แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 27

เรื่อง ขนาดของแรงโน้มถ่วง **รหัสวิชา** ว23101 **เวลา** 2 **ชั่วโมง**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 **ชื่อหน่วยการเรียนรู้** ระบบสุริยะของเรา **รวม** 15 **ชั่วโมง**
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3 **ภาคเรียนที่** 1
สาระที่ 3 **ชื่อสาระ** วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ **มาตรฐาน** ว 3.1

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม.3/1 อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการ $F = (Gm_1m_2)/r^2$

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

1) ดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวล

2) แรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับผลคูณของมวลทั้งสอง และหารด้วยกำลังสองของระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง แสดงได้โดยสมการ $F = (Gm_1m_2)/r^2$

3) ดาวเคราะห์แต่ละดวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงที่มีขนาดต่างกัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) ด้านความรู้ (K) นักเรียนอธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการ $F = Gm_1 m_2 / r^2$ ได้

2) ด้านทักษะ (P) นักเรียนใช้ทักษะด้านการสื่อสาร โดยนำเสนอกราฟปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วงได้

3) ด้านเจตคติ (A) นักเรียนมีระเบียบวินัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4. คุณลักษณะผู้เรียน

4.1 คุณลักษณะที่พึงประสงค์

☐ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ☐ อยู่อย่างพอเพียง ☐ ซื่อสัตย์สุจริต ☑ มุ่งมั่นในการทำงาน
☑ มีวินัย ☐ รักความเป็นไทย ☐ ใฝ่เรียนรู้ ☑ มีจิตสาธารณะ

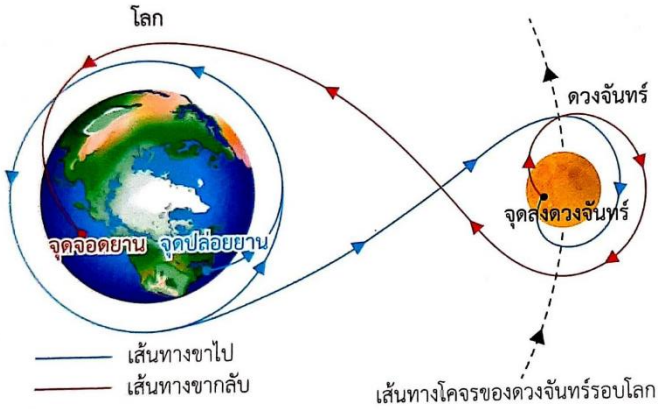
5. ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการคิด: นักเรียนสามารถวิเคราะห์และอธิบายอธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วง

☑ ความสามารถในการสื่อสาร: นักเรียนสามารถเขียนกราฟและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง

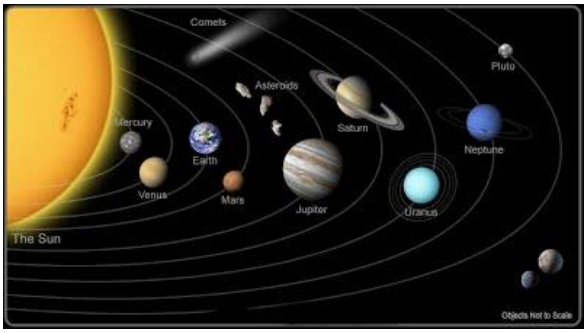
6. สาระการเรียนรู้

นีล อาร์มสตรอง (Neil Armstrong)เป็นมนุษย์คนแรกที่ไปเหยียบบนดวงจันทร์ โดยเดินทางด้วยยานอพอลโล 11 พร้อมนักบินอวกาศอีก 2 คน ไปสำรวจดวงจันทร์ซึ่งอยู่ห่างจากโลกประมาณ 378,00 กิโลเมตร การเดินทางไปดวงจันทร์นี้ไม่ได้เดินทางเป็นเส้นตรง เพราะถ้าเดินทางเป็นเส้นตรงจะต้องใช้พลังงานสูงมากเพื่อต้านแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นยานอพอลโล 11 จึงต้องเดินทางด้วยเส้นทางดังภาพ เป็นระยะทางไปกลับถึง 1,533,792 กิโลเมตร โดยยานต้องเคลื่อนที่โคจรรอบโลกแล้วเร่งความเร็วให้มากพอที่จะหลุดจากแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อไปยังดวงจันทร์ แรงโน้มถ่วงทำให้ยานโคจรรอบโลกและดวงจันทร์ได้



ภาพ เส้นทางของยานอพอลโล 11 เดินทางไปดวงจันทร์

ระบบสุริยะของเรามีดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ ซึ่งเป็นวัตถุที่มีมวลมากที่สุดและเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ ซึ่งล้อมรอบไปตัวยวัตต่าง ๆ เช่น ดาวเคราะห์ ดวงจันทร์ของดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหางวัตถุคอยเปอร์ และอื่น ๆ ดังภาพ ดวงอาทิตย์และวัตถุเหล่านี้ต่างยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงโน้มถ่วง ทำให้วัตถุทั้งหมดโคจรรอบดวงอาทิตย์



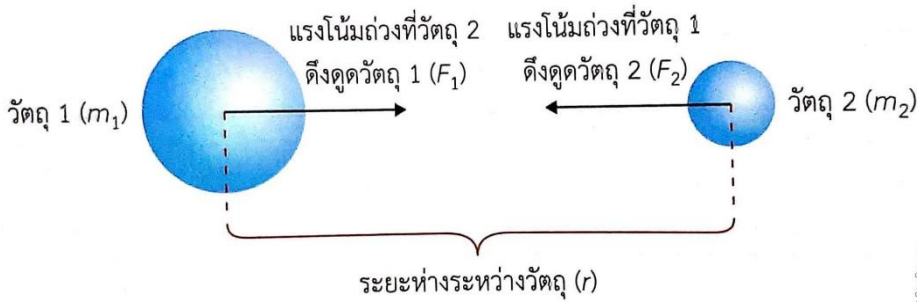
ภาพ วัตถุต่าง ๆ ในระบบสุริยะโคจรรอบดวงอาทิตย์ (ภาพที่แสดงไม่ตรงตามมาตราส่วนจริง)

โลกดึงดูดวัตถุต่าง ๆ บนโลกรวมถึงตัวเราไว้ด้วยแรงโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุนี้ ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก

น้ำหนักของคนคนหนึ่งหรือขนาดของแรงโน้มถ่วงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างคนกับจุดศูนย์กลางของโลก ยิงระยะห่างมากขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงก็จะยิงลดลง นอกจากนี้ขนาดของแรงโน้มถ่วงยังขึ้นอยู่กับมวลของดาวต่างๆด้วย ยิงมวลของดาวมากขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงก็จะยิ่งมากขึ้น

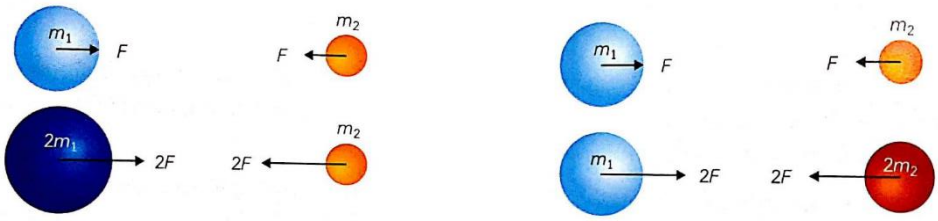
นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบขนาดของแรงโน้มถ่วงที่ดาวหนึ่ง ๆ กระทำต่อวัตถุที่มีมวลต่างกัน เมื่อวัตถุอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางดาวเท่ากัน พบว่าขนาดของแรงโน้มถ่วงก็จะต่างกันด้วย โดยวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีขนาดของแรงโน้มถ่วงมากกว่า ดังนั้นขนาดของแรงโน้มถ่วงนอกจากขึ้นอยู่กับระยะห่างจากดาวและมวลของดาวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุบนดาวนั้น ๆ อีกด้วย

วัตถุต่าง ๆ มีมวลและมีสนามโน้มถ่วงอยู่โดยรอบ ซึ่งเมื่อวัตถุอื่นเข้ามาในสนามโน้มถ่วงนี้ ก็จะทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุในทิศทางเข้าหาจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เป็นแหล่งของสนามโน้มถ่วงดังนั้นวัตถุที่มีมวลจะมีแรงโน้มถ่วงกระทำต่อกัน โดยกระทำที่จุดศูนย์กลางมวลด้วยขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองเป็นแรงกิริยา-ปฏิกิริยากัน ดังภาพ



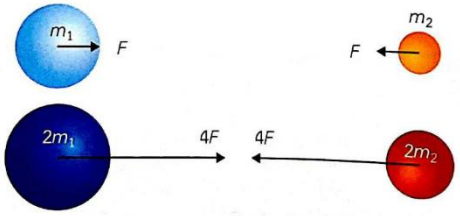
ภาพ แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ห่างกัน

ขนาดของแรงโน้มถ่วง (gravitational force : *F*) ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง(m_1 ,m_2) เมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุคงที่ ดังภาพ ก. เมื่อมวลของวัตถุ 1 (m_1) เพิ่มขึ้น 2 เท่า แรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ส่วนในภาพ ข. เมื่อมวลของวัตถุ 2 (m_2) เพิ่มขึ้น 2 เท่า แรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และในภาพ ค. เมื่อมวลของวัตถุทั้งสองเพิ่มขึ้น 2 เท่า แรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า



ก. เมื่อมวลของวัตถุ m_1 เพิ่มขึ้น 2 เท่า แรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

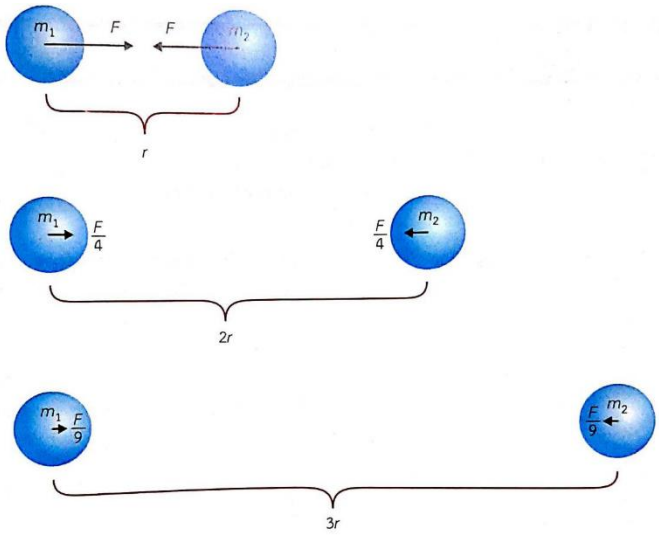
ข. เมื่อมวลของวัตถุ m_2 เพิ่มขึ้น 2 เท่า แรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า



ค. เมื่อมวลข ขึ้นเป็น 4 เท่า

ภาพ ที่ระยะห่างร ว่างวัตถุจะมากขึ้น เมื่อมวลของวัตถุทั้งสองเพิ่มขึ้น

ขนาดของแรงโน้มถ่วงระหว่างมวลของวัตถุ นอกจากจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างมวลของวัตถุด้วย โดยแรงโน้มถ่วงจะมีขนาดลดลงเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างวัตถุ ดังภาพ



ภาพ เมื่อวัตถุมีมวลเท่ากัน ถ้าระยะห่างระหว่างวัตถุเพิ่มขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงยิ่งลดลง

กล่าวโดยสรุปได้ว่าขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับขนาดของมวลของวัตถุทั้งสองและกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวัตถุ เมื่อเขียนความสัมพันธ์เป็นสมการโดยมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่า ค่าคงที่โน้มถ่วงสากล (G) ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการทดลอง จะได้สมการแรงโน้มถ่วงดังนี้

$$F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$$

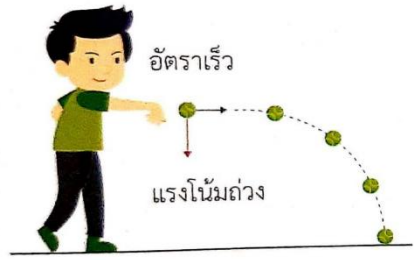
เมื่อ	F	แทน	ขนาดของแรงโน้มถ่วง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	m_1, m_2	แทน	มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
	r	แทน	ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
	G	แทน	ค่าคงที่โน้มถ่วงสากล ประมาณ 6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2

กรณีที่วัตถุเป็นดาวก็สามารถหาค่แรงโน้มถ่วงของดาวกับวัตถุได้จากสมการนี้เช่นกัน ถ้าวัตถุนั้นเป็นดาวที่มวลน้อย เช่น ดวงจันทร์ จะมีขนาดของแรงโน้มถ่วงน้อย ทำให้ดึงดูดอากาศให้อยู่บริเวณผิวดวงจันทร์ได้น้อย ดวงจันทร์จึงมีบรรยากาศบางมาก

โลกซึ่งเป็นดาวก็มีแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุ สังเกตได้จากการที่เราปล่อยลูกบอลจากมือ ลูกบอลจะตกลงมาตรง ๆ อย่างอิสระในแนวดิ่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดลูกบอลให้ตกลงสู่พื้น

ถ้าเราขว้างลูกบอลออกไปในแนวระดับด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง ถึงแม้จะมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง แต่วัตถุจะไม่ตกในแนวดิ่ง โดยวัตถุจะตกลงสู่โลกในแนววิถีโค้ง ดังภาพ ก. และถ้าเราขว้างลูกบอลออกไปด้วยอัตราเร็วมากขึ้น ลูกบอลก็จะเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งเช่นเดิมแต่ไปข้างหน้าได้ไกลขึ้น ดังภาพ ข.

7. ก



ที)

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement) (20 นาที)

1) กระตุ้นความสนใจนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่หน่วยที่ 4 ระบบสุริยะของเรา โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและอยากรู้อยากเห็น ดังนี้

- นักเรียนรู้จักคำว่าตะวันอ้อมข้าวหรือไม่ เป็นอย่างไร *(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)*
- นักเรียนคิดว่าในรอบ 1 ปี ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกที่เดิมในเวลาเดิมทุกวันหรือไม่ อย่างไร *(นักเรียนตอบตามความเข้าใจ เช่น ขึ้นและตกที่เดิมและเวลาเดิมทุกวันไม่เปลี่ยนแปลง หรือขึ้นและตกที่ตำแหน่งและเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน)*
- ถ้าดวงอาทิตย์หายไปทันทีทันใด นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับโลกของเรา *(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)*

2) ให้นักเรียนสังเกตภาพนำหน่วย อ่านเนื้อหานำหน่วย ในหนังสือเรียนชั้นม.3 เล่ม1 (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) สสวท. หน้า 181 และร่วมอภิปราย โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- จากเนื้อหาที่ได้อ่าน นักดาราศาสตร์ค้นพบอะไร สิ่งที่ค้นพบมีลักษณะอย่างไร *(นักดาราศาสตร์ค้นพบระบบดาวที่มีลักษณะคล้ายระบบสุริยะของเราชื่อว่าแทรพพิสต์วัน)*

- นักดาราศาสตร์ค้นพบระบบดาวนี้ได้อย่างไร *(ค้นพบโดยการสำรวจด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง)*

- เพราะเหตุใดจึงมีความเป็นไปได้ว่าดาวเคราะห์ในระบบดาวนี้จะมีสิ่งมีชีวิต *(เพราะดาวเคราะห์อยู่ในพื้นที่ที่เอื้อต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตและอาจมีน้ำเป็นองค์ประกอบ)*

3) ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ โดยให้นักเรียนสังเกตภาพนำเรื่อง หนังสือเรียนชั้นม.3 เล่ม1 (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) สสวท. หน้า 182 แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

- ภาพที่นักเรียนสังเกตเป็นภาพนาฬิกาดาราศาสตร์และปฏิทิน ณ กรุงปราก สาธารณรัฐเช็ก คนสมัยก่อนสร้างปฏิทินจากการสังเกตสิ่งใด *(จากการสังเกตดวงอาทิตย์และดวงจันทร์)*

- การบอกเวลา 1 วัน 1 เดือน 1 ปี คนสมัยก่อนบอกได้อย่างไร *(ระยะเวลา 1 วัน บอกจากการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ ระยะเวลา 1 เดือน บอกจากรูปร่างของดวงจันทร์ที่ปรากฏ ระยะเวลา 1 ปี บอกจากการเปลี่ยนตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์)*

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20 นาที)

4) นักเรียนทำกิจกรรมทบทวนความรู้ก่อนเรียน โดยเขียนเครื่องหมาย √ หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนเครื่องหมาย X หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง จากนั้นนำเสนอผลการทำกิจกรรม หากครูพบว่านักเรียนยังทำกิจกรรมทบทวนความรู้ก่อนเรียนไม่ถูกต้อง ครูควรทบทวนหรือแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ถูกต้องและเพียงพอที่จะเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวบริวารต่อไป

- แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุที่ไม่เท่ากับศูนย์ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ *(ถูกต้อง)*

- แรงโน้มถ่วงสามารถกระทำต่อวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัสวัตถุ *(ถูกต้อง)*

- แรงกิริยา-ปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่งมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้ามและเกิดขึ้นบนวัตถุเดียวกัน *(ไม่ถูกต้อง)*

- สนามโน้มถ่วงจะมีขนาดลดลงเมื่ออยู่ห่างจากต้นกำเนิดสนามมากขึ้น *(ถูกต้อง)*

- สนามโน้มถ่วงมีทิศทางพุ่งออกรอบ ๆ ต้นกำเนิดสนามโน้มถ่วง *(ไม่ถูกต้อง)*

5) ครูเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร โดยอ่านชื่อกิจกรรม จุดประสงค์ และวิธีดำเนินกิจกรรม ตามหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ หน้า 186 และครูตรวจสอบความเข้าใจการอ่าน โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- กิจกรรมนี้เกี่ยวกับเรื่องอะไร *(ขนาดของแรงโน้มถ่วง)*

- กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อย่างไร *(วิเคราะห์ข้อมูล เขียนกราฟ และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง)*

- วิธีดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนโดยสรุปอย่างไร *(วิเคราะห์กราฟเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงโน้มถ่วงซึ่งในที่นี้คือน้ำหนักของคนกับระยะห่างจากคนถึงจุดศูนย์กลางของโลก จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางและเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงโน้มถ่วงระหว่างน้ำหนักของคนกับมวลของดาวเคราะห์ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร)*

- นักเรียนต้องสังเกตและรวบรวมข้อมูลอะไรบ้าง *(นักเรียนต้องสังเกตค่าของน้ำหนักของคนว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร)*

6) ให้นักเรียนแต่ละคนทำกิจกรรมโดยครูสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำหากนักเรียนมีข้อสงสัยเกี่ยวกับการแปลความหมายข้อมูลและการเขียนกราฟ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (20 นาที)

7) นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมลงในแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร โดยการตอบคำถามท้ายกิจกรรม และร่วมกันสรุปผลของกิจกรรม **เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากกิจกรรมว่า** ขนาดของแรงโน้มถ่วงจะลดลงเมื่อระยะห่างจากคนถึงจุดศูนย์กลางของโลกมากขึ้น และขนาดของแรงโน้มถ่วงจะมากขึ้นเมื่อมวลของดาวเคราะห์มากขึ้นที่ระยะห่างเท่ากัน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (50 นาที)

8) ให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มเติมโดยอ่านเนื้อหาในหนังสือเรียนหน้า 187 และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง โดยใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

- เพราะเหตุใดเมื่อเราชั่งน้ำหนักบนดวงจันทร์ เราจะมีน้ำหนักไม่เท่ากับน้ำหนักที่ชั่งบนโลก *(แนวคำตอบ เนื่องจากขนาดของแรงโน้มถ่วงมีความสัมพันธ์กับขนาดของมวลของผู้ชั่งและมวลของดาว ดังนั้น ดวงจันทร์ซึ่งมีมวลน้อยกว่าโลกจึงมีแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อคนน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อชั่งน้ำหนักบนดวงจันทร์จึงมีขนาดน้อยกว่าเมื่อชั่งบนโลก)*

9) ให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง โดยอ่านเนื้อหาในหนังสือเรียนหน้า 188-190 เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ แรงโน้มถ่วง มวลของวัตถุ และระยะห่างระหว่างวัตถุ จากนั้นตรวจสอบความเข้าใจโดยใช้คำถามดังนี้

- จากภาพ 4.4 นักเรียนเข้าใจว่าอย่างไร *(ที่ระยะห่างระหว่างวัตถุเท่ากัน เมื่อมวลของวัตถุเพิ่มขึ้นโดยอาจเป็นวัตถุใดวัตถุหนึ่งหรือทั้งสอง ก็จะทำให้ขนาดของแรงโน้มถ่วงเพิ่มมากขึ้น)*

- จากภาพ 4.5 นักเรียนเข้าใจว่าอย่างไร *(วัตถุที่มีมวลเท่ากัน เมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุเพิ่มขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงจะลดลง)*

- ขนาดของแรงโน้มถ่วงมีความสัมพันธ์กับอะไรบ้าง และสัมพันธ์อย่างไร *(ขนาดของแรงโน้มถ่วงมีความสัมพันธ์กับมวลของวัตถุทั้งสอง โดยเมื่อมวลของวัตถุเพิ่มขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงจะเพิ่มมากขึ้น และสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างวัตถุ โดยเมื่อระยะห่างระหว่างวัตถุมากขึ้น ขนาดของแรงโน้มถ่วงจะลดลง)*

10) ครูให้นักเรียนเรียนรู้จากสื่อสถานการณ์จำลอง เรื่อง gravity and orbits เพื่อเสริมความเข้าใจ https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_th.html **เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า** สมการของแรงโน้มถ่วงคือ $F = Gm_1 m_2 / r^2$ โดยขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับผลคูณของมวลของวัตถุทั้งสอง และหารด้วยกำลังสองของระยะห่างระหว่างวัตถุ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) (10 นาที)

11) นักเรียนตรวจสอบการทำแบบบันทึกการค้นคว้าและส่งตามกำหนดที่วางไว้

12) ครูตรวจสอบการส่งแบบบันทึกการค้นคว้าของนักเรียนและให้คะแนนประเมินตามเกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 อุปกรณ์ทำกิจกรรม: อุปกรณ์เครื่องเขียน และกระดาษกราฟ

8.2 โปรแกรมออนไลน์: สถานการณ์จำลอง เรื่อง ความโน้มถ่วงและวงโคจร เข้าถึงได้จาก https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_th.html

8.3 ใบกิจกรรม: ใบกิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร

8.4 แบบบันทึกกิจกรรม: แบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร

8.5 แหล่งเรียนรู้: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ

9. การวัดและการประเมิน

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน
1. อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วย แรงโน้มถ่วงจากสมการ	- ตรวจการตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1	- คำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร จำนวน 3 ข้อ	- ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านความรู้

F = Gm1 m2 /r2 (ด้านความรู้: K)			
2. การใช้ทักษะด้านการสื่อสาร โดยนำเสนอกราฟปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง (ด้านกระบวนการ: P)	- ตรวจการทำแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1	- แบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับอะไร	- ได้ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านกระบวนการ

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	**วิธีการวัด**	**เครื่องมือวัด**	**เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน**
3. ระเบียบวินัยในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ด้านเจตคติ: A)	- สังเกตการณ์ได้รับมอบหมายบทบาทและภาระงานภายในชั้นเรียน	- เกณฑ์การประเมินระเบียบวินัยในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์	ได้ไม่น้อยกว่า2 คะแนน ระดับคุณภาพดี ถือว่าผ่านการประเมินด้านเจตคติ

9.1 เกณฑ์การประเมินผลนักเรียน เกณฑ์การประเมิน (Rubrics Score)

ประเด็นการประเมิน	**ค่าน้ำหนักคะแนน**	**แนวทางการให้คะแนน**
การให้คะแนนตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1	3	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1 ถูกต้อง จำนวน 3 ข้อ
	2	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1 ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ
	1	ตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 4.1 ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ หรือ ไม่ถูกต้อง
การให้คะแนนการบันทึกแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1	3	บันทึกผลการสื่อสาร จากการนำเสนอปัจจัยที่ดาวเคราะห์มีอัตราเร็วในการโคจรรอบดวงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยเขียนกราฟและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักกับมวลของดาวเคราะห์แต่ละดวง เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้อย่างรวดเร็ว ชัดเจนและถูกต้อง
	2	บันทึกผลการสื่อสาร จากการนำเสนอปัจจัยที่ดาวเคราะห์มีอัตราเร็วในการโคจรรอบดวงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยเขียนกราฟและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักกับมวลของดาวเคราะห์แต่ละดวงได้

	1	บันทึกผลการสื่อสาร จากการนำเสนอปัจจัยที่ดาวเคราะห์มีอัตราเร็วในการโคจรรอบดวงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยเขียนกราฟและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักกับมวลของดาวเคราะห์แต่ละดวงได้แต่ไม่ถูกต้อง มีข้อผิดพลาด
การให้คะแนนพฤติกรรมระเบียบวินัยในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์	3	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ภายในชั้นเรียนได้อย่างดี ไม่เกิดปัญหา ส่งภาระงานที่ได้รับตรงต่อเวลา และงานมีความสมบูรณ์ เรียบร้อย
	2	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ภายในชั้นเรียนได้แต่เกิดปัญหา จึงมีการปรับปรุงแก้ไข และส่งภาระงานที่ได้รับมอบหมายตรงต่อเวลา หรือช้ากว่ากำหนดเวลาไม่นาน
	1	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ภายในชั้นเรียนได้แต่เกิดปัญหา แล้วแก้ไขไม่ได้ ส่งผลกระทบต่อการส่งภาระงานที่ได้รับมอบหมายตรง ทำให้เกิดปัญหา ส่งช้ากว่ากำหนดเวลาออกไป

9.2 ระดับคุณภาพ

คะแนนรวมเฉลี่ย	3.00	หมายถึง	ดีมาก
คะแนนรวมเฉลี่ย	2.00 - 2.99	หมายถึง	ดี
คะแนนรวมเฉลี่ย	0.01 - 1.99	หมายถึง	พอใช้

ดังนั้น นักเรียนต้องได้คะแนนเฉลี่ยทุกประเด็นการประเมิน ไม่ต่ำกว่า 2.00 แสดงระดับคุณภาพ ดี ถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินในแผนการจัดการเรียนที่ 27