

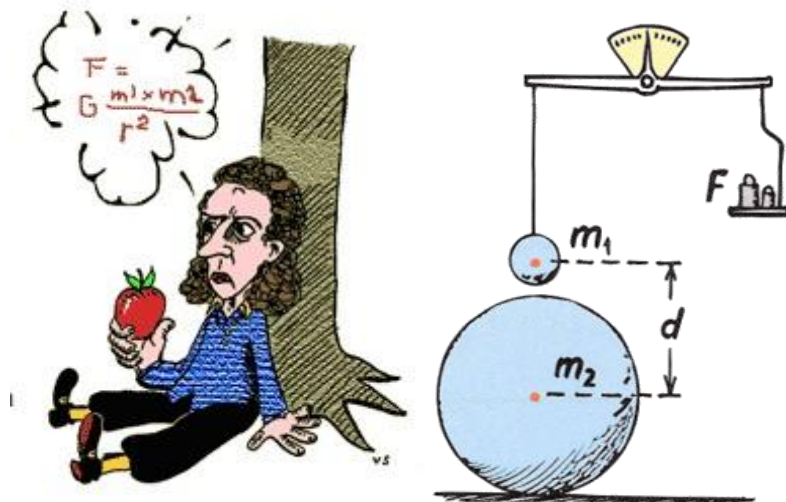
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

วิชาฟิสิกส์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชุดที่ 3

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน



นายมนตรี นันตา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน อำเภอเมือง จังหวัด

น่านงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 37



คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ 1 มัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะการสืบค้นข้อมูล กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ และคอยอำนวยความสะดวก ตลอดจนติดตามผลการศึกษาอย่างใกล้ชิด การจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ได้จัดทำทั้งหมด 5 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 มวลและแรง

ชุดที่ 2 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ชุดที่ 3 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ชุดที่ 4 แรงเสียดทาน

ชุดที่ 5 การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้

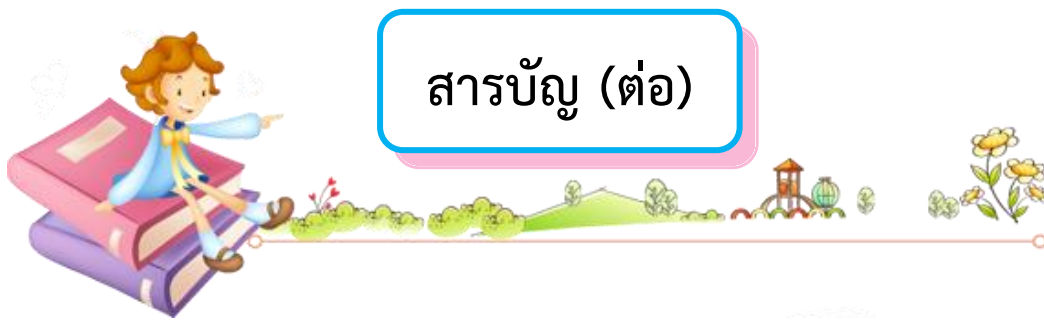
สำหรับชุดนี้ เป็นชุดที่ 3 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่าน ผู้อำนวยการโรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน ผู้เชี่ยวชาญ และคณะครูทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำจนชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ จะส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิด กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างมีเหตุผล มีคุณธรรม และดำเนินชีวิตอยู่ในสังคมอย่างมีความสุข

มนตรี นันทา

ตำแหน่ง ครู โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน



เรื่อง	หน้า
- ผังมโนทัศน์ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	1
- คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	2
- ผังมโนทัศน์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)	3
- มาตรฐานการเรียนรู้	4
- ผลการเรียนรู้	4
- จุดประสงค์การเรียนรู้	4
- เวลาที่ใช้	4
- แบบทดสอบก่อนเรียน	5
- ขั้นสร้างความสนใจ	8
- ขั้นสำรวจและค้นหา	10
- บัตรเนื้อหา เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	11
- บัตรเนื้อหา เรื่อง สนามโน้มถ่วง	14
- บัตรเนื้อหา เรื่อง ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก	16
- บัตรกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนใต้น้ำหนัก	18
- บัตรรายงานกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนใต้น้ำหนัก	19
- ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป	20
- เฉลยบัตรรายงานกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนใต้น้ำหนัก	21
- ขั้นขยายความรู้	22
- บัตรเนื้อหา เรื่อง การนำกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันไปใช้	23
- ขั้นประเมิน	26
- บัตรคำถาม เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	27
- เฉลยบัตรคำถาม เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	29

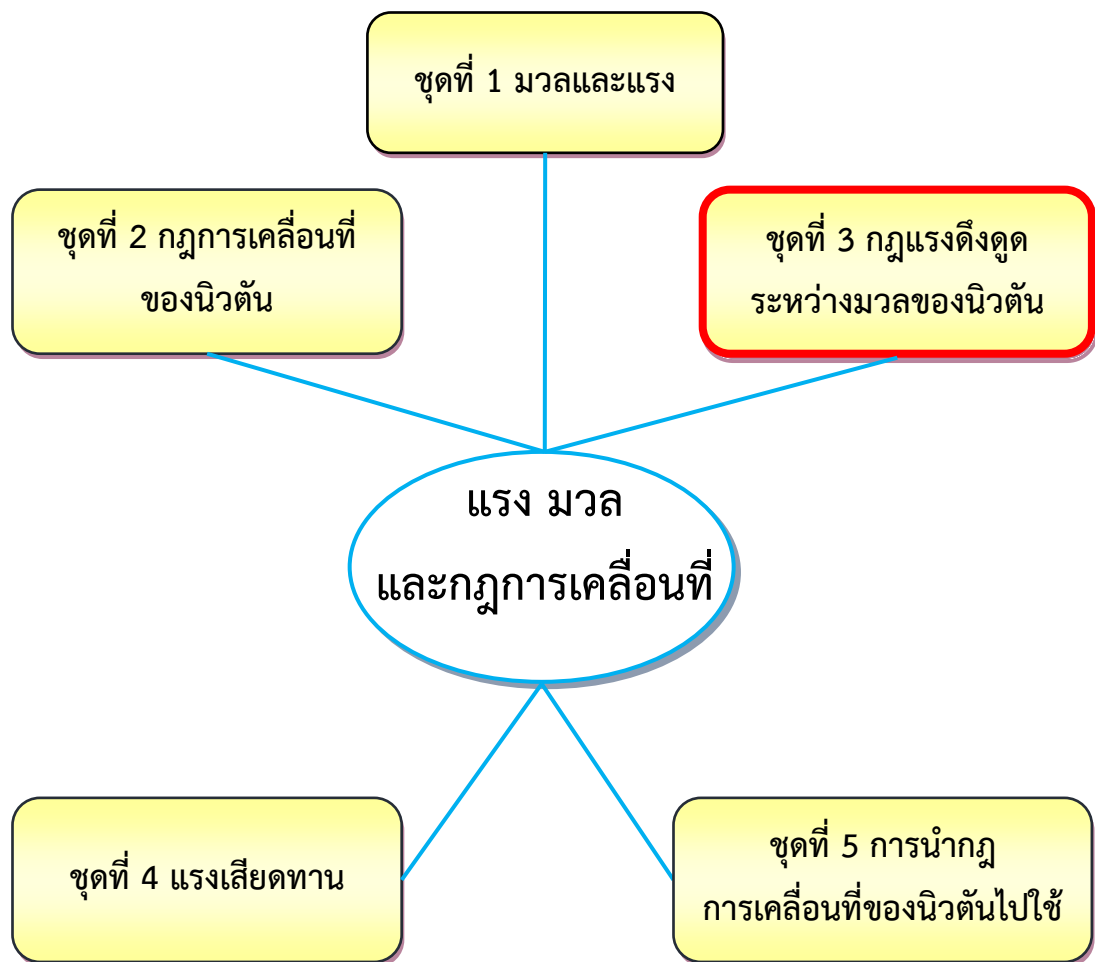


เรื่อง	หน้า
- แบบทดสอบหลังเรียน	31
- เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน	34
- บรรณานุกรม	35



ผังมโนทัศน์

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่
วิชา ฟิสิกส์ รหัสวิชา ว31201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4





คำแนะนำในการใช้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ชุดนี้ เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้ประกอบการเรียนและเป็นชุดกิจกรรมที่นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง ให้นักเรียนอ่านคำแนะนำและปฏิบัติตามขั้นตอน นักเรียนจะได้รับความรู้ อย่างครบถ้วน โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

วิธีการเรียนรู้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ชุดที่ 3 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน วิชาฟิสิกส์ 1 ว31201 ใช้เวลา 120 นาที
2. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยละความสามารถนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน จำนวน 10 ข้อ
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้
5. นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
 - ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
 - ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
 - ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
 - ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)
6. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว จึงลงมือทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 5 ข้อ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจอีกครั้งแล้วตรวจคำตอบ เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน
7. นักเรียนแต่ละคนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่เปิดดูเฉลยก่อนเรียน – หลังเรียน

ผังมโนทัศน์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)



มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล

จุดประสงค์การเรียนรู้

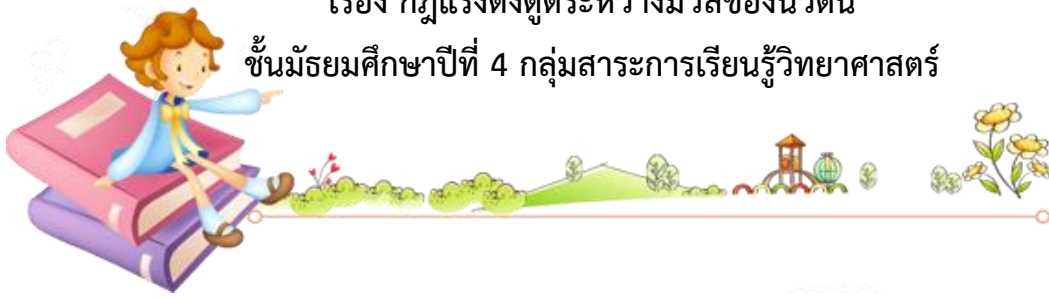
1. บอกกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้
2. บอกได้ว่าสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงกระทำต่อมวลของวัตถุ
3. ใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันคำนวณหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากผิวโลก
4. อธิบายสภาพไร้น้ำหนักได้

เวลาที่ใช้ 120 นาที

แบบทดสอบก่อนเรียน

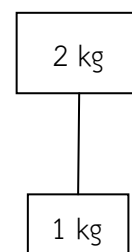
เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



- คำชี้แจง** 1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 10 ข้อ
ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ทับข้อ ก ข ค หรือ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
 - แปรโดยตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง
 - แปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่าง
 - เป็นแรงต่างกระทำร่วมของมวลทั้งสอง
 - ถูกทุกข้อ
- ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับวัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก
 - วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว
 - แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์
 - น้ำหนักของวัตถุมีค่าน้อยมาก ๆ จนถือว่าเป็นศูนย์
 - ถูกทุกข้อ
- เอามือจับมวล 2 กิโลกรัมไว้ ต่อมาปล่อยมือให้มวลทั้งสองก้อนตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วง แรงดึงดูดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - ลดลงจนเท่ากับศูนย์
 - เท่าเดิมตลอดเวลา
 - เพิ่มขึ้นไปสู่ค่า ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 2g
 - เพิ่มขึ้นไปสู่ค่า 2g



4. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**

- ก. เมื่อปล่อยวัตถุให้ตกบริเวณใกล้ผิวโลกแรงดึงดูดของโลกจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น
- ข. การตกของวัตถุที่มีมวลต่างกันในสุญญากาศจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่เพิ่มขึ้น
- ค. แรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับมวลของวัตถุ คือ น้ำหนักวัตถุ
- ง. สุญญากาศเป็นปริมาณเวกเตอร์

5. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- A. เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกสู่พื้นโลกเนื่องจากโลกมีสนามโน้มถ่วง
- B. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างมวลของวัตถุทั้งหลาย
- C. เส้นสนามโน้มถ่วงของโลกพุ่งสู่ศูนย์กลางของโลก
- D. สนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งบนผิวโลก มีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที²

ข้อใดถูกต้อง

- ก. A, B และ C ข. A, B และ D ค. A, C และ D ง. A, B, C และ D

6. ถ้าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของเดิม แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเป็นกี่เท่าของเดิม

- ก. $\frac{1}{4}$ ข. $\frac{1}{2}$ ค. 2 ง. 4

7. ถ้าระยะห่างระหว่างมวลสองก้อนลดลงเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของเดิม แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเป็นกี่เท่าของเดิม

- ก. $\frac{1}{16}$ ข. $\frac{1}{4}$ ค. 4 ง. 16

8. นักบินอวกาศหนัก 900 นิวตัน เมื่อขึ้นบนผิวโลก ที่ตำแหน่งสูงจากจุดศูนย์กลางโลกเท่ากับสามเท่าของรัศมีของโลกเขาจะมีน้ำหนักเป็นเท่าใด

- ก. 600 นิวตัน ข. 300 นิวตัน ค. 100 นิวตัน ง. 90 นิวตัน

9. ดาวเทียมดวงหนึ่ง ถูกส่งขึ้นไปโคจรห่างจากผิวโลกเป็น 2 เท่าของรัศมีโลก ดาวเทียมดวงนี้จะมีค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก

- ก. $\frac{1}{9}$ ข. $\frac{1}{4}$ ค. $\frac{1}{3}$ ง. $\frac{1}{2}$

10. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีมวลมากกว่าโลก 2 เท่า แต่มีรัศมีเป็นครึ่งหนึ่งของโลก ดาวเคราะห์ดวงนี้จะมีค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก

- ก. $\frac{1}{4}$ ข. 2 ค. 4 ง. 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

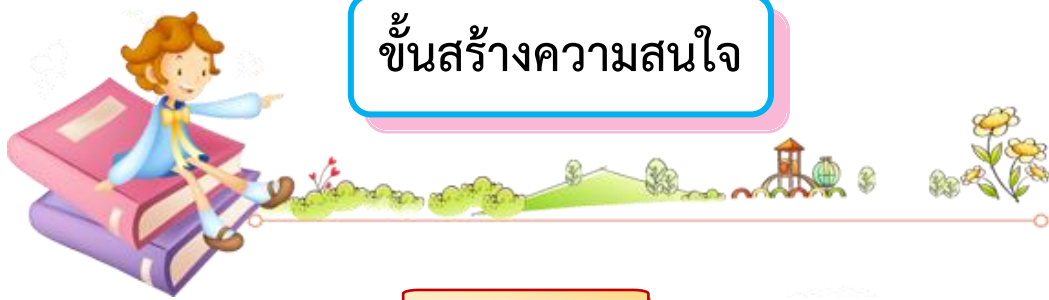
เรื่อง มวลและแรง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
7				
8				
9				
10				
คะแนนที่ได้				



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วร่วมกันอภิปรายวิเคราะห์และตอบคำถามใช้เวลา 5 นาที
2. ให้นักเรียนกลุ่มอาสาสมัคร 1 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการวิเคราะห์หน้าชั้นเรียน

สถานการณ์ที่ 1

“การโคจรของดาวเคราะห์ต่าง ๆ รอบดวงอาทิตย์”



รูปที่ 1 ระบบสุริยะ

ที่มา : http://thanakit13.blogspot.com/2010_02_01_archive.html

สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2556



จากสถานการณ์ที่ 1 ให้แต่ละกลุ่มร่วมกัน
วิเคราะห์แล้ว ตอบคำถาม

แนวทางการเดินทางของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

ทำไมดาวเคราะห์ต่าง ๆ จึงโคจรรอบดวงอาทิตย์ได้

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2

“ให้นักเรียนปล่อยยางลบให้ตกลงสู่พื้น แล้วสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น”



จากสถานการณ์ที่ 2 ให้แต่ละกลุ่มร่วมกัน
วิเคราะห์แล้ว ตอบคำถาม

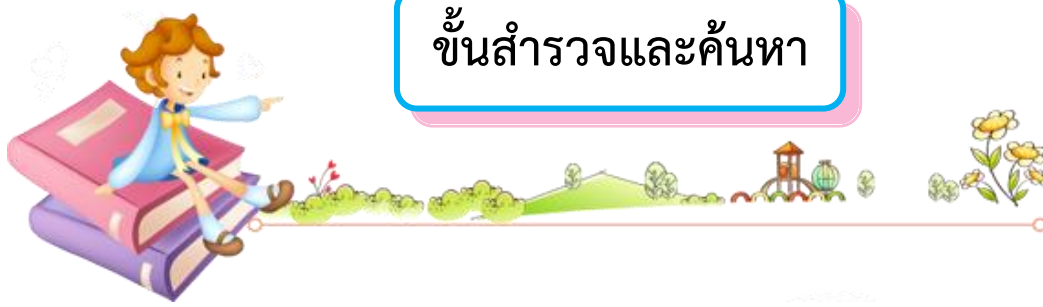
ทำไมยางลบจึงตกลงสู่พื้น ถ้าเราปล่อยในที่ห่างจากโลกมาก ๆ ยางลบจะตกสู่
พื้นโลกหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
2. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง สนามโน้มถ่วง
3. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก
4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน สนามโน้มถ่วง และความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนไร้น้ำหนัก โดยศึกษาจากบัตรกิจกรรมการทดลอง แล้วตอบคำถาม พร้อมทั้งสรุปเป็นความรู้ลงในบัตรรายงานกิจกรรมการทดลอง

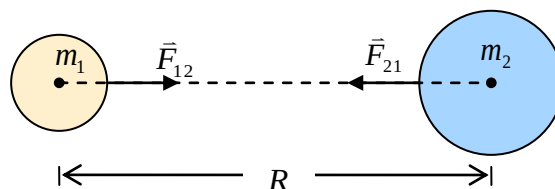
บัตรเนื้อหา เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

นักดาราศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ในสมัยโบราณสังเกตพบว่า ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ส่วนโลกและดาวเคราะห์ต่างๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยวงโคจรของดวงจันทร์หรือดาวเคราะห์มีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรี แม้เคปเลอร์ (Kepler) จะพบกฎการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ได้ แต่ก็ยังไม่มีใครสามารถอธิบายเหตุผลในการโคจรลักษณะเช่นนี้ได้ จนกระทั่งนิวตันได้นำผลการสังเกตของนักดาราศาสตร์ทั้งหลายมาสรุปว่า การที่ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมีแรงกระทำระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์

เขาเชื่อว่าแรงนี้เป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลของดวงอาทิตย์กับมวลของดาวเคราะห์และยังเชื่อต่อไปว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงธรรมชาติ และจะมีแรงดึงดูดระหว่างวัตถุทุกชนิดที่มีมวลในเอกภพ นิวตันจึงเสนอกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลซึ่งมีใจความว่า

“วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆ จะแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลวัตถุทั้งสอง และจะแปรผกผันกับกำลังสองระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสองนั้น”



รูปที่ 2 แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคู่หนึ่ง

ถ้า m_1 และ m_2 เป็น มวลของวัตถุทั้งสองซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง R ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล $\vec{F}_G$ เป็นขนาดของทั้ง $\vec{F}_{12}$ และ $\vec{F}_{21}$ ตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน จะได้ว่า

$$\vec{F}_G \propto m_1 m_2$$

$$\vec{F}_G \propto \frac{1}{R^2}$$

$$\therefore \text{จะได้สมการ คือ } \vec{F}_G = \frac{Gm_1 m_2}{R^2} \quad \text{--- (1)}$$

G เป็นค่าคงตัวของแรงดึงดูดระหว่างมวล และเป็นค่าเดียวกันเสมอไม่ว่าวัตถุที่ดึงดูดกันจะเป็นวัตถุใดๆ ก็ตาม G นี้เรียกว่า ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล (universal gravitational constant) ตามระบบเอสไอ มีค่า 6.673×10^{-11} นิวตัน·เมตร²/กิโลกรัม²

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันตามสมการ (1) นี้ช่วยให้สามารถคำนวณหาแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆได้ เมื่อทราบค่าคงตัว G เนื่องจาก G มีค่าเท่ากับ $\frac{F_G R^2}{m_1 m_2}$ ในทางปฏิบัติการหาค่า G นั้น ค่ามวล m_1 และ m_2 หาได้ด้วยการชั่ง ส่วนระยะทางระหว่างมวลทั้งสอง R ก็สามารถวัดได้ ในกรณีที่วัตถุมีขนาดใหญ่เหมือนรูปทรงกลม ระยะ R คือระยะทางระหว่างศูนย์กลางของทรงกลมทั้งสอง แต่มวลที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปแล้วจะทำให้เกิดแรงดึงดูดน้อยมาก การวัดขนาดแรงดึงดูด F_G จึงทำได้ยากมาก แต่เฮนรีคาเวนดิช (Henry Cavendish) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษสามารถคิดวิธีวัดแรงดึงดูดค่าน้อยๆ นี้ได้ โดยใช้เครื่องชั่งแบบแรงบิด (torsion balance) และสามารถหาค่าของ G ได้ (ประมาณ 100 ปี หลังจากนิวตันได้ตั้งกฎนี้ขึ้น)

การทดลองวัดค่าแรงดึงดูดระหว่างมวลของคาเวนดิช

เฮนรี คาเวนดิช นักวิทยาศาสตร์

ชาวอังกฤษสามารถคิดวิธีวัดแรงดึงดูดค่าน้อยๆ นี้โดยใช้คานเบา ยาวประมาณ 2 เมตร และมีลูกกลมเล็กๆ ทำด้วยตะกั่วติดที่ปลายคานด้านละลูก ดังรูปที่ 4 คานนี้ถูกแขวนด้วยสายควอทซ์เส้นเล็กๆ คาเวนดิชทดลองหามาก่อนแล้วว่า ต้องใช้แรงเท่าใดในการทำให้คานและสายควอทซ์บิดไปเป็นมุมต่างๆ เมื่อคาเวนดิชนำลูกกลมใหญ่ทำด้วยตะกั่วมาใกล้ลูกกลมเล็กที่ปลายคานข้างละลูก โดยให้ห่างจากลูกกลมเล็กเท่ากัน

สายควอทซ์จะบิดและลูกกลมเล็กจะเบี่ยงเบนไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลใหม่ จากการวัดมุมที่สายควอทซ์บิดไป คาเวนดิชคำนวณหาแรงดึงดูดระหว่างลูกกลมเล็กและลูกกลมใหญ่ได้ เมื่อวัดมวลของลูกกลมและระยะทางระหว่างลูกกลมแล้ว คาเวนดิช สามารถหาค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล G ได้ ตามระบบเอสไอค่า G ที่เป็นที่ยอมรับปัจจุบันมีค่า 6.673×10^{-11} นิวตัน·เมตร²/กิโลกรัม²

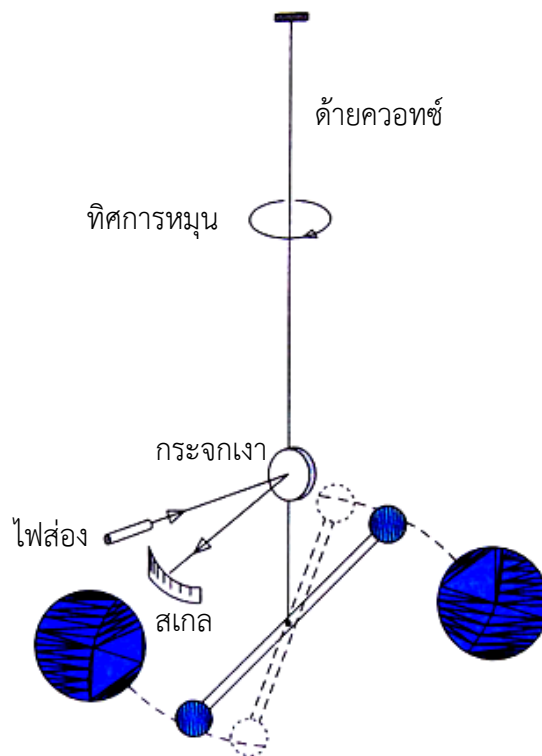
จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นว่า แรงโลกดึงดูดดวงจันทร์มีค่ามาก ส่วนแรงดึงดูดระหว่างมวลต่างๆ ที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวันมีค่าน้อยมาก นอกจากนี้ยังพบ แรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับมวลของวัตถุ คือ น้ำหนักวัตถุนั้นเอง



รูปที่ 3 Henry Cavendish (1731 –1810)

ที่มา : <https://www.awesomestories.com/asset/view/Henry-Cavendish-Discoveries>

สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2556



รูปที่ 4 แผนภาพเครื่องมือในการทดลองหาหาค่าความโน้มถ่วงสากลของคาเวนดิช

ที่มา : <http://www.myfirstbrain.com/thaidata/image.asp?ID=1703908>

สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2556

ในการหามวลของวัตถุต่างๆ บนโลกเราอาจหาได้โดยใช้เครื่องชั่ง แต่กรณีที่วัตถุมีขนาดใหญ่ มาก เช่น โลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ต่างๆ เราไม่สามารถใช้เครื่องชั่งที่มีขนาด ใหญ่เช่นนั้นได้ แต่เราสามารถใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน คำนวณหามวลของวัตถุขนาด ใหญ่ๆ เช่น โลก และดวงดาวได้ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลทำให้สามารถเข้าใจสมบัติและลักษณะการ เคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ ดวงจันทร์ ได้เป็นอย่างดี อาจพิสูจน์ได้ว่าแรงที่เป็นปฏิภาคกับ $\frac{1}{R^2}$ ทำให้ วงโคจรโดยทั่วไปจะเป็นวงรี (ellipse) วงกลมอาจถือว่าเป็นกรณีพิเศษของวงรี

บัตรเนื้อหา เรื่อง สนามโน้มถ่วง

สนามโน้มถ่วง (Gravitational field)

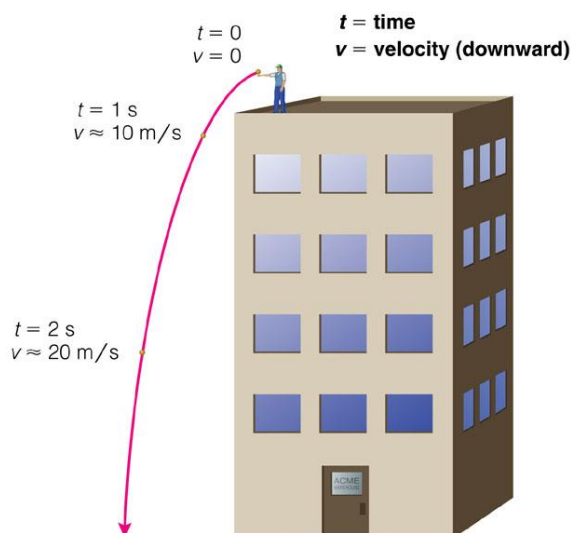
เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกสู่พื้นโลกเนื่องจากโลกมีสนามโน้มถ่วง (gravitational field) อยู่รอบโลก สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุทั้งหลาย แรงดึงดูดนี้เรียกว่าแรงโน้มถ่วง (gravitational force)

สนามโน้มถ่วงของโลกเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ g มีเส้นสนามพุ่งสู่ศูนย์กลางของโลก สนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งบนผิวโลก มีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที²

การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง

วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลกจะถูกโลกดึงดูด ดังนั้นเมื่อปล่อยวัตถุให้ตกบริเวณใกล้ผิวโลกแรงดึงดูดของโลกจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น นั่นคือวัตถุมีความเร่ง

การตกของวัตถุที่มีมวลต่างกันในสนามโน้มถ่วงวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว เรียกว่าความเร่งโน้มถ่วง (gravitational acceleration) มีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวโลก มีค่าต่างกันตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในการตกของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งโน้มถ่วง 9.8 เมตรต่อวินาที² ซึ่งหมายความว่าความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นวินาทีละ 9.8 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5 การเคลื่อนที่ลงของวัตถุที่บริเวณใกล้ผิวโลก

ที่มา : <http://www.physast.uga.edu/~rls/1010/ch4/ovhd.html>

สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2556

ถ้าโยนวัตถุขึ้นในแนวตั้ง วัตถุในสนามโน้มถ่วงจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งโน้มถ่วง g โดยมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางโลก ทำให้วัตถุซึ่งเคลื่อนที่ขึ้นมีความเร็วลดลงวินาทีละ 9.8 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งความเร็วสุดท้ายเป็นศูนย์ จากนั้นแรงดึงดูดวัตถุให้ตกกลับสู่โลกด้วยความเร่งเท่าเดิม

การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงของวัตถุที่บริเวณใกล้ผิวโลก ถ้าคำนึงถึงแรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียวโดยไม่คิดถึงแรงอื่น เช่น แรงต้านอากาศ หรือแรงลอยตัวของวัตถุในอากาศ แล้ววัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโน้มถ่วง ที่มีค่าคงตัวเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที² ในทิศลง เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่าการตกแบบเสรี (free fall)

นิยาม

ณ ตำแหน่งหนึ่งในกรอบอ้างอิงใด ๆ สนามโน้มถ่วงที่จุดนั้นคือ แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อมวล 1 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งนั้น (สนามโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์)

แรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วงของโลก

แรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุนบนโลกคือน้ำหนัก (weight: $\vec{W}$) ของวัตถุนั้น (น้ำหนักมีหน่วยเป็น นิวตัน) สำหรับวัตถุมวล m บนผิวโลกจะมีน้ำหนักเท่ากับ $m\vec{g}$ มีทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางโลก โดยที่ผิวโลกขนาดของ $\vec{g}$ มีค่าประมาณ 9.8 เมตร/วินาที²

ข้อสังเกต

- $\vec{W}$ ไม่ได้หมายถึงน้ำหนักที่อ่านได้จากตาชั่ง
- น้ำหนักและค่า g ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุนบนผิวโลก และจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงต่ำจากผิวโลก แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุก็คือ น้ำหนัก (weight) ของวัตถุนบนโลก หาได้จากสมการ $\vec{W} = m\vec{g}$ เมื่อ m เป็นมวลของวัตถุที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
- $\vec{g}$ เป็นความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่วัตถุวางอยู่ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² และ $\vec{W}$ เป็นน้ำหนักของวัตถุที่มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

บัตรเนื้อหา เรื่อง ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก

ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก

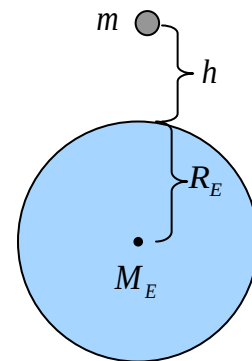
กำหนดให้ M_E แทน มวลของโลก
 R_E แทน รัศมีของโลก
 m แทน มวลของวัตถุ
 h แทน ความสูงของวัตถุจากผิวโลก

น้ำหนักของวัตถุมวล m = แรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับวัตถุมวล m

$$m\bar{g} = \frac{GM_E m}{R^2}$$

$$m\bar{g} = \frac{GM_E m}{(R_E + h)^2}$$

ดังนั้น
$$\bar{g} = \frac{GM_E}{(R_E + h)^2} \quad \dots(1)$$



รูปที่ 6 วัตถุมวล m อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทาง $(R_E + h)$

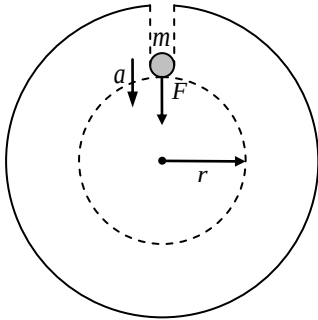
ค่า $\bar{g}$ ในสมการ (1) เป็นค่าของแรงดึงดูดต่อมวล และเป็น ค่าของสนามโน้มถ่วง (gravitational field) ของโลก ณ ตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งขึ้นกับระยะ $R_E + h$ จากจุดศูนย์กลางของโลกตั้งแต่ผิวโลกขึ้นไป

สนาม หมายถึงบริเวณที่มีแรงกระทำอยู่ ถ้าปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่วัตถุก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง g ค่านี้บางทีเรียกค่าความโน้มถ่วง (gravity) ซึ่งอาจเป็นของโลก ดวงจันทร์ หรือที่ผิวของดาวอื่น แต่ค่าโน้มถ่วงจะเป็นค่าตามที่เราวัดได้ คืออาจรวมผลจากการหมุนของโลกด้วย ทำให้ค่า $\bar{g}$ บนผิวโลกแต่ละที่ต่างกันไปจาก 9.780 เมตร/วินาที² บริเวณเส้นศูนย์สูตรจนถึง 9.832 เมตร/วินาที² บริเวณขั้วโลก ค่าเฉลี่ยที่ถือเป็นมาตรฐาน คือ 9.8065 เมตร/วินาที² ค่า $\bar{g}$ สำหรับกรุงเทพฯ คือ 9.783 เมตร/วินาที²

จากสมการ (1) $\bar{g}$ มีค่าลดลงตามลำดับความสูงและเป็นปฏิภาคผกผันกับระยะห่างจากศูนย์กลางของโลกกำลังสอง หรือ $\bar{g} \propto \frac{1}{(R_E + h)^2}$

การหาความเร่งของวัตถุในดาวเคราะห์

ให้วัตถุมวล m อยู่ในดาวเคราะห์โดยอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของดาวเคราะห์ ที่มีมวล m_p เป็นระยะห่าง r



รูปที่ 7 วัตถุมวล m อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางดาวเคราะห์เป็นระยะทาง r

$$\text{ปริมาตรของดาวเคราะห์รัศมี } r = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\text{มวลของดาวเคราะห์ } (m_p) = \rho V = \frac{4}{3}\rho\pi r^3$$

$$\text{จาก } \bar{F}_G = \frac{Gmm_p}{r^2}$$

$$\text{แทนค่า } \bar{F}_G = \frac{Gm}{r^2} \left(\frac{4}{3}\rho\pi r^3 \right)$$

$$\bar{F}_G = \frac{4}{3}Gm\rho\pi r$$

$$\text{แต่ } \bar{F}_G = m\bar{a}$$

$$\text{นั่นคือ } m\bar{a} = \frac{4}{3}Gm\rho\pi r$$

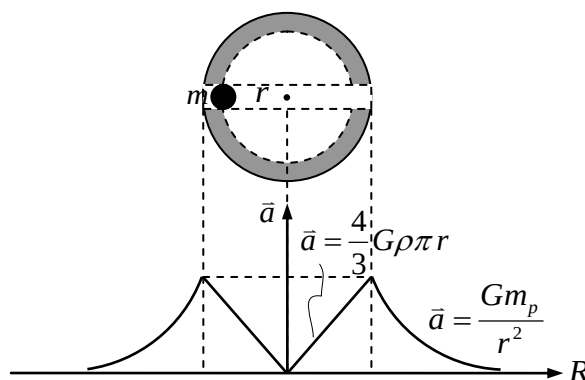
$$\bar{a} = \frac{4}{3}G\rho\pi r \quad \dots (2)$$

$$\therefore \bar{a} \propto r$$

นั่นคือ ความเร่งของวัตถุที่อยู่ในดาวเคราะห์จะแปรผันตรงกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง

$$\therefore \text{ความเร่งของวัตถุในดาวเคราะห์ } \bar{a} = \frac{4}{3}G\rho\pi r$$

ลักษณะของกราฟ แสดงความเร่งของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 8 กราฟแสดงความเร่งของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดาวเคราะห์

บัตรกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนไร้น้ำหนัก**จุดประสงค์การทดลอง**

เพื่อศึกษาสภาพเสมือนไร้น้ำหนักของวัตถุ

วัสดุ/อุปกรณ์

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. เครื่องชั่งสปริง | 1 อัน |
| 2. ถุงทราย | 1 ถุง |

วิธีการทดลอง

1. แขนงถุงทรายไว้กับเครื่องชั่งสปริง โดยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายอยู่นิ่ง สังเกตค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงและบันทึกผล
2. แขนงถุงทรายไว้กับเครื่องชั่งสปริง โดยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงตัว สังเกตค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงและบันทึกผล
3. แขนงถุงทรายไว้กับเครื่องชั่งสปริง โดยปล่อยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายตกแบบเสรี สังเกตค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงและบันทึกผล
4. อภิปรายผลการทดลอง



รูปที่ 9 การจัดเตรียม เครื่องชั่งสปริง และถุงทรายจำนวน 1 ถุง

บัตรรายงานกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนไร้น้ำหนัก**สมาชิกในกลุ่ม**

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 2. |
| 3. | 4. |
| 5. | 6. |

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาสภาพเสมือนไร้น้ำหนักของวัตถุ

ผลการทดลอง

1. ในกรณีที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายอยู่นิ่ง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด
.....
2. ในกรณีที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงตัว ค่าที่อ่านได้จาก
เครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด
.....
3. ในกรณีปล่อยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายตกแบบเสรี ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงมี
ค่าเท่าใด
.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรม
2. ให้นักเรียนกลุ่มอาสาสมัคร 1 กลุ่ม ออกมานำเสนอความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ตามบัตรกิจกรรม
3. ให้นักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอ ออกมานำเสนอเพิ่มเติมในส่วนที่แตกต่างจากกลุ่มอาสาสมัคร
4. ให้นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อหาความถูกต้องตามเหตุและผล

เฉลยบัตรรายงานกิจกรรมการทดลอง เรื่อง สภาพเสมือนไร้น้ำหนัก

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาสภาพเสมือนไร้น้ำหนักของวัตถุ

ผลการทดลอง

1. ในกรณีที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายอยู่นิ่ง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

แนวการตอบ 4.9 นิวตัน (ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ เท่ากับ น้ำหนักของถุงทราย)

2. ในกรณีที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงตัว ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

แนวการตอบ น้อยกว่า 4.9 นิวตัน (ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ น้อยกว่า น้ำหนักของถุงทราย)

3. ในกรณีปล่อยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายตกแบบเสรี ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด (2 คะแนน)

แนวการตอบ ศูนย์

อภิปรายผลการทดลอง (4 คะแนน)

- ในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ขนาดของแรงดึงขึ้นเท่ากับขนาดของแรงดึงลง ส่งผลให้ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ เท่ากับ น้ำหนักของถุงทราย
- ในกรณีที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงตัว แรงลัพธ์มีทิศลง จากกฎข้อที่สองของนิวตัน

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

ให้ทิศทางลงแทนด้วยเครื่องหมายบวก (+) และทิศทางขึ้นแทนด้วยเครื่องหมายลบ (-)

$$m\vec{g} - \vec{T} = m\vec{a}$$

$$\vec{T} = m\vec{g} - m\vec{a}$$

นั่นคือ

$$\vec{T} < m\vec{g}$$

ส่งผลให้ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ น้อยกว่า น้ำหนักของถุงทราย

- ในกรณีปล่อยให้เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายตกแบบเสรี ($\vec{a} = \vec{g}$) ทั้งเครื่องชั่งและวัตถุจะมีความเร่งเท่ากัน จากสมการข้างต้น

$$\vec{T} = m\vec{g} - m\vec{a}$$

$$\vec{T} = 0$$

กล่าวคือ ขณะที่เครื่องชั่งสปริงและถุงทรายตกแบบเสรี น้ำหนักที่เครื่องชั่งอ่านได้เป็นศูนย์ วัตถุที่ตกแบบเสรีจะอยู่ในสภาพเสมือนไร้น้ำหนัก



1. ให้นักเรียนอ่านเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง การนำกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันไปใช้
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการนำกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันไปใช้

บัตรเนื้อหา เรื่อง การนำกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันไปใช้

การนำกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันไปใช้

ตัวอย่างที่ 1 มวล 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม อยู่ห่างกัน 10 เมตร จะมีแรงดึงดูดระหว่างมวลเท่าไร
กำหนดให้ $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

วิเคราะห์โจทย์ รู้ $m_1 = 5 \text{ kg}$, $m_2 = 10 \text{ kg}$, $R = 10 \text{ m}$ ต้องการหา $\vec{F}_G$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \vec{F}_G &= \frac{Gm_1m_2}{R^2} \\ F_G &= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5 \times 10}{(10)^2} \end{aligned}$$

$$\therefore F_G = 3.34 \times 10^{-11} \text{ N}$$

ดังนั้น แรงดึงดูดระหว่างมวลเท่ากับ 3.34×10^{-11} นิวตัน

ตัวอย่างที่ 2 ถ้าระยะห่างระหว่างมวล 2 ก้อนเพิ่มเป็น 2 เท่า แรงดึงดูดระหว่างมวลทั้งสอง จะเป็นกี่เท่าของของเดิม

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อ $R_2 = 2R_1$ ต้องการหา $\vec{F}_{G_2}$ เป็นกี่เท่าของ $\vec{F}_{G_1}$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \vec{F}_G &= \frac{Gm_1m_2}{R^2} \\ \text{ได้ว่า} \quad F_{G_1} &= \frac{Gm_1m_2}{R_1^2} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

$$F_{G_2} = \frac{Gm_1m_2}{R_2^2} \quad \dots (2)$$

$$(2)/(1) \quad \frac{F_{G_2}}{F_{G_1}} = \frac{Gm_1m_2}{R_2^2} \times \frac{R_1^2}{Gm_1m_2}$$

$$\frac{F_{G_2}}{F_{G_1}} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

$$\frac{F_{G_2}}{F_{G_1}} = \frac{R_1^2}{(2R_1)^2}$$

$$\frac{F_{G_2}}{F_{G_1}} = \frac{1}{4}$$

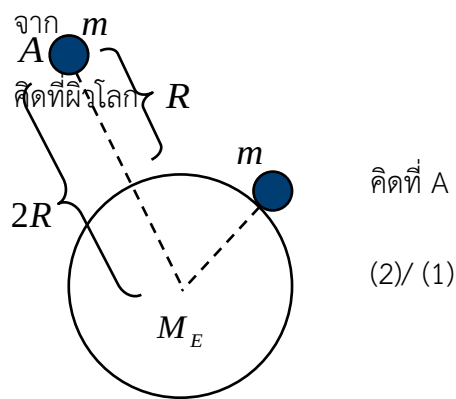
$$\therefore F_{G_2} = \frac{1}{4} F_{G_1}$$

ดังนั้น แรงดึงดูดระหว่างมวลทั้งสองเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของของเดิม

ตัวอย่างที่ 3 จงหาความเร่งเนื่องจากสนามความโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากผิวโลก เท่ากับรัศมีของโลก (กำหนดให้ที่ผิวโลกมีค่า $\bar{g} = 10$ เมตร/วินาที²)

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ g ที่ผิวโลก ต้องการหาค่า g' ที่ตำแหน่งห่างจากผิวโลกออกไป ควรตั้ง

สมการคำนวณ 2 สมการเปรียบเทียบกัน



$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

$$mg' = \frac{GM_E m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM_E m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

$$\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(2R)^2}$$

$$g' = \frac{1}{4} \bar{g}$$

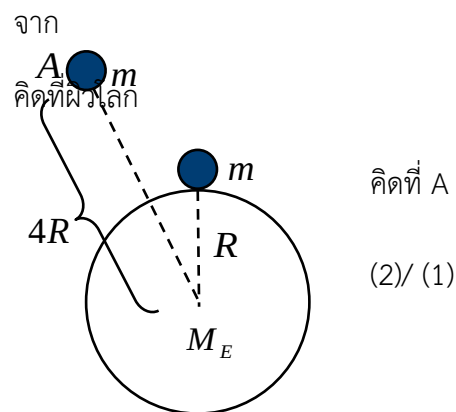
$$g' = \frac{1}{4} \times 10$$

$$\therefore g' = 2.5 \text{ m/s}^2$$

ดังนั้น ความเร่งเนื่องจากสนามความโน้มถ่วงเท่ากับ 2.5 เมตร/วินาที²

ตัวอย่างที่ 4 วัตถุก้อนหนึ่งหนัก 800 นิวตัน ที่ผิวโลก ถ้านำวัตถุก้อนนี้ไปซิ่ง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากจุด ศูนย์กลางโลก 4 เท่าของรัศมีโลก วัตถุก้อนนี้จะหนักเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์ แนวการแก้ปัญหาคล้ายตัวอย่างที่ 3 แต่ต้องการหา $m\bar{g}'$ ห้ามตัด m ทิ้ง



$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

$$mg' = \frac{GM_E m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM_E m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{R^2}{(4R)^2}$$

$$mg' = \frac{1}{16} m\bar{g}$$

$$mg' = \frac{1}{16} \times 800$$

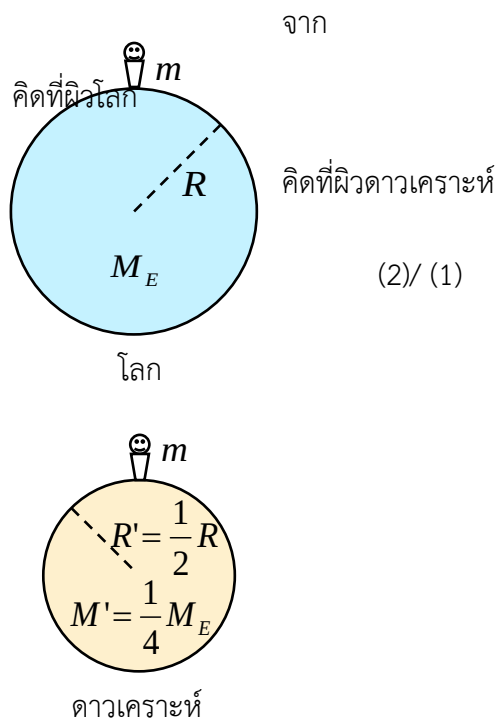
$$\therefore mg' = 50 \text{ N}$$

ดังนั้น วัตถุก้อนนี้จะมีน้ำหนัก 50 นิวตัน

ตัวอย่างที่ 5 สมชายชั่งน้ำหนักตนเองบนดาวเคราะห์ดวงหนึ่งได้ $\frac{1}{4}$ เท่าของน้ำหนักบนผิวโลก ถ้าดาว

เคราะห์นี้มีรัศมี $\frac{1}{2}$ เท่าของรัศมีโลก จงหามวลดาวเคราะห์เป็นกี่เท่าของมวลโลก

วิเคราะห์โจทย์ แนวคิดคล้ายตัวอย่างที่ 3 เพียงแต่คิด $\vec{F}_g$, $\vec{F}_G$ ที่ผิวโลกและที่ผิวดาวเคราะห์



$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \dots (1)$$

$$mg' = \frac{GM' m}{R'^2} \dots (2)$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM' m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

$$\frac{\frac{1}{4}mg}{mg} = \frac{M'}{M_E} \frac{R^2}{\left(\frac{1}{2}R\right)^2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{4M'}{M_E}$$

$$\frac{M'}{M_E} = \frac{1}{16}$$

$$\therefore M' = \frac{1}{16} M_E$$

ดังนั้น มวลดาวเคราะห์เป็น $\frac{1}{16}$ เท่าของมวลโลก



บัตรคำสั่ง

1. ให้นักเรียนตอบคำถามตามบัตรคำถาม เพื่อทบทวนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
2. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ

บัตรคำถาม เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

คำชี้แจง จงแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง (ข้อละ 2.5 คะแนน รวม 10 คะแนน) ใช้เวลา 15 นาที

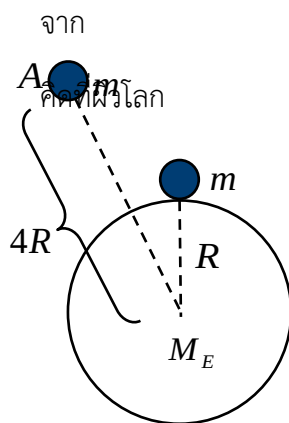
1. เมื่ออุกกาบาตอยู่ห่างจากผิวโลกเป็น 3 เท่าของรัศมีโลก ค่าความเร่งของอุกกาบาตเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นกี่เท่าของค่า g
2. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีมวลมากกว่าโลก 2 เท่า แต่มีรัศมีเป็นครึ่งหนึ่งของโลก ค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงที่ผิวของดาวเคราะห์ดวงนั้นเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก (ให้ ความเร่งที่ผิวโลก = g)

เฉลยบัตรคำถาม เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

คำชี้แจง จงแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง (ข้อละ 2.5 คะแนน รวม 10 คะแนน) ใช้เวลา 15 นาที

1. เมื่ออุกกาบาตอยู่ห่างจากผิวโลกเป็น 3 เท่าของรัศมีโลก ค่าความเร่งของอุกกาบาตเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นกี่เท่าของค่า $\bar{g}$

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ $\bar{g}$ ที่ผิวโลก ต้องการหาค่า $\bar{g}'$ ที่ตำแหน่งห่างจากผิวโลกออกไป
ควรตั้งสมการคำนวณ 2 สมการเปรียบเทียบกัน



คิดที่ A

(2) ÷ (1)

$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

$$mg' = \frac{GM_E m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM_E m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

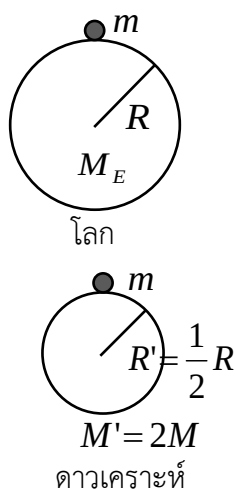
$$\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(4R)^2}$$

$$g' = \frac{1}{16} g$$

ดังนั้น ค่าความเร่งของอุกกาบาตเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็น $\frac{1}{16}$ เท่าของค่า $\bar{g}$

2. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีมวลมากกว่าโลก 2 เท่า แต่มีรัศมีเป็นครึ่งหนึ่งของโลก ค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงที่ผิวของดาวเคราะห์ดวงนั้นเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก (ให้ ความเร่งที่ผิวโลก = $\bar{g}$)

วิเคราะห์โจทย์ แนวคิดคล้ายตัวอย่างที่ 5



จาก

คิดที่ผิวโลก

คิดที่ผิวดาวเคราะห์

(2) ÷ (1)

$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

$$mg' = \frac{GM' m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM' m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

$$\frac{g'}{g} = \frac{2M_E}{M_E} \frac{R^2}{\left(\frac{1}{2}R\right)^2}$$

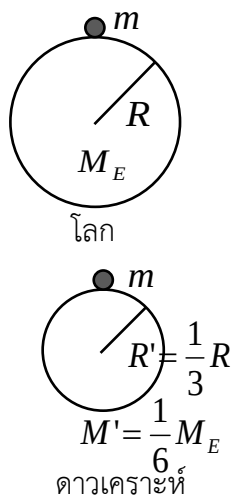
$$\therefore g' = 8g$$

ดังนั้น ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงที่ผิวของดาวเคราะห์เป็น 8 เท่าของความเร่งที่ผิวโลก

3. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง หนึ่งในสามของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก และมีมวลหนึ่งในหกของมวลของโลก ชายผู้หนึ่งหนัก 500 นิวตัน บนผิวโลก เขาจะหนักเท่าใด เมื่อขึ้นไปอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนี้

วิเคราะห์โจทย์ แนวคิดคล้ายข้อ

2 แต่ต้องการหา mg' ห้ามตัด m ทั้ง



จาก

$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

คิดที่ผิวโลก

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

คิดที่ผิวดาวเคราะห์

$$mg' = \frac{GM' m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

(2) ÷ (1)

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{GM' m}{R'^2} \times \frac{R^2}{GM_E m}$$

$$\frac{mg'}{500} = \frac{\frac{1}{6} M_E}{\left(\frac{1}{3} R\right)^2} \times \frac{R^2}{M_E}$$

$$mg' = \frac{1}{6} \times \frac{9}{1} \times 500$$

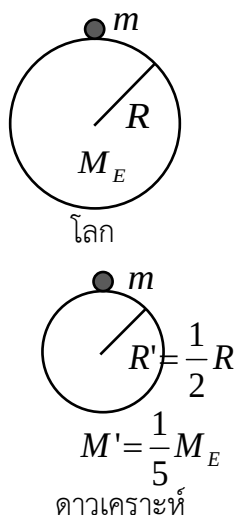
$$\therefore mg' = 750 \text{ N}$$

ดังนั้น ชายผู้นี้จะหนัก 750 นิวตัน เมื่อขึ้นไปอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนี้

4. นักบินอวกาศหนัก 800 นิวตัน เมื่อไปอยู่บนดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางโลก และมีมวล 1 ใน 5 ของมวลโลก อยากทราบว่า นักบินอวกาศคนนี้จะหนักเท่าใด เมื่ออยู่ที่ผิวโลก

วิเคราะห์โจทย์

แนวคิดคล้ายข้อ 3 แต่ต้องการหา mg ห้ามตัด m ทั้ง



จาก

$$\vec{F}_g = \vec{F}_G$$

คิดที่ผิวโลก

$$mg = \frac{GM_E m}{R^2} \quad \dots (1)$$

คิดที่ผิวดาวเคราะห์

$$mg' = \frac{GM' m}{R'^2} \quad \dots (2)$$

(1) ÷ (2)

$$\frac{mg}{mg'} = \frac{GM_E m}{R^2} \times \frac{R'^2}{GM' m}$$

$$\frac{mg}{800} = \frac{M_E}{R^2} \times \frac{\left(\frac{1}{2} R\right)^2}{\frac{1}{5} M_E}$$

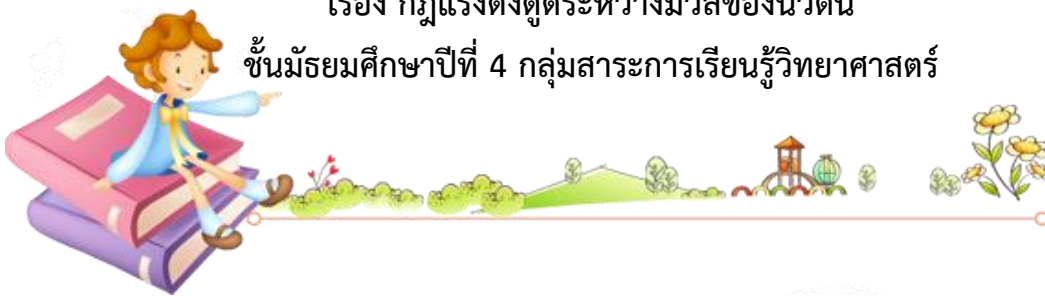
$$mg = \frac{1}{4} \times \frac{5}{1} \times 800$$

$$\therefore mg = 1,000 \text{ N}$$

ดังนั้น นักบินอวกาศคนนี้จะหนัก 1,000 นิวตัน เมื่ออยู่ที่ผิวโลก

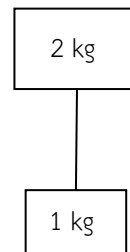
แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



- คำชี้แจง** 1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 10 ข้อ
ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ทับข้อ ก ข ค หรือ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- เอามือจับมวล 2 กิโลกรัมไว้ ต่อมาปล่อยมือให้มวลทั้งสองก้อนตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วง แรงดึงเชือกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 - ลดลงจนเท่ากับศูนย์
 - เท่าเดิมตลอดเวลา
 - เพิ่มขึ้นไปสู่ค่า ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 2g
 - เพิ่มขึ้นไปสู่ค่า 2g
- ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**
 - เมื่อปล่อยวัตถุให้ตกบริเวณใกล้ผิวโลกแรงดึงดูดของโลกจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น
 - การตกของวัตถุที่มีมวลต่างกันในสุญญากาศวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งที่เพิ่มขึ้น
 - แรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับมวลของวัตถุ คือ น้ำหนักวัตถุ
 - สนามโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์
- พิจารณาข้อความต่อไปนี้
 - เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกสู่พื้นโลกเนื่องจากโลกมีสนามโน้มถ่วง
 - สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างมวลของวัตถุทั้งหลาย
 - เส้นสนามโน้มถ่วงของโลกพุ่งสู่ศูนย์กลางของโลก
 - สนามโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งบนผิวโลก มีค่าประมาณ $9.8 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$
 ข้อใดถูกต้อง



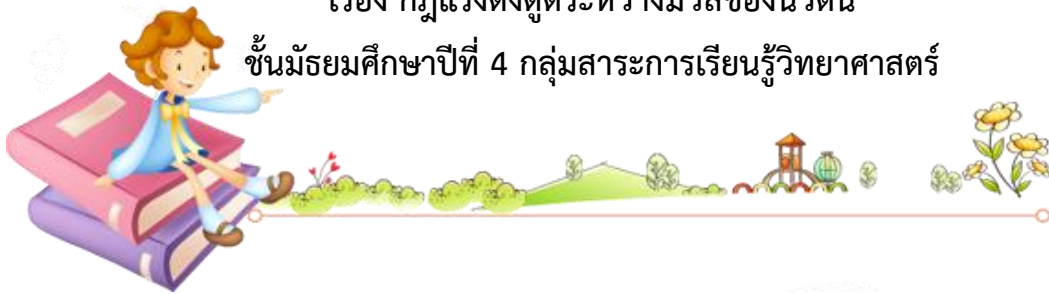
- ก. A, B และ C ข. A, B และ D ค. A, C และ D ง. A, B, C และ D

4. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
 - ก. แปรโดยตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง
 - ข. แปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่าง
 - ค. เป็นแรงต่างกระทำร่วมของมวลทั้งสอง
 - ง. ถูกทุกข้อ
5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับวัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก
 - ก. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว
 - ข. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์
 - ค. น้ำหนักของวัตถุมีค่าน้อยมาก ๆ จนถือว่าเป็นศูนย์
 - ง. ถูกทุกข้อ
6. ดาวเทียมดวงหนึ่ง ถูกส่งขึ้นไปโคจรห่างจากผิวโลกเป็น 2 เท่าของรัศมีโลก ดาวเทียมดวงนี้จะมีค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก
 - ก. $\frac{1}{9}$
 - ข. $\frac{1}{4}$
 - ค. $\frac{1}{3}$
 - ง. $\frac{1}{2}$
7. ถ้าระยะห่างระหว่างมวลสองก้อนลดลงเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของเดิม แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเป็นกี่เท่าของเดิม
 - ก. $\frac{1}{16}$
 - ข. $\frac{1}{4}$
 - ค. 4
 - ง. 16
8. ถ้าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของเดิม แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเป็นกี่เท่าของเดิม
 - ก. $\frac{1}{4}$
 - ข. $\frac{1}{2}$
 - ค. 2
 - ง. 4
9. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีมวลมากกว่าโลก 2 เท่า แต่มีรัศมีเป็นครึ่งหนึ่งของโลก ดาวเคราะห์ดวงนี้จะมีค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก
 - ก. $\frac{1}{4}$
 - ข. 2
 - ค. 4
 - ง. 8
10. นักบินอวกาศหนัก 900 นิวตัน เมื่อขึ้นบนผิวโลก ที่ตำแหน่งสูงจากจุดศูนย์กลางโลกเท่ากับสามเท่าของรัศมีของโลกเขาจะมีน้ำหนักเป็นเท่าใด
 - ก. 600 นิวตัน
 - ข. 300 นิวตัน
 - ค. 100 นิวตัน
 - ง. 90 นิวตัน

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



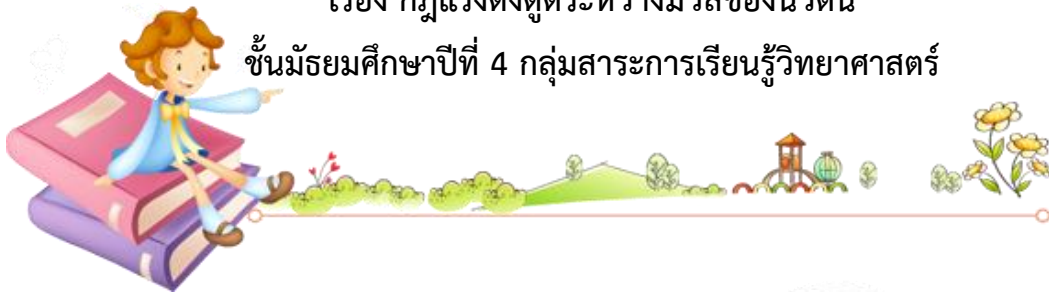
ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
คะแนนที่ได้				

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				X
2			X	
3	X			
4		X		
5			X	
6	X			
7				X
8			X	
9	X			
10				X

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	X			
2		X		
3			X	
4				X
5			X	
6	X			
7				X
8	X			
9				X
10			X	

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.**

กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2551.

จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือรวมสุดยอดเทคนิค ฟิสิกส์ Entrance.** กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2550.

จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. **คู่มือสาระเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 - 6 เล่ม1.** กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2554.

ช่วง ทมทิตชงค์ และคณะ. **ฟิสิกส์ ม.4 - 6.** กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, 2553.

อรรถศักดิ์ บุญจรัส. **ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)**

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. สุรินทร์ : โรงเรียนสุรินทร์,

ม.ป.ป.

นิรันดร์ สุวรรณ์. **คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 1**

ม. 4 - 6. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2553.

ประกิตเฒ่า ทมทิตชงค์. **คู่มือเตรียมสอบวิชาฟิสิกส์ ม.4.** กรุงเทพฯ : ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, 2550.

มนตรี นันทา. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ ม.4 เทอม 1.** น่าน : โรงเรียนศรีสวัสดิ์

วิทยาคารจังหวัดน่าน, 2554.

มนตรี นันทา. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง**

แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน. น่าน : โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัด

น่าน, 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1.**

กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1.**

กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2555.

Carole D. Bos. **Henry Cavendish - Discoveries on Torpedo Fish and Water**

Formation. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : <https://www.awesomestories.com/asset/view/Henry-Cavendish-Discoveries>.

(วันที่ค้นข้อมูล : 19 กุมภาพันธ์ 2556)

Jeff Deroshia. **Motion, Energy and Gavity.** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : <http://www.physast.uga.edu/~rls/1010/ch4/ovhd.html>.

(วันที่ค้นข้อมูล : 19 กุมภาพันธ์ 2556)

Myfirstbrain.com. **การทดลองหาคงตัวความโน้มถ่วงสากลของคาเวนดิช.** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก

: <http://www.myfirstbrain.com/thaidata/image.asp?ID=1703908>.

(วันที่ค้นข้อมูล : 19 กุมภาพันธ์ 2556)

Thanakit. **Solar System.** [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : http://thanakit13.blogspot.com/2010_02_01_archive.html.

(วันที่ค้นข้อมูล : 19 กุมภาพันธ์ 2556)