งแกนหลัก ซึ่งเป็นระยะห่างเฉลี่ยระหว่างดาวเคราะห์แต่ละดวงกับดวงอาทิตย์ (a)

ดาวเคราะห์	คาบการโคจร (P) (ปี)	ค่าครึ่งแกนหลัก (a) (หน่วยดาราศาสตร์)
ดาวพุธ	0.24	0.39
ดาวศุกร์	0.62	0.72
โลก	1.00	1.00
ดาวอังคาร	1.88	1.52
ดาวพฤหัสบดี	11.86	5.20
ดาวเสาร์	29.46	9.54
ดาวยูเรนัส	84.01	19.18
ดาวเนปจูน	164.80	30.06

2. คำนวณค่ากำลังสองของคาบการโคจร (P^2) และกำลังสามของค่าครึ่งแกนหลัก (a^3) บันทึกผล
3. เปรียบเทียบค่าทั้งสอง สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ดาวเคราะห์	คาบการโคจร (P) (ปี)	คาบการโคจร ²	ครึ่งแกนหลัก (หน่วยดาราศาสตร์)	ค่าครึ่งแกนหลัก ³
พุธ	0.24	0.06	0.39	0.06
ศุกร์	0.62	0.38	0.72	0.38
โลก	1.00	1.00	1.00	1.00
อังคาร	1.88	3.53	1.52	3.51
พฤหัสบดี	11.86	140.66	5.20	140.61
เสาร์	29.46	867.89	9.54	868.25
ยูเรนัส	84.01	7,057.68	19.18	7,055.79
เนปจูน	164.80	27,159.04	30.06	27,162.32

สรุปผลการทำกิจกรรม

เมื่อดาวเคราะห์อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าเมื่อดาวเคราะห์อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ แต่มีพื้นที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังสองของคาบการโคจรกับค่ากำลังสามของค่าครึ่งแกนหลักพบว่ามีความใกล้เคียงกัน

คำถามท้ายกิจกรรม

จากกิจกรรม ค่ากำลังสองของคาบการโคจร และค่ากำลังสามของค่าครึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์ใด ๆ มีค่าเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ค่ากำลังสองของคาบการโคจรของดาวเคราะห์เท่ากับค่ากำลังสามของค่าครึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามดังแสดงข้างต้น
4. ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ของเคปเลอร์ในหนังสือเรียนหน้า 82-85 และอภิปรายร่วมกัน โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้
 - ลักษณะวงโคจรของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดใดจุดหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 1 กฎของวงรี
 - ค่าความรีมีความสัมพันธ์กับค่าระยะทางจากจุดศูนย์กลางของวงโคจรถึงดวงอาทิตย์ กับค่าครึ่งแกนหลักอย่างไร

แนวคำตอบ ค่าความรีของวงโคจรของดาวเคราะห์ขึ้นอยู่กับ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของวงโคจรถึงดวงอาทิตย์กับค่าครึ่งแกนหลัก
 - ดาวเคราะห์ดวงใดในระบบสุริยะมีความรีในวงโคจรมากที่สุด

แนวคำตอบ ดาวพุธมีความรีในวงโคจรมากที่สุด
 - พื้นที่ที่ดาวเคราะห์เคลื่อนที่กวาดไปมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์อย่างไร

แนวคำตอบ ในระยะเวลาที่เท่ากัน ดาวเคราะห์เคลื่อนที่กวาดไปด้วยพื้นที่เท่ากัน
 - คาบการโคจรของดาวเคราะห์และค่าครึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แนวคำตอบ กำลังสองของคาบการโคจรของดาวเคราะห์ในหน่วยปีเทียบกับโลก มีค่าเท่ากับกำลังสามของระยะครึ่งแกนหลักในหน่วยดาราศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 3 กฎของคาบ

5. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายตามความคิดของตนเองว่า “เพราะเหตุใดดาวเคราะห์จึงโคจรรอบดวงอาทิตย์” จากนั้นให้ศึกษากฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันจากหนังสือเรียนหน้า 85 และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามตัวอย่างดังต่อไปนี้

- แรงที่ทำให้ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับมวลของดาวเคราะห์และระยะทางของดาวเคราะห์จากดวงอาทิตย์ อย่างไร

แนวคำตอบ แรงที่ทำให้ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ (F) เป็นแรงดึงดูดที่แปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลของดวงอาทิตย์ (m_1) กับมวลของดาวเคราะห์ (m_2) และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทาง (r) จากดวงอาทิตย์ถึงดาวเคราะห์นั้น โดยมีค่าคงตัวโน้มถ่วงสากลเป็นค่าคงที่ดังสมการ

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- เมื่อ F คือขนาดของแรงโน้มถ่วงระหว่างมวลทั้งสอง
 G คือค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล เท่ากับ $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
 m_1 คือมวลของวัตถุที่หนึ่ง (ดวงอาทิตย์)
 m_2 คือมวลของวัตถุที่สอง (ดาวเคราะห์)
 r คือระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ตามกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน และกฎเคปเลอร์	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 15.3 และการตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การสื่อสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน 2. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม

KPA	การวัดและประเมินผล
A: 1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การร่วมอภิปรายข้อมูล 2. ร่วมกันอภิปราย และการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูลร่วมกันตั้งคำถาม อภิปราย เกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ดังตัวอย่างในชั้นขยายความรู้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์

กฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันเกิดขึ้นเมื่อนิวตันตั้งข้อสังเกตว่า การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยหลักเดียวกันกับการตกอย่างอิสระของวัตถุบนพื้นโลก นั่นคือดวงอาทิตย์มีแรงโน้มถ่วงซึ่งดึงดูดดาวเคราะห์ไว้ โดยวัตถุที่มีมวลมากกว่ามีแรงโน้มถ่วงมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า ดังนั้นดวงอาทิตย์ซึ่งมีมวลมากที่สุดในระบบสุริยะจึงมีอิทธิพลต่อมีแรงโน้มถ่วงมากที่สุด และมีอิทธิพลต่อแรงเข้าสู่ศูนย์กลางของดาวเคราะห์ และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวสัมผัส ทำให้ดาวเคราะห์ไม่เคลื่อนที่เข้าหาดวงอาทิตย์ แต่จะเคลื่อนที่เป็นวงรอบดวงอาทิตย์ เช่นเดียวกับการผูกวัตถุเล็ก ๆ ไว้ที่ปลายเชือกแล้วเหวี่ยงเชือกจะพบว่า วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงรอบมือที่จับเชือก

15.3 โครงสร้างและปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์
2. ยกตัวอย่างผลจากปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลกรวมทั้งประเทศไทย

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับดวงอาทิตย์โดยใช้ตัวอย่างคำถามต่อไปนี้

- โลกของเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบใดบ้าง

แนวคำตอบ โลกเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบของพลังงานแสง พลังงานความร้อน และรังสีต่าง ๆ เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต

- ดวงอาทิตย์สร้างพลังงานได้อย่างไร และสร้างที่บริเวณใด

แนวคำตอบ สร้างพลังงานจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ โดยสร้างที่แก่นของดวงอาทิตย์

2. ครูนำอภิปรายเข้าสู่กิจกรรมโดยใช้คำถามนำ "พลังงานที่ถูกผลิตขึ้นที่แก่นของดวงอาทิตย์ส่งผ่านมายังพื้นผิวดวงอาทิตย์อย่างไร" ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 15.4 โครงสร้างดวงอาทิตย์



กิจกรรม 15.4 โครงสร้างดวงอาทิตย์

จุดประสงค์กิจกรรม

ระบุและอธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

เอกสารความรู้เรื่อง โครงสร้างดวงอาทิตย์ 1 ชุด

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารประกอบกิจกรรมได้จาก QR code ประจำบท

การเตรียมตัวล่วงหน้า

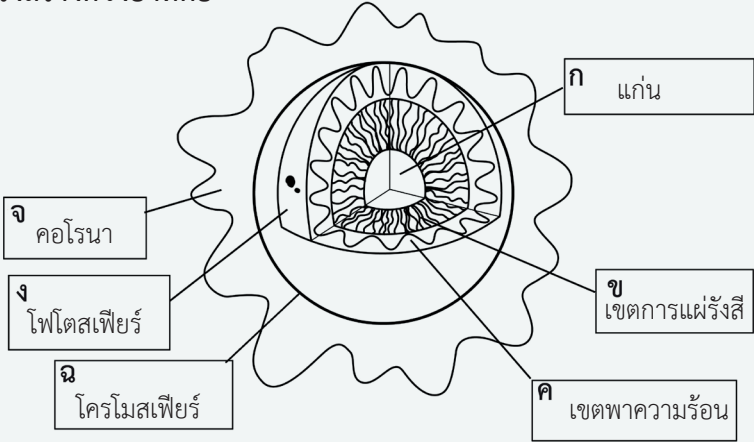
-

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาความรู้เรื่อง โครงสร้างดวงอาทิตย์ จากเอกสารที่กำหนด
2. ระบุชื่อโครงสร้างดวงอาทิตย์ลงในแผนภาพที่กำหนด
3. อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์ลงในตารางที่กำหนด
4. สรุป และนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

แผนภาพโครงสร้างดวงอาทิตย์



ตารางบันทึกผล

บริเวณ	ลักษณะสำคัญ
ก. แก่น	เป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์
ข. เขตการแผ่รังสี	เป็นเขตที่มีการถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งอยู่ระหว่างแก่นและเขตพาความร้อน
ค. เขตพาความร้อน	เป็นเขตที่ถ่ายโอนความร้อนออกสู่ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์
ง. โฟโตสเฟียร์	เป็นชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสุริยะ
ฉ. โครโมสเฟียร์	เป็นชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ที่ห่อหุ้มชั้นโฟโตสเฟียร์และมีความหนาแน่นน้อยกว่าชั้นโฟโตสเฟียร์ สังเกตเห็นได้เป็นเส้นขอบสีค่อนไปทางแดงขณะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง
จ. โคโรนา	เป็นชั้นบรรยากาศชั้นนอกสุดที่มีความหนาแน่นน้อย และแผ่กระจายได้ไกลมาจากดวงอาทิตย์ จะเห็นแสงชั้นนี้ในช่วงที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง

สรุปผลการทำกิจกรรม

โครงสร้างของดวงอาทิตย์ประกอบด้วย 2 ชั้นหลักคือโครงสร้างภายใน และชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ โดยโครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ แก่น เขตการแผ่รังสี เขตพาความร้อน ส่วนชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ และโคโรนา

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดวงอาทิตย์มีโครงสร้างหลักกี่ชั้น อะไรบ้าง

แนวคำตอบ 2 ชั้น ได้แก่ โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์ และ ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์

2. โครงสร้างภายในดวงอาทิตย์มีกี่ชั้น อะไรบ้าง แต่ละชั้นแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ 3 ชั้น ได้แก่ แก่น เขตการแผ่รังสี เขตพาความร้อน แต่ละชั้นมีความหนาแน่นต่างกัน โดยแก่นมีความหนาแน่นสูงสุด จากนั้นรองลงมาเป็นเขตการแผ่รังสี และเขตพาความร้อน ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยที่สุด

3. ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์มีกี่ชั้น อะไรบ้าง แต่ละชั้นแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นโฟโตสเฟียร์ ชั้นโครโมสเฟียร์ ชั้นโคโรนา ซึ่งแต่ละชั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยชั้นโคโรนามีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาเป็นชั้นโครโมสเฟียร์ และชั้นโฟโตสเฟียร์ตามลำดับ

4. บริเวณใดของดวงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งสร้างพลังงาน และสร้างพลังงานได้อย่างไร

แนวคำตอบ ดวงอาทิตย์สร้างพลังงานที่แก่น โดยสร้างจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามดังแสดงข้างต้น

4. ครูให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างของดวงอาทิตย์จากหนังสือเรียนหน้า 87 แล้วอภิปรายร่วมกันโดยมีแนวทางดังตัวอย่างคำถามต่อไปนี้

- นอกจากแสงแล้วยังมีสิ่งใดอีกที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยมายังโลก

แนวคำตอบ พลังงานความร้อน และอนุภาคพลังงานสูงซึ่งประกอบด้วยโปรตอนและอิเล็กตรอน

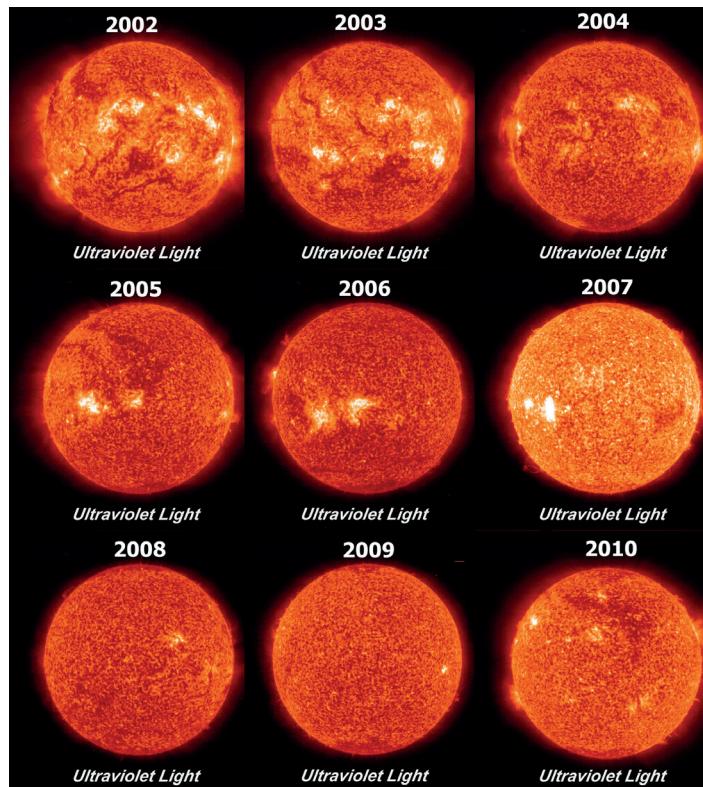
- กระบวนการถ่ายโอนความร้อนหลักภายในดวงอาทิตย์มีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ การแผ่รังสีความร้อน และการพาความร้อน

- พลังงานความร้อนภายในดวงอาทิตย์มีถ่ายโอนออกสู่อวกาศได้อย่างไร และใช้เวลานานเท่าไร

แนวคำตอบ มีการแผ่รังสีความร้อนจากแก่นดวงอาทิตย์ และถ่ายโอนความร้อนมายังผิวดวงอาทิตย์โดยการพาความร้อน ซึ่งใช้เวลาหลายแสนปีในชั้นการแผ่รังสี

5. ครูให้นักเรียนสังเกตรูปดวงอาทิตย์ที่ถ่ายต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ปี และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังนี้



ที่มารูป : ดัดแปลงจากนาซา

- จากรูปพื้นผิวของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งของบริเวณที่มีความสว่าง
 - การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากอะไร
แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น เกิดจากปรากฏการณ์สุริยะหรือการเกิดจุดมืดบนดวงอาทิตย์
6. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ในหนังสือเรียนหน้า 88-90 และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้
- จุดมืดดวงอาทิตย์เกิดบริเวณใดของดวงอาทิตย์ ลักษณะเป็นอย่างไร
แนวคำตอบ จุดมืดเกิดบนชั้นโฟโตสเฟียร์เป็นบริเวณที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณอื่น มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ
 - เพราะเหตุใดจุดมืดดวงอาทิตย์จึงมีสีเข้มกว่าบริเวณโดยรอบ
แนวคำตอบ อุณหภูมิของจุดมืดต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ จึงเกิดการแผ่พลังงานน้อยกว่า ทำให้สังเกตเห็นเป็นสีคล้ำกว่าบริเวณข้างเคียง

- การลุกจ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร และบริเวณใดของดวงอาทิตย์
แนวคำตอบ การลุกจ้าเกิดขึ้นบริเวณใกล้จุดมืดดวงอาทิตย์ เนื่องจากผลของการบิดตัวของสนามแม่เหล็ก ทำให้มีการปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอนุภาคพลังงานสูง
 - เปลวสุริยะมีลักษณะเป็นอย่างไร และเกิดขึ้นบริเวณใดของดวงอาทิตย์
แนวคำตอบ เปลวสุริยะเป็นพวยแก๊สร้อนขนาดใหญ่ เกิดขึ้นบนชั้นโฟโตสเฟียร์และชั้นโครโมสเฟียร์
 - ลมสุริยะและพายุสุริยะเกิดขึ้นได้อย่างไร
แนวคำตอบ ลมสุริยะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการลุกจ้าและดวงอาทิตย์ปล่อยอนุภาคพลังงานสูงจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตอนและอิเล็กตรอนลมสุริยะมีความเร็วประมาณ 200 ถึง 900 กิโลเมตรต่อวินาที เมื่อความเร็วสูงกว่า 1,000 กิโลเมตรต่อวินาที จึงกลายเป็นพายุสุริยะ
7. เมื่อเกิดลมสุริยะและพายุสุริยะ จะส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไร ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 15.5 ผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก



กิจกรรม 15.5 ผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก

จุดประสงค์กิจกรรม

อธิบายผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก

เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุ-อุปกรณ์

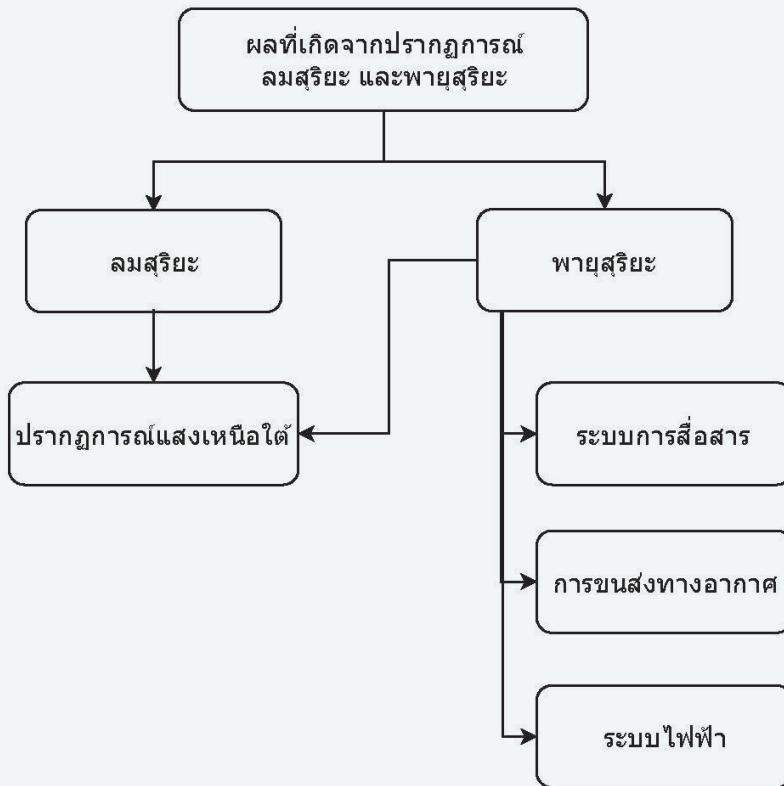
เอกสารความรู้ ผลของลมสุริยะและพายุสุริยะ 1 ชุด

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารประกอบกิจกรรมได้จาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาความรู้เรื่องผลของลมสุริยะและพายุสุริยะ จากเอกสารที่กำหนด
2. วิเคราะห์ข้อมูล และจัดกลุ่มของผลที่เกิดจากลมสุริยะ และพายุสุริยะ
3. นำเสนอผลการวิเคราะห์จากข้อ 2 ในรูปผังมโนทัศน์

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

ผลที่เกิดขึ้นจากลมสุริยะคือปรากฏการณ์แสงเหนือใต้ ส่วนในช่วงที่เกิดพายุสุริยะส่งผลให้เกิดผลกระทบทางระบบไฟฟ้า ระบบการสื่อสาร และการขนส่งทางอากาศ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แสงเหนือใต้เกิดขึ้นได้อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดจากลมสุริยะที่มีการปล่อยอนุภาคพลังงานสูง เมื่ออนุภาคพลังงานสูงเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกตามเส้นแรงแม่เหล็กโลก และชนอะตอมหรือโมเลกุลของแก๊สในบรรยากาศโลก ทำให้แก๊สปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเกิดเป็นปรากฏการณ์แสงเหนือใต้

2. พายุสุริยะส่งผลต่อโลกของเราอย่างไร

แนวคำตอบ อนุภาคพลังงานสูงจากพายุสุริยะรบกวนระบบการสื่อสาร เช่น อาจทำให้การสื่อสารระยะไกลขัดข้องทำให้เครื่องบินไม่สามารถติดต่อกับหอบังคับการได้

3. บริเวณใดของโลกที่มีโอกาสได้รับผลจากลมสุริยะ และพายุสุริยะมากที่สุด

แนวคำตอบ บริเวณใกล้ขั้วโลก

4. ประเทศไทยมีโอกาสได้รับผลจากลมสุริยะ และพายุสุริยะหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ มีโอกาสน้อย เพราะผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์ลมสุริยะ และพายุสุริยะเกิดขึ้นบริเวณขั้วแม่เหล็กโลก

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการอภิปรายและตอบคำถามดังแสดงข้างต้น

10. ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลจากลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก ในหนังสือเรียนหน้า 91-92 และอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถาม ดังนี้

- ลมสุริยะและพายุสุริยะมีผลกระทบอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก

แนวคำตอบ อนุภาคพลังงานสูงที่เกิดจากลมสุริยะและพายุสุริยะ จะรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รบกวนการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้า และการสื่อสาร ทำให้การส่งคลื่นวิทยุ และระบบนำร่องถูกตัดขาด การส่งผ่านข้อมูลจากดาวเทียมบางดวงขาดหายไป

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: 1. โครงสร้างของดวงอาทิตย์ 2. การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และผลที่มีต่อโลก	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 15.4 และ 15.5 และ การตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การร่วมอภิปรายเพื่อสรุปองค์ความรู้แบบฝึกหัด
P: 1. การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา 2. การสื่อสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. ผลงานที่นำเสนอให้เห็นการเกิดจุดมืดดวงอาทิตย์ การปลดปล่อยอนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลให้เกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ 2. การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอผลงาน 3. ร่วมอภิปรายข้อมูล หรือข่าวเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของข้อมูลที่นำเสนอในข่าวเกี่ยวกับผลของพายุสุริยะที่มีต่อโลกและประเทศไทยอย่างสมเหตุสมผล 4. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม

KPA	การวัดและประเมินผล
A: 1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2 .ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การร่วมอภิปรายข้อมูลหรือข่าวเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของข้อมูลที่นำเสนอในข่าวเกี่ยวกับผลของพายุสุริยะที่มีต่อโลกและประเทศไทย 2. ร่วมกันอภิปราย และการตอบคำถาม 3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และตอบคำถามเกี่ยวกับผลจากพายุสุริยะ

ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การถ่ายโอนพลังงานภายในดวงอาทิตย์

การถ่ายโอนพลังงานความร้อนหลักภายในดวงอาทิตย์มีสองแบบคือการพาความร้อนและการแผ่รังสี

ชั้นการแผ่รังสีเกิดจากโฟตอนพลังงานสูงในแก่นของดาวฤกษ์แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา โดยในชั้นนี้มีความหนาแน่นของโปรตอนและอิเล็กตรอนมาก ทำให้โฟตอนเกิดการชนและการสูญเสียพลังงานตลอดเวลา จึงใช้เวลานานนับแสนถึงล้านปีจึงออกพ้นชั้นการแผ่รังสีได้

ชั้นพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากแก๊สซึ่งเกิดจากการรวมตัวของโปรตอนและอิเล็กตรอน จะเกิดการเคลื่อนที่เป็นวง โดยแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำจะจมตัวสู่ด้านล่างของชั้นพาความร้อน ส่วนแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนไปยังผิวของดวงอาทิตย์

ผลกระทบเนื่องจากพายุสุริยะ

พายุสุริยะมีผลทำให้สนามแม่เหล็กโลกมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทาง การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำของตัวนำต่าง ๆ เนื่องจากที่วางขนานกับพื้นดิน ไม่ว่าจะเป็นอยู่บนพื้นดินหรือฝังไว้ใต้ดินเช่น โครงข่ายสายส่งกำลังไฟฟ้า สายโทรศัพท์ท่อประปา

การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กอย่างรวดเร็วและรุนแรงอันเนื่องมาจากพายุสุริยะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำปริมาณมากกว่าปกติในทันทีทันใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณใกล้กับขั้วแม่เหล็กโลกทั้งขั้วเหนือขั้วใต้ ซึ่งทิศของสนามแม่เหล็กค่อนข้างจะตั้งฉากกับพื้นตัวอย่างผลกระทบที่เกิดขึ้น เช่นในเดือนมีนาคมปี พ.ศ. 2532 กระแสเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็กโลกทำให้ระบบบริเลย์ที่ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟเกินให้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำในควิเบก ประเทศแคนาดา

เกิดการตัดไฟขึ้นพร้อม ๆ กัน ทำให้คนไม่มีไฟฟ้าใช้ติดต่อกันนานถึง 9 ชั่วโมง ส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจ นอกจากนี้กระแสเหนี่ยวนำเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกยังมีผลกับการสื่อสารที่ใช้สาย รวมถึงการฟุกร่อนของท่อประปาที่ฝังใต้ดินอีกด้วย



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. สสารหรืออนุภาคที่ก่อให้เกิดระบบสุริยะมีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ระบบสุริยะเกิดจากการรวมตัวของเนบิวลาสุริยะ ซึ่งประกอบด้วยฝุ่นและแก๊ส โดยแก๊สส่วนใหญ่เป็นไฮโดรเจน รองลงมาคือฮีเลียมและธาตุหนักต่าง ๆ

2. เพราะเหตุใดบริเวณเขตดาวเคราะห์ชั้นนอกจึงเป็นดาวเคราะห์ยักษ์แก๊สและดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง

แนวคำตอบ เนื่องจากสสารบริเวณนี้ มีจุดหลอมเหลวต่ำ อยู่ในสถานะแก๊สและถูกผลักออกไปไกลจากดวงอาทิตย์ จึงมารวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ชั้นนอก โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สและของเหลว กลายเป็นดาวเคราะห์ยักษ์แก๊ส และดาวเคราะห์ยักษ์น้ำแข็ง

3. ความหนาแน่นของดาวเคราะห์หินและดาวเคราะห์แก๊ส เท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน ดาวเคราะห์หินจะมีความหนาแน่นมากกว่าดาวเคราะห์แก๊ส

4. ดาวหางฮัลเลย์มีคาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ 76 ปี ให้คำนวณหาค่าครึ่งแกนหลักของวงโคจรของดาวหางดวงนี้

แนวคำตอบ จากกฎของเคปเลอร์ข้อที่ 3 จะได้ว่า

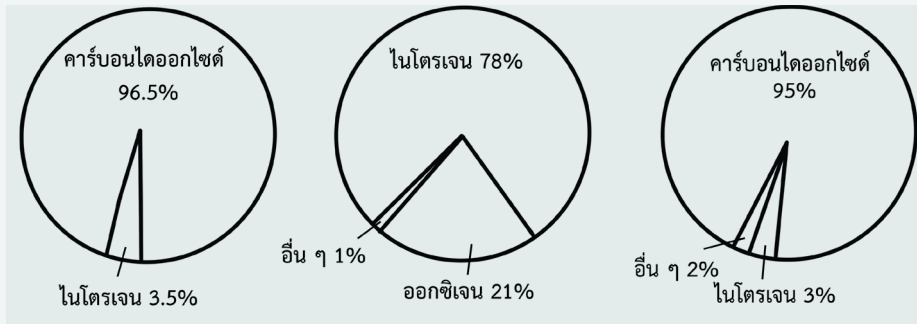
$$P^2 = a^3$$

จะได้ $a^3 = 76^2$

$$a = 17.94 \text{ หน่วยดาราศาสตร์}$$

ค่าครึ่งแกนหลักจึงมีค่าเท่ากับ 17.94 หน่วยดาราศาสตร์

5. จากภาพแสดงสัดส่วนของปริมาณแก๊สในชั้นบรรยากาศบนดาว ก ข และ ค ตามลำดับชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์แต่ละดวงมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร



รูปชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์ ก ข และ ค

แนวคำตอบ ต่างกัน โดยชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์ ข มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจน ขณะที่ชั้นบรรยากาศของดาวเคราะห์ ก และดาวเคราะห์ ค มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

6. หากนักเรียนค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงหนึ่งอยู่ในเขตเอื้อชีวิต นักเรียนจะสันนิษฐานว่าดาวเคราะห์ดวงนี้มีสมบัติและองค์ประกอบอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะดวงนี้ อยู่ในเขตเอื้อชีวิต จึงมีสมบัติคล้ายโลก มีองค์ประกอบสำคัญ คือ มีน้ำอยู่ในทั้ง 3 สถานะได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มีชั้นบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และอยู่ห่างจากดาวแม่ในระยะทางที่เหมาะสม

7. พายุสุริยะส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า การสื่อสาร การคมนาคม โดยทำให้ระบบส่งกำลังไฟฟ้าในประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วโลกเกิดการขัดข้อง และรบกวนระบบสื่อสารที่ใช้วิทยุคลื่นสั้น ในช่วงเวลาที่เกิดพายุสุริยะจึงอาจมีการยกเลิกหรือเปลี่ยนเส้นทางบินของเครื่องบินที่บินผ่านขั้วโลก

บทที่

| เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้

(Space Technology and Application)



ipst.me/10872

16



ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

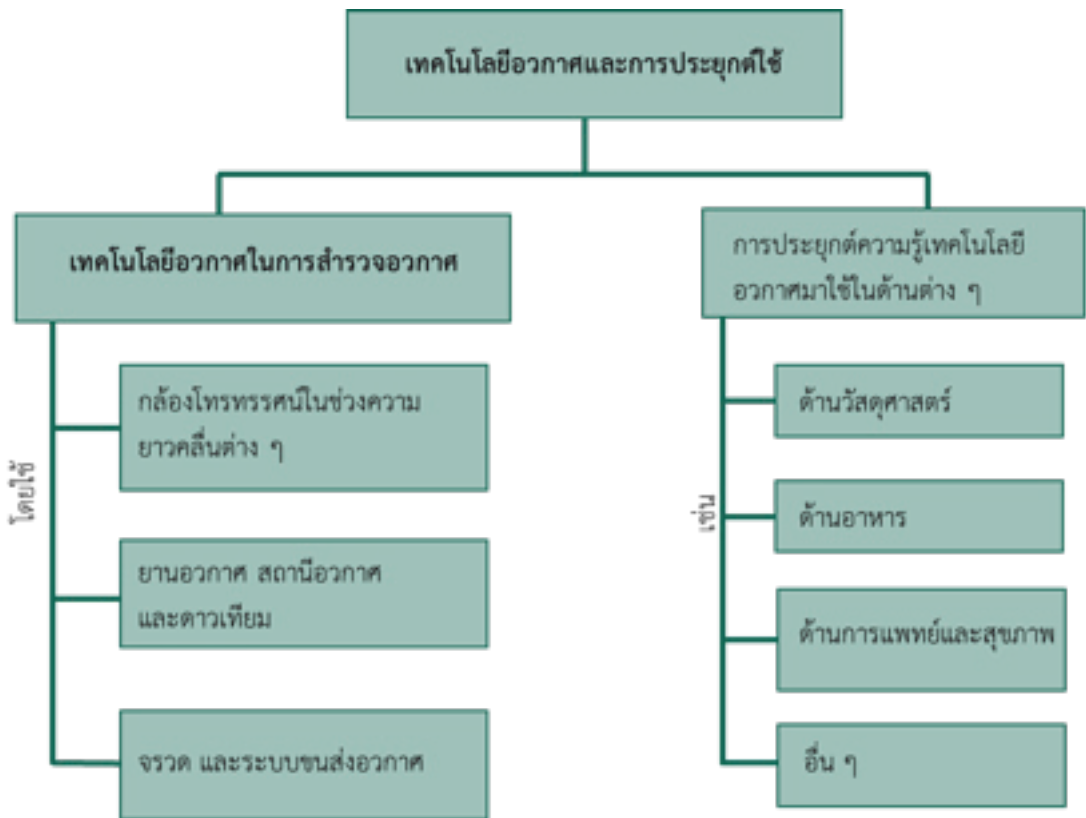
สืบค้นข้อมูล อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ดาวเทียม ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และนำเสนอแนวคิดการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือในอนาคต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการสำรวจอวกาศโดยกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
2. อธิบายการสำรวจอวกาศโดยใช้ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และดาวเทียม และการใช้ประโยชน์
3. การประยุกต์เทคโนโลยีอวกาศมาใช้ในการด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและสังคม

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. ทักษะการจำแนกประเภท 3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. ความอยากรู้อยากเห็น 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

ผังมโนทัศน์



ลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง

กล้องโทรทรรศน์ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้า ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสง อัลตราไวโอเลต และรังสีเอกซ์



ยานอวกาศ เป็นยานพาหนะที่นำอุปกรณ์ทางดาราศาสตร์หรือมนุษย์ขึ้นไปสู่อวกาศ เพื่อสำรวจ อวกาศและดาวดวงอื่น



สถานีอวกาศ เป็น ห้องปฏิบัติการลอยฟ้าที่โคจรรอบโลก เพื่อการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ใน สาขาต่าง ๆ ในสภาพไร้น้ำหนัก



ดาวเทียมเป็นอุปกรณ์ที่ส่งไปโคจรรอบโลกเพื่อใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้าและต่อมานำมาใช้ ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การระบุตำแหน่งบนโลก การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ อุตุนิยมวิทยา



ความรู้เทคโนโลยีอวกาศได้ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์

สาระสำคัญ

เทคโนโลยีอวกาศเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาเพื่อใช้ในการสำรวจอวกาศ และใช้ศึกษาโลกจากอวกาศ ในการสำรวจอวกาศมีการใช้เทคโนโลยีอวกาศร่วมกันหลายอย่าง เช่น กล้องโทรทรรศน์ ยานอวกาศ สถานีอวกาศ ดาวเทียม นอกจากนี้ความรู้เทคโนโลยีอวกาศได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุศาสตร์ อาหาร การแพทย์

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาประมาณ	6 ชั่วโมง
16.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ	3 ชั่วโมง
16.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	3 ชั่วโมง

ความรู้ก่อนเรียน

- 1. แสงและการเกิดภาพ
- 2. การสะท้อนและการหักเหแสง
- 3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

 **ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน**

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดเคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็วไม่เท่ากัน แนวคำตอบ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดเคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็วเท่ากัน ซึ่งมีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง	✗
2	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีความถี่ต่ำ แนวคำตอบ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นจะมีความถี่สูง	✗
3	ในการแผ่รังสีของวัตถุดำ การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิวัตถุดำเท่านั้น	✓

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
4	แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและระยะห่างของวัตถุนั้นถึงจุดศูนย์กลางโลก	✓
5	ดาวเทียมที่โคจรในระดับสูงมีความเร็วกว่าดาวเทียมที่โคจรในระดับต่ำ แนวคำตอบ ดาวเทียมที่โคจรในระดับสูงมีความเร็วน้อยกว่าดาวเทียมที่โคจรในระดับต่ำ	✗
6	ภาพที่มองเห็นจากกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงและชนิดหักเหแสงเป็นภาพชนิดเดียวกัน	✓
7	รังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความยาวคลื่นมากกว่ารังสีเอกซ์	✓
8	ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะเป็นภาพจริง ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพเสมือน แนวคำตอบ ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนจะเป็นภาพจริงและภาพเสมือน ส่วนภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะได้ภาพเสมือน	✗

16.1 เทคโนโลยีอวกาศกับการสำรวจอวกาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการสำรวจอวกาศโดยกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
2. อธิบายการสำรวจอวกาศโดยโดยใช้ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และดาวเทียม และการใช้ประโยชน์
3. อธิบายส่วนประกอบของจรวด และระบบขนส่งอวกาศ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5
2. เว็บไซต์ของนาซา : <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/multiwavelength2.html>
3. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก สสวท. learning space: www.scimath.org

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูทบทวนความรู้เดิมโดยใช้คำถาม ดังนี้

- นักวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องมือใดในการสำรวจอวกาศ

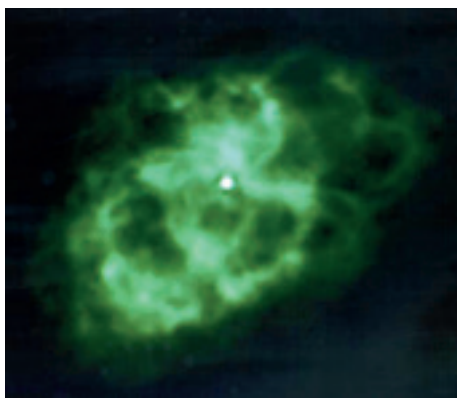
แนวคำตอบ กล้องโทรทรรศน์ ดาวเทียม ยานอวกาศ

- กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้ามีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น กล้องโทรทรรศน์หักเหแสง และ กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง

2. ครูให้นักเรียนดูภาพเนบิวลาปู โดยใช้คำถามดังนี้

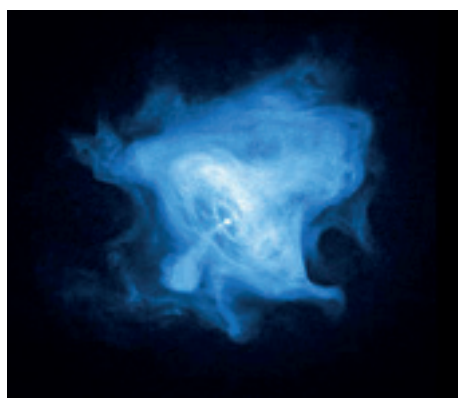
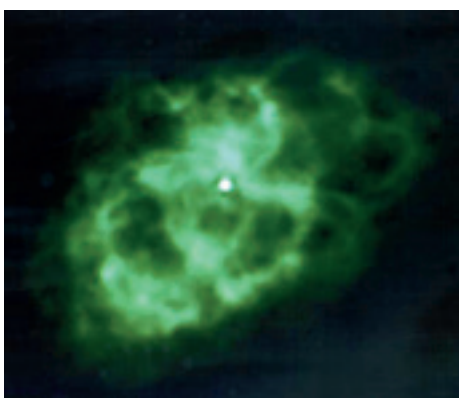
- ภาพนี้เป็นภาพวัตถุท้องฟ้าชนิดใด



ที่มารูป นานา

แนวคำตอบ เนบิวลาปู

- ภาพทั้งสองนี้เป็นภาพของวัตถุชนิดเดียวกันหรือไม่



รูปเนบิวลาปูในช่วงคลื่นต่าง ๆ (ที่มารูป นานา)

แนวคำตอบ ตอบตามความเข้าใจของนักเรียน วัตถุเป็นชนิดเดียวกัน

3. ถ้าภาพเหล่านี้เป็นภาพของวัตถุชนิดเดียวกัน เพราะเหตุใดภาพจึงแตกต่างกัน จากนั้นครูให้ปฏิบัติกิจกรรม 16.1



กิจกรรม 16.1 กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

จุดประสงค์กิจกรรม

เปรียบเทียบลักษณะภาพวัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาจากกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ เวลา 60 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|-------|
| 1. เอกสารความรู้ 1 เรื่องกล้องโทรทรรศน์ | 1 ชุด |
| 2. เอกสารความรู้ 2 เรื่องเนบิวลาปู | 1 ชุด |
| 3. ชุดภาพเนบิวลาปู | 1 ชุด |
| 4. แบบบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของกล้องโทรทรรศน์ วัตถุท้องฟ้า และความยาวคลื่น | 1 ชุด |

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารประกอบกิจกรรมได้จาก QR code ประจำบท

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

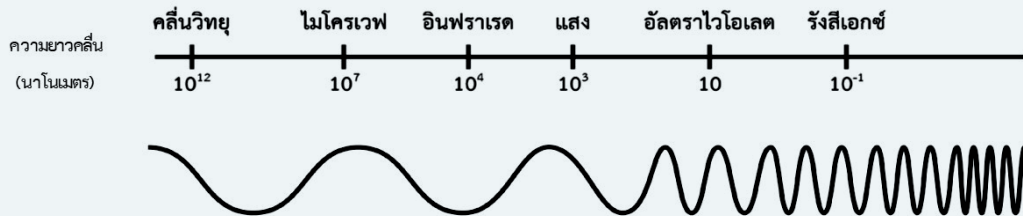
ครูอาจทบทวนความรู้เกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

วิธีการทำกิจกรรม

- ศึกษาความรู้เรื่องกล้องโทรทรรศน์และวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ จากเอกสารความรู้ 1 ที่กำหนดให้ในประเด็นต่อไปนี้
 - ประเภทของกล้องโทรทรรศน์
 - ช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - ตัวอย่างวัตถุท้องฟ้า
- เขียนชื่อกล้องโทรทรรศน์ และวัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาลงในแบบบันทึกให้สอดคล้องกับช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมทั้งระบุที่ตั้งของกล้องโทรทรรศน์
- ศึกษาความรู้เรื่องเนบิวลาปูจากเอกสารความรู้ 2 และนำภาพเนบิวลาปูที่กำหนดให้ มาติดลงในแบบบันทึกให้สอดคล้องกับช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมทั้งระบุข้อมูลของเนบิวลาปูที่ได้จากภาพ
- อภิปรายความแตกต่างของภาพเนบิวลาปูที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
- สรุปและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

หมายเหตุ ทั้งนี้ครูอาจดำเนินกิจกรรมข้อ 1-2 ให้เสร็จ จากนั้นจึงดำเนินกิจกรรมในข้อ 3-4

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

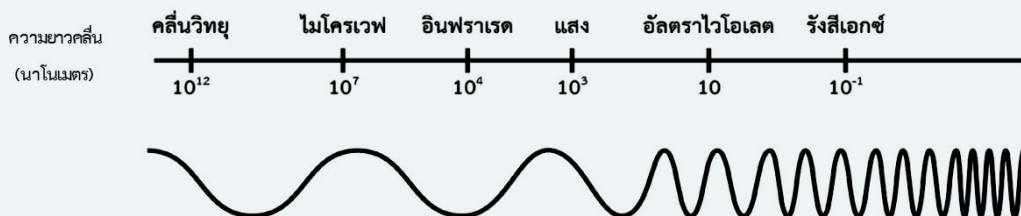


1. ชื่อกล้องโทรทรรศน์และที่ตั้ง

คลื่นวิทยุ กล้องโทรทรรศน์ฟาสต์	อินฟราเรด 1) กล้องโทรทรรศน์สปิตเซอร์ 2) กล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์ 3) กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล	แสง 1) กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล 2) กล้องโทรทรรศน์อวกาศเจมส์เวบบ์	อัลตราไวโอเล็ต 1) กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล	รังสีเอกซ์ กล้องโทรทรรศน์จันทรา
--	---	---	--	---

2. วัตถุท้องฟ้าที่ศึกษาในแต่ละช่วงคลื่น

- ซุปเปอร์โนวา - หลุมดำ - การแล็กซี	- กาแล็กซี - ดาวฤกษ์เกิดใหม่	- กาแล็กซีและดาวฤกษ์ - เนบิวลา - ดาวเคราะห์	- ดาวฤกษ์อายุน้อย - วิวัฒนาการการแล็กซี	- ดาวนิวตรอน - หลุมดำ
---	---------------------------------	---	--	--------------------------



1. ภาพเนบิวลาในแต่ละช่วงคลื่น



2. ข้อมูลของเนบิวลาที่ได้จากภาพ

อนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว คล้ายลมพายุ	ฝุ่นแก๊ส	ฝุ่นแก๊สร้อนมีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใย มีอุณหภูมิสูง	ดาวฤกษ์พื้นหลัง	กลุ่มหมอกอิเล็กทรอนิกส์
--	----------	---	-----------------	-------------------------

สรุปผลการทำกิจกรรม

กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการสำรวจวัตถุท้องฟ้า นั้นมีหลายช่วงความยาวคลื่นซึ่งสอดคล้องกับช่วงความยาวคลื่นที่วัตถุท้องฟ้าแผ่รังสีออกมา

กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้า นั้นมีทั้งที่ตั้งอยู่บนพื้นโลกและที่ถูกส่งไปโคจรอยู่เหนือชั้นบรรยากาศของโลก

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การศึกษาวัตถุท้องฟ้าใช้กล้องโทรทรรศน์ตรวจวัดในช่วงความยาวคลื่นใดบ้าง

แนวคำตอบ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด อัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์

2. กล้องโทรทรรศน์แต่ละช่วงความยาวคลื่นศึกษาวัตถุท้องฟ้าอะไรบ้าง

แนวคำตอบ คลื่นวิทยุ ใช้ศึกษาซูเปอร์โนวา หลุมดำ กาแล็กซี

อินฟราเรด ใช้ศึกษากาแล็กซี และดาวฤกษ์เกิดใหม่

แสง ใช้ศึกษากาแล็กซีและดาวฤกษ์ เนบิวลา ดาวเคราะห์

อัลตราไวโอเลต ใช้ศึกษาดาวฤกษ์อายุน้อยและวิวัฒนาการการแก๊ส

รังสีเอกซ์ ใช้ศึกษาดาวนิวตรอน และหลุมดำ

3. ทราบได้อย่างไรว่าวัตถุท้องฟ้าแผ่รังสีและแผ่รังสีในช่วงความยาวคลื่นใด

แนวคำตอบ ทราบได้จากภาพถ่ายวัตถุท้องฟ้าจากกล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

4. ภาพเนบิวลาในแต่ละช่วงคลื่นความยาวให้ข้อมูลเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ แต่ละช่วงความยาวคลื่นให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้

- คลื่นวิทยุให้ข้อมูลอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วคล้ายลมพายุ
- อินฟราเรดให้ข้อมูลฝุ่นแก๊ส
- แสงให้ข้อมูลฝุ่นแก๊สร้อนมีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใย มีอุณหภูมิสูง
- อัลตราไวโอเลตให้ข้อมูลดาวฤกษ์พื้นหลัง
- รังสีเอกซ์ให้ข้อมูลกลุ่มหมอกอิเล็กทรอนิกส์

5. เพราะเหตุใดการศึกษาวัตถุท้องฟ้าจึงต้องใช้กล้องโทรทรรศน์หลายช่วงความยาวคลื่น

แนวคำตอบ เนื่องจากวัตถุท้องฟ้าแต่ละชนิดสามารถแผ่รังสีได้ในหลายช่วงความยาวคลื่น

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปราย พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังข้างต้น
5. ให้นักเรียนศึกษาหลักการทำงานของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้สังเกตการณ์บนพื้นโลก และกล้องโทรทรรศน์อวกาศ ในหนังสือเรียนหน้า 99-104 พร้อมตอบคำถามดังต่อไปนี้
 - กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้สังเกตการณ์บนพื้นโลก และกล้องโทรทรรศน์อวกาศ มีหลักการการทำงานแตกต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้สังเกตการณ์บนพื้นโลกใช้ตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นแสงและช่วงคลื่นวิทยุที่สามารถตรวจวัดสัญญาณได้จากพื้นโลก ส่วนกล้องโทรทรรศน์อวกาศเป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรอยู่เหนือชั้นบรรยากาศของโลกเพื่อตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไม่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงมาถึงพื้นโลกได้ ได้แก่ อินฟราเรด อัลตราไวโอเลต และรังสีเอกซ์

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้สังเกตวัตถุท้องฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยมีแนวทางการสรุปดังต่อไปนี้

แนวทางการสรุป การศึกษาวัตถุท้องฟ้าจำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์หลายช่วงความยาวคลื่นเพื่อที่จะได้ข้อมูลต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า เนื่องจากวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ มีการแผ่รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้วัตถุท้องฟ้าชนิดหนึ่งอาจแผ่รังสีได้หลายช่วงความยาวคลื่น

7. ครูตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับกล้องโทรทรรศน์อวกาศ โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนหน้า 103 ดังนี้

- เพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงส่งกล้องโทรทรรศน์อวกาศขึ้นโคจรบนอวกาศ

แนวคำตอบ กล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทราเป็นกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่รับสัญญาณรังสีเอกซ์ที่มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.1 ถึง 10 นาโนเมตร ซึ่งไม่สามารถผ่านชั้นบรรยากาศของโลกเข้ามาได้

8. ครูเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการสำรวจอวกาศโดยให้ความรู้เพิ่มเติมว่า นอกจากมีการใช้กล้องโทรทรรศน์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ แล้วยังมีการนำเทคโนโลยีอวกาศอื่น ๆ มาใช้ในการศึกษาอวกาศอีกด้วย

10. ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับยานอวกาศ สถานีอวกาศ ดาวเทียม และระบบขนส่งอวกาศ ในหนังสือเรียนหน้า 105-111 โดยใช้ประเด็นคำถามดังนี้

- เพราะเหตุใดจึงต้องส่งยานอวกาศออกไปสำรวจในอวกาศ

แนวคำตอบ เพื่อต้องการศึกษาวัตถุท้องฟ้าอื่น ๆ ที่อยู่ไกลออกไป

- สถานีอวกาศคืออะไร และมีวัตถุประสงค์อะไร

แนวคำตอบ สถานีอวกาศเป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกส่งออกไปโคจรรอบโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดลองปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สภาพไร้น้ำหนัก

- เพราะเหตุใดจึงต้องทำการวิจัยในอวกาศ

แนวคำตอบ เพื่อความปลอดภัย และการศึกษาและวิจัยในอวกาศที่อยู่ในสภาวะไร้น้ำหนัก ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความชัดเจน เช่น โพรตีนของสิ่งมีชีวิตมีขนาดใหญ่ขึ้น

- หากจำแนกดาวเทียมตามระดับความสูงจะแบ่งดาวเทียมได้กี่ประเภท อะไรบ้าง

แนวคำตอบ แบ่งดาวเทียมตามระดับความสูงได้ 3 ประเภท คือ ดาวเทียมที่วงโคจรอยู่ใกล้โลก ดาวเทียมที่วงโคจรอยู่ระดับกลาง ดาวเทียมที่วงโคจรค้างฟ้า

- ดาวเทียมแต่ละประเภทมีการใช้ประโยชน์ในด้านใดบ้าง

แนวคำตอบ ดาวเทียมแต่ละประเภทมีการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ดาวเทียมที่โคจรอยู่ใกล้โลกเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสำรวจอุตุนิยมวิทยา
- 2) ดาวเทียมที่วงโคจรอยู่ระดับกลางใช้ในการบอกตำแหน่งบนโลก
- 3) ดาวเทียมค้างฟ้าเป็นดาวเทียมใช้ในการสื่อสารและอุตุนิยมวิทยา

- จรวดทำหน้าที่อะไร และในการส่งจรวดขึ้นไปในอวกาศต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง

แนวคำตอบ จรวดเป็นยานพาหนะที่ใช้ในการส่งดาวเทียมและยานอวกาศออกนอกโลก ในการส่งจรวดสู่อวกาศจะต้องพิจารณาถึงความเร็วเริ่มต้นของจรวดที่สามารถขึ้นไปถึงวงโคจรได้หรือต้องมีความเร็วหลุดพ้นที่ทำให้จรวดเคลื่อนที่ออกนอกโลกได้

- ระบบขนส่งอวกาศมีประโยชน์อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ ระบบขนส่งอวกาศทำหน้าที่ขนส่งสัมภาระไปยังสถานีอวกาศ และส่งดาวเทียมเข้าสู่วงโคจร และนำกลับมาใช้ใหม่ได้

11. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับยานอวกาศ สถานีอวกาศ ดาวเทียม จรวด และระบบขนส่งอวกาศ โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้

แนวทางการสรุป

- ยานอวกาศ เป็นยานพาหนะที่ถูกส่งไปในอวกาศเพื่อใช้สำรวจอวกาศและวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ที่อยู่ห่างออกไป
- สถานีอวกาศ เป็นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่โคจรรอบโลกเพื่อทำการทดลองภายใต้สภาพไร้น้ำหนัก
- ดาวเทียมเป็นเทคโนโลยีอวกาศที่ส่งขึ้นไปโคจรรอบโลก โดยมีการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ สำรวจข้อมูลอุตุนิยมวิทยาการระบุตำแหน่งบนโลก การสื่อสาร
- ระบบขนส่งอวกาศ เป็นระบบที่ขนส่งสัมภาระไปยังสถานีอวกาศนานาชาติหรือดาวเทียมเข้าสู่วงโคจร

12. ครูตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของดาวเทียม ในหนังสือเรียนหน้า 107-108 โดยมีคำถามดังนี้

- ถ้านักเรียนต้องการศึกษาการกีดเซาะชายฝั่งทะเลบริเวณด้านตะวันออกของประเทศไทย นักเรียนจะเลือกข้อมูลจากดาวเทียมประเภทใดในการศึกษา เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากดาวเทียมมีวงโคจรอยู่ใกล้โลก

- ประเทศไทยได้ใช้ประโยชน์จากดาวเทียมของประเทศต่าง ๆ นักเรียนคิดว่ามีประเทศใดบ้างที่ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมไทยคมและใช้ประโยชน์ในด้านใดบ้าง

แนวคำตอบ ประเทศที่ใช้ประโยชน์จากดาวเทียมไทยคม ได้แก่ ประเทศในแถบอินโดจีนไปจนถึงเกาหลี ญี่ปุ่น รวมถึงชายฝั่งด้านทะเลตะวันออกของสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งใช้ประโยชน์ในด้านการสื่อสารและโทรคมนาคมต่าง ๆ เช่น การถ่ายทอดโทรทัศน์ วิทยุ การประชุมทางไกล

13. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมลองทำดูว่า "นักวิทยาศาสตร์พยายามศึกษาเกี่ยวกับดาวอังคารเพื่อศึกษาดาวเคราะห์ที่มีสภาพเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต" จากนั้นครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมลองทำดู การเดินทางและการดำรงชีวิตบนดาวอังคาร



ลองทำดู

1. นักเรียนสืบค้นข้อมูลในประเด็นต่อไปนี้
 - การส่งยานอวกาศไปดาวอังคาร
 - วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างยานอวกาศ
 - แรงแม่เหล็ก อณูหภูมิ ความดันบนดาวอังคาร
2. ออกแบบยานอวกาศในการเดินทางไปดาวอังคาร ที่อยู่อาศัย และวางแผนการดำรงชีวิตบนดาวอังคารโดยเฉพาะเรื่องอาหาร น้ำ และอากาศ
3. นำเสนอและร่วมกันอภิปราย

สรุปผลการทำกิจกรรม

ในการออกแบบยานอวกาศเพื่อเดินทางไปดาวอังคารและการใช้ชีวิตบนดาวอังคาร นักเรียนควรพิจารณาเงื่อนไขต่อไปนี้

- 1) การส่งยานอวกาศต้องออกแบบให้ยานอวกาศสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วหลุดพ้นเพื่อให้เอาชนะแรงโน้มถ่วงของโลกได้
- 2) การเลือกใช้วัสดุในการสร้างยานอวกาศ ควรเป็นวัสดุที่เบาแต่มีความทนทานต่อความร้อนที่สูงมากขณะเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก
- 3) การออกแบบการลงจอดของยานอวกาศบนดาวอังคารอย่างปลอดภัย เนื่องจากดาวอังคารมีแรงโน้มถ่วงน้อยกว่าโลกประมาณครึ่งหนึ่งทำให้น้ำหนักของตัวยานน้อยกว่าบนโลก

- 4) การวางแผนออกแบบด้านที่อยู่อาศัยบนดาวอังคาร เนื่องจากบนดาวอังคารมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง อากาศต่ำ ความกดอากาศต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างโดมที่อยู่อาศัยให้มีชั้นบรรยากาศ ความกดอากาศ อุณหภูมิ และแก๊สออกซิเจนที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต
- 5) การวางแผนด้านการเพาะปลูกพืชจำเป็นต้องอาศัยดินและน้ำ แต่เนื่องจากพื้นผิวดาวอังคารส่วนใหญ่ดินมีความเป็นด่างเล็กน้อยและมีธาตุอาหารคล้ายโลก ส่วนน้ำบนดาวอังคารบริเวณขั้วดาวอังคารถึงละติจูดประมาณ 60 องศาเป็นน้ำแข็ง หากละลายน้ำแข็งที่อยู่ใต้ผิวดินจะสามารถนำน้ำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชได้

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
1. กล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ 2. ยานอวกาศ สถานีอวกาศ และดาวเทียม	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 16.1 แบบบันทึกกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การสรุปความรู้จากการร่วมอภิปราย 3. แบบฝึกหัดท้ายบท
P: 1. การสังเกต 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 4. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การสังเกต จากการปฏิบัติกิจกรรม 16.1 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการนำเสนอผลงานกิจกรรม 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม
A: 1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความใจกว้าง 3. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การใช้วิจารณญาณ และความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย และการตอบคำถามโดยมีหลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุน 2. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการอภิปรายและตอบคำถามเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของกล้องโทรทรรศน์

16.2 เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้

การประยุกต์เทคโนโลยีอวกาศมาใช้ในการด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและสังคม

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 5

แนวการจัดการเรียนรู้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอภิปรายร่วมกับนักเรียนโดยใช้คำถาม ดังนี้
- มนุษย์ได้นำความรู้ทางเทคโนโลยีอวกาศมาใช้ในการชีวิตและสังคมในเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ นักเรียนตอบตามความเข้าใจของนักเรียน เช่น นำมาใช้ผลิตเครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
2. ครูให้นักเรียนพิจารณาวัสดุและอุปกรณ์ในตารางต่อไปนี้ และให้นักเรียนระบุว่าสิ่งใดได้ประยุกต์ความรู้มาจากเทคโนโลยีอวกาศและเป็นเทคโนโลยีอวกาศในเรื่องใด หลังจากนั้นครูเฉลยและให้คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ พร้อมอธิบาย ดังตารางต่อไปนี้
- ตาราง วัสดุและอุปกรณ์ที่ประยุกต์ความรู้มาจากเทคโนโลยีอวกาศ

ข้อที่	วัสดุและอุปกรณ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ		คำอธิบาย
		ใช่	ไม่ใช่	
1	 ปากกาเคมี		x	

ข้อ	วัสดุและอุปกรณ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ		คำอธิบาย
		ใช่	ไม่ใช่	
2	 แairoเจล	✓		พัฒนามาจากวัสดุที่ทำชุดนักบินอวกาศ และยานอวกาศ เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน หนาความร้อนสูง แข็งแรง และมีสภาพยืดหยุ่นสูง จึงนำมาปรับใช้เป็นชุดนักดับเพลิง ชุดนักแข่งรถ
3	 ดินสอ		✗	
4	 เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายแบบอินฟราเรด	✓		พัฒนาจากเครื่องมือการวัดอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์และกาแล็กซี

ข้อ	วัสดุและอุปกรณ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ		คำอธิบาย
		ใช่	ไม่ใช่	
6	 เลนส์แว่นตาต้านทานรอยขีดข่วน	✓		พัฒนามาจากส่วนประกอบของชุดนักบินอวกาศที่ป้องกันการฉีกขาด แล้วนำมาประยุกต์ใช้เคลือบทำเลนส์แว่นที่มีความทนทานต่อรอยขีดข่วน
7	 โฟมนิ่มชนิดพิเศษ	✓		พัฒนามาจากเบาะรองนั่งของนักบินอวกาศเพื่อลดแรงกระแทกขณะอยู่ในยานอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นที่นอนหรือหมอนเพื่อลดแรงกดทับสำหรับผู้ป่วยที่เคลื่อนไหวลำบาก หรือมีแผลกดทับ
8	 แผ่นบันทึกข้อมูล		✗	
9	 เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต	✓		พัฒนามาจากสารกึ่งตัวนำที่ใช้สำหรับวัดค่าการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตของดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก และนำมาประยุกต์ในการตรวจวัดค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตในผิวหนังให้อยู่ในระดับคงที่และไม่ทำอันตรายต่อผิวหนัง

ข้อ	วัสดุและอุปกรณ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ		คำอธิบาย
		ใช่	ไม่ใช่	
10	 ยางรถยนต์	✓		พัฒนามาจากยางล้อยานอวกาศซึ่งเป็นวัสดุพิเศษที่มีความแข็งแกร่งกว่าใยเหล็กกล้าถึง 5 เท่าและนำมาประยุกต์ใช้เป็นยางรถยนต์ในปัจจุบัน
11	 สูตรอาหารเสริมสำหรับเด็ก	✓		พัฒนาอาหารสำหรับนักบินอวกาศ ซึ่งให้คุณค่าทางอาหารที่มีจุลินทรีย์ในสาหร่ายสีเขียว ซึ่งมีสารอาหารเช่นเดียวกับนมแม่
12	 อาหารจากการทำแห้งเยือกแข็งแบบสุญญากาศ	✓		พัฒนามาจากอาหารของนักบินอวกาศที่อยู่ในสถานีอวกาศเป็นการลดอุณหภูมิและความชื้นในอาหารทำให้อาหารมีน้ำหนักเบา อาหารจึงมีอายุยาวนานขึ้นที่อุณหภูมิห้อง

ที่มาของรูป นานา

3. ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 16.2 เพื่อออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ประยุกต์ความรู้เทคโนโลยีอวกาศ



กิจกรรม 16.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

จุดประสงค์กิจกรรม

ออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในชีวิตประจำวันจากการประยุกต์ความรู้ด้านเทคโนโลยีอวกาศ

เวลา 60 นาที

วัสดุ-อุปกรณ์

เอกสารความรู้ เรื่องวัสดุที่ใช้ในการสร้างยานขนส่งอวกาศ

หมายเหตุ สามารถดาวน์โหลดเอกสารความรู้ได้จาก QR code ประจำบท

วิธีการทำกิจกรรม

1. ศึกษาความรู้เรื่องวัสดุที่ใช้ในการสร้างยานอวกาศ จากเอกสารที่กำหนด
2. ออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือ โดยใช้ความรู้จากเอกสารที่กำหนดให้
3. อภิปรายและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม



สรุปผลการทำกิจกรรม

วัสดุที่ใช้ในการสร้างยานขนส่งอวกาศมีสมบัติพิเศษ เช่น ทนความร้อนสูง สะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต แข็งแรงทนทาน น้ำหนักเบา จึงนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือในชีวิตประจำวัน (ตัวอย่างดังที่นักเรียนได้ออกแบบในกิจกรรมนี้)

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรม และร่วมกันอภิปราย พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม โดยมีแนวทางการตอบคำถามดังข้างต้น
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและมีแนวทางการสรุปว่า “จากกิจกรรมเป็นการนำความรู้เทคโนโลยีอวกาศมาพัฒนาวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันและสังคม นอกจากการพัฒนาด้านวัสดุดังกล่าวแล้วยังมีการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ อีก”
6. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ความรู้เทคโนโลยีอวกาศ ในหนังสือเรียนหน้า 112-116 จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

แนวทางการสรุป การนำความรู้เทคโนโลยีอวกาศมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและสังคม แบ่งเป็นด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

- 1) ด้านวัสดุศาสตร์ ถูกนำมาพัฒนาจากการสร้างยานอวกาศและนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันบนโลก เช่น เลนส์แว่นตาต้านทานรอยขีดข่วน แอโรเจล โฟมนิ่มชนิดพิเศษ แผงเซลล์สุริยะ
- 2) ด้านอาหาร ถูกพัฒนามาจากอาหารสำหรับนักบินอวกาศและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การทำแห้งเยือกแข็งแบบสุญญากาศ การพัฒนาอาหารเสริมสำหรับเด็ก
- 3) ด้านการแพทย์และสุขภาพ ถูกพัฒนามาจากเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักบินอวกาศสามารถปฏิบัติภารกิจในอวกาศได้อย่างปลอดภัยและนำมาประยุกต์กับมนุษย์บนโลก เช่น การพัฒนากล้อง 3 มิติ เครื่องวัดอุณหภูมิทางหู เครื่องปั๊มหัวใจเทียมขนาดเล็กพิเศษ เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต

แนวทางการวัดและประเมินผล

KPA	การวัดและประเมินผล
K: เทคโนโลยีอวกาศกับการประยุกต์ใช้	1. ผลการปฏิบัติกิจกรรม 16.2 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม 2. การสรุปความรู้จากการร่วมอภิปราย 3. แบบฝึกหัดท้ายบท
P: 1. การจำแนกประเภท 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 5. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การจำแนกประเภท จากการพิจารณาและจัดกลุ่มวัสดุและอุปกรณ์ที่ประยุกต์ความรู้เทคโนโลยีอวกาศมาใช้ในการชีวิตประจำวันและสังคม 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ และการสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการนำเสนอผลงาน และปฏิบัติกิจกรรม 16.2 3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการอภิปราย และการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ความรู้จากเทคโนโลยีอวกาศ
A: 1. ความใจกว้าง 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. ความสนใจในวิทยาศาสตร์ 4. การเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์	1. การใช้วิจารณญาณ และความใจกว้าง จากการร่วมอภิปราย โดยมีหลักฐานและเหตุผลสนับสนุน 2. ความอยากรู้อยากเห็น และการเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์และแก้ปัญหาในการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศ



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท

1. เพราะเหตุใดจึงต้องส่งกล้องโทรทรรศน์ขึ้นไปโคจรรอบโลกในการศึกษาวัตถุท้องฟ้า
แนวคำตอบ เพราะบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกประกอบด้วย ฝุ่น ละออง ไอ น้ำ แก๊สต่าง ๆ ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงคลื่นไม่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงมาถึงพื้นโลกได้
2. ทำไมกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าต้องใช้ความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ
แนวคำตอบ เนื่องจากวัตถุท้องฟ้าแต่ละชนิดสามารถแผ่รังสีได้ในหลายช่วงความยาวคลื่น
3. ระบุช่วงความยาวคลื่นที่ตรวจวัด และวัตถุท้องฟ้าที่เหมาะสมในการศึกษาของกล้องโทรทรรศน์แต่ละประเภทลงในตารางให้ถูกต้อง

กล้องโทรทรรศน์	ช่วงคลื่นที่ตรวจวัด	วัตถุท้องฟ้าที่ใช้ในการศึกษา
กล้องโทรทรรศน์ฟาสต์	คลื่นวิทยุ อินฟราเรด	ซูเปอร์โนวา หลุมดำ กาแล็กซี และไมโครเวฟพื้น หลังจากอวกาศ
กล้องโทรทรรศน์แบบ สะท้อนแสง	แสง	ดาวเคราะห์ ดาวฤกษ์ เนบิวลาและกาแล็กซี
กล้องโทรทรรศน์อวกาศ จันทรา	รังสีเอกซ์	ดาวนิวตรอน เศษซากของ ดาวฤกษ์ที่หลงเหลืออยู่จาก การระเบิดซูเปอร์โนวา และ หลุมดำในใจกลางกาแล็กซี
กล้องโทรทรรศน์อวกาศ ฮับเบิล	อัลตราไวโอเล็ต แสง อินฟราเรด	สสารระหว่างดาว ดาวฤกษ์อายุน้อย วิวัฒนาการ ของกาแล็กซี และองค์ประกอบ ของเนบิวลาดาวเคราะห์
กล้องโทรทรรศน์ อวกาศสปิตเซอร์	อินฟราเรด	การก่อกำเนิดของดาวฤกษ์ ในใจกลางกาแล็กซี

4. ระบบขนส่งอวกาศประกอบด้วยส่วนใดบ้าง

แนวคำตอบ ประกอบด้วย จรวดเชื้อเพลิงแข็ง ถังเชื้อเพลิงภายนอก และยานขนส่งอวกาศ

5. ยกตัวอย่างการทดลองทางวิทยาศาสตร์บนสถานีอวกาศนานาชาติ

แนวคำตอบ การทดลองทางวิทยาศาสตร์บนสถานีอวกาศนานาชาติมีการทดลองวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1) การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในสภาพไร้น้ำหนัก เช่น พัฒนายาและเวชภัณฑ์ป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ
- 2) ทดลองเพาะปลูกพืชบนสถานีอวกาศ
- 3) ศึกษาผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในอวกาศเป็นเวลานาน เช่น การเสื่อมของกล้ามเนื้อและกระดูก
- 4) การศึกษากระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

6. ยกตัวอย่างเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

แนวคำตอบ เทคโนโลยีอวกาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ด้านวัสดุศาสตร์ เช่น เลนส์แว่นตาต้านทานรอยขีดข่วน ชุดนักดับเพลิง ชุดแข่งรถ โฟมฉนวนชนิดพิเศษ แผงเซลล์สุริยะ
- 2) ด้านอาหาร เช่น อาหารเยือกแข็งแบบสุญญากาศ อาหารเสริมสำหรับเด็ก
- 3) ด้านการแพทย์ เช่น การพัฒนากล้อง 3 มิติ เครื่องวัดอุณหภูมิทางหู เครื่องปั๊มหัวใจเทียม ขนาดเล็กพิเศษ เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต
- 4) ด้านอื่น ๆ เช่น กล้องดิจิทัล กล้องอินฟราเรด

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน โดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

1. แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

1.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดตัวเลือกให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกเพียงหนึ่งตัวเลือก องค์ประกอบหลักของแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วย แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามเดียว แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามชุด แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โครงสร้างดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 (ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1)

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ได้ นอกจากนี้ นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

1.2 แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย หรือ หน้าข้อความ

..... 1. ข้อความ.....

..... 2. ข้อความ.....

..... 3. ข้อความ.....

..... 4. ข้อความ.....

..... 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็ว และให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยสมบูรณ์ในบางเนื้อทำได้ยาก

1.3 แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่าในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้า ข้อความในชุดคำถาม

ชุดคำถาม	ชุดคำตอบ
..... 1.	ก.
..... 2.	ข.
..... 3.	ค.
	ง.

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่ายตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน และเดาคำตอบได้ยากเหมาะสำหรับวัดความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือข้อความ 2 ชุด แต่ในกรณีที่นักเรียนจับคู่ผิดไปแล้ว จะทำให้มีการจับคู่ผิดในคู่อื่น ๆ ด้วย

2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดคำตอบเอง จึงมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความคิดออกมาโดยการเขียนให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยทั่วไปการเขียนตอบมี 2 แบบ คือ การเขียนตอบแบบเต็ม คำหรือการเขียนตอบอย่างสั้น และการเขียนตอบแบบอธิบาย รายละเอียดของแบบทดสอบที่มีการตอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

2.1 แบบทดสอบเขียนตอบแบบเต็มคำหรือตอบอย่างสั้น

ประกอบด้วยคำสั่ง และข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนที่เว้นไว้เพื่อให้เติมคำตอบหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้แบบทดสอบยังอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ให้นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่าย มีโอกาสเดาได้ยาก และสามารถวินิจฉัยคำตอบที่นักเรียนตอบผิดเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องทางการเรียนรู้หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ แต่การจำกัด คำตอบให้นักเรียนตอบเป็นคำ วลี หรือประโยคได้ยาก ตรวจสอบให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลองโดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอภิปรายผลการทดลองก่อนลงข้อสรุป		

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองได้ถูกต้อง เหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองได้ถูกต้องแต่ ไม่เหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองได้ อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องตาม หลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองได้ถูก ต้องตามหลักการ ปฏิบัติแต่ไม่ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองไม่ถูก ต้อง
การทดลองตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่ กำหนดไว้อย่างถูก ต้อง มีการปรับปรุง แก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่ กำหนดไว้ มีการ ปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่กำหนด ไว้หรือดำเนินการ ข้ามขั้นตอนที่กำหนด ไว้ไม่มีการปรับปรุง แก้ไข

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

ทักษะปฏิบัติการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์	ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้ง 3 ข้อ	ระดับ 2 หมายถึง	เลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองไม่ถูกต้อง

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอนผลการทดลองตรงตามสภาพจริงและสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลองตามลำดับแต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับ ขั้นตอนไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

มาก หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นอย่างสม่ำเสมอ
 ปานกลาง หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเป็นครั้งคราว
 น้อย หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นน้อยครั้ง
 ไม่มีการแสดงออก หมายถึง นักเรียนไม่แสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเลย

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไป ศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่อง ราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการ วิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไป ทดลองต่อที่บ้าน				
ด้านความซื่อสัตย์ 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอก ผลการทดลองของเพื่อส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงานออกแบบสิ่ง ประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ ปรากฏอยู่ในหนังสือ				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความใจกว้าง 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียนและมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมดกำลังใจ				
ด้านความรอบคอบ 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง				
ด้านความมุ่งมั่นอดทน 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าชุดการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ 2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสนใจติดตามข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์				

การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การให้คะแนนในภาพรวม เป็นการให้คะแนนที่ต้องการสรุปภาพรวมจึงประเมินเฉพาะประเด็นหลักที่สำคัญ ๆ เช่น การประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความรู้และการประเมินสมรรถภาพด้านการเขียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
เนื้อหาถูกต้องแต่ให้สาระสำคัญน้อยมาก และไม่ระบุแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญ แต่ยังไม่ครบถ้วน มีการระบุแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญครบถ้วน และระบุแหล่งที่มาของความรู้ชัดเจน	ดีมาก

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพด้านการเขียน (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหา บางส่วนไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสมและสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักได้ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมดเรียบเรียงเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดีมาก

- 2 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เป็นการประเมินเพื่อต้องการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ และพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์ย่อย ๆ ในการประเมินเพื่อให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น ๆ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย มีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพ (แบบแยกองค์ประกอบย่อย)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
ด้านการวางแผน	
ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้	ต้องปรับปรุง
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก
ด้านการดำเนินการ	
ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ต้องปรับปรุง
รายการประเมิน	
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	พอใช้
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์	ดี
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์	ดีมาก
ด้านการอธิบาย	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบ	
พรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

บรรณานุกรม

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ดวงดาวและโลกของเรา**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ**. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมาคมดาราศาสตร์ไทย. **รอบรู้ดูดาว คู่มือชมฟ้าสำหรับคนไทย**. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- สมาคมดาราศาสตร์ไทย. **พจนานุกรมศัพท์ดาราศาสตร์อังกฤษ-ไทย เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษาครบ 6 รอบ 5 ธันวาคม 2452**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- Carroll, Bradley W. & Ostlie, Dale A. (2007). **An Introduction to Modern Astrophysics** (2nd ed.). Pearson Addison Wesley.
- Kay, L. & Palen, S. & Smith, B. & Blumenthal, G. (2013), **21st Century Astronomy: Stars and Galaxies** (4th ed.). New York: W. W. Norton & Company.
- Murray, J. (2000). **Astrophysics**. London: Christopher Bishop.
- Pasachoff, Jay M., 2002. **Astronomy: From the Earth to the Universe** (6th ed.). South Melbourne: Thomson Learning.
- Seed, M. (1999). **Star and Galaxies**, Canada: Wadsworth Publishing.
- Edwin Hubble. (1929, Jan). A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae. Mount Wilson Observatory, 1929 (Vol.15).
- Handbook of Space Astronomy and Astrophysics. Black Body. Retrieved September 8, 2019, from <http://vendian.org/mncharity/dir3/starcolor/blackbody.html>.
- Hubble's Distance - Redshift Relation. Retrieved August 12, 2019, from http://astro.wku.edu/astr106/Hubble_intro.html.
- LESA. Galaxy. Retrieved August 25, 2018, from www.lesa.biz/astronomy/galaxy.
- NARIT. กล้องโทรทรรศน์วิทยุ Radio Telescope. Retrieved May 2018, from http://www.narit.or.th/files/astronomy_media/2018/Booklet_Radio_telescope_2018.

- NASA Content Administrator. Aurora Sighted in the US. Retrieved September 20, 2018, from www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/20110927-Travis-Novitsky.html.
- NASA. 40 years of NASA spinoff. Retrieved Jun, 2018, from <http://www.nasa.gov/offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff>.
- NASA. Mars Curiosity. Retrieved April, 2018, from http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html.
- NASA. Sunglasses, Technology, Technology NASA in Daily Life. Retrieved March 12, 2018, from https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/tech_benefits.html.
- Steve Fox. Perseid Meteor Shower 2016 from West Virginia. Retrieved September 12, 2018, from <http://www.nasa.gov/image-feature/perseid-meteor-shower-2016-from-west-virginia>.
- Stony Brook Astronomy. The Hubble Law. Retrieved July 24, 2019 from <http://www.astro.sunysb.edu/metchev/PHY515/hubblelaw.html>.
- University of Cambridge. Galaxies & Clusters. Retrieved August 25, 2016, from www.damtp.cam.ac.uk/research/gr/public/cos_home.html.
- Western Washington University. Cosmological Redshift. Retrieved November 20, 2018 from http://www.wvu.edu/planetarium/a101/a101_hubble_redshift.shtml.

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครุรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และ
อวกาศ เล่ม 5 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. ศ.ดร. ชูกิจ ลิมปิจำนงค์ | ผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้จัดทำคู่มือครุรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. นายสุพจน์ วุฒิสภณ | ผู้เชี่ยวชาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 2. นางฤทัย เพลงวัฒนา | รักษาการผู้อำนวยการสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ | ผู้ชำนาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. นางพรรณทิพา ธนากรโยธิน | ผู้ชำนาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นางดาริกา วีรวินันทนกุล | ผู้ชำนาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ์ | ผู้ชำนาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นางสาวศุภิตา อุโพนานิซ | นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นางสาวรัสมิภา ศรีบางพลี | นักวิชาการอาวุโส สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 9. นางสาวมนัญญา ลิกมลสวัสดิ์ | นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10.นางสาวกัญญจิต จันเสนา | นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11.นางสาววิชุดาตรี กลับแสง | นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้ร่วมพิจารณาคู่มือครุรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับร่าง)

- | | |
|---|---|
| 1. ผศ.ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.อำนาจ สาธานนท์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.ไพศาล ตู๊ประกาย | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นางสาวอนุสรฯ หงส์คำจันทร์ | โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพมหานคร |
| 8. นายชณณพิสิษฐ์ เขมอัครเจตต์ | โรงเรียนเทศบาล 6 นครเชียงราย จ.เชียงราย |
| 9. นายวิทยา อินโท | โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม กรุงเทพมหานคร |
| 10.นางสาวพัชรีย์ ต่านนอก | โรงเรียนสุธีวิทยา จ.สระบุรี |
| 11 .นางสาวพัชรภรณ์ อ่วมอรุณ | โรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง จ.ราชบุรี |
| 12. นางนันทรี หุ่นเหียง | โรงเรียนรัชฎา จ.ตรัง |
| 13 .นายคณิตร์ ฤทธิรักษ์ | โรงเรียนนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ |
| 14. นายสุขสันต์ การสะอาด | โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จ.ขอนแก่น |
| 15. นายมนตรี ประเสริฐฤทธิ | โรงเรียนบางกะปิ (พนักงานสมทบ) กรุงเทพฯ |
| 16. นายนิทัศน์ ลิ้มผ่องใส | นักวิชาการอาวุโส สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 17. ว่าที่ ร.ต.ภูริวัจน์ จิราตันดิพัฒน์ | นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะบรรณาธิการ

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.ไพศาล ตู๊ประกาย | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. นายประเดิม วรรณทอง | ผู้อำนวยการโรงเรียนนิคมลำปาววิทยา |
| 5. นายนิพนธ์ ทรายเพชร | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. นางดาริกา วีรวินันทกุล | ผู้อำนวยการ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

7. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ

ผู้เชี่ยวชาญ สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

8. นางฤทัย เพลงวัฒนา

รักษาการผู้อำนวยการสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์โลก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ