



โครงการจัดทำสื่อ ๖๕ พรรษา
เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ภาคเรียนที่ 2 รายวิชาวิทยาศาสตร์
หน่วยที่ 7 การขนส่ง



ชื่อ - ชื่อสกุล.....เลขที่.....
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....โรงเรียน.....

สำนักงานโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ภาคเรียนที่ 2 รายวิชาวิทยาศาสตร์
หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การขนส่ง

ชื่อ - ชื่อสกุล..... เลขที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่..... โรงเรียน.....

สำนักงานโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำชี้แจง

การจัดทำชุดการเรียนรู้สมบูรณ์แบบตามโครงการจัดทำสื่อ 65 พรรษา เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำสื่อที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ครูและนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กที่ประสบปัญหาครูไม่เพียงพอหรือครูใหม่ที่มีประสบการณ์ในการสอนน้อย ทั้งนี้เพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน สำหรับชุดการเรียนรู้สมบูรณ์แบบชุดนี้ประกอบด้วยคู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้สมบูรณ์แบบ ชุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับครูผู้สอน) และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้สมบูรณ์แบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยได้ออกแบบให้มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะเป็นสำคัญ และเพื่อให้สะดวกต่อการนำสื่อชุดนี้ไปใช้ จึงได้จัดแยกเป็นรายชั้นปี (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3) แต่ละชั้นปีจัดแยกเป็นหน่วยการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 นี้ ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ โลกและการเปลี่ยนแปลง ดินรอบตัว การใช้พลังงานในท้องถิ่น และการขนส่ง ซึ่งแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการดำรงชีวิตและรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลกได้ สำหรับหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้เป็นหน่วยที่ 7 เรื่อง การขนส่ง สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน) นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนในการนำไปใช้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ คณาจารย์จากมหาวิทยาลัย นักวิชาการอิสระ และครูผู้สอน ที่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำชุดการเรียนรู้นี้จนสำเร็จลุล่วง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

สารบัญ

หน้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การขนส่ง

- เรื่องที่ 1 ตำแหน่งของวัตถุ ระยะทางและการกระจัด 1
- เรื่องที่ 2 อัตราเร็วและความเร็ว 12
- เรื่องที่ 3 แรงเสียดทาน 30
- เรื่องที่ 4 งานและกำลัง 45
- เรื่องที่ 5 พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ 59
- เรื่องที่ 6 กฎการอนุรักษ์พลังงาน 80
- เรื่องที่ 7 เครื่องกลอย่างง่าย 94
- เรื่องที่ 8 การประยุกต์ใช้ในการขนส่ง 134
- แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 147
- บรรณานุกรม 154

ใบงาน

เรื่อง ตำแหน่งของวัตถุ ระยะทางและการกระจัด

ใบกิจกรรมที่ 1 การระบุตำแหน่งของวัตถุทำได้อย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายวิธีการระบุตำแหน่งของวัตถุ

วัสดุและอุปกรณ์

- ไม่มี -

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตภาพบริเวณแห่งหนึ่งของสวน



กำหนดให้ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 0.5 เมตร และจุด • แทนตำแหน่งของวัตถุนั้น

2. ให้สมาชิกภายในกลุ่มเลือกวัตถุ 1 สิ่งจากภาพ จากนั้นให้แต่ละคนระบุตำแหน่งของวัตถุนั้น
3. นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของวัตถุนั้นภายในกลุ่มและให้สมาชิกคนอื่น ๆ บอกว่าวัตถุนั้นคืออะไร บันทึกผลลงในใบงานที่ 1
4. ร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับวิธีการระบุตำแหน่งที่แม่นยำและเข้าใจตรงกัน พร้อมทั้งยกตัวอย่างการระบุตำแหน่งของวัตถุ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1

ใบงานที่ 1 ระบุตำแหน่งของวัตถุได้อย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการทำงานกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การระบุตำแหน่งของวัตถุหนึ่ง ๆ ให้ แม่นยำและเข้าใจตรงกันทำได้อย่างไร

.....
.....
.....
.....

2. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

ใบกิจกรรมที่ 2 ระยะทางกับการกระจัดจากการขนส่ง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายความแตกต่างของระยะทางของการเคลื่อนที่และระยะห่างระหว่างสองตำแหน่ง
2. วัดและคำนวณระยะทางของการเคลื่อนที่และระยะห่างระหว่างสองตำแหน่ง
3. เขียนลูกศรแสดงระยะห่างและทิศทางระหว่างสองตำแหน่ง

วัสดุและอุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด
2. ไม้บรรทัดวัดมุม

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตตำแหน่งของอาชีพและตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ ในภาพ



กำหนดให้ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 200 เมตร และจุด • แทนตำแหน่งของอาชีพ
และตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ

2. ศึกษาสถานการณ์เกี่ยวกับการขนส่งสัมไปขายยังสถานที่ต่าง ๆ ของอาทิจ ดังนี้
 - 2.1 อาทิจขับรถบรรทุกสัมไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปส่งขายทางไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B
 - 2.2 อาทิจขับรถบรรทุกสัมไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปทำธุระเกี่ยวกับธนาคารที่ตำแหน่ง C แล้วขับรถย้อนกลับมาส่งขายสัมทางไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B
 - 2.3 อาทิจขับรถบรรทุกสัมไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปทำธุระเกี่ยวกับธนาคารที่ตำแหน่ง C แล้วขับรถบรรทุกสัมต่อไปขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D
 - 2.4 อาทิจขับรถบรรทุกสัมไปตามทางลัดบนถนนลูกรังเส้นสีส้มจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปส่งขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D
 - 2.5 อาทิจขับรถบรรทุกสัมไปบนถนนจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ผ่านไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B ธนาคารที่ตำแหน่ง C ไปส่งขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D และขับผ่านโรงเรียนที่ตำแหน่ง E แล้วขับรถกลับมายังสวนตนเองที่ตำแหน่งเริ่มต้น
3. ร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ที่ 2.1 แล้ววัดระยะทางที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสัมตามเส้นทางการเคลื่อนที่ และวัดระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายในหน่วยเมตร บันทึกผลลงในใบงานที่ 2
4. เขียนแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย โดยเขียนลูกศรให้ความยาวของลูกศรแสดงขนาดมีหน่วยเป็นเมตรและหัวลูกศรแสดงทิศทาง
5. ทำซ้ำข้อ 3-4 แต่เปลี่ยนเป็นสถานการณ์ที่ 2.2-2.5

ใบงานที่ 2 ระยะทางกับการกระจัดจากการขนส่ง

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงระยะทางที่เคลื่อนที่ ระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย และภาพลูกศรที่ลากจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย

สถานการณ์	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (m)	ระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย (m)	ลูกศรที่ลากจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย
2.1			
2.2			
2.3			

ตาราง แสดงระยะทางที่เคลื่อนที่ ระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย และภาพลูกศรที่ลากจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย

สถานการณ์	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (m)	ระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย (m)	ลูกศรที่ลากจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย
2.4			
2.5			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สถานการณ์ใดที่ระยะทางที่รถเคลื่อนที่และระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายของรถมีค่าเท่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. สถานการณ์ใดที่ระยะทางที่รถเคลื่อนที่และระยะห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายของรถมีค่าไม่เท่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าเรียกระยะห่างระหว่างสองตำแหน่งว่าการกระจัด ระยะทางของการเคลื่อนที่และการกระจัดแตกต่างกันอย่างไร

.....
.....
.....

4. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ที่ 1 ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์

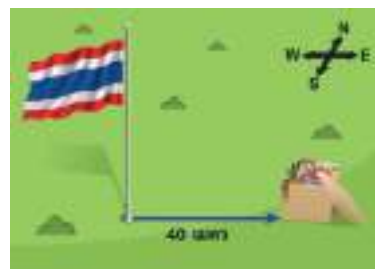
การเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อวัตถุเปลี่ยนตำแหน่งเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง สามารถบรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุได้จากระยะทาง (distance) ซึ่งเป็นความยาวที่วัดได้ตามแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ นิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ S และสามารถบอกระยะห่างที่วัดในแนวตรงจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย พร้อมทั้งบอกทิศทางซึ่งมีทิศทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย เรียกว่า การกระจัด (displacement) นิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ \vec{d} ซึ่งสามารถเขียนลูกศรแทนการกระจัดของวัตถุได้ โดยความยาวของลูกศรแสดงขนาดและหัวลูกศรแสดงทิศทางของการกระจัดนั้น ๆ ทั้งระยะทางและการกระจัดมีหน่วยเป็นเมตร ในการบอกการกระจัดของวัตถุต้องบอกขนาดและทิศทางของการกระจัดเสมอซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของปริมาณเวกเตอร์ ส่วนการบอกระยะทางของวัตถุบอกได้เพียงขนาดเท่านั้นโดยไม่ต้องบอกทิศทางซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของปริมาณสเกลาร์ ซึ่งทั้งสองปริมาณแตกต่างกันดังนี้

ปริมาณต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์มีมากมาย เช่น ความยาว มวล แรง ความหนาแน่น ปริมาตร บางปริมาณเมื่อระบุเพียงแค่ว่าขนาดของปริมาณนั้น ทุกคนก็สามารถเข้าใจตรงกันได้ เช่น ถ้าให้ทุกคนตวงน้ำปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทุกคนก็สามารถทำได้ผลตรงกัน แต่สำหรับบางปริมาณการระบุขนาดเพียงอย่างเดียวอาจทำให้เข้าใจไม่ตรงกันและได้ผลไม่ตรงกัน เช่น ถ้าให้ออกแรงผลักโต๊ะ 100 นิวตัน บางคนอาจจะออกแรงผลักโต๊ะ 100 นิวตัน ไปทางทิศเหนือ บางคนอาจจะออกแรงผลักโต๊ะ 100 นิวตัน ไปทางทิศใต้ ดังนั้นเพื่อให้ทุกคนสามารถทำได้ผลตรงกันจึงต้องระบุทั้งขนาดและทิศทางของการออกแรงผลักโต๊ะนั้นด้วย เช่น ออกแรงผลักโต๊ะ 100 นิวตัน ไปทางทิศเหนือ ทุกคนก็จะทำได้ตรงกัน

นักวิทยาศาสตร์แบ่งปริมาณต่าง ๆ ออกเป็น 2 ประเภท คือ ปริมาณสเกลาร์ (scalar quantity) และปริมาณเวกเตอร์ (vector quantity) ปริมาณสเกลาร์เป็นปริมาณที่บอกเฉพาะขนาด เช่น พื้นที่ 4 ตารางเมตร ความหนาแน่น 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มวล 20 กิโลกรัม อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือระยะทาง 300 เมตร ส่วนปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง เช่น แรง 50 นิวตัน ไปทางขวา ตำแหน่งของวัตถุห่างจากเสาธง 40 เมตร ไปทางทิศตะวันออก หรือการกระจัด 100 เมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ สามารถเขียนแผนภาพแทนปริมาณเวกเตอร์ด้วยลูกศร โดยความยาวของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์และหัวลูกศรแสดงทิศทางของเวกเตอร์ ดังตัวอย่างภาพที่ 1



ออกแรงผลักโต๊ะไปทางขวา 50 นิวตัน



ตำแหน่งของวัตถุห่างจากเสาธง 40 เมตร
ไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 1 การใช้ลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์

ใบงานที่ 3 แบบฝึกหัดเรื่องระยะทางและการกระจัด

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

สถานการณ์คือ อาทิจส่งออกส้มจากสวนตนเองไปขายยังตลาด ทางน้ำและทางบก 3 เส้นทาง ดังภาพ



ข้อมูลการเดินทางของอาทิจแสดงดังตาราง

เส้นทาง	วิธีการเดินทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
A	เรือ	3.50
B	รถจักรยาน	1.40
C	รถกระบะ	2.60

1. ระยะทางในหน่วย เมตร ของแต่ละเส้นทางเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

2. การกระจัดในหน่วย เมตร ของแต่ละเส้นทางเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

ใบงาน

เรื่อง อัตราเร็วและความเร็ว

บัตรภาพมาตรวัดหน้าปัดรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์



บัตรภาพสัญลักษณ์ป้ายเตือนจราจร



ใบกิจกรรมที่ 1 อัตราเร็วและความเร็วหาได้อย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์สถานการณ์การขนส่งและอธิบายความแตกต่างของอัตราเร็วและความเร็วของวัตถุ
2. คำนวณอัตราเร็วและขนาดของความเร็วของวัตถุในสถานการณ์การขนส่ง
3. เขียนแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว

วัสดุและอุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด 1 อัน
2. ไม้บรรทัดวัดมุม 1 อัน

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตตำแหน่งของอาชีพและตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ ในรูป



กำหนดให้ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 200 เมตร และจุด • แทนตำแหน่งของอาชีพและตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ

2. สถานการณ์เกี่ยวกับการขนส่งสัมภาระไปยังสถานที่ต่าง ๆ ของอาทิจ ดังนี้
 - 2.1 อาทิจขับรถบรรทุกสัมภาระไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปส่งขายทางไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B ใช้เวลา 20 วินาที
 - 2.2 อาทิจขับรถบรรทุกสัมภาระไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปธนาคารที่ตำแหน่ง C แล้วขับรถย้อนกลับมาส่งขายสัมภาระทางไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B ใช้เวลา 120 วินาที
 - 2.3 อาทิจขับรถบรรทุกสัมภาระไปบนถนนหลักเส้นสีเทาจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปธนาคารที่ตำแหน่ง C แล้วขับรถบรรทุกสัมภาระต่อไปขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D ใช้เวลา 180 วินาที
 - 2.4 อาทิจขับรถบรรทุกสัมภาระไปตามทางลัดบนถนนลูกรังเส้นสีส้มจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ไปส่งขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D ใช้เวลา 300 วินาที
 - 2.5 อาทิจขับรถบรรทุกสัมภาระไปบนถนนจากสวนตนเองที่ตำแหน่ง A ผ่านไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B ธนาคารที่ตำแหน่ง C ไปส่งขายยังตลาดที่ตำแหน่ง D และขับผ่านโรงเรียนที่ตำแหน่ง E แล้วขับรถกลับมาถึงสวนตนเองที่ตำแหน่งเริ่มต้น ใช้เวลา 500 วินาที
3. ร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ที่ 2.1 แล้ววัดระยะทางและขนาดของการกระจัดในหน่วยเมตร จากนั้นคำนวณอัตราเร็วจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลาในหน่วยวินาที และคำนวณขนาดของความเร็วจากอัตราส่วนระหว่างขนาดของการกระจัดกับเวลาในหน่วยวินาที บันทึกผลลงในใบงานที่ 1
4. เขียนแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว โดยเขียนลูกศรให้ความยาวของลูกศรแสดงขนาด มีหน่วยเป็นเมตรและหัวลูกศรแสดงทิศทาง ซึ่งความเร็วและการกระจัดมีทิศทางเดียวกัน
5. ทำข้อ 3-4 แต่เปลี่ยนเป็นสถานการณ์ที่ 2.2-2.5

ใบงานที่ 1 อัตราเร็วและความเร็วหาได้อย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงอัตราเร็ว ขนาดของความเร็ว และแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว

สถานการณ์	อัตราเร็ว (m/s)	ขนาดของความเร็ว (m/s)	แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว
2.1			
2.2			
2.3			

ตาราง แสดงอัตราเร็ว ขนาดความเร็ว และแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว (ต่อ)

สถานการณ์	อัตราเร็ว (m/s)	ขนาดของความเร็ว (m/s)	แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็ว
2.4			
2.5			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สถานการณ์ใดบ้างที่อัตราเร็วและความเร็วของรถมีค่าเท่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. สถานการณ์ใดบ้างที่อัตราเร็วและความเร็วของรถมีค่าไม่เท่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

3. อัตราเร็วและความเร็วแตกต่างกันอย่างไร

.....
.....
.....
.....

4. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ที่ 1 อัตราเร็วและความเร็ว

การเคลื่อนที่ของวัตถุช้าหรือเร็วสามารถบรรยายได้ด้วยอัตราเร็วและความเร็ว หากสนใจการเคลื่อนที่ของวัตถุไปตามเส้นทางการเคลื่อนที่ เราจะพิจารณาจากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยเรียกปริมาณนี้ว่า **อัตราเร็ว (speed)** ซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์ การคำนวณอัตราเร็วของวัตถุหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางของการเคลื่อนที่กับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีหน่วยในระบบ SI เป็นเมตรต่อวินาที

ในชีวิตประจำวันจะพบว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น การขับรถจากบ้านไปโรงเรียน จะมีทั้งช่วงที่รถเคลื่อนที่เร็ว ช้า หรือ หยุดนิ่ง ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงอัตราเร็วจึงมักจะหมายถึง **อัตราเร็วเฉลี่ย (average speed)** ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของอัตราเร็วของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของระยะทางทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\begin{aligned} \text{อัตราเร็วเฉลี่ย} &= \frac{\text{ระยะทางทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}} \\ \text{หรือ } v_{\text{เฉลี่ย}} &= \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} \end{aligned}$$

กำหนดให้ $v_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)
 $S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน ระยะทางทั้งหมด มีหน่วยเป็น เมตร (m)
 $t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น วินาที (s)

หากสนใจการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายโดยไม่สนใจเส้นทางการเคลื่อนที่ เราจะพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลา โดยเรียกปริมาณนี้ว่า **ความเร็ว (velocity)** ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ การคำนวณความเร็วของวัตถุหาได้จากอัตราส่วนระหว่างการกระจัดของการเคลื่อนที่กับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีหน่วยในระบบ SI เป็นเมตรต่อวินาที โดยทิศทางของความเร็วจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางของการกระจัด นั่นคือ มีทิศทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย

โดยทั่วไปเรามักกล่าวถึง **ความเร็วเฉลี่ย (average velocity)** ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของความเร็วของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของการกระจัดทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}}$$

$$\text{หรือ } v_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

ลูกศรที่อยู่ด้านบนตัวอักษร $v_{\text{เฉลี่ย}}$ หรือ $v_{\text{เฉลี่ย}}$ เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงว่า ปริมาณเหล่านี้เป็น ปริมาณเวกเตอร์

- กำหนดให้
- $\vec{v}_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)
 - $S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน การกระจัดทั้งหมด มีหน่วยเป็น เมตร (m)
 - $t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น วินาที (s)

เกร็ดน่ารู้ เรื่อง อัตราเร็วขณะหนึ่งและความเร็วขณะหนึ่ง

การบรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าช้าหรือเร็วในทางวิทยาศาสตร์นั้นยังมีอีกสองปริมาณด้วยกัน ซึ่งก็คือ **อัตราเร็วขณะหนึ่ง (instantaneous speed) และความเร็วขณะหนึ่ง (instantaneous velocity)** โดยอัตราเร็วขณะหนึ่งเป็นปริมาณที่บอกว่า ณ เวลานั้น ๆ อัตราเร็วของวัตถุเท่าใด หาได้จากอัตราส่วนของระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ต่อเวลาช่วงสั้น ๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ส่วนความเร็วขณะหนึ่งเป็นปริมาณที่บอกว่า ณ เวลานั้น ๆ ความเร็วของวัตถุเท่าใด หาได้จากอัตราส่วนของกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ต่อเวลาช่วงสั้น ๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมีทิศทางใด



มาตรวัดในรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์เป็นเครื่องมือที่ระบุชี้ชัดว่า ณ ตำแหน่งนั้น ๆ อัตราเร็วของวัตถุเป็นเท่าใด ดังนั้นมาตรวัดในรถยนต์หรือจักรยานยนต์จึงเป็นเครื่องมือที่บอกอัตราเร็วขณะหนึ่งของรถ หากพิจารณาทิศทางของการเคลื่อนที่ก็จะสามารถระบุความเร็วขณะหนึ่งได้ นั่นเอง สำหรับเครื่องตรวจจับความเร็วรถที่ติดตั้งไว้ตามถนนจะทำหน้าที่วัดเวลาที่รถเคลื่อนที่ผ่านระยะทางสั้น ๆ ที่กำหนดไว้ แล้วประมวลผลออกมาเป็นอัตราเร็วขณะหนึ่ง

หน่วยของอัตราเร็วที่ใช้ในชีวิตประจำวันเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเป็นการวัดระยะทางที่เคลื่อนที่ในหน่วยกิโลเมตรและวัดเวลาในหน่วยชั่วโมง

$$\text{อัตราเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ } \frac{1,000 \text{ เมตร}}{3,600 \text{ วินาที}} = 0.28 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

หรือ อัตราเร็ว 1 เมตรต่อวินาที มีค่าเท่ากับ 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

$$\text{เส้นทาง B อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{550 \text{ m}}{5 \times 60 \text{ s}} = 1.83 \text{ m/s}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{300 \text{ m}}{5 \times 60 \text{ s}} = 1 \text{ m/s} \text{ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ}$$

นักเรียนเดินทางเส้นทาง B ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 1.83 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฉลี่ย 1 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

$$\text{เส้นทาง C อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{2,400 \text{ m}}{8 \times 60 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{300 \text{ m}}{8 \times 60 \text{ s}} = 0.63 \text{ m/s} \text{ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ}$$

นักเรียนเดินทางเส้นทาง C ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 5 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฉลี่ย 0.63 เมตรต่อวินาที ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

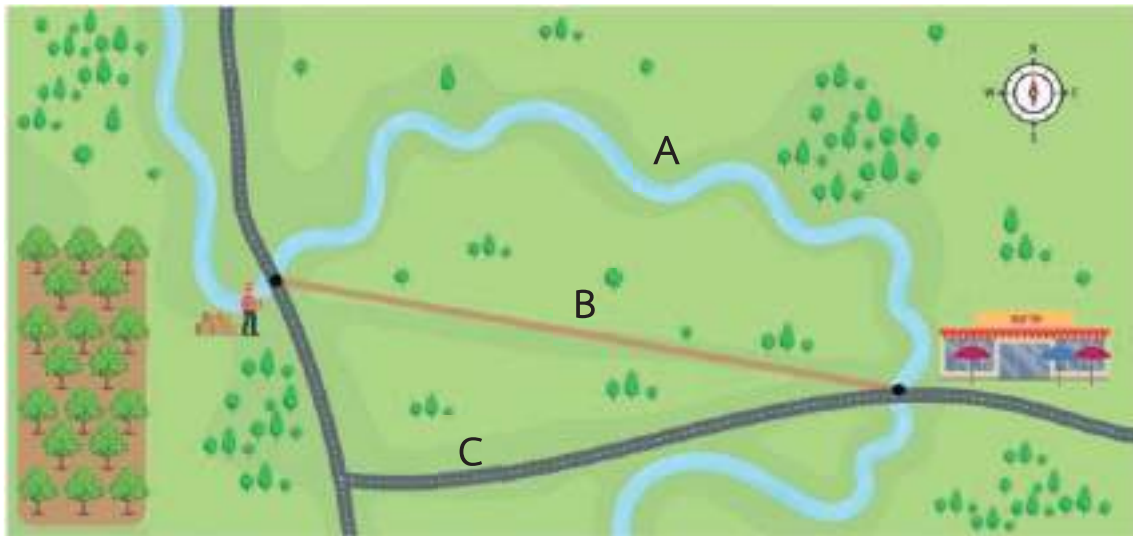
ใบงานที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่อง อัตราเร็วและความเร็ว

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของอัตราเร็วและความเร็ว โดยใช้แผนภาพเวกน์ ส่วนที่เหมือนกันให้เขียนไว้ในส่วนที่วงกลมซ้อนทับกัน ส่วนที่แตกต่างกันให้เขียนลงในวงกลมในส่วนที่ไม่ซ้อนทับกัน

2. อาทิจส่งออกส้มจากสวนตนเองไปขายยังตลาด ทางน้ำและทางบก 3 เส้นทาง ดังรูป



ข้อมูลการเดินทางของอาทิจแสดงดังตาราง

เส้นทาง	วิธีการเดินทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	เวลา (นาที)
A	เรือ	3.50	3
B	จักรยาน	1.40	4
C	รถกระบะ	2.60	2

2.1 อัตราเร็วเฉลี่ยในหน่วย เมตรต่อวินาที ของแต่ละเส้นทางเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ความเร็วเฉลี่ยในหน่วย เมตรต่อวินาที ของแต่ละเส้นทางเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. การเดินทางจากสวนเพื่อไปส่งส้มให้ลูกค้ารายหนึ่งมีระยะทาง 18 กิโลเมตร ถ้ารถยนต์อาจเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 20 เมตรต่อวินาที เขาจะต้องเริ่มออกเดินทางจากสวนเวลาใด เพื่อให้ส่งส้มถึงลูกค้าเวลา 12.00 น.พอดี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

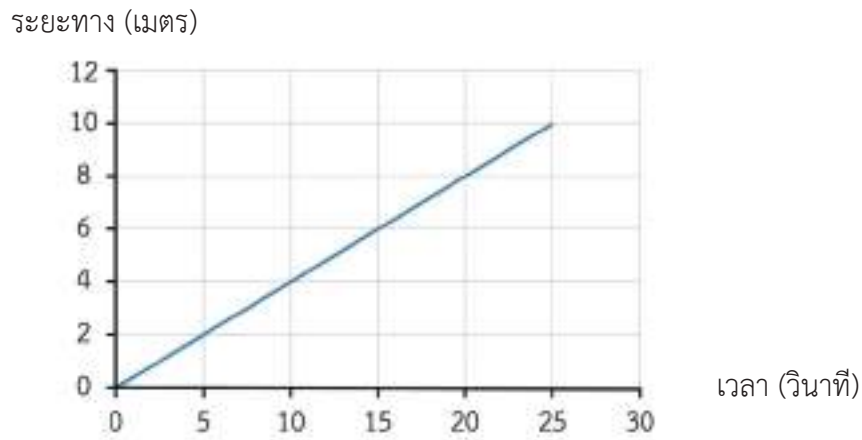
.....

.....

.....

.....

4. อาทิจีรรถจักรยานเป็นเส้นตรงออกจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของการเคลื่อนที่กับเวลาแสดงดังกราฟ



- 4.1 อัตราเร็วเฉลี่ยจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายของรถจักรยานคันนี้มีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 4.2 ถ้าอาทิจีรรถจักรยานด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยเดิม เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที เขาจะอยู่ห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกมปริศนาคำศัพท์เกี่ยวกับการขนส่ง

1. ค้นหาคำที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ จากตารางทั้งหมด 8 คำ
2. นำคำที่ค้นหาไปใช้เป็นคำตอบของคำอธิบายที่กำหนด

ร	ะ	ย	ที่	ง	ร	ะ	ย	ะ	ก	า	ร	ข	จ	ด	เ	ค	ล	อ	น
จ	น	ง	นี้	ห	ะ	ณ	ข	จุ	รี	เ	า	ร	ต	อ	เ	ว	ล	บ	า
จ	ค	จ	ด	อ	า	ง	อ	ง	ร	ล	า	ส	เ	ก	ล	า	ร	ก	ด
ก	เ	ค	รี	อ	ง	เ	ค	า	ะ	ส	ญ	ญ	า	ณ	เ	ว	ล	า	น
า	ค	ว	เ	ค	ว	า	ม	เ	ย	รี	ว	เ	ข	พิ	ว	ม	ชี	ร	น
ค	ว	า	ม	เ	รี	ว	ค	ว	ะ	า	ม	เ	ณ	รี	ก	ว	ล	ต	ด
ร	ม	ม	า	ย	วิ	น	า	ที่	ท	รี	รี	ม	ะ	ที่	เ	ค	อ	ก	ก
อ	ม	เ	ล	ก	ร	า	พ	อ	า	ย	า	ต	ห	ง	ต	ว	ต	อ	ก
ส	เ	ร	บ	ก	ก	า	ร	ล	ง	ไ	น	ร	นี้	จ	อ	า	ร	ย	า
ต	ก	ง	โ	ย	น	ชี	ก	พี	น	ที่	ไ	ต้	ง	ด	รี	ม	า	า	ร
อ	เ	ค	ว	า	ม	อิ	ร	ง	โ	นี้	ม	ถ	ว	ง	บ	เ	เ	ง	ก
ด	ต	ง	ร	ก	า	ร	เ	ค	ล	อ	น	ที่	น	ง	ก	ร	ร	อิ	ร
ร	รี	ที่	ค	ว	า	เ	ว	ล	า	บ	ว	ก	ห	ล	ช	ง	ง	ส	ะ
า	เ	ปี	น	ข	ณ	ะ	ไ	ด	จ	ด	สู	ง	ม	ด	ค	ม	ค	ร	จ
เ	ม	ต	ร	ต	อ	วิ	น	า	ที่	เ	พิ	บ	า	ล	ง	ท	า	ะ	ด
รี	ข	น	า	ด	ล	บ	อ	ต	ร	า	เ	รี	อ	เ	ณ	ล	ย	ว	รี
ว	ก	จ	ณ	ะ	ป	รี	ม	า	ณ	ล	บ	น	ค	ง	ที่	ข	ก	ง	ค

คำถาม

1. การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง
.....
2. สิ่งสำคัญในการบอกตำแหน่งของวัตถุ
.....
3. เส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด
.....
4. เส้นทางตรงที่วัดจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสุดท้าย
.....

5. หน่วยของระยะทางและการกระจัดในระบบ SI

.....

6. อัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลา

.....

7. อัตราส่วนระหว่างการกระจัดกับเวลา

.....

8. หน่วยของอัตราเร็วและความเร็วในระบบ SI

.....

ใบงาน

เรื่อง แรงเสียดทาน

ใบกิจกรรมที่ 1 แรงเสียดทานเมื่อวัตถุไม่เคลื่อนที่และเคลื่อนที่แตกต่างกันอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายแรงเสียดทานที่กระทำต่อแผ่นไม้ เมื่อแผ่นไม้ไม่เคลื่อนที่และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
2. เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานที่กระทำต่อแผ่นไม้เมื่อแผ่นไม้ไม่เคลื่อนที่และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสปริง 1 อัน
2. ฤททรายมวล 500 g 3 ฤท
3. แผ่นไม้ขนาดประมาณ 11 cm x 15 cm 1 แผ่น

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ศึกษาสถานการณ์การเคลื่อนย้ายลิ้งส์ของอาทิจดังนี้
“อาทิจเคลื่อนย้ายลิ้งส์จำนวนมากที่วางบนพื้นจากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งหนึ่งโดยผูกเชือกไว้กับลิ้งส์ แล้วจึงการออกแรงดึงผ่านเชือก อาทิจพบว่าเมื่อออกแรงดึงลิ้งส์ให้เคลื่อนที่ แต่ลิ้งส์ยังไม่เคลื่อนที่ จนลิ้งส์เริ่มเคลื่อนที่ และเมื่อลิ้งส์เคลื่อนที่ไปแล้ว เขาจะออกแรงแตกต่างกัน อาทิจจึงสงสัยว่า แรงที่กระทำแตกต่างกันอย่างไร ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น”
2. ให้จำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ที่ย้ายลิ้งส์เพื่อตรวจสอบข้อสงสัยของอาทิจ โดยนำฤททราย 3 ฤทวางบนแผ่นไม้ ค่อย ๆ ดึงแผ่นไม้ในแนวระดับด้วยเครื่องชั่งสปริง ดึงภาพ สังเกตการเคลื่อนที่ของแผ่นไม้เมื่อค่าของแรงจากเครื่องชั่งสปริงเพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 นิวตัน บันทึกผลลงในใบงานที่ 1



3. ทำซ้ำโดยดึงแผ่นไม้ในแนวระดับด้วยเครื่องชั่งสปริงจนแผ่นไม้เริ่มเคลื่อนที่ สังเกตค่าของแรงเมื่อแผ่นไม้เริ่มเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1
4. ทำซ้ำอีกครั้งโดยดึงแผ่นไม้ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ สังเกตค่าของแรงเมื่อแผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1
5. เขียนแผนภาพแสดงแรงที่ดึงแผ่นไม้และแรงเสียดทานที่กระทำต่อแผ่นไม้ขณะที่แผ่นไม้ยังไม่เคลื่อนที่ ขณะที่แผ่นไม้เริ่มจะเคลื่อนที่ และขณะที่แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ใบงานที่ 1 แรงเสียดทานเมื่อวัตถุไม่เคลื่อนที่และเคลื่อนที่แตกต่างกันอย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงแรงที่ใช้ดึงแผ่นไม้ที่มีถ่วงทรายวางทับและการเคลื่อนที่ของแผ่นไม้

ค่าของแรงที่อ่านได้ (N)	การเคลื่อนที่ของแผ่นไม้	แผนภาพแรงที่กระทำต่อแผ่นไม้

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ช่วงที่ออกแรงดึงแล้วแผ่นไม้ยังไม่เคลื่อนที่ มีแรงเสียดทานหรือไม่ ทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

2. ขณะที่แผ่นไม้ยังไม่เคลื่อนที่ เมื่อออกแรงดึงเพิ่มขึ้น ค่าของแรงเสียดทานเป็นอย่างไร ทราบได้อย่างไร

.....

.....

3. ค่าของแรงเสียดทานขณะที่แผ่นไม้เริ่มจะเคลื่อนที่เป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับขณะที่แผ่นไม้ยังไม่เคลื่อนที่

.....

.....

.....

4. ค่าของแรงเสียดทานขณะที่แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับขณะที่แผ่นไม้เริ่มจะเคลื่อนที่

.....

.....

.....

5. จากการเขียนแผนภาพขนาดและทิศทางของแรงเสียดทานเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับแรงที่ใช้ดึงแผ่นไม้

.....

.....

6. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

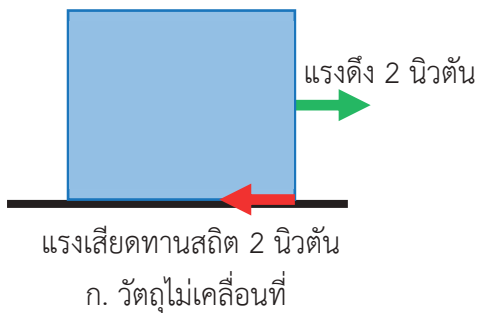
.....

.....

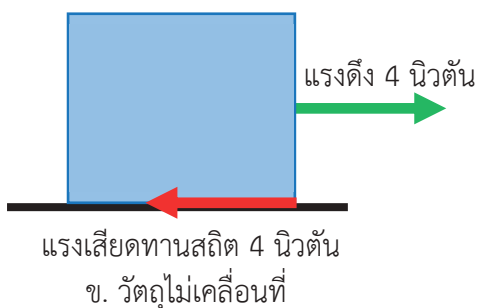
.....

ใบความรู้ที่ 1 แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์

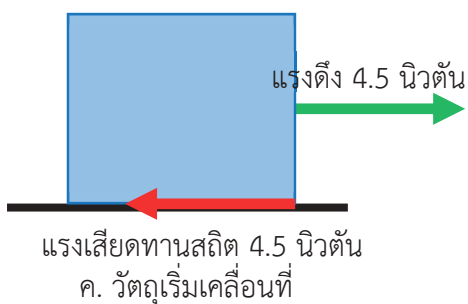
เมื่อมีแรงใด ๆ กระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นผิวหนึ่งในแนวขนานกับผิวสัมผัส จะมีแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนพื้นผิวนั้น เรียกแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนพื้นผิวว่า แรงเสียดทาน (friction) ซึ่งแบ่งออกเป็นแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์



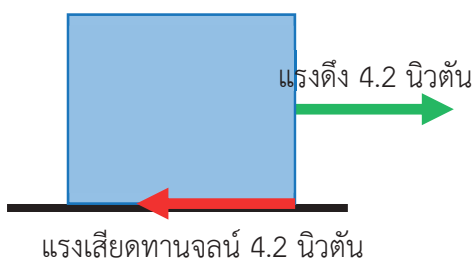
เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุ เช่น การออกแรงดึงถังบรรจุสินค้าทางการเกษตร เป็นต้น แต่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แสดงว่าแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงที่ดึงวัตถุจะมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานที่ต้านการเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ว่า **แรงเสียดทานสถิต (static friction)** ดังภาพที่ 1 ก



เมื่อออกแรงดึงวัตถุให้มากขึ้นแต่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยและยังคงมีขนาดเท่ากับแรงที่ดึงวัตถุ ดังภาพที่ 1 ข



เมื่อออกแรงดึงให้มากขึ้นจนวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าสูงสุด เรียกว่า **แรงเสียดทานสถิตสูงสุด (maximum static friction)** ดังภาพที่ 1 ค



ภาพที่ 1 แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ที่เกิดขึ้นขณะดึงวัตถุ

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะมีค่าลดลง เรียก แรงเสียดทานช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่ว่า **แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction)** ดังภาพที่ 1 ง เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แรงลัพธ์จะเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงเสียดทานจะมีค่าเท่ากับแรงที่ดึงวัตถุ สำหรับวัตถุหนึ่งๆ ขณะเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวสัมผัสแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าคงที่ ไม่ว่าจะวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่หรือไม่คงที่ ซึ่งต่างจากแรงเสียดทานสถิตที่มีค่าได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

ใบกิจกรรมที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

จุดประสงค์การเรียนรู้

ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--|--------|
| 1. เครื่องชั่งสปริง | 1 อัน |
| 2. ฤงทรายมวล 500 g | 3 ฤง |
| 3. แผ่นไม้ขนาดประมาณ 11cm x 15 cm | 1 แผ่น |
| 4. แผ่นไม้ขนาดประมาณ 4.5 cm x 5 cm x 14 cm | 1 แผ่น |
| 5. ฤงพลาสติก | 1 ใบ |
| 6. กระดาษทราย | 1 แผ่น |
| 7. แผ่นพลาสติกลูกฟูก | 1 แผ่น |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

- ศึกษาสถานการณ์การเคลื่อนย้ายถังสัมของอาทิจดงนี้
“การเคลื่อนย้ายถังสัมจำนวนมากที่วางบนพื้นจากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งหนึ่งด้วยการออกแรงดึงผ่านเชือก ทำให้อาทิจเข้าใจว่า เมื่อมีแรงกระทำให้ถังสัมซึ่งเป็นวัตถุเคลื่อนที่ จะมีแรงเสียดทานกระทำในทิศทางตรงข้ามเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น แรงเสียดทานแบ่งเป็นแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานสถิตเกิดขึ้นเมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่ เมื่อวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าสูงสุด ส่วนแรงเสียดทานจลน์เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ และอาทิจยังทราบว่าขนาดของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์มีค่าต่างกันตามลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่เขาสงสัยว่านอกจากลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุแล้ว ขนาดของแรงเสียดทานยังขึ้นอยู่กับอะไรอีกบ้าง”
- ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทานและตัดสินใจเลือกศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน
- ตั้งคำถามและสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน พร้อมทั้งกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ บันทึกลงในใบงานที่ 2
- ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานและออกแบบตารางบันทึกผลลงในใบงานที่ 2
- ดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ และบันทึกผลลงในใบงานที่ 2
- สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง บันทึกลงในใบงานที่ 2

ใบงานที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

คำชี้แจง

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนออกแบบการทดลองและบันทึกผลการสังเกต แล้วตอบคำถามท้ายการทดลอง
บันทึกผลการทำกิจกรรม

คำถาม

.....
.....

สมมติฐาน

.....
.....

ตัวแปรต้น

.....
.....

ตัวแปรตาม

.....
.....

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

.....
.....
.....
.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การทดลองนี้ต้องการศึกษาปัจจัยใด

.....
.....

2. สมมติฐานของการทดลองนี้คืออะไร

.....
.....

3. ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....
.....

4. ผลการทดลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไรถ้ามีนักเรียนคิดว่ามาจากปัจจัยใดบ้าง

.....
.....

5. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลและประจักษ์พยานหรือหลักฐานของการทดลองของเพื่อกลุ่มอื่นเปรียบเทียบกับกลุ่มตนเอง

ข้อมูลและประจักษ์พยานที่สอดคล้องหรือสนับสนุนกับการทดลองของกลุ่มตนเอง	ข้อมูลและประจักษ์พยานที่ไม่สอดคล้องหรือขัดแย้งกับการทดลองของกลุ่มตนเอง

เขียนข้อสรุปที่ถูกต้อง

.....

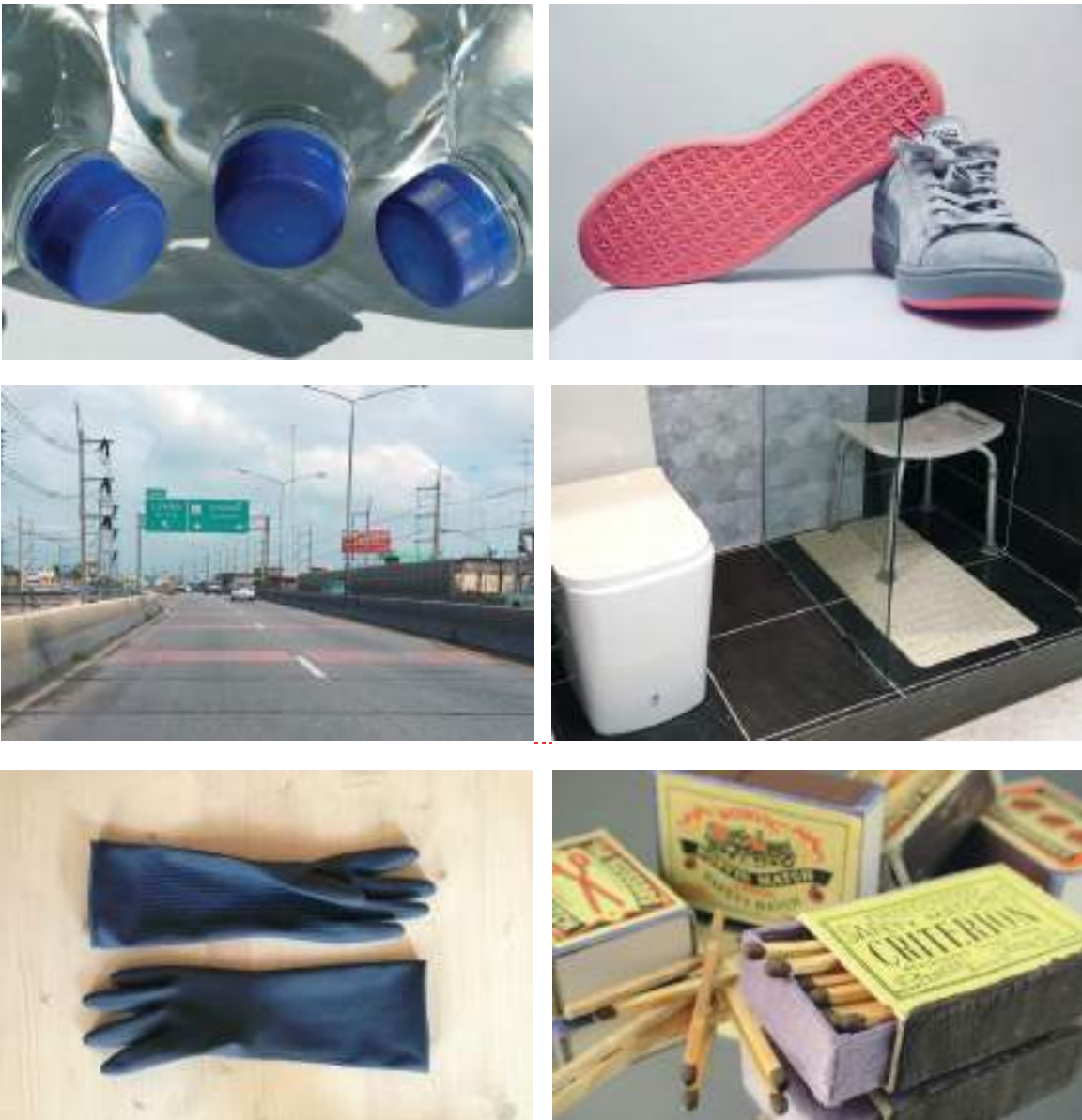
.....

.....

.....

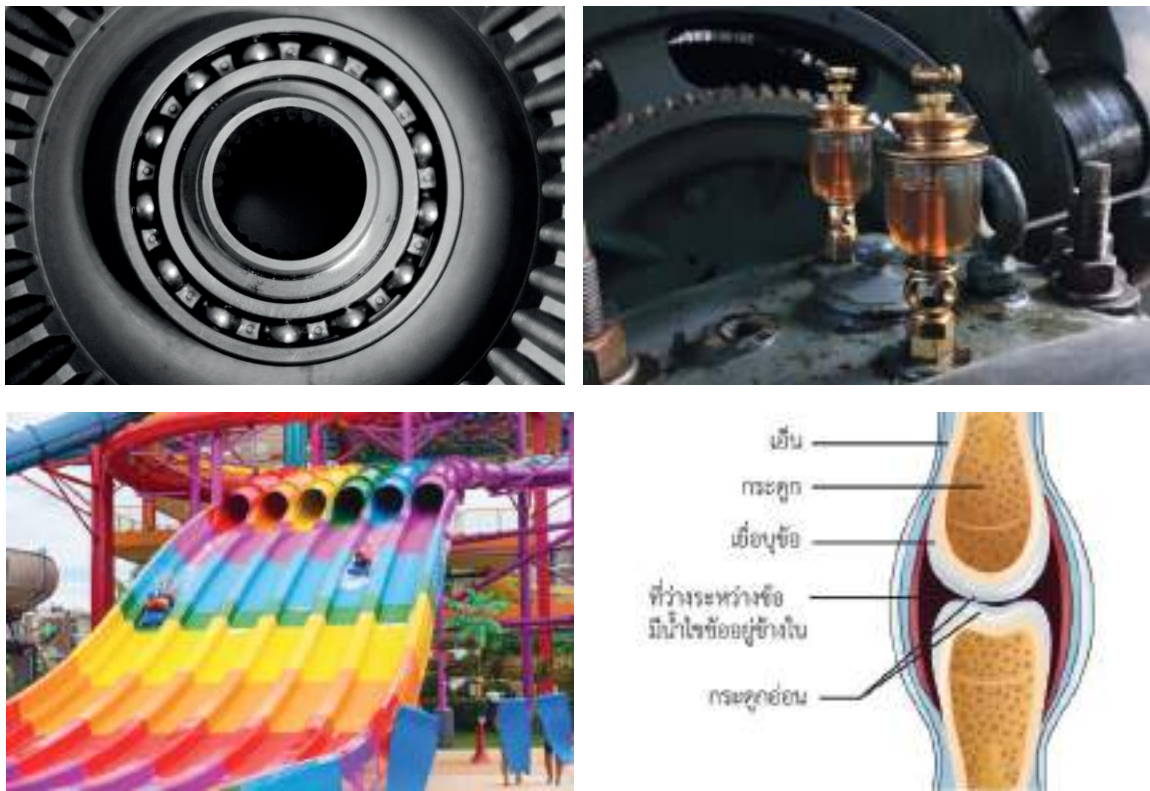
ใบความรู้ที่ 2 การเพิ่มและการลดแรงเสียดทาน

แรงเสียดทานเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมากมาย ซึ่งในบางสถานการณ์ต้องมีการเพิ่มแรงเสียดทานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมนั้น ๆ เช่น การทำให้ฝาชักโครกน้ำมีลักษณะเป็นร่องเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสซึ่งก็คือนิ้วและฝาชักโครก เมื่อเราจับฝาชักโครกจึงไม่ลื่นและสามารถหมุนฝาชักโครกออกจากปากขวดได้ง่าย การทำให้พื้นรองเท้ามีรอยหยักเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างรองเท้าและพื้น การทำสื่อบนพื้นถนนเพื่อกันรถไถล การทำให้ผิวถุงมือหรือถุงเท้ามีปุ่มหรือรอยหยักเพื่อให้สามารถหยิบจับหรือเดินแล้วไม่ลื่น การใช้แผ่นกันลื่นที่มีพื้นไม่เรียบปูพื้นห้องน้ำเพื่อกันลื่นเมื่อเท้าของเราเปียกน้ำ การทำให้ผิวไม้ขีดไฟและแผ่นที่รองขีดขรุขระเพื่อให้เมื่อเสียดสีกันแล้วมีแรงเสียดทานมากพอจนทำให้เกิดความร้อน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ประโยชน์ของการเพิ่มแรงเสียดทาน

ในบางสถานการณ์ก็ต้องการลดแรงเสียดทานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมนั้น ๆ ด้วย เช่น การเข็นวัตถุให้เคลื่อนไปบนพื้นผิวซึ่งทำได้ยากและต้องใช้แรงมาก ดังนั้นสามารถลดแรงเสียดทานโดยใช้ผ้ารองใต้วัตถุซึ่งเป็นการเปลี่ยนลักษณะผิวสัมผัสเพื่อให้เราเข็นวัตถุนั้นได้ง่ายขึ้นและออกแรงน้อยลง การใช้ระบบลูกปืนช่วยลดแรงเสียดทานในการหมุนของเพลลา การใช้น้ำมันหรือสารหล่อลื่นในเครื่องยนต์ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อลดการเสียดสีซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนหรือเกิดความเสียหายแก่เครื่องยนต์ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น การปล่อยให้ น้ำไหลบนสไลเดอร์ในสวนน้ำตลอดเวลาขณะที่ผู้เล่นไถลงมาเพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างตัวเรากับพื้นสไลเดอร์ นั่นเอง นอกจากนี้ร่างกายของเรายังมีส่วนสำหรับลดแรงเสียดทานอีกด้วย เช่น ข้อต่อของกระดูกจะมีน้ำไขข้อซึ่งมีหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างกระดูกอ่อนเพื่อไม่ให้กระดูกอ่อนเสียดสีกันจนเกิดการเจ็บปวดได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ประโยชน์ของการลดแรงเสียดทาน

ใบงานที่ 3 การเพิ่มและการลดแรงเสียดทาน

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ และให้ข้อเสนอแนะในการเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน

1. นอกจากส้มแล้วอาทิจยังส่งผลผลิตทางการเกษตรในสวนของตนไปขายอีกด้วย โดยบรรจุผลผลิตลงในกล่องกระดาษ และนำกล่องกระดาษวางซ้อนกันบนท้ายรถบรรทุก ซึ่งเขาไม่ต้องการให้สินค้าไหลตกลงมาขณะรถเคลื่อนที่ อาทิจควรเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานอย่างไร



.....

.....

.....

.....

2. ถนนที่อาทิจใช้เดินทางจากสวนเพื่อบรรทุกผลผลิตทางการเกษตรไปส่งให้กับลูกค้าเป็นทางลูกรังและลงเนินจำนวนมาก ดังภาพ เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ อาทิจไม่ต้องการให้ล้อรถลื่นไถลขณะลดความเร็ว เขาควรเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานอย่างไร



.....

.....

.....

.....

3. อาทิจยกกล่องกระดาษลงจากรถ แล้วผลักกล่องกระดาษไปบนพื้นปูนซีเมนต์เพื่อเคลื่อนย้ายกล่องใส่ผลผลิตให้ลูกค้า เขาไม่ต้องการออกแรงมาก อาทิจควรเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานอย่างไร



.....

.....

.....

.....

4. อาทิจนำส้อมในสวนของตนแปรรูปเป็นน้ำส้อมคั้นสดบรรจุลงในขวดพลาสติก ซึ่งเขาต้องการออกแบบให้ขวดสามารถหยิบจับได้ง่าย และหมุนฝาขวดเปิดได้ง่ายขึ้น อาทิจควรเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานอย่างไร



.....

.....

.....

.....

5. อาทิจใช้กรรไกรตัดกิ่งในการตัดกิ่งส้อมเพื่อตัดแต่งต้นส้อมให้โปร่งหลังจากเก็บผลส้อมแล้ว เพื่อให้การทำงานง่ายและออกแรงน้อยลง อาทิจไม่ต้องการให้กรรไกรฝืด เขาควรเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานอย่างไร



.....

.....

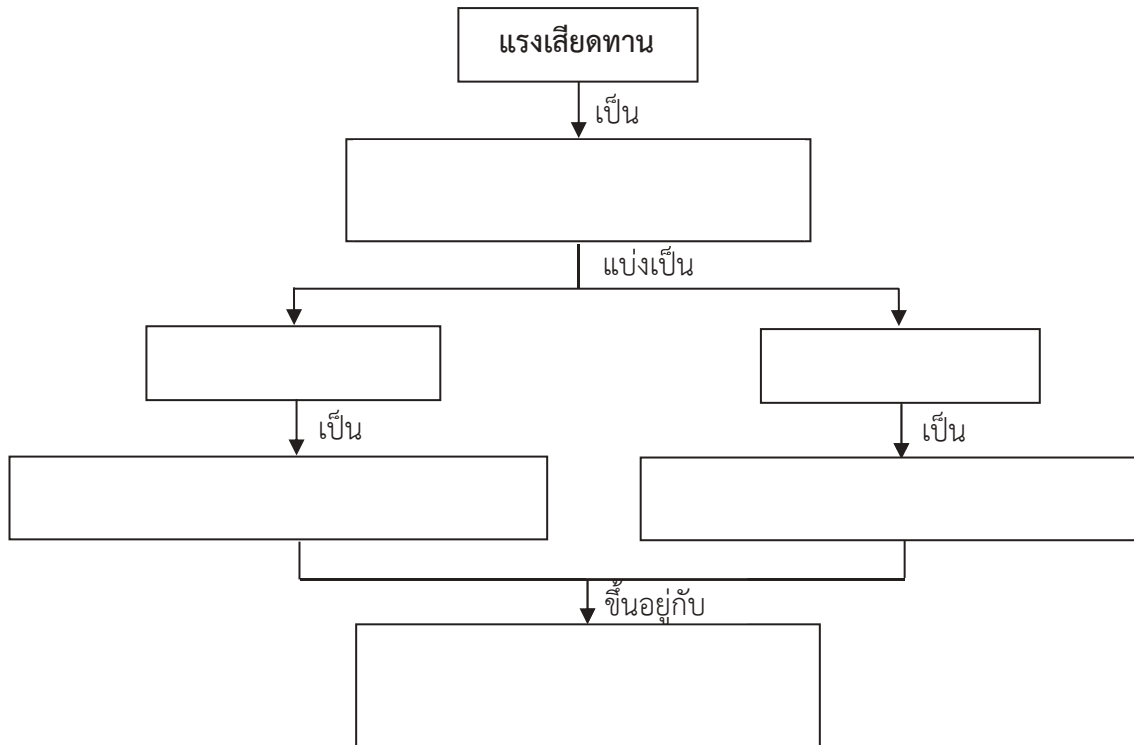
.....

ตัวออก

คำชี้แจง

จงเติมคำตอบลงในช่องว่างของแผนผังมโนทัศน์ของแรงเสียดทานให้สมบูรณ์

แผนผังมโนทัศน์เรื่อง แรงเสียดทาน



ใบงาน

เรื่อง งานและกำลัง

ใบกิจกรรมที่ 1 งานและกำลังขึ้นกับปัจจัยใด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนแผนภาพแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. อธิบายเกี่ยวกับงานและกำลัง
3. วิเคราะห์และคำนวณหางานและกำลังเนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--|---------|
| 1. กล่องกระดาษที่สามารถบรรจุถุงทรายมวล 500 g ได้ | 1 กล่อง |
| 2. ถุงทรายมวล 500 g | 1 ถุง |
| 3. เชือกโปรชนีย์ | 1 ม้วน |
| 4. เทปกาวยใส | 1 ม้วน |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

ตอนที่ 1 การเกิดงานทางวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาสถานการณ์การออกแรงกระทำต่อลึงส์ของอาทิจ ดังนี้
 - 1.1 อาทิจยื่นแบกลึงส์อยู่กับที่
 - 1.2 อาทิจแบกลึงส์แล้วเดินในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่
 - 1.3 อาทิจผลักลึงส์ที่วางนิ่งอยู่บนพื้นทำให้ลึงส์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวระดับ
 - 1.4 อาทิจยื่นดึงเชือกที่ผูกติดกับลึงส์ในแนวตั้ง ลึงส์อยู่กับที่
 - 1.5 อาทิจยื่นดึงเชือกที่ผูกติดกับลึงส์ในแนวตั้ง ลึงส์เคลื่อนที่ในแนวตั้ง
2. นำถุงทรายใส่ไว้ในกล่องกระดาษแทนลึงส์ จากนั้นจำลองสถานการณ์ที่ 1.1 สังเกตแรงที่กระทำต่อกล่องและทิศทางการเคลื่อนที่ของกล่อง
3. วาดภาพกล่องและเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อกล่องและทิศทางการเคลื่อนที่ของกล่อง บันทึกลงในใบงานที่ 1
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 แต่เปลี่ยนเป็นสถานการณ์ที่ 1.2-1.5
5. สืบค้นเกี่ยวกับงานทางวิทยาศาสตร์
6. วิเคราะห์และระบุสถานการณ์ที่กระทำว่าเกิดงานทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยทำเครื่องหมายถูกบันทึกผลลงในใบงานที่ 1

ตอนที่ 2 การคำนวณหางานและกำลัง

1. ศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้

ในช่วงของการเก็บผลส้มเพื่อนำไปจำหน่าย พี่ชายของอาทิจจะมีหน้าที่บรรจุส้มลงในลังแล้วเคลื่อนย้ายลังส้มไปยังบริเวณท้ายรถ และยกลังส้มขึ้นท้ายรถเพื่อจัดเรียงก่อนส่งไปจำหน่าย โดยอาทิจจะบรรจุส้มลังละ 20 กิโลกรัม แล้วออกแรงผลักลังส้ม 30 นิวตัน ทำให้ลังส้มเคลื่อนที่ได้ขนาดของการกระจัด 3 เมตร จากนั้นพี่ชายของอาทิจจะยกลังส้มจากพื้นขึ้นในแนวตั้งเพื่อวางไว้บนท้ายรถซึ่งสูงจากพื้นเป็นระยะ 1 เมตร
(กำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

2. วิเคราะห์สถานการณ์และวาดภาพลังส้มและเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อลังส้มและทิศทางการเคลื่อนที่ของลังส้ม
3. ศึกษาวิธีการคำนวณหางานและกำลัง ในใบความรู้ที่ 1 งานและกำลัง
4. คำนวณหางานและกำลังเนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุจากสถานการณ์

ใบงานที่ 1 งานและกำลังขึ้นกับปัจจัยใด




คำชี้แจง



ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 การเกิดงานทางวิทยาศาสตร์

ตาราง แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุและระบุการเกิดงานทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สถานการณ์	ภาพวาดกล่อง เขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อกล่องและทิศทางการเคลื่อนที่ของกล่อง	งานทางวิทยาศาสตร์	
		เกิดงานทางวิทยาศาสตร์	ไม่เกิดงานทางวิทยาศาสตร์
1.1 อาทิจยีนแบกลังส้มอยู่กับที่ 			
1.2 อาทิจแบกลังส้มแล้วเดินในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่ 			
1.3 อาทิจผลักลังส้มที่วางนิ่งอยู่บนพื้นทำให้ลังส้มเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในแนวระดับ 			

สถานการณ์	ภาพวาดกล่อง เขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อกล่องและทิศทางการเคลื่อนที่ของกล่อง	งานทางวิทยาศาสตร์	
		เกิดงานทางวิทยาศาสตร์	ไม่เกิดงานทางวิทยาศาสตร์
<p>1.4 อาทิจยืนดึงเชือกที่ผูกติดกับลิ้งส์ในแนวตั้ง ลิ้งส์อยู่กับที่</p> 			
<p>1.5 อาทิจยืนดึงเชือกที่ผูกติดกับลิ้งส์ในแนวตั้ง ลิ้งส์เคลื่อนที่ในแนวตั้ง</p> 			

ตอนที่ 2 การคำนวณงานและกำลัง

1. วาดภาพลັังสั้มและเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่ผลักลັังสั้มและทิศทางการเคลื่อนที่ของลັังสั้ม
ขณะที่ลັังสั้มเคลื่อนที่ในแนวระดับ



2. วาดภาพลັังสั้มและเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่ยกลັังสั้มและทิศทางการเคลื่อนที่ของลັังสั้ม
ขณะที่ลັังสั้มเคลื่อนที่ในแนวตั้ง



3. งานเนื่องจากแรงที่อาทิจผลักล้งส้มเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. งานเนื่องจากแรงที่พี่ชายของอาทิจยกกล่องส้มเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ถ้าพี่ชายของอาทิจทำล้งส้มหลุดมือทำให้ล้งส้มตกลงสู่พื้น นักเรียนคิดว่าจะเกิดงานหรือไม่ ถ้าเกิดงาน จะเกิดงานเนื่องจากแรงชนิดใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

6. ถ้าอาทิจใช้เวลาในการผลักล้งส้มให้เคลื่อนที่จากจุดบรรจุส้มไปยังท้ายรถ 3 วินาที อาทิจมีกำลังเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ถ้าอาชีพเปลี่ยนวิธีการเคลื่อนย้ายสิ่งของ โดยเขาออกแรงแบกล้างสิ่งแล้วเดินไปยังท้ายรถแทนการผลัก จะเกิดงานทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สถานการณ์ใดบ้างที่เกิดงานและไม่เกิดงานตามความหมายทางวิทยาศาสตร์ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. แนวแรงกับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ทำให้เกิดงานทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

3. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อปริมาณงาน และมีผลอย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อปริมาณกำลัง และมีผลอย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. งานสามารถคำนวณได้ตามสมการใด

.....

.....

.....

.....

6. กำลังสามารถคำนวณได้ตามสมการใด

.....
.....
.....
.....

7. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอะไร

.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ที่ 1 งานและกำลัง

งาน (Work)

งานเป็นผลของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยมีการกระจัดตามแนวแรง เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร หรือจูล งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุและขนาดของการกระจัดในแนวเดียวกับแรง เป็นไปตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$W = Fs$$

เมื่อ W แทน งาน มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร (N m) หรือ จูล (J)

F แทน ขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

s แทน ขนาดของการกระจัดตามแนวแรง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

การคำนวณหางานสามารถศึกษาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 นักเรียนผลักกล่องให้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยแรง 40 นิวตัน

ได้ขนาดของการกระจัด 5 เมตร งานเนื่องจากแรงที่นักเรียนผลักกล่องเป็นเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์ $F = 40 \text{ N}$ $s = 5 \text{ m}$ $W = ?$

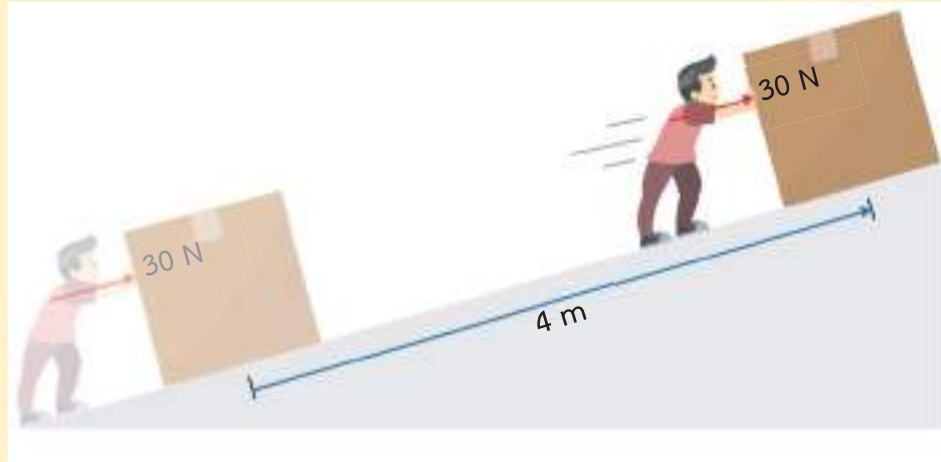
แนวคิด จากความสัมพันธ์ $W = Fs$

$$W = 40 \text{ N} \times 5 \text{ m}$$

$$W = 200 \text{ N m}$$

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงที่นักเรียนผลักกล่องเท่ากับ 200 นิวตัน เมตร หรือ 200 จูล

ตัวอย่างที่ 2 นักเรียนออกแรง 30 นิวตัน ผลักกล่องให้เคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่ไม่มีความฝืด ดังภาพ ได้ขนาดของการกระจัด 4 เมตร งานเนื่องจากแรงที่นักเรียนผลักกล่องเป็นเท่าใด



วิเคราะห์โจทย์ $F = 30 \text{ N}$ $s = 4 \text{ m}$ $W = ?$

แนวคิด จากความสัมพันธ์ $W = Fs$

$$W = 30 \text{ N} \times 4 \text{ m}$$

$$W = 120 \text{ N m}$$

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงที่นักเรียนผลักกล่องเท่ากับ 120 นิวตัน เมตร หรือ 120 จูล

ตัวอย่างที่ 3 นักเรียนออกแรงถือหนังสือหนัก 30 นิวตัน เดินไปตามพื้นราบ

ได้ขนาดของการกระจัด 10 เมตร งานเนื่องจากแรงถือหนังสือเป็นเท่าใด

ทิศทางการเคลื่อนที่



แนวคิด เนื่องจากแรงที่ถือหนังสือมีทิศขึ้นในแนวตั้งและการเดินไปตามพื้นราบ แนวการเคลื่อนที่ของหนังสือจะอยู่ในแนวขนานกับพื้นราบ แนวแรงที่กระทำต่อหนังสือและแนวการเคลื่อนที่ของหนังสือจึงไม่อยู่ในแนวเดียวกัน

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงถือหนังสือจึงเป็นศูนย์ หรือ ไม่เกิดงาน

การคำนวณงานต้องคำนึงถึงทิศทางของแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยถ้าทิศทางของแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศทางเดียวกัน ค่าของงานที่ได้จะกำหนดให้มีค่าเป็นบวก แต่ถ้าทิศทางตรงข้ามกัน ค่าของงานที่ได้จะกำหนดให้มีค่าเป็นลบ จากตัวอย่างที่ 3 พบว่า งานเนื่องจากแรงจากการยกหรือถือหนังสือ

เรียน ทิศทางของแรงตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ก็ไม่เกิดงานของแรงนั้น โดยการถือหนังสือเดินไปตามพื้นราบ แรงที่ถือหนังสือเรียนอยู่ในทิศขึ้นส่วนนักเรียนที่ถือหนังสือเคลื่อนที่ในแนวราบหรือแนวระดับ แต่หากพิจารณาแรงที่ทำให้มวลของนักเรียนคนนั้นเคลื่อนที่ จะพบว่าทิศทางของแรงกับทิศทางการเคลื่อนที่ที่อยู่ในแนวเดียวกัน แรงนี้จึงทำให้เกิดงานทางวิทยาศาสตร์ได้

กำลัง (Power)

กำลัง คือ ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที หรือวัตต์ ผู้ที่ออกแรงขนาดเท่ากันทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากันจะทำงานได้เท่ากัน อย่างไรก็ตามการทำงานอาจใช้เวลาที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับกำลังของผู้ที่ทำงาน ผู้ที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยจะใช้กำลังมาก ส่วนผู้ที่ใช้เวลาในการทำงานมากจะใช้กำลังน้อย เป็นไปตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = \frac{W}{t}$$

เมื่อ P แทน กำลัง มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที (J/s) หรือ วัตต์ (W)

W แทน งาน มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร (N m) หรือ จูล (J)

t แทน เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 4 นักเรียนออกแรงดึงวัตถุในแนวระดับด้วยแรง 50 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ขนาดของการกระจัด 8 เมตร โดยเวลาในการดึงวัตถุเป็น 10 วินาที
นักเรียนใช้กำลังเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์ $F = 50 \text{ N}$ $s = 8 \text{ m}$ $t = 10 \text{ s}$ $P = ?$

แนวคิด จากความสัมพันธ์ $P = \frac{W}{t}$

$$P = \frac{Fs}{t}$$

$$P = \frac{50 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{10 \text{ s}}$$

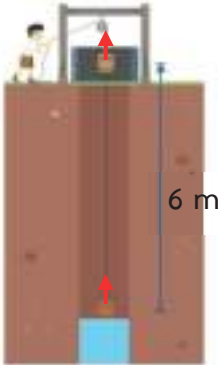
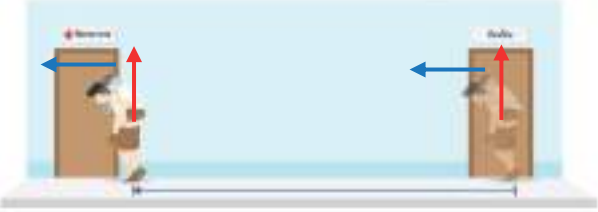
$$P = 40 \text{ J/s หรือ W}$$



ดังนั้น นักเรียนใช้กำลังในการดึงวัตถุเท่ากับ 40 วัตต์ หรือ 40 วัตต์

ใบงานที่ 2 แบบฝึกหัดเรื่อง งานและกำลัง

คำชี้แจง

ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ วิเคราะห์แนวแรงที่กระทำต่อวัตถุและแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ พร้อมเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งแสดงวิธีการคำนวณหา งานและกำลังให้ถูกต้อง (กำหนดให้ลูกศรสีแดง (→) แทนทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุและลูกศรสีน้ำเงิน (→) แทนทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ)

สถานการณ์	แสดงวิธีการคำนวณหา งาน/กำลัง
<p>1. แป้งออกแรงดึงถังน้ำขึ้นในแนวตั้งจากบ่อน้ำที่มีผิวหน้าของน้ำอยู่ลึกจากปากบ่อ 6 เมตร โดยเขาออกแรงดึงถังน้ำที่มีน้ำหนัก 100 นิวตัน งานเนื่องจากแรงที่แป้งดึงถังน้ำขึ้นจากบ่อน้ำเป็นเท่าใด</p> 	
<p>2. ต้นแบกไฟแล้วเดินไปบนพื้นราบจากหน้าประตูห้องเรียนไปยังห้องพยาบาลซึ่งอยู่บนชั้นเดียวกันของอาคารเรียนแห่งหนึ่ง ได้ขนาดของการกระจัด 20 เมตร ถ้าไฟมีน้ำหนัก 500 นิวตัน งานเนื่องจากแรงที่ต้นยกตัวไฟไว้แล้วเดินจากห้องเรียนไปยังห้องพยาบาลเป็นเท่าใด</p> 	

สถานการณ์ที่	แสดงวิธีการคำนวณหางาน/กำลัง
<p>3. แมนออกแรงผลักกล่องด้วยแรง 50 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้น ทำให้กล่องเคลื่อนที่ได้ขนาดของการกระจัด 5 เมตร งานเนื่องจากแรงที่แมนผลักกล่องเป็นเท่าใด</p> 	
<p>4. นัทผลักกล่องให้เคลื่อนที่ขึ้นในแนวขนานกับพื้นเอียงด้วยแรง 100 นิวตัน ทำให้กล่องเคลื่อนที่ขึ้นบนพื้นเอียงได้ขนาดของการกระจัด 5 เมตร โดยเขาผลักกล่องเป็นเวลา 10 วินาที งานเนื่องจากแรงที่นัทผลักกล่องให้เคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงเป็นเท่าใดและนัทใช้กำลังเท่าใด</p> 	
<p>5. ต่อกออกแรงถือหนังสือมวล 3 กิโลกรัม เดินขึ้นบันไดจากชั้นล่างของบ้านไปยังชั้นสองซึ่งอยู่สูงจากชั้นล่างประมาณ 4 เมตร เขาใช้เวลาในเดิน 5 วินาที งานเนื่องจากแรงที่ต่อกถือหนังสือเป็นเท่าใด และต่อใช้กำลังเท่าใด</p> 	

ใบงาน

เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์

บัตรภาพลูกมะพร้าวกับหลังคาบ้าน



ใบกิจกรรมที่ 1 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุขึ้นอยู่กับอะไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง
วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--|-----------|
| 1. ขวดพลาสติกเปล่าขนาด 350 ml พร้อมฝาขวด | 3 ขวด |
| 2. ทรายมวล 2 kg | 1 ถุง |
| 3. กระจับทราย | 1 อัน |
| 4. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 5. เครื่องชั่งมวล | 1 เครื่อง |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ และตัดสินใจเลือกศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ
2. ตั้งคำถามและสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ พร้อมทั้งกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ บันทึกลงในใบงานที่ 1
3. ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานและออกแบบตารางบันทึกผลลงในใบงานที่ 1
4. ดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ และบันทึกผลลงในใบงานที่ 1
5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง บันทึกลงในใบงานที่ 1

ใบงานที่ 1 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุขึ้นอยู่กับอะไร

คำชี้แจง

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนบันทึกการออกแบบการทดลองและบันทึกผลการสังเกต แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม
บันทึกผลการทำกิจกรรม

คำถาม

.....
.....

สมมติฐาน

.....
.....
.....

ตัวแปรต้น

.....
.....

ตัวแปรตาม

.....
.....

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

.....
.....
.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....
.....
.....
.....
.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

วิธีการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การทดลองนี้ศึกษาปัจจัยใดที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ
.....
2. ในการทดลองนี้กำหนดให้ตำแหน่งใดเป็นระดับอ้างอิง
.....
3. ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร
.....
4. นอกจากปัจจัยที่นักเรียนศึกษาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ
อย่างไร
.....
5. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร
.....

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลและประจักษ์พยานหรือหลักฐานของการทดลองของเพื่อกลุ่มอื่นเปรียบเทียบกับกลุ่มตนเอง

ข้อมูลและประจักษ์พยานที่สอดคล้องหรือสนับสนุนกับการทดลองของกลุ่มตนเอง	ข้อมูลและประจักษ์พยานที่ไม่สอดคล้องหรือขัดแย้งกับการทดลองของกลุ่มตนเอง

เขียนข้อสรุปที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2 พลังงานจลน์ของวัตถุขึ้นอยู่กับอะไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์

วัสดุและอุปกรณ์

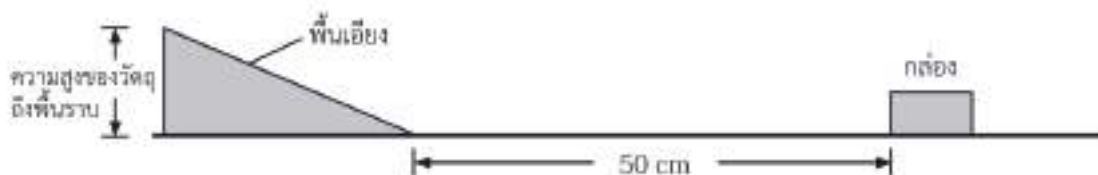
- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. กระจกเครื่องตีมีเปล้า ขนาด 325 ml | 3 กระจก |
| 2. ทรายมวล 1 kg | 1 ถัง |
| 3. กล้องกระดาษ | 1 กล้อง |
| 4. แผ่นไม้กระดานหรือรางไม้ | 1 อัน |
| 5. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 6. เครื่องชั่งมวล | 1 เครื่อง |
| 7. เทปกาวยใส | 1 ม้วน |
| 8. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ และตัดสินใจเลือกศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ
2. ตั้งคำถามและสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ พร้อมทั้งกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ บันทึกลงในใบงานที่ 2
3. ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานและออกแบบตารางบันทึกผลลงในใบงานที่ 2
4. ดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ และบันทึกผลลงในใบงานที่ 2
5. สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง บันทึกลงในใบงานที่ 2

ข้อเสนอแนะ

การวางกล้องกระดาษควรวางให้ห่างจากจุดปลายของพื้นเอียงเป็นระยะ 50 เซนติเมตรหรือ 1 เมตร ดังภาพ



ใบงานที่ 2 พลังงานจลน์ของวัตถุขึ้นอยู่กับอะไร

คำชี้แจง

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนบันทึกการออกแบบการทดลองและข้อมูลที่สังเกตพบ แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม
บันทึกผลการทำกิจกรรม

คำถาม

.....
.....

สมมติฐาน

.....
.....
.....
.....

ตัวแปรต้น

.....
.....

ตัวแปรตาม

.....
.....

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

.....
.....
.....
.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

.....
.....
.....
.....
.....
.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การทดลองนี้ศึกษาปัจจัยใดที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ

.....

2. ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. นอกจากปัจจัยที่นักเรียนศึกษาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่มีผลต่อพลังงานจลน์ของวัตถุ อย่างไร

.....
.....
.....

4. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลและประจักษ์พยานหรือหลักฐานของการทดลองของเพื่อกลุ่มอื่นเปรียบเทียบกับกลุ่มตนเอง

ข้อมูลและประจักษ์พยานที่สอดคล้องหรือสนับสนุนกับการทดลองของกลุ่มตนเอง	ข้อมูลและประจักษ์พยานที่ไม่สอดคล้องหรือขัดแย้งกับการทดลองของกลุ่มตนเอง

เขียนข้อสรุปที่ถูกต้อง

.....

.....

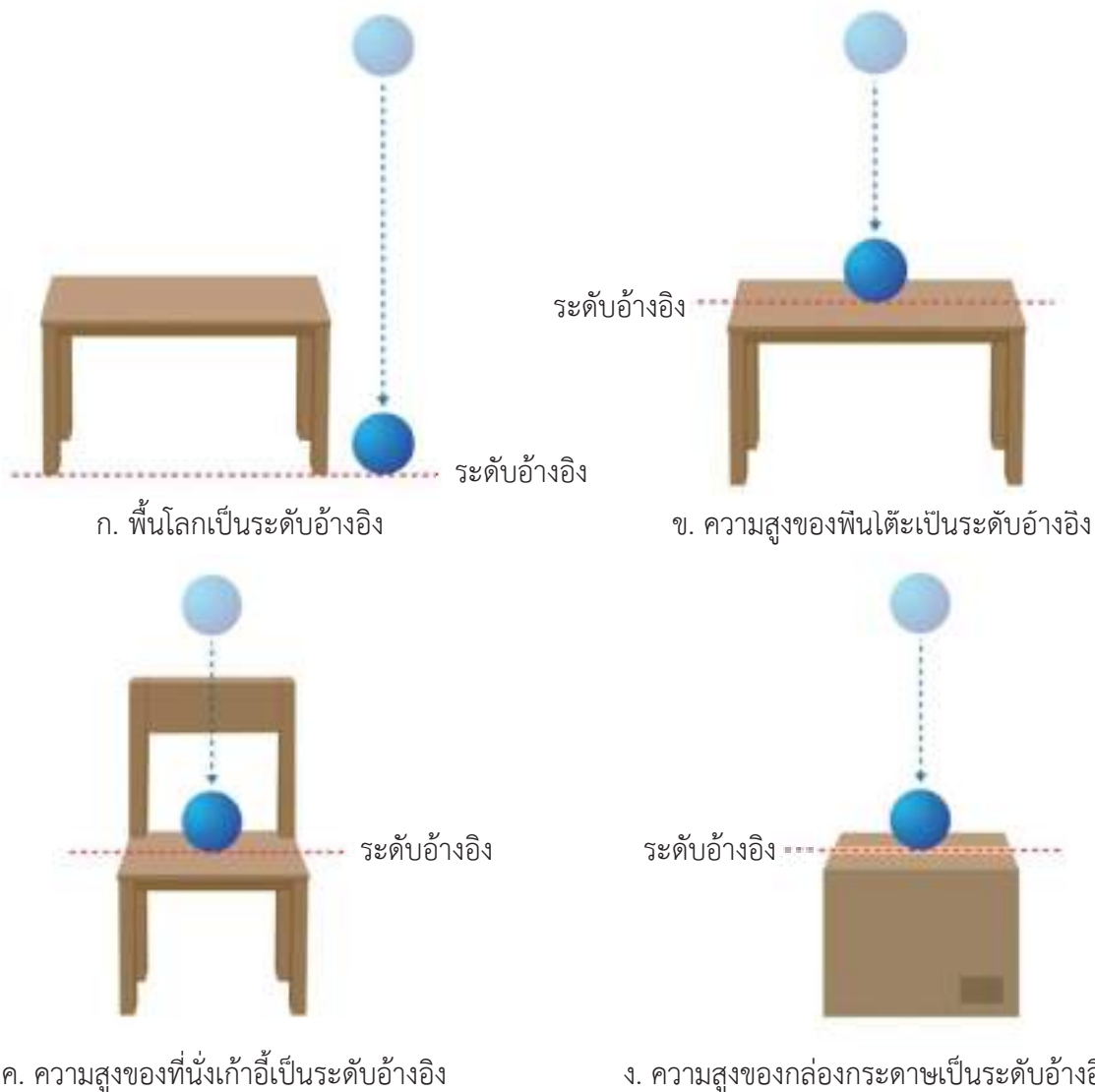
.....

.....

ใบความรู้ที่ 1 พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์

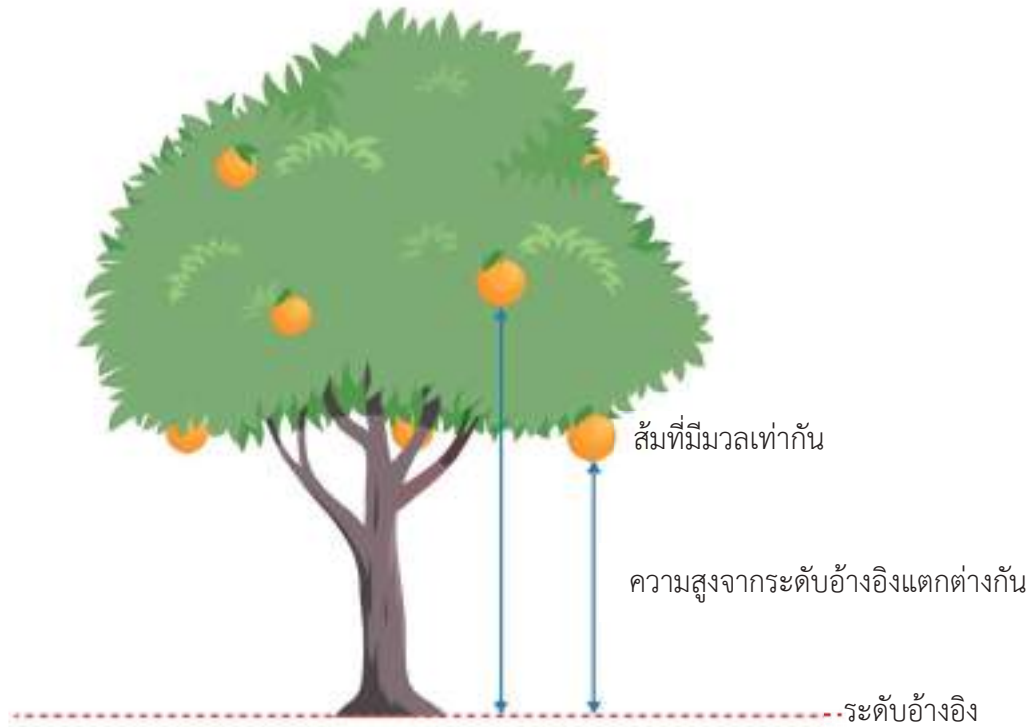
พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พลังงานที่อยู่ในวัตถุภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง (gravitational energy) เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูล (J) ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ มวลของวัตถุและระดับความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง โดยระดับอ้างอิงเป็นระดับในแนวราบที่กำหนดขึ้น ซึ่งเป็นระดับใดก็ได้ที่เราสนใจ ตัวอย่างเช่น การปล่อยลูกบอลให้ตกลงบนพื้นโลก เราสามารถกำหนดให้พื้นโลกเป็นระดับอ้างอิงได้ การปล่อยลูกบอลให้ตกลงบนโต๊ะ เราสามารถกำหนดให้ความสูงของโต๊ะเป็นระดับอ้างอิงได้ หรือการปล่อยลูกบอลให้ตกลงบนเก้าอี้ ในกรณีนี้เราก็สามารถกำหนดให้ความสูงของที่นั่งเก้าอี้เป็นระดับอ้างอิงได้ เช่นเดียวกับการปล่อยลูกบอลให้ตกลงบนกล่องกระดาษ เราสามารถกำหนดให้ความสูงของกล่องกระดาษเป็นระดับอ้างอิงได้ ดังภาพที่ 1



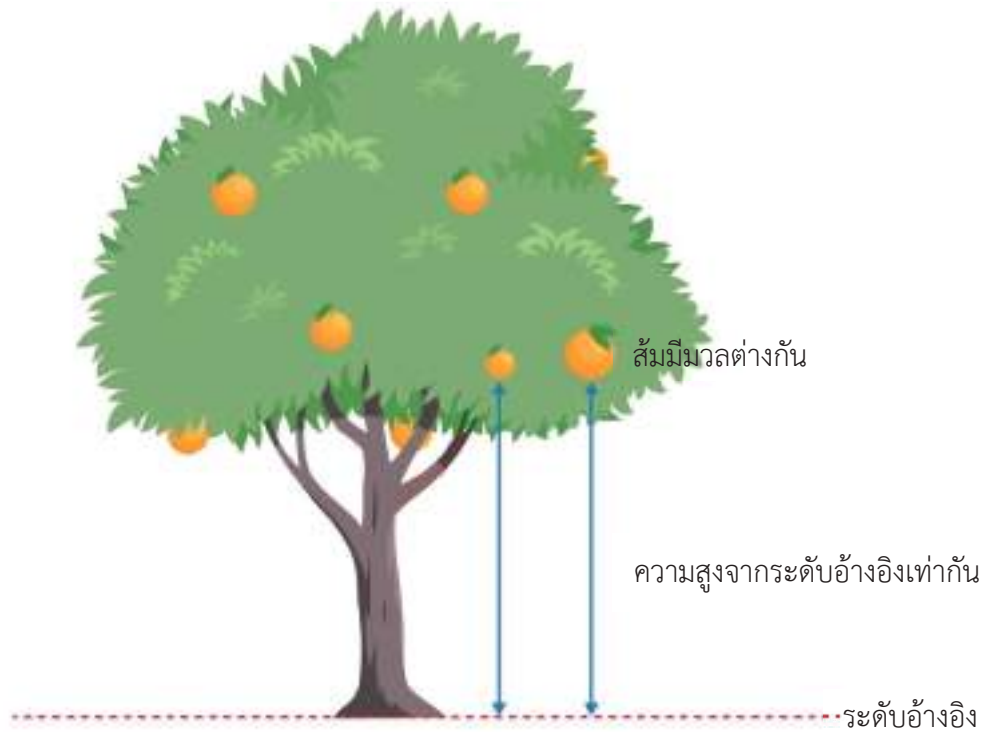
ภาพที่ 1 การกำหนดระดับอ้างอิง

เมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ที่ระดับอ้างอิง เราจะกำหนดให้วัตถุนั้นจะมีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์หรือจะไม่มีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ถ้าวัตถุที่มีมวลเท่ากันแต่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงแตกต่างกันจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงแตกต่างกัน โดยวัตถุที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า เช่น ส้มสองลูกที่มีมวลเท่ากันอยู่บนต้นส้มซึ่งสูงจากระดับอ้างอิง (พื้นโลก) แตกต่างกัน ส้มที่อยู่สูงกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าส้มที่อยู่ต่ำกว่า ขณะที่ส้มที่อยู่บนพื้นโลกซึ่งเป็นระดับอ้างอิง ผลส้มนี้ถือว่าไม่มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงอยู่ในผลส้ม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของผลส้ม : เมื่อผลส้มที่มีมวลเท่ากันผลส้มที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงมากกว่า จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า

ถ้าวัตถุที่อยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากันแต่มีมวลแตกต่างกันจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงแตกต่างกัน โดยวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า เช่น ส้มสองลูกซึ่งอยู่สูงจากระดับอ้างอิง (พื้นโลก) เท่ากัน แต่มีมวลแตกต่างกัน ส้มที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าส้มที่มีมวลน้อยกว่า ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของผลส้ม : เมื่อผลส้มอยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากันส้มที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่า

เกร็ดน่ารู้ เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์อีกประเภทหนึ่งซึ่งเป็นพลังงานที่มีปริมาณขึ้นกับระยะห่างจากตำแหน่งอ้างอิง เช่นเดียวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งเป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในวัสดุที่มีความยืดหยุ่น เช่น หนังสาย สปริง คันธนู เป็นต้น



โดยเราสามารถนำพลังงานที่อยู่ในวัตุดิบมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ใช้พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่อยู่ในตุ้มปั้นจั่นในการตอกเสาเข็มในการงานก่อสร้าง ใช้พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่อยู่ในน้ำที่กักเก็บในถังสูงในการจ่ายน้ำประปา การทำงานในการยกซากของครกกระเดื่องให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มพลังงานศักย์โน้มถ่วงจากนั้นก็ปล่อยให้ซากตกลงตำข้าวเปลือกในครก การใช้พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่อยู่ในน้ำที่กักเก็บในเขื่อนให้ตกจากที่สูงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 4



ก. การใช้ตุ้มปั้นจั่นในการตอกเสาเข็ม



ข. ถังกักเก็บน้ำประปา



ค. การกักเก็บน้ำภายในเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก
ภาพที่ 4 ตัวอย่างการนำพลังงานศักย์โน้มถ่วงมาใช้ประโยชน์

พลังงานจลน์

พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เรียกว่า **พลังงานจลน์ (kinetic energy)** เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูล (J) ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์ คือ มวลของวัตถุและอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ วัตถุที่มีมวลเท่ากันแต่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกัน วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมากกว่าจะมีพลังงานจลน์มากกว่า เช่น เมื่อเตะลูกบอลที่มีมวลเท่ากันให้ชนกรวยด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ลูกบอลที่มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่มากจะมีพลังงานจลน์อยู่มากอาจทำให้กรวยล้มและเคลื่อนที่ไปได้ไกล ขณะที่ลูกบอลที่มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่น้อยอาจทำให้กรวยขยับเพียงเล็กน้อยและกรวยอาจไม่ล้ม ดังภาพที่ 5



ก. ลูกบอลที่มีอัตราเร็วมากก่อนและหลังชนกรวย



ข. ลูกบอลที่มีอัตราเร็ว น้อยก่อนและหลังชนกรวย
ภาพที่ 5 ผลจากการชนของลูกบอลที่มีอัตราเร็วต่างกัน

สถานการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป เช่น การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน กรณีที่รถเคลื่อนที่เข้าชนรถหรือสิ่งกีดขวางบนท้องถนนด้วยอัตราเร็วมาก รถจะมีพลังงานจลน์มากจึงทำให้รถที่ถูกชนหรือสิ่งกีดขวางบนท้องถนนเกิดความเสียหายได้มาก ดังภาพที่ 6 นักเรียนเดินหรือวิ่งด้วยอัตราเร็วมากแล้วชนเพื่อนที่ยืนหรือเดินอยู่ เพื่อนของนักเรียนก็อาจล้มหรือได้รับบาดเจ็บมากกว่ากรณีที่นักเรียนเดินหรือวิ่งอย่างช้า ๆ



ภาพที่ 6 รถได้รับความเสียหายเมื่อรถอีกคันที่มีพลังงานจลน์มากพุ่งเข้าชน

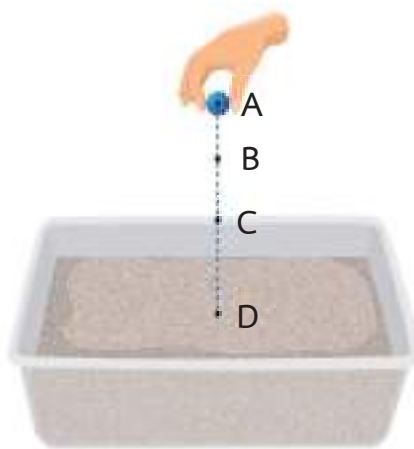
วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันแต่มีมวลต่างกัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานจลน์มากกว่า เช่น เตะลูกบอลที่มีมวลต่างกันชนกรวยด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ลูกบอลที่มีมวลมากจะมีพลังงานจลน์อยู่มากอาจทำให้กรวยล้มและเคลื่อนที่ไปได้ไกล ขณะที่ลูกบอลที่มีมวลน้อยอาจทำให้กรวยขยับเพียงเล็กน้อยและกรวยอาจไม่ล้ม

ใบงานที่ 3 แบบฝึกหัดเรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จากภาพการปล่อยลูกแก้วจากจุด A ผ่านจุด B และ C และให้ตกกระทบผิวทรายที่ จุด D อยากทราบว่าจุดใดลูกแก้ว มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากที่สุด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ผิวทรายเป็นระดับอ้างอิง)



.....

.....

.....

.....

2. ณ สนามเด็กเล่นแห่งหนึ่ง มีเด็ก 3 คน ที่มีมวลเท่ากันกำลังเล่นเครื่องเล่น ดังนี้
 - แข่งนั่งชิงช้า อยู่บนชิงช้า โดยไม่แกว่งชิงช้า
 - เอนั่งอยู่ ณ จุดสูงสุดของกระดานลื่นเพื่อเตรียมเคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียง
 - ต้มปีนต่ายขึ้นไปถึงจุดสูงสุดแล้วหยุดอยู่กับที่



(กำหนดให้พื้นดินเป็นระดับอ้างอิง)

เด็กคนใดที่มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงน้อยที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

3. ตารางแสดงมวลของลูกเหล็ก มีดังนี้

ชนิดของลูกเหล็ก	มวลของลูกเหล็ก (กิโลกรัม)
A	1.5
B	2.0
C	2.5
D	3.0

3.1) เมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูงระดับเดียวกันให้ตกลงสู่ผิวน้ำ ณ จุดปล่อยลูกเหล็กใดมีพลังงานมากที่สุด และเป็นพลังงานชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3.2) ลูกเหล็กใดเมื่อกระทบผิวน้ำแล้วน้ำจะกระเด็นหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. ในการแข่งขันโบลิ่งขวดน้ำของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ซึ่งจัดแข่งขันโดยการใช้ลูกฟุตบอลแทนลูกโบลิ่งและใช้ขวดน้ำดื่มขนาด 600 มิลลิลิตร แทนพิน จำนวน 10 ขวด โดยกรรมการจับเวลาในการเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอลจนชนขวดแรกแล้วล้ม ดังตาราง

ทีมผู้เข้าแข่งขัน	ระยะเวลาที่ลูกฟุตบอลเคลื่อนที่จนชนขวดแรก (วินาที)
สามัคคี	3.8
ร่วมใจ	5.0
รวมพลัง	4.4
พอเพียง	3.0

4.1) พลังงานชนิดใดที่ทำให้ขวดล้ม เพราะเหตุใด

.....
.....
.....

4.2) ทีมใดที่สามารถทำให้ลูกฟุตบอลมีพลังงานมากที่สุดในการชนขวดแรกให้ล้ม เพราะเหตุใด

.....
.....
.....

ใบงาน

เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน

ใบกิจกรรมที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุ
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกลกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์

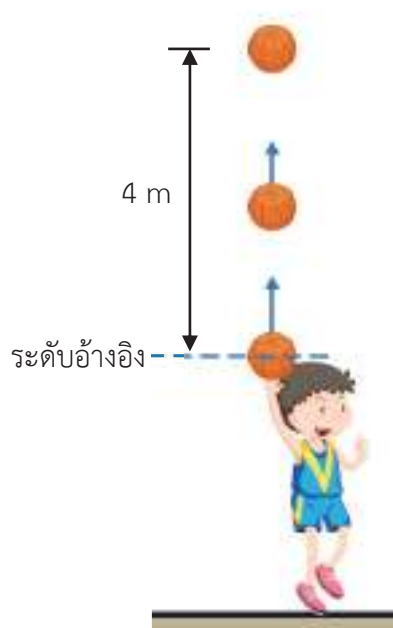
วัสดุและอุปกรณ์

- ไม่มี -

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้

“โยนลูกบอลมวล 1 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งถึงจุดสูงสุด ดังภาพ โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ลูกบอลหลุดออกจากมือเป็นระดับอ้างอิง พบว่าลูกบอลเคลื่อนที่ได้สูงสุดเป็นระยะ 4 เมตร จากระดับอ้างอิง ความสูงของลูกบอลจากระดับอ้างอิง อัตราเร็วของลูกบอล ค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง และค่าพลังงานจลน์ของลูกบอลเมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศจะเป็นดังตาราง”



ความสูงจากระดับอ้างอิง (เมตร)	อัตราเร็วของลูกบอล (เมตร/วินาที)	พลังงานจลน์ (จูล)	พลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)
0	8.85	39.2	0
1	7.67	29.4	9.8
2	6.26	19.6	19.6
3	4.43	9.8	29.4
4	0	0	39.2

2. วิเคราะห์พลังงานจลน์ของวัตถุที่ลดลง พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่เพิ่มขึ้น และผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุแต่ละตำแหน่ง บันทึกผลในใบงานที่ 1
3. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานกล บันทึกผลในใบงานที่ 1

ใบงานที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุเป็นอย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการวิเคราะห์ แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงพลังงานจลน์ของวัตถุที่ลดลง พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่เพิ่มขึ้น และผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ความสูงจากระดับอ้างอิงตำแหน่งต่าง ๆ

ความสูงจากระดับอ้างอิง (m)	พลังงานจลน์ที่ลดลง (J)	พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่เพิ่มขึ้น (J)	ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุแต่ละตำแหน่ง (J)
0			
1			
2			
3			
4			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ณ ตำแหน่งที่วัตถุหลุดออกจากมือหรือที่ระดับอ้างอิง อัตราเร็วของวัตถุเป็นอย่างไร

.....

2. วัตถุมีพลังงานใด ณ ตำแหน่งที่วัตถุหลุดออกจากมือ

.....

3. ณ ตำแหน่งสูงสุดที่วัตถุเคลื่อนที่ อัตราเร็วของวัตถุเป็นอย่างไร

.....

4. วัตถุมีพลังงานใด ณ ตำแหน่งสูงสุดที่วัตถุเคลื่อนที่

.....

5. ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งโดยสูงจากระดับอ้างอิงมากขึ้น อัตราเร็วและพลังงานจลน์ของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

6. ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งโดยสูงจากระดับอ้างอิงมากขึ้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

7. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุและพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....

8. ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุในแต่ละระดับความสูงจากระดับอ้างอิงมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....

9. จากการสืบค้นข้อมูล ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุ เรียกว่าอะไร

.....
.....

10. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....

ใบกิจกรรมที่ 2 กฎการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน

วัสดุและอุปกรณ์

- ไม่มี -

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้

“เช้าวันหนึ่งอาทิจมอดูสวนส้มของเขาทำให้ได้คิดทบทวนเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่เรียนมา ซึ่งพืชจะใช้แสงจากดวงอาทิตย์สร้างอาหาร อาทิจจึงเข้าใจว่าต้นส้มของเขาเจริญเติบโตได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นั่นเอง พลังงานแสงอาทิตย์ยังนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก โดยหมู่บ้านของอาทิจจะใช้เซลล์สุริยะเพื่อผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้หมู่บ้านของอาทิจตั้งอยู่ใกล้คลองขนาดใหญ่จึงมีการสร้างฝายเพื่อนำพลังงานจากน้ำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์อีกด้วย

คนในชุมชนแห่งนี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด แต่อย่างไรก็ตามทุกครัวเรือนก็ยังคงมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น โทรทัศน์ หม้อหุงข้าว พัดลม และมีหลอดไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในยามค่ำคืน

สวนของอาทิจอยู่ใกล้กับคลองขนาดใหญ่ กิจวัตรในวันหยุดเขามักจะนั่งเรือข้ามคลองไปเยี่ยมตาและยายเสมอ และบ้านตาก็บายก็อยู่ริมคลองเช่นกัน จึงใช้กังหันลมสำหรับนุดระหัดวิดน้ำเพื่อนำน้ำไปใช้ในพื้นที่การเกษตร เวลาที่อาทิจมาเยี่ยม ยายมักทำหม้อนึ่งให้อาทิจทาน โดยยายจะใช้เวลาในการตุ๋นเนื้อหมูนานเพื่อให้ความร้อนจากเตาทำให้หมูเปื่อยและรสชาติดี ในระหว่างที่ยายทำอาหาร อาทิจจะนั่งดูหลาน ๆ เล่นตีดลูกแก้ว คนที่ตีดลูกแก้วของตนเองเคลื่อนที่ไปชนกับลูกแก้วอื่นแล้วทำให้ลูกแก้วที่ถูกชนนั้นเคลื่อนที่ออกนอกเส้นขอบเขตที่กำหนดไว้ได้จะเป็นผู้ชนะ หลังจากรับประทานอาหารเที่ยงเสร็จเรียบร้อยแล้ว อาทิจจะขี่รถมอเตอร์ไซด์พายายนำผักไปขายที่ตลาด ช่วงที่อาทิจขี่รถมอเตอร์ไซด์ลงจากเนินสูง เขามักจะดับเครื่องยนต์ของรถมอเตอร์ไซด์เพื่อประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ส่วนวันธรรมดา อาทิจจะทำสวนส้ม และในช่วงจำหน่ายผลส้ม อาทิจจะรับประทานอาหารแต่ละมื้อปริมาณมากกว่าปกติเพื่อให้ร่างกายได้รับพลังงานอย่างเพียงพอ โดยหน้าที่ของอาทิจคือ เก็บผลส้ม คัดเลือกผลส้ม บรรจุผลส้มลงกล่องและยกกล่องส้มไปไว้ท้ายรถเพื่อขนส่งส้มไปจำหน่าย”

2. วิเคราะห์พลังงานที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานจากสถานการณ์ บันทึกผลลงในใบงานที่ 2
3. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงาน บันทึกผลลงในใบงานที่ 2

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์หรือไม่ ถ้ามี คือสถานการณ์ใด

.....
.....
.....

2. การเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงานแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....

3. พลังงานมีการสูญหายหรือสร้างขึ้นใหม่ได้หรือไม่ อย่างไร

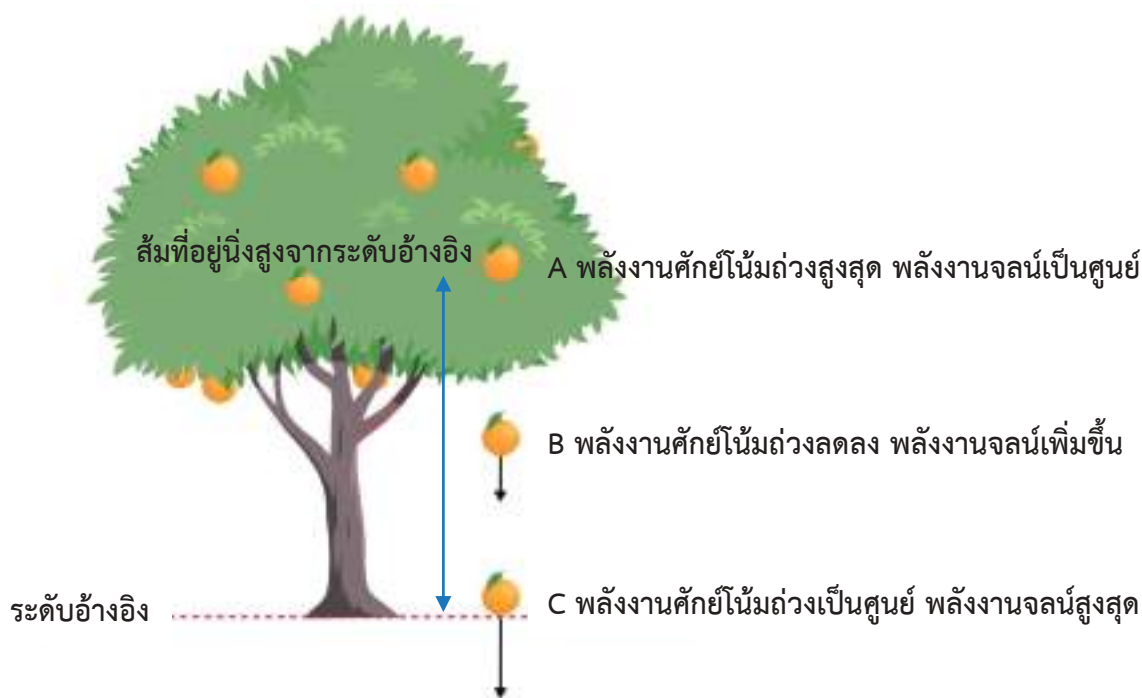
.....
.....
.....

4. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....

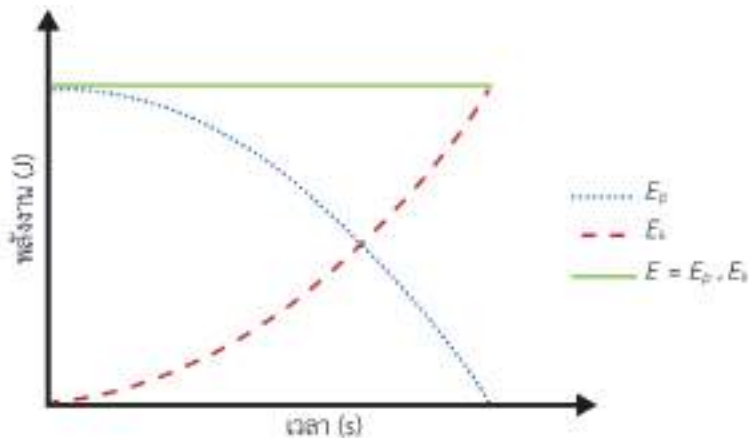
ใบความรู้ที่ 1 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อพิจารณาผลส้มที่อยู่บนต้นสูงจากระดับอ้างอิงที่ระยะใด ๆ ดังภาพที่ 1 ที่ตำแหน่ง A จะพบว่าผลส้มไม่มีการเคลื่อนที่ อัตราเร็วจึงเป็นศูนย์ ทำให้พลังงานจลน์เป็นศูนย์ มีเพียงพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่สะสมอยู่ในผลส้ม เมื่อผลส้มหลุดจากขั้วตกลงในแนวตั้งอย่างอิสระ ความสูงของผลส้มจากระดับอ้างอิงจะลดลงดังเช่นตำแหน่ง B ทำให้ผลส้มมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงลดลง โดยพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ของผลส้มที่เพิ่มขึ้น และเมื่อผลส้มตกกระทบพื้นที่ระดับอ้างอิงหรือตำแหน่ง C พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเป็นศูนย์ และพลังงานจลน์จะมีค่าสูงสุด โดยผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของผลส้มจะมีค่าคงตัวเสมอ เมื่อไม่คิดแรงต้านอากาศ



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงไปเป็นพลังงานจลน์ของผลส้มเมื่อผลส้มตกลงในแนวตั้งอย่างอิสระ

ผลรวมของพลังงานศักย์โน้มถ่วง (E_p) และพลังงานจลน์ (E_k) เรียกว่า พลังงานกล (mechanical energy : E) พลังงานกลของวัตถุในทุก ๆ ตำแหน่ง จะมีค่าคงตัวเสมอ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล (the principle of the conservation of mechanical energy) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานจลน์ และพลังงานกลของวัตถุตกอิสระ : เมื่อวัตถุตกอย่างอิสระ พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะลดลง พลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้น แต่พลังงานกลจะคงที่

นอกจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์แล้ว พลังงานจลน์ก็สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้เช่นกัน เช่น การโยนผลส้มขึ้นในแนวดิ่ง การโยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่ง การเคลื่อนที่ของขั้วไฟ เป็นต้น ในสถานการณ์จริงพลังงานกลอาจมีค่าไม่คงตัวเนื่องจากมีแรงต้านอากาศไปต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือกรณีที่ปล่อยวัตถุจากที่สูงจากระดับอ้างอิงให้ตกกระทบพื้น ขณะที่วัตถุกระทบพื้นจะเกิดแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุทำให้พลังงานกลของระบบหายไป มีการเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานกลเป็นพลังงานเสียงและพลังงานความร้อน อย่างไรก็ตามเมื่อรวมพลังงานกล พลังงานเสียงและพลังงานความร้อนแล้วพลังงานรวมของระบบจะยังมีค่าคงตัวเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy) กล่าวคือ พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำให้สูญหายหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ แต่สามารถเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้ หรือ สามารถถ่ายโอนพลังงานจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งได้

การเปลี่ยนพลังงานเป็นการเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งไปเป็นอีกพลังงานหนึ่ง เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงของน้ำเหนือเขื่อน การตกของวัตถุอย่างอิสระในแนวดิ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ กรณีที่ปล่อยลูกบอลหรือลูกบาสเกตบอลจากที่สูงให้ตกสู่พื้นอย่างอิสระในแนวดิ่งดังภาพที่ 3 จะมีการเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์และเมื่อลูกบอลตกกระทบพื้นพลังงานจลน์ส่วนหนึ่งก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานเสียงและพลังงานความร้อน เป็นต้น



ภาพที่ 3 การเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลเมื่อถูกปล่อยจากที่สูงให้ตกกระทบพื้น

การถ่ายโอนพลังงานเป็นการถ่ายโอนพลังงานเดียวกันแต่ถ่ายโอนจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง เช่น การถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากเตาหรือแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนไปยังอาหาร การถ่ายโอนพลังงานจลน์จากลูกบิลเลียดลูกหนึ่งไปยังลูกบิลเลียดอีกลูกหนึ่ง เป็นต้น

พลังงานเป็นปริมาณที่แสดงถึงความสามารถในการทำงาน โดยพลังงานมีหลายแบบตามลักษณะที่ปรากฏหรือการนำไปใช้งาน เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานกล วัตถุที่มีพลังงานมากย่อมมีความสามารถในการทำงานได้มาก เช่น ถ่านไฟฉายที่มีพลังงานมากสามารถทำให้หลอดไฟสว่างได้มาก เราสามารถนำพลังงานที่สะสมในวัตถุมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การใช้ประโยชน์จากพลังงานจากลมมาหมุนกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งลมที่มีอัตราเร็วสูงค่าหนึ่งจะมีพลังงานจลน์ เมื่อลมกระทบกับใบพัดของกังหันลมจะถ่ายโอนพลังงานจลน์ไปสู่ใบพัดทำให้ใบพัดหมุน ใบพัดของกังหันลมจึงมีพลังงานจลน์แล้วถ่ายโอนพลังงานจลน์ไปสู่แกนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตามด้วย และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนพลังงานและการถ่ายโอนพลังงานที่พบในชีวิตประจำวัน

ใบงานที่ 3 แบบฝึกหัด เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. กฎการอนุรักษ์พลังงานกลและกฎการอนุรักษ์พลังงานเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

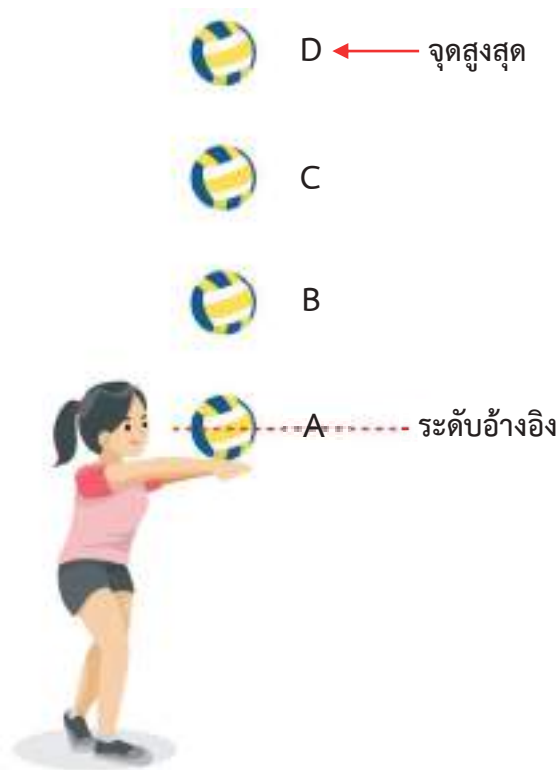
.....

.....

.....

.....

2. นักกีฬาคนหนึ่งอันเดอร์วอลเลย์บอลให้เคลื่อนที่ขึ้นอย่างอิสระในแนวตั้ง ลูกวอลเลย์บอลเคลื่อนที่ออกจากมือที่ตำแหน่ง A และถึงจุดสูงสุดที่ตำแหน่ง D ดังรูป โดยไม่คิดแรงต้านอากาศ



- 2.1 พลังงานกลที่จุด A และ จุด C มีค่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2.2 ลูกวอลเลย์บอลหลุดออกจากมือนักกีฬาด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่งทำให้ลูกวอลเลย์บอลมีพลังงานจลน์

8.1 จูล เมื่อลูกวอลเลย์บอลเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นเท่าใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ครูมอบหมายให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงานกลรอบตัว บ้านของนัทประกอบ อาชีพทำสวนมะพร้าว นัทจึงปีนขึ้นไปบนต้นมะพร้าวเพื่อวัดความสูงแล้วเก็บมะพร้าวมวล 1 กิโลกรัม ปล่อยให้ลูกมะพร้าวเคลื่อนที่ลงมาอย่างอิสระในแนวตั้ง ขณะที่เพื่อนของเขายืนสังเกตและจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกมะพร้าวจากจุดปล่อยจนกระทั่งลูกมะพร้าวกระทบพื้นอยู่ด้านล่าง โดยไม่คิดแรงต้านอากาศ และกำหนดให้พื้นโลกเป็นระดับอ้างอิง นัทและเพื่อนร่วมกันจัดทำข้อมูลดังตาราง

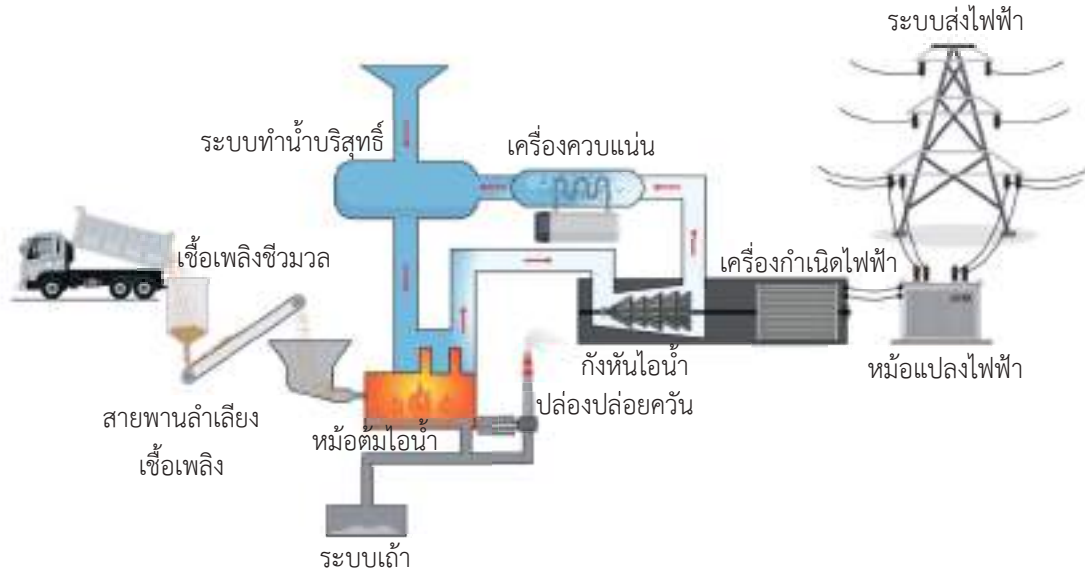
เวลา (วินาที)	ความสูงของลูกมะพร้าว จากระดับอ้างอิง (เมตร)	พลังงานศักย์ โน้มถ่วง (จูล)	พลังงานจลน์ (จูล)	พลังงานกล (จูล)
0 (จุดปล่อย)	19.6	192.08	A	B
2 (ขณะกระทบพื้น)	0	C	D	E

ค่าพลังงาน A B C D และ เป็นเท่าใด

.....

.....

4. ปัจจุบันมีการนำชีวมวลซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า โดยทำการเผาไหม้ชีวมวลให้เกิดพลังงานความร้อนในการผลิตไอน้ำแล้วนำไปหมุนกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า ดังภาพ



การเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานในโรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงาน

เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

บัตรภาพการใช้พื้นเอียงในการเคลื่อนย้ายลังส์ัม



บัตรภาพการใช้ที่เปิดขวด



บัตรภาพรอก



ใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องกลอย่างง่ายทำงานอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

สังเกตและอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| 1. แผ่นไม้กระดาน | 1 แผ่น |
| 2. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 3. รอกพลาสติก | 1 อัน |
| 4. ขวดพลาสติก ขนาด 600 ml | 1 ขวด |
| 5. ขวดพลาสติก ขนาด 1,500 ml | 1 ขวด |
| 6. รถทดลองหรือรถของเล่น | 1 อัน |
| 7. ถูทราย มวล 500 g | 1 ถู |
| 8. เครื่องชั่งสปริง | 1 อัน |
| 9. ลวดเหล็กขนาดเล็ก | 1 ม้วน |
| 10. แท่งไม้หรือแท่งเหล็กกลมหรือขาตั้ง | 1 อัน |
| 11. เชือกไผ่ชนิดนิย | 1 ม้วน |
| 12. เทปใส | 1 ม้วน |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

ตอนที่ 1 พื้นเอียง

1. ดึงรถทดลองด้วยเครื่องชั่งสปริงขึ้นในแนวตั้งให้สูงจากพื้นเป็นระยะทาง 30 เซนติเมตร ด้วยความเร็วคงที่ อ่านค่าของแรงจากเครื่องชั่งสปริงขณะที่รถทดลองกำลังเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1



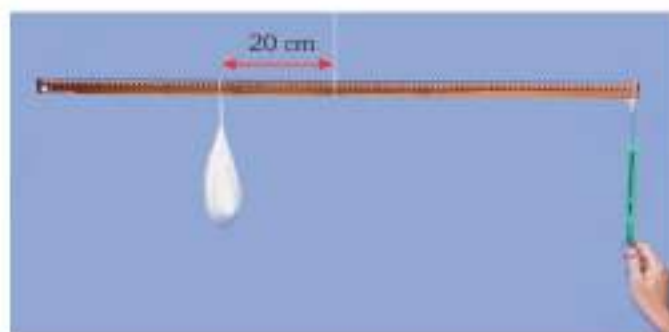
2. ยึดหลักให้อยู่สูงจากพื้น 30 เซนติเมตร และพาดแผ่นไม้กระดานกับหลัก ให้ความยาวของแผ่นไม้กระดานจากพื้นถึงหลักเท่ากับ 40 เซนติเมตร ดังภาพ ใช้เครื่องชั่งสปริงตึงรถทดลองให้เคลื่อนที่ขนานกับแผ่นไม้กระดานด้วยความเร็วคงที่ อ่านค่าของแรงที่ใช้ดึงจากเครื่องชั่งสปริง บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1



3. ทำซ้ำข้อ 2 โดยเปลี่ยนความยาวของแผ่นไม้กระดานจากพื้นถึงหลักเท่ากับ 80 เซนติเมตร บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1
4. คำนวณและเปรียบเทียบงานเนื่องจากแรงที่ใช้ดึงรถทดลองในข้อ 1 2 และ 3 อภิปรายผล

ตอนที่ 2 คาน

1. ดึงถ่วงทรายด้วยเครื่องชั่งสปริงขึ้นในแนวตั้งให้สูงจากพื้นเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร ด้วยความเร็วคงที่ อ่านค่าของแรงจากเครื่องชั่งสปริงช่วงที่ถ่วงทรายกำลังเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2
2. แขนงไม้เมตรที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้วยเชือกและจัดให้ไม้เมตรอยู่ในแนวระดับ แขนงถ่วงทรายไว้ด้านใดด้านหนึ่งของไม้เมตร โดยให้ถ่วงทรายมีระยะห่างจากจุดแขวนไม้เมตร 20 เซนติเมตร เกี่ยวเครื่องชั่งสปริงกับไม้เมตรด้วยเชือกที่ปลายของไม้เมตรอีกด้านหนึ่ง แล้วดึงเครื่องชั่งสปริงให้ไม้เมตรอยู่ในแนวระดับ ดังภาพ



3. ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงเพื่อให้ตุ้มน้ำเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร ดังภาพ อ่านค่าของแรงที่ใช้ดึงเครื่องชั่งสปริง และวัดระยะที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2



4. ทำซ้ำข้อ 3 แต่เปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องชั่งสปริงโดยขยับเครื่องสปริงให้มีระยะห่างจากจุดแขวนไม้เมตรน้อยลงอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2
5. คำนวณและเปรียบเทียบงานเนื่องจากแรงที่ใช้เครื่องชั่งสปริง ในข้อ 1 3 และ 4 อภิปรายผล

ตอนที่ 3 รอก

1. ดึงตุ้มน้ำด้วยเครื่องชั่งสปริงขึ้นในแนวตั้งให้สูงจากพื้นเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร ด้วยความเร็วคงที่ อ่านค่าของแรงจากเครื่องชั่งสปริงช่วงที่ตุ้มน้ำกำลังเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 3
2. จัดรอกแบบที่ 1 โดยนำลวดเหล็กคล้องกับรอกเพื่อเป็นแกนหมุนแล้วนำไปแขวนกับขาตั้ง จากนั้นนำเชือกพาดบนร่องของรอก ให้ปลายเชือกด้านหนึ่งผูกกับตุ้มน้ำ ส่วนปลายเชือกอีกด้านหนึ่งผูกกับเครื่องชั่งสปริง ดังภาพ



3. ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงเพื่อให้ตุ้มน้ำเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร อ่านค่าของแรงที่ใช้ดึงเครื่องชั่งสปริง และวัดระยะที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 3
4. จัดรอกแบบที่ 2 โดยนำลวดเหล็กคล้องกับรอกเพื่อเป็นแกนหมุนแล้วนำไปผูกกับตุ้มน้ำ จากนั้นนำรอกพาดบนเชือก โดยใช้ปลายเชือกด้านหนึ่งผูกกับขาตั้ง ส่วนปลายเชือกอีกด้านหนึ่งผูกกับเครื่องชั่งสปริง ดังภาพ



5. ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงเพื่อให้ตุ้มน้ำเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร อ่านค่าของแรงที่ใช้ดึงเครื่องชั่งสปริง และวัดระยะที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 3
6. คำนวณและเปรียบเทียบงานเนื่องจากแรงที่ใช้ดึงเครื่องชั่งสปริง ในข้อ 1 3 และ 5 อภิปรายผล

ตอนที่ 4 ล้อและเพลลา

1. ดึงตุ้มน้ำด้วยเครื่องชั่งสปริงขึ้นในแนวตั้งให้สูงจากพื้นเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร ด้วยความเร็วคงที่ อ่านค่าของแรงจากเครื่องชั่งสปริงช่วงที่ตุ้มน้ำกำลังเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 4
2. สร้างล้อและเพลลาโดยเจาะรูที่ฝาขวดและก้นขวดพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตรให้ตรงกัน แล้วนำแท่งไม้กลมสอดผ่านรูทั้งสองเพื่อเป็นแกนหมุน
3. ใช้เทปใสยึดปลายเชือกเส้นหนึ่งติดกับคอขวด ส่วนอีกเส้นติดกับบริเวณกลางขวด จากนั้นพันเชือกทั้งสองเส้นในทิศทางตรงข้ามกันอย่างน้อย 2-3 รอบ โดยการพันที่คอขวดจะแทนเพลลา และการพันที่บริเวณกลางขวดจะแทนล้อ ให้ปลายเชือกที่พันกับเพลลาผูกกับตุ้มน้ำ ส่วนปลายเชือกที่พันกับล้อผูกกับเครื่องชั่งสปริง ดังภาพ แล้วยึดปลายทั้งสองของแกนหมุนไว้กับจุดตรึง



4. ออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้ถ่วงทรายเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร อ่านค่าของแรงที่ใช้ดึง และระยะที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 4
5. ทำซ้ำข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนเป็นขวดพลาสติกขนาด 1,500 มิลลิลิตร บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 4
6. คำนวณและเปรียบเทียบงานเนื่องจากแรงที่ใช้ดึงเครื่องชั่งสปริง ในข้อ 1 4 และ 5 อภิปรายผล

ใบงานที่ 1 เครื่องกลอย่างง่ายทำงานอย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ตอนที่ 1 พื้นเอียง

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงค่าของแรงที่ใช้ดึงรถทดลอง ระยะทางที่รถทดลองเคลื่อนที่ และงานของแรงที่ใช้ดึงรถทดลอง เมื่อดึงรถทดลองด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการดึงรถทดลอง	ค่าของแรงที่ใช้ดึงรถทดลอง (N)	ระยะทางที่รถทดลองเคลื่อนที่ (m)	งานของแรงที่ใช้ดึงรถทดลอง (N m)
ดึงในแนวตั้ง ระยะทาง 0.30 m			
ดึงบนพื้นเอียงยาว 0.40 m			
ดึงบนพื้นเอียงยาว 0.80 m			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงเมื่อดึงรถทดลองให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งและเคลื่อนที่บนพื้นเอียงต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

2. แรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงเมื่อดึงรถทดลองให้เคลื่อนที่บนพื้นเอียงแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

3. ระยะทางที่ออกแรงในการดึงรถทดลองแต่ละครั้งสัมพันธ์กับขนาดของแรงหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

4. งานเนื่องจากแรงในการดึงรถทดลองแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....

5. ถ้าต้องการออกแรงดึงรถทดลองให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นเอียงมีค่าน้อยลง จะทำได้อย่างไร

.....
.....

6. จากกิจกรรมตอนที่ 1 สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 คาน

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงค่าของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ และงานเมื่อดึงถ่วงทราย ด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการดึงถ่วงทราย	ค่าของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง (N)	ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ (m)	งาน (N m)
ดึงในแนวตั้ง ระยะทาง 0.10 m			
ดึงด้วยคานโดยออกแรงที่ระยะห่างจากจุดแขวน 0.50 m			
ดึงด้วยคานโดยออกแรงที่ระยะห่างจากจุดแขวน.....			
ดึงด้วยคานโดยออกแรงที่ระยะห่างจากจุดแขวน.....			
ดึงด้วยคานโดยออกแรงที่ระยะห่างจากจุดแขวน.....			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงเมื่อดึงถ่วงทรายให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งและดึงด้วยคานแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

2. ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. งานเนื่องจากแรงที่ดึงเครื่องชั่งสปริงแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4. ในการยกตุลทราย ถ้าต้องการออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้มีค่าน้อยลง ทำได้อย่างไร

.....

.....

5. จากกิจกรรมตอนที่ 2 สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 รอก

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงค่าของแรงที่ใช้ดึงตุลทราย ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ และงานเมื่อดึงตุลทรายด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการดึงตุลทราย	ค่าของแรงที่ใช้ดึงตุลทราย (N)	ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ (m)	งาน (N m)
ดึงในแนวตั้ง ระยะทาง 0.10 m			
ดึงผ่านรอกแบบที่ 1 ระยะทาง 0.1 m			
ดึงผ่านรอกแบบที่ 2 ระยะทาง 0.1 m			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงเมื่อดึงตุลทรายให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งและดึงด้วยรอกแต่ละแบบต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. งานเนื่องจากแรงที่ดึงเครื่องชั่งสปริงแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4. จากกิจกรรมตอนที่ 3 สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 4 ล้อและเพลลา

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตาราง แสดงค่าของแรงที่ใช้ดึงถ่วงทราย ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ และงานเมื่อดึงถ่วงทรายด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการดึงถ่วงทราย	ค่าของแรงที่ใช้ดึงถ่วงทราย (N)	ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ (m)	งาน (N m)
ดึงในแนวตั้ง ระยะทาง 0.10 เมตร			
ดึงด้วยล้อและเพลลาที่ทำจากขวดน้ำพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร ระยะทาง 0.10 เมตร			
ดึงด้วยล้อและเพลลาที่ทำจากขวดน้ำพลาสติกขนาด 1,500 มิลลิลิตร ระยะทาง 0.10 เมตร			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงเมื่อดึงถ่วงทรายให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งและดึงด้วยล้อและเพลาแต่ละขนาดต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

2. ระยะทางที่เครื่องชั่งสปริงเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

3. งานเนื่องจากแรงที่ดึงเครื่องชั่งสปริงแต่ละครั้งต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....
.....

4. ในการยกถ่วงทราย ถ้าต้องการออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้มีค่าน้อยลง ทำได้อย่างไร

.....
.....

5. จากกิจกรรมตอนที่ 4 สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

6. การทำกิจกรรมทั้ง 4 ตอน สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....

บัตรภาพปากกาจับชิ้นงานและมิด



ใบความรู้ที่ 1 เครื่องกลอย่างง่าย

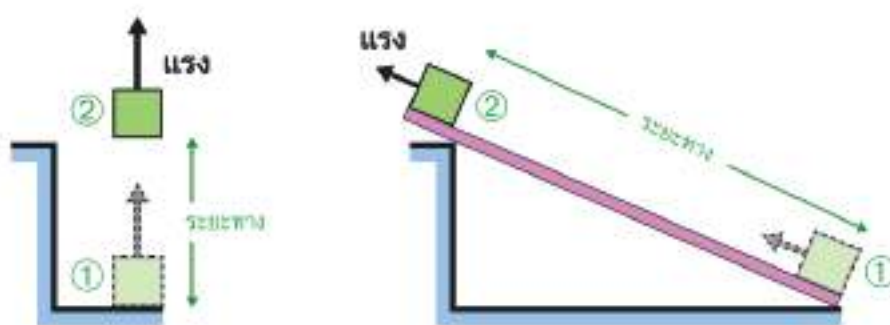
ในการยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งโดยไม่ใช้อุปกรณ์ช่วย เราต้องออกแรงอย่างน้อยเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ แต่ถ้าเราออกแรงโดยมีอุปกรณ์ช่วยยกให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้น เช่น พื้นเอียง คาน รอก ล้อและเพลลา จะพบว่า เราออกแรงน้อยกว่าของวัตถุถ้าระยะทางในการออกแรงมากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตั้ง อุปกรณ์ที่ช่วยให้เราออกแรงน้อยลงจัดเป็นเครื่องกลอย่างง่าย

เครื่องกลอย่างง่าย (simple machine) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ผ่อนแรงหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน เมื่อออกแรงกระทำต่อเครื่องกลเพื่อให้เกิดงาน โดยงานที่ให้กับเครื่องกลจะมีขนาดเท่ากับผลคูณของแรงกับขนาดของการกระจัดตามแนวแรง ซึ่งขนาดของการกระจัดตามแนวแรงเท่ากับระยะทางที่ออกแรง ในขณะที่เดียวกันเครื่องกลก็จะออกแรงทำงาน ทำให้ได้งานจากเครื่องกล สำหรับเครื่องกลในอุดมคตินั้น งานที่ให้กับเครื่องกลและงานที่ได้จากเครื่องกลจะมีค่าเท่ากัน

$$\text{งานที่ให้กับเครื่องกล} = \text{งานที่ได้จากเครื่องกล}$$

เครื่องกลอย่างง่ายผ่อนแรงได้เมื่อระยะทางที่เราออกแรงให้กับเครื่องกลมากกว่าระยะทางที่เครื่องกลออกแรงเพื่อทำงานให้เรา ยิ่งระยะทางที่เราออกแรงมาก แรงที่เราใช้ก็จะน้อยลง แต่ในทางปฏิบัตินั้น งานที่ได้จากเครื่องกลอาจไม่เท่ากับงานที่ให้กับเครื่องกล เพราะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทาน โดยพลังงานที่สูญเสียอาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนหรือเสียง ทำให้งานที่ได้จากเครื่องกลมีค่าน้อยกว่างานที่ให้แก่เครื่องกล

พื้นเอียง (inclined plane)



ภาพที่ 1 การผ่อนแรงของพื้นเอียงเมื่อวัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

การยกวัตถุขึ้นไปในแนวตั้งต้องใช้แรงอย่างน้อยเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ แต่ถ้าใช้พื้นเอียงช่วยก็จะออกแรงน้อยกว่าเนื่องจากระยะทางในการออกแรงไปบนพื้นเอียงมากกว่าระยะทางที่ยกวัตถุขึ้นแนวตั้งโดยตรง

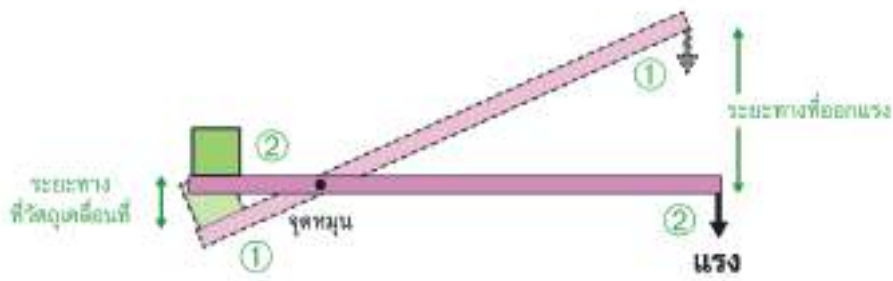
ดังนั้น พื้นเอียงจึงเป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรงในการยกวัตถุ โดยงานจะเท่ากันไม่ว่าจะยกวัตถุหรือลากวัตถุบนพื้นเอียงที่มีความสูงเท่ากัน

ตัวอย่างการใช้พื้นเอียงที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น ไม้พาดกับรถบรรทุกเพื่อใช้เป็นทางลาดเอียงสำหรับรถเข็น ทางลาดเอียงสำหรับรถเข็น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้พื้นเอียงที่พบในชีวิตประจำวัน

คาน (Lever)



ภาพที่ 3 การใช้คานงัดวัตถุให้เคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

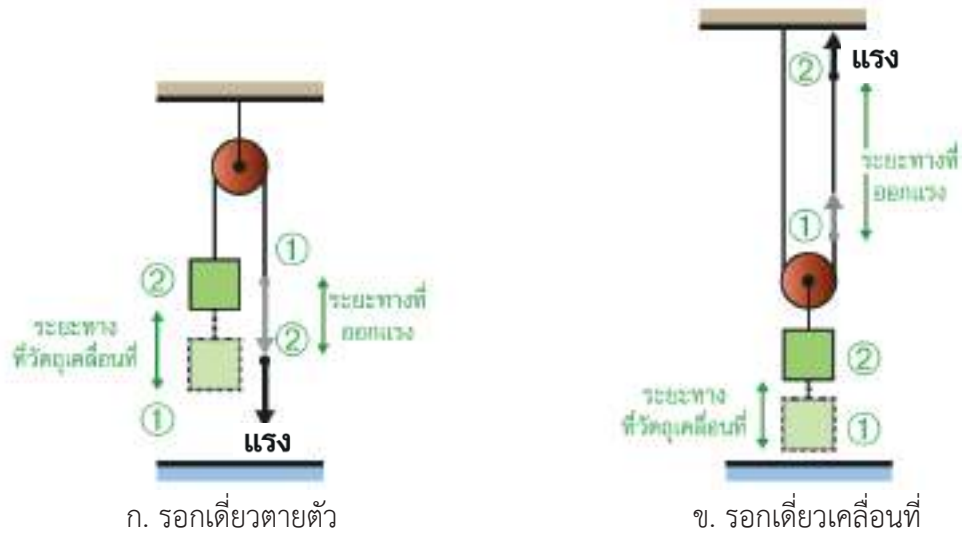
เมื่อออกแรงที่ปลายคานด้านหนึ่งจะทำให้คานด้านตรงข้ามเคลื่อนที่ แรงที่กระทำต่อคานจะน้อยกว่าแรงที่คานกระทำต่อวัตถุเมื่อระยะทางที่ออกแรงมากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ โดยงานที่ให้แก่คานตรงด้านที่ออกจะเท่ากับงานที่ได้จากคานด้านที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ คานจึงเป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรง

ตัวอย่างอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้หลักการของคานที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น กรรไกรตัดกิ่งไม้ รถเข็นทราย ที่เปิดขวด ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้หลักการของคานที่พบในชีวิตประจำวัน

รอก (pulley)



ก. รอกเดี่ยวตายตัว

ข. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

ภาพที่ 5 การใช้รอกยกวัตถุให้เคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

การใช้งานรอกมี 2 แบบ คือ รอกเดี่ยวตายตัว และ รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ลักษณะของรอกเดี่ยวตายตัว รอกจะถูกยึดอยู่กับที่แล้วมีเชือกคล้องผ่านรอก ปลายเชือกด้านหนึ่งผูกกับวัตถุ เมื่อออกแรงดึงเชือกที่ปลาย

เชือกอีกด้านหนึ่งลงด้วยระยะทางค่าหนึ่งจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ด้วยระยะทางที่เท่ากัน แรงที่กระทำต่อวัตถุ จะเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ ทำให้รอกเดี่ยวตายตัวไม่ผ่อนแรง แต่ช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้น

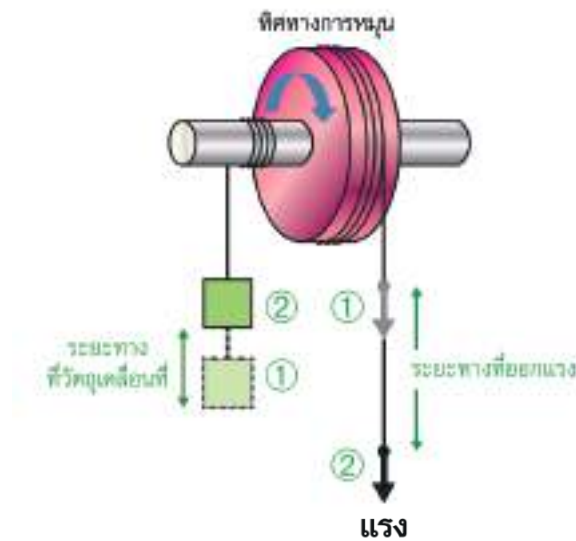
ส่วนลักษณะของรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ รอกจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับวัตถุที่ผูกติดกับรอก แล้วมีเชือกคล้อง ผ่านรอกโดยปลายเชือกด้านหนึ่งตรึงอยู่กับที่ เมื่อออกแรงดึงที่ปลายเชือกอีกด้านหนึ่ง รอกและวัตถุจะเคลื่อนที่ ระยะทางที่ออกแรงดึงเชือกจะมากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นได้ โดยแรงที่ดึงเชือกจะเป็นครึ่งหนึ่งของ น้ำหนักของวัตถุ รอกเดี่ยวเคลื่อนที่จึงเป็นเคลื่อนที่ที่ช่วยผ่อนแรง อย่างไรก็ตาม ทั้งรอกเดี่ยวตายตัวและรอก เดี่ยวเคลื่อนที่ งานของแรงดึงและงานเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุยังคงมีค่าเท่ากัน

ตัวอย่างการใช้รอกที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น รถเครน เสาธง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการใช้รอกที่พบในชีวิตประจำวัน

ล้อและเพลา (wheel and axle)



ภาพที่ 7 การใช้ล้อและเพลาช่วยเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

ล้อและเพลารวมกันด้วยวงล้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเพลาล้อม เมื่อออกแรงกระทำกับล้อให้หมุนก็จะทำให้เพลารวมไปพร้อมกันและทำให้วัตถุที่ติดกับเพลาล้อมเคลื่อนที่ด้วย ซึ่งงานที่ให้แก่เครื่องกลคืองานในการทำให้ล้อหมุน ส่วนงานที่ได้จากเครื่องกลคืองานที่เพลาล้อมทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ดังนั้น งานที่ให้แก่ล้อจะเท่ากับงานที่ได้จากเพลาล้อม เนื่องจากความยาวเส้นรอบวงของล้อมากกว่าเพลาล้อม ทำให้ระยะทางที่ออกแรงดึงจะมากกว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ จึงทำให้แรงที่กระทำต่อล้อน้อยกว่าแรงที่ได้จากเพลาล้อม เช่น ในการยกวัตถุ แรงที่ใช้ดึงเชือกจะน้อยกว่าแรงที่เพลาล้อมยกวัตถุ ล้อและเพลาล้อมจึงเป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรง

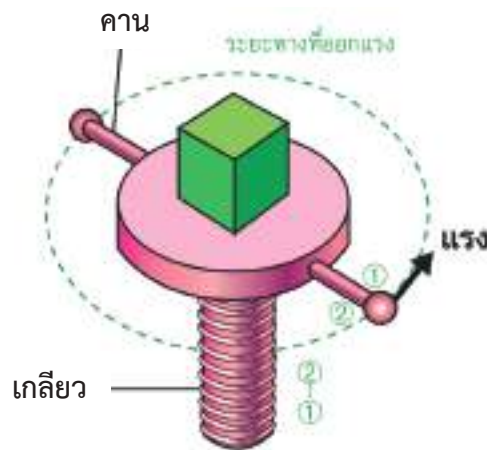
ตัวอย่างการใช้ล้อและเพลาล้อมที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น ลูกบิดประตู จักรยาน โดยบันไดของจักรยานที่ติดกับข้อเหวี่ยงจะทำหน้าที่เหมือนล้อ ส่วนจานหน้าที่มีโซ่ร้อยอยู่จะทำหน้าที่เหมือนเพลาล้อม เมื่อเราออกแรงกระทำต่อบันไดให้หมุนไปก็จะทำให้จานหน้าหมุนด้วย ซึ่งงานหน้านี้นี้จะเป็นตัวขับเคลื่อนทำให้ล้อหลังของจักรยานหมุน การออกแรงที่จานหน้าโดยตรงจะต้องออกแรงมากกว่าออกแรงที่บันได ดังนั้น จักรยานจึงช่วยผ่อนแรง เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของแนวการเคลื่อนที่ของบันไดมีขนาดมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหน้า ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการใช้ล้อและเพลาล้อมที่พบในชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้ยังมีเครื่องกลอย่างง่ายที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น สกรู และลิ้ม โดยใช้หลักของงานคือ งานที่ให้แก่เครื่องกลเท่ากับงานที่ได้จากเครื่องกล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สกรู (screw)



ภาพที่ 9 การใช้สกรูยกวัตถุให้เคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

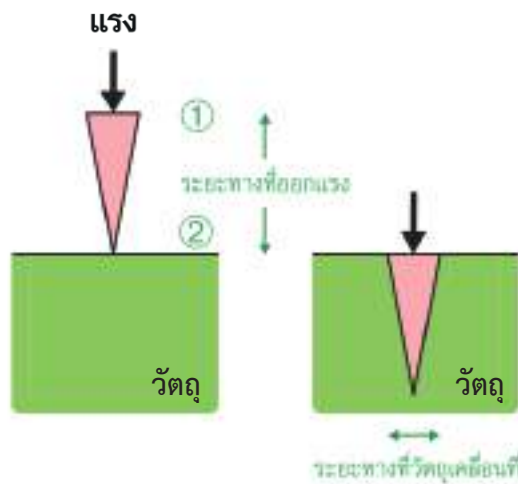
เมื่อออกแรงที่ปลายคานเพื่อทำให้เกลียวหมุน เมื่อคานหมุนครบ 1 รอบ จะทำให้เกลียวหมุนได้ 1 รอบด้วย และสกรูจะเคลื่อนที่ขึ้นมาด้วยระยะทาง 1 ระยะเกลียว โดยงานที่ให้แก่สกรูคืองานที่ทำให้คานเคลื่อนที่ ส่วนงานที่ได้จากสกรูคืองานที่สกรูทำในการเลื่อนขึ้นลง โดยงานที่ให้แก่สกรูและงานที่ได้จากสกรูมีค่าเท่ากัน แต่เนื่องจากคานมีความยาวมากกว่าระยะเกลียว ดังนั้น แรงที่กระทำต่อคานจึงน้อยกว่าแรงที่ได้จากสกรู สกรูจึงเป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรง

ตัวอย่างการใช้สกรูที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น ปากกาจับชิ้นงาน เครื่องทำน้ำแข็งไส ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการใช้สกรูที่พบในชีวิตประจำวัน

ลิ่ม (wedge)



ภาพที่ 11 การใช้ลิ่มแยกวัตถุ โดยลิ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 1 ไป 2

ลิ่มมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม โดยออกแรงที่ฐานสามเหลี่ยมให้ลิ่มเข้าไปในเนื้อวัตถุเพื่อให้วัตถุแยกจากกัน โดยงานที่ให้แกลิ่มคืองานในการทำให้ลิ่มเคลื่อนที่เข้าไปในเนื้อวัตถุ ส่วนงานที่ได้จากเครื่องกลคืองานที่ลิ่มแยกเนื้อวัตถุออกจากกัน ยิ่งลิ่มมีความสูงของสามเหลี่ยมมาก ๆ จะทำให้ระยะทางที่ออกแรงมาก ลิ่มจึงเป็นเครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรงในการแยกวัตถุ

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้หลักการของลิ่มที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น มีด ขวาน ตะปู ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการใช้ลิ่มที่พบในชีวิตประจำวัน

บัตรภาพเครื่องกล : กว้านยกถังน้ำเพื่อตักน้ำในบ่อลึก



บัตรภาพเครื่องกล : กรรไกรตัดหญ้า



บัตรภาพเครื่องกล : ประแจ



บัตรภาพเครื่องกล : เครนยกของ



ใบงานที่ 2 การเคลื่อนที่ของไม้เมตรเป็นอย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนคาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้น ถ้าออกแรงดันไม้เมตรที่วางบนพื้นโต๊ะเลื่อนด้วยดินสอที่ตำแหน่งกึ่งกลาง และตำแหน่งปลายด้านใดด้านหนึ่งของไม้เมตรเมื่อใช้นิ้วกดเพื่อยึดจุดกึ่งกลางไว้ สังเกตผลจากการสาธิต แล้วเขียนข้อสรุปเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

บันทึกผลการทำกิจกรรม

สิ่งที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การเคลื่อนที่ของไม้เมตรที่สังเกตได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สิ่งที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

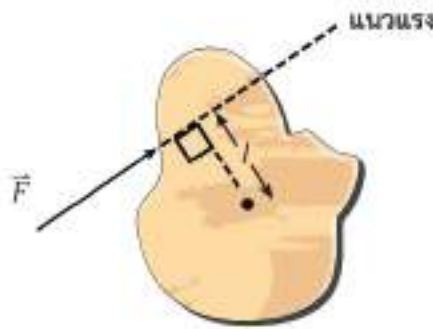
.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 2 โมเมนต์ของแรง

เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยไม่ผ่านจุดหมุน (fulcrum) ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงซึ่งมีขนาดเท่ากับ ผลคูณระหว่างขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรง

$$M = FL$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์ของแรง มีหน่วยเป็นนิวตัน เมตร (N m)

F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

L คือ ระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

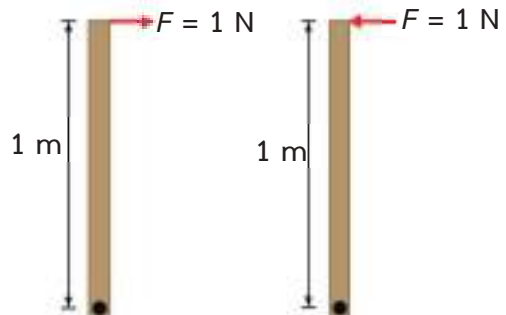
โมเมนต์ของแรงอาจทำให้วัตถุหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (clockwise) หรือหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (counter-clockwise) เช่น การออกแรงเพื่อให้วัตถุหนึ่งหมุนที่ตำแหน่งเดียวกันแต่ทิศทางตรงกันข้ามก็จะทำให้วัตถุหมุนในทิศทางตรงข้ามด้วย ดังภาพที่ 2



ก. นาฬิกาแบบเข็ม



ข. ทิศทางของการหมุน



ค. วัตถุหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ง. วัตถุหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ภาพที่ 2 ทิศทางการหมุนของไม้คานเมื่อถูกแรงกระทำเปรียบเทียบกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา

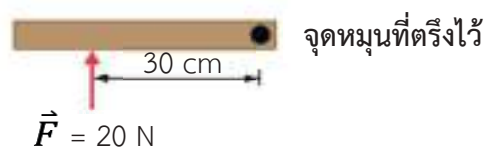
ตัวอย่างโมเมนต์ของแรงที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น การออกแรงเพื่อผลักประตูหนีไฟให้เปิดออก โดย ประตูจะหมุนรอบบานพับซึ่งเป็นจุดหมุนที่อยู่ทางด้านซ้ายมือ ดังภาพที่ 3 ถ้าเราออกแรงเพื่อผลักบานประตูที่ ตำแหน่ง A ที่อยู่ใกล้กับบานพับ จะต้องใช้แรงมากในการเปิดประตู แต่ถ้าออกแรงในการผลักที่กลางประตูที่ ตำแหน่ง B หรือบริเวณที่อยู่ไกลจากบานพับที่ตำแหน่ง C จะออกแรงน้อยลง เนื่องจากบานประตูจะเปิดออกได้ด้วยขนาดของโมเมนต์ของแรงค่าหนึ่ง ดังนั้น ถ้าเราออกแรงในการผลักประตูที่ตำแหน่งไกลจากจุดหมุนก็จะออกแรงน้อยกว่าการผลักประตูที่ตำแหน่งใกล้จุดหมุน



ภาพที่ 3 ประตูหนีไฟ

เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุหลายแรงพร้อมกัน เราจะหาค่าโมเมนต์ของแรงได้อย่างไร ศึกษาได้จาก ตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างโจทย์ที่ 1 เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่งที่น้ำหนักน้อยมาก โดยวัตถุนั้นถูกตรึงจุดหมุนไว้ ดังภาพ แรงนั้นจะทำให้วัตถุหมุนในทิศทางใด และเกิดโมเมนต์ของแรงเท่าใด

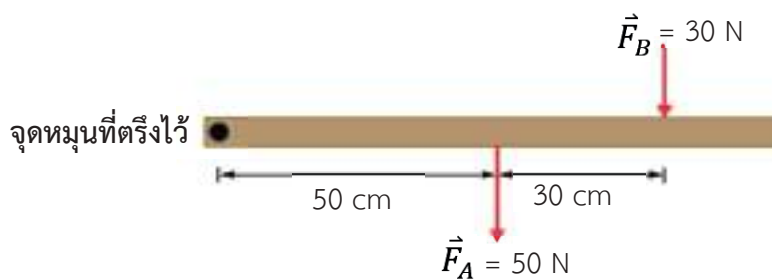


แนวคิด จากภาพ แรง \vec{F} กระทำต่อวัตถุทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
หาโมเมนต์ของแรงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากความสัมพันธ์} \quad M &= Fl \\ &= 20 \text{ N} \times 0.30 \text{ m} \\ &= 6 \text{ N m} \end{aligned}$$

ดังนั้น โมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดเท่ากับ 6 นิวตัน เมตร วัตถุหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ตัวอย่างโจทย์ที่ 2 เมื่อมีแรงกระทำต่อคานที่มีน้ำหนักน้อยมาก โดยคานถูกตรึงจุดหมุนไว้ ดังภาพ แรงนั้นจะทำให้วัตถุหมุนในทิศทางใด และเกิดโมเมนต์ของแรงเท่าใด



แนวคิด จากภาพ มีแรงสองแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากความสัมพันธ์} \quad M_{\text{รวม}} &= M_A + M_B \\ &= (F_A \times l_A) + (F_B \times l_B) \quad \text{เมื่อ } l_A = 0.50 \text{ m และ } l_B = 0.80 \text{ m} \\ &= (50 \text{ N} \times 0.50 \text{ m}) + (30 \text{ N} \times 0.80 \text{ m}) \\ &= 25 \text{ N m} + 24 \text{ N m} \\ &= 49 \text{ N m} \end{aligned}$$

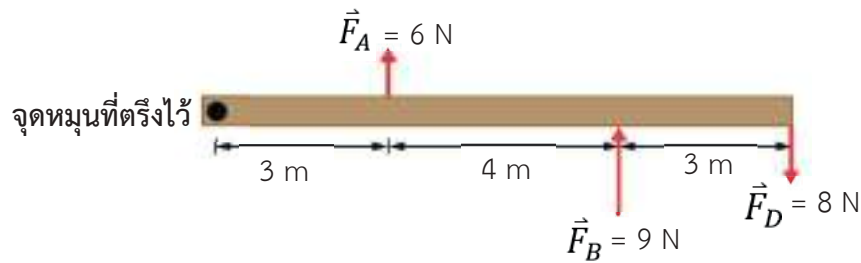
ดังนั้น ผลรวมโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดเท่ากับ 49 นิวตัน เมตร วัตถุหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ใบงานที่ 3 แบบฝึกหัดเรื่อง โมเมนต์ของแรง

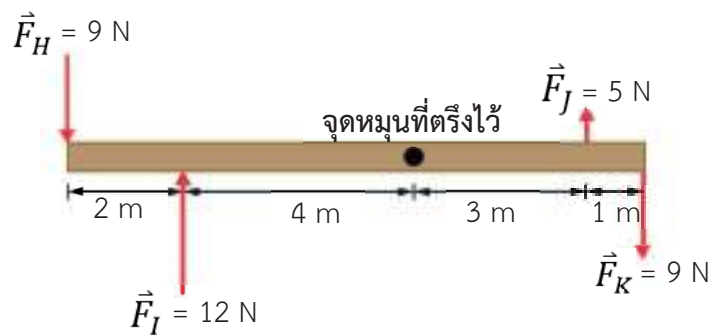
คำชี้แจง

อ่านคำถามและตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- ให้นักเรียนคำนวณโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ก และวัตถุ ข ดังภาพ



ภาพวัตถุ ก.



ภาพวัตถุ ข.

- 1) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_A เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 2) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_B เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 3) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_D เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 4) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_H เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 5) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_I เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 6) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_J เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....
- 7) โมเมนต์เนื่องจากแรง \vec{F}_K เท่ากับ.....นิวตัน เมตร ในทิศทาง.....

2. ให้นักเรียนหาภาพที่ซ่อนอยู่ในตารางตัวเลขปริศนาด้วยการระบายสีช่องที่มีตัวเลขคำตอบของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ก. และวัตถุ ข. ดังภาพ ดังนี้
- ระบายสีน้ำเงินในช่องตัวเลขคำตอบที่เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
 - ระบายสีแดงในช่องตัวเลขคำตอบที่เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
 - ระบายสีเขียวในช่องตัวเลขคำตอบที่เป็นผลรวมของโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาของแต่ละวัตถุ
 - ระบายสีเหลืองในช่องตัวเลขคำตอบที่เป็นผลรวมของโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาของวัตถุ ข.

ตารางตัวเลขปริศนา

44	83	19	24	21	51	99	14	11	29	73	92	99	19	91	70	16	39	14	55
46	22	71	88	76	50	53	39	91	14	71	67	10	36	44	37	53	83	66	49
33	82	36	51	49	92	30	32	50	16	13	46	24	65	66	10	33	82	39	19
13	18	14	65	21	63	67	36	70	94	50	20	80	48	80	36	76	67	81	21
36	63	15	44	54	15	14	19	93	93	66	73	48	14	17	44	51	36	69	92
66	54	17	18	16	63	11	67	39	92	24	29	36	48	36	55	50	33	81	11
11	18	19	22	55	54	24	94	93	93	88	30	80	70	24	13	46	16	69	17
92	15	14	13	70	63	53	29	33	16	37	32	48	51	94	44	99	91	81	65
37	99	65	21	73	51	83	50	20	11	53	36	83	82	37	65	73	71	22	39
39	71	32	44	49	94	14	46	76	67	36	49	21	66	32	55	14	49	70	13
36	55	67	82	88	76	99	17	91	51	94	33	92	50	24	53	22	83	29	19

บัตรภาพคนหาบตะกร้า



ใบกิจกรรมที่ 2 ทำอย่างไรให้คานอยู่นิ่งในแนวระดับ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ออกแบบวิธีการที่ทำให้ไม้เมตรวางตัวอยู่นิ่งในแนวระดับ

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|------------------------|--------|
| 1. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 2. ถูทราย มวล 500 g | 1 ถู |
| 3. ดินน้ำมัน มวล 150 g | 4 ก้อน |
| 4. เครื่องชั่งสปริง | 1 อัน |
| 5. เชือกโปรย | 1 ม้วน |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

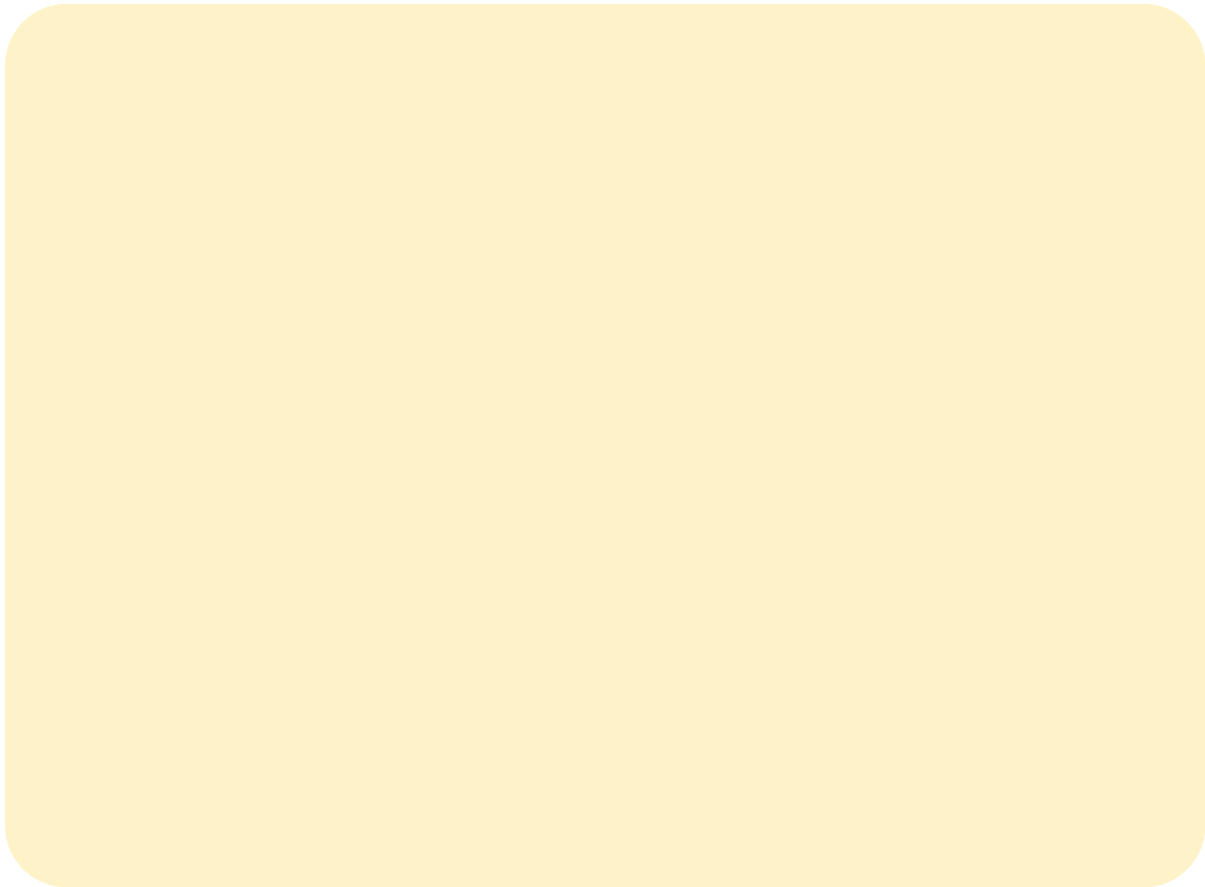
1. นำเชือกแขวนไม้เมตรตรงกลาง แล้วจัดให้ไม้เมตรวางตัวอยู่นิ่งในแนวระดับ
2. ชั่งถูทรายด้วยเครื่องชั่งสปริงแล้วนำมาแขวนทางด้านซ้ายของไม้เมตรห่างจากจุดแขวนไม้เมตร ณ ตำแหน่งใด ๆ คำนวณโมเมนต์ของแรงเนื่องจากน้ำหนักของถูทราย บันทึกผลลงในใบงานที่ 2
3. อภิปรายเพื่อออกแบบให้ไม้เมตรวางตัวในแนวระดับและอยู่นิ่ง โดยแขวนดินน้ำมันอย่างน้อย 3 วิธี
4. ทำกิจกรรมตามวิธีที่ออกแบบไว้ เขียนแผนภาพแรงเนื่องจากน้ำหนักของถูทรายและดินน้ำมันที่กระทำต่อไม้เมตร และระยะห่างระหว่างจุดแขวนถูทรายและดินน้ำมันกับจุดแขวนไม้เมตร ขณะไม้เมตรวางตัวในแนวระดับและไม่หมุน บันทึกผลลงในใบงานที่ 2
5. คำนวณและเปรียบเทียบโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ใบงานที่ 4 ทำอย่างไรให้คานอยู่นิ่งในแนวระดับ

คำชี้แจง

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนวางแผนการทำงานกลุ่ม

1. ระบุภาระงานทั้งหมดในการทำกิจกรรม อาจเขียนบรรยายหรือผังความคิด (mind mapping)



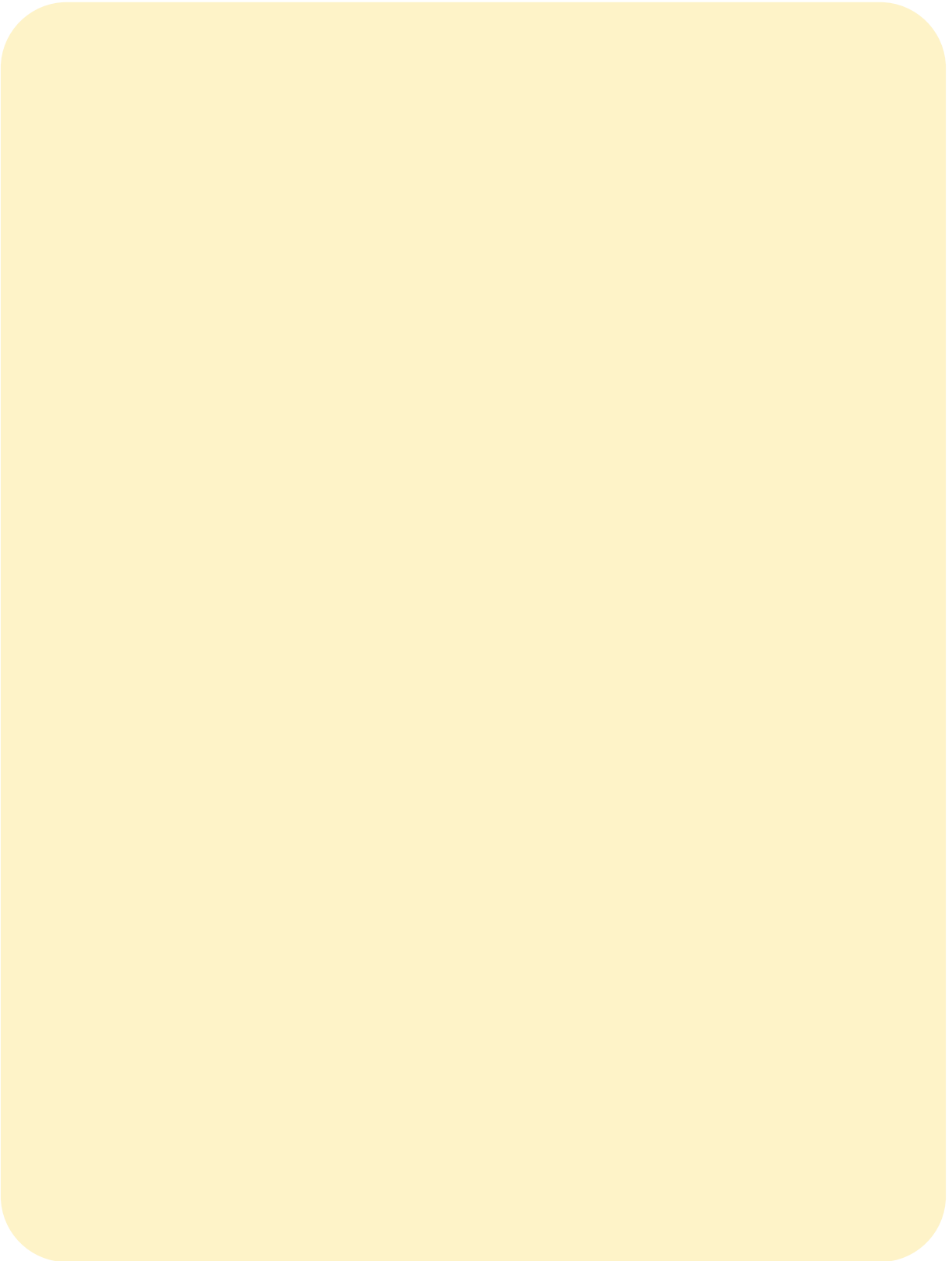
2. บทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับผิดชอบคือ

.....
.....

3. เป้าหมายการทำงานตามบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับผิดชอบคือ

.....
.....

4. การวางแผนการทำงานของกลุ่ม อาจเขียนบรรยายหรือผังงาน (flowchart)



ตอนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลที่ออกแบบและสังเกตพบ แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

- น้ำหนักของถุงทราย..... นิวตัน
- ระยะห่างจากจุดที่แขวนถุงทรายและจุดที่แขวนไม้เมตร..... เซนติเมตร
- โมเมนต์ของแรงเนื่องจากน้ำหนักของถุงทราย..... นิวตัน เมตร ในทิศทางคือ

ตาราง แสดงแนวทางการแขวนดินน้ำมันที่ออกแบบได้และผลการคำนวณโมเมนต์ของแรงขณะทำให้ไม้เมตร
อยู่นิ่งในแนวระดับ

วิธีที่	การดำเนินการ	ภาพแรงที่กระทำต่อไม้เมตร และระยะห่างจากจุดหมุน	โมเมนต์ของแรง ในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา (N m)	โมเมนต์ของแรง ในทิศทาง ทวนเข็มนาฬิกา (N m)
1				
2				
3				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ดินน้ำมันที่แขวนเพื่อให้ไม้เมตรอยู่นิ่งในแนวระดับมีน้ำหนักเท่ากับหรือไม่เท่ากับน้ำหนักของถุงทรายที่แขวนไว้อย่างไร

.....
.....

2. เมื่อไม้เมตรอยู่นิ่งในแนวระดับ ค่าของโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเป็นอย่างไร

.....
.....

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

ส่วนที่ 3 ให้นักเรียนสะท้อนการทำงานของกลุ่ม

1. ระบุความสำเร็จในการทำงาน จุดเด่น จุดด้อยหรือปัญหาในการทำงาน หรือจุดที่ต้องการพัฒนาการทำงาน

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. ระบุข้อเสนอแนะของการทำงานในบทบาทหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบของตนเอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ที่ 3 โมเมนต์ของแรงที่วัตถุสมดุลต่อการหมุน

เมื่อมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรง โดยมีทั้งโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ถ้าผลรวมของโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา วัตถุจะไม่หมุนออกจากกล่าวได้ว่าวัตถุนั้นอยู่ใน**สภาวะสมดุลต่อการหมุน (rotational equilibrium)**

โมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ตัวอย่างโจทย์ที่ 1 วัตถุที่น้ำหนักน้อยมากถูกแรงกระทำ ดังภาพ ต้องแขวนมวลที่หนัก 5 นิวตัน ที่ตำแหน่งห่างจากจุดหมุนที่ตรึงไว้เท่าใดจึงจะทำให้วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุน



แนวคิด จากภาพ แรง \vec{F}_A กระทำต่อวัตถุทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ถ้าวัตถุนี้จะอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุน โมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจะต้องมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ของแรงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นต้องแขวนมวลที่หนัก 5 นิวตัน ไว้ที่ด้านซ้ายของจุดหมุน เพื่อให้เกิดโมเมนต์ของแรงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หาตำแหน่งห่างจากจุดหมุน ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากความสัมพันธ์} \quad M_{\text{ตาม}} &= M_{\text{ทวน}} \\ F_A \times l_A &= F_B \times l_B \quad \text{เมื่อ } l_A = 0.20 \text{ m} \\ 10 \text{ N} \times 0.20 \text{ m} &= 5 \text{ N} \times l_B \\ 2 \text{ N m} &= 5 \text{ N} \times l_B \\ l_B &= 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

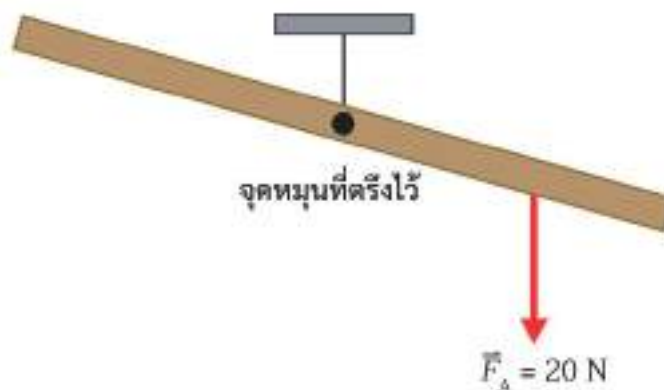
ดังนั้น ต้องแขวนมวลที่หนัก 5 นิวตัน ไว้ที่ด้านซ้ายของจุดหมุน ห่างจากจุดหมุน 40 เซนติเมตร

ใบงานที่ 5 แบบฝึกหัดเรื่อง โมเมนต์ของแรงที่วัตถุสมดุลต่อการหมุน

คำชี้แจง

อ่านคำถามและตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

อาทิจใช้เชือกแขวนไม้กับเพดานตรงกลางของไม้ เพื่อใช้เป็นราวแขวนตัวอย่างสินค้า โดยไม้ยาว 1 เมตร และมีน้ำหนักน้อยมาก พบว่าไม้วางตัวอยู่ในแนวระดับ จากนั้นเขาแขวนสินค้าที่หนัก 20 นิวตัน ห่างจากจุดหมุน 30 เซนติเมตร ดังภาพ พบว่าไม้เอียง



เขาจะต้องแขวนสินค้าที่หนัก 15 นิวตัน ที่ตำแหน่งใดจึงจะทำให้ไม้อยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงาน

เรื่อง การประยุกต์ใช้ในการขนส่ง

ใบกิจกรรมที่ 1 เคลื่อนย้ายส้มได้ง่าย สบายใจในการขนส่ง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงเสียดทาน งาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่ายที่นำไปใช้ในการสร้างเครื่องทุ่นแรงสำหรับยกถังส้ม
2. ออกแบบและสร้างเครื่องทุ่นแรงสำหรับยกถังส้มที่สามารถแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนด
3. เขียนแผนที่แสดงการเดินทางให้เป็นไปตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนด
4. คำนวณระยะทางและเวลาของการเดินทางได้ตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนด

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|--------------------------------------|--------|
| 1. กระดาษลังหรือแผ่นพลาสติกลูกฟูก | 2 แผ่น |
| 2. รอกพลาสติก | 3 อัน |
| 3. ขวดพลาสติก ขนาด 600 ml | 1 ขวด |
| 4. ขวดพลาสติก ขนาด 1,500 ml | 1 ขวด |
| 5. แท่งไม้หรือแท่งเหล็กกลมหรือขาตั้ง | 3 อัน |
| 6. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 7. ลวดเหล็ก | 1 ม้วน |
| 8. เชือกโปรชนีย์ | 1 ม้วน |
| 9. ดินน้ำมัน มวล 150 g | 4 ก้อน |
| 10. เครื่องชั่งสปริง | 1 อัน |
| 11. ไม้บรรทัด | 1 อัน |
| 12. กรรไกร | 1 อัน |
| 13. คัตเตอร์ | 1 อัน |
| 14. ปืนกาวพร้อมกาวแท่ง | 1 ชุด |
| 15. กาวน้ำ | 1 ขวด |
| 16. เทปกาว | 1 ม้วน |
| 17. ถังพลาสติกใสอาหาร | 2 ถัง |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้

อาทิจจะขนส่งส้มจากสวนให้กับลูกค้าด้วยรถบรรทุก ในการขนย้ายถังที่บรรจุส้มหนักมาก และมีจำนวนมากขึ้นท้ายรถบรรทุกนั้น อาทิจและคนงานในสวนจะต้องช่วยกันยกถังส้มขึ้นรถโดยไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ช่วยยก ทำให้การยกถังส้มแต่ละครั้งต้องออกแรงมาก และบางครั้งต้องจ้างคนงานมาช่วยยกถังส้มเพิ่มทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง อาทิจจึงต้องการออกแบบและสร้างเครื่องทุ่นแรงสำหรับยกถังส้มขึ้นรถบรรทุก เพื่อผ่อนแรงในการยกถังส้ม และลดค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายคนงานในส่วนนี้ลงด้วย

การขนส่งส้มให้กับลูกค้านั้น อาทิจจะต้องเดินทางไปส่งยังสถานที่ต่าง ๆ ดังภาพ ซึ่งประกอบด้วย ร้านขายขนม โรงพยาบาล ธนาคาร ตลาด และโรงเรียน โดยปกติแล้ว อาทิจจะยกถังส้มขึ้นท้ายรถบรรทุกเสร็จในเวลา 9.00 น. และต้องขนส่งส้มให้ลูกค้าทั้งหมดภายในเวลา 12.00 น. แต่ในการขนส่งอาทิจไม่มีการวางแผนการเดินทางทำให้ขับรถวนไปวนมา สิ้นเปลืองน้ำมัน และใช้เวลานาน จนบางครั้งจัดส่งสินค้าไม่ทันตามเวลาที่กำหนด อาทิจจึงต้องการเส้นทางในการขนส่งถังส้มที่ใช้เวลาการขนส่งน้อยที่สุด



กำหนดให้ 1 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 2,000 เมตร

และจุด • แทนตำแหน่งของอาทิจและตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ

สิ่งที่อาทิจต้องการ ดังนี้

- ออกแบบและสร้างแบบจำลองเครื่องทุ่นแรงในการยกถังน้ำมันขึ้นรถบรรทุก ให้สามารถยกดินน้ำมันซึ่งแทนถังน้ำมันหนัก 5 นิวตัน ทำรถบรรทุกสูงจากพื้น 30 เซนติเมตร ด้วยแรงน้อยที่สุด โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่กำหนด
 - วางแผนการขับรถบรรทุกเพื่อส่งถังให้กับลูกค้าครบทุกสถานที่ โดยใช้เวลาการขนส่งน้อยที่สุด ถัดตลอดเส้นทางที่อาทิจขับรถบรรทุกไปส่งถังให้กับลูกค้า อาทิจขับรถด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการจอดรถเพื่อส่งถังแต่ละจุดประมาณ 15 นาที
2. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์สถานการณ์และสรุปปัญหาหรือความต้องการ จากนั้นบันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ข้อ 1
 3. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับ ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว แรงเสียดทาน งาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย ที่สอดคล้องกับปัญหาและเงื่อนไขที่ระบุในสถานการณ์ และสรุปองค์ความรู้เป็นผังความคิดหรือข้อความ บันทึกลงในใบงานที่ 1 ข้อ 2
 4. ร่วมกันอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการสร้างเครื่องทุ่นแรงในการยกถังน้ำมันให้สามารถยกสิ่งของได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้
 5. ออกแบบเครื่องทุ่นแรงในการยกถังน้ำมัน โดยระบุรายละเอียด เช่น ขนาด วัสดุที่ใช้พร้อมให้เหตุผลประกอบ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ข้อ 3 จากนั้นลงมือสร้างเครื่องทุ่นแรงตามทีออกแบบไว้
 6. ทดสอบการทำงานของเครื่องทุ่นแรงในการยกถังน้ำมัน และบันทึกผลการทดสอบ พร้อมทั้งระบุปัญหาที่พบลงในใบงานที่ 1 ข้อ 4
 7. นำผลการทดสอบมาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น บันทึกแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานลงในใบงานที่ 1 ข้อ 5
 8. ลงมือปรับปรุงชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานไปทดสอบอีกครั้ง บันทึกผล พร้อมทั้งระบุปัญหาที่พบลงในใบงานที่ 1 ข้อ 6
 9. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเส้นทางในการขนส่งถังตามสถานที่ต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่กำหนด
 10. วางแผนการขับรถบรรทุกไปส่งถังเพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมและสอดคล้องตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยระบุลำดับสถานที่ที่จะจัดส่ง บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ข้อ 7
 11. วัดระยะทางการขับรถบรรทุกจากสวนไปสถานที่ที่ระบุไว้เป็นลำดับที่ 1 ตามแผนที่ คำนวณระยะทางจริงจากมาตราส่วนแผนที่ และคำนวณเวลาที่ใช้ในการขับรถ พร้อมทั้งบันทึกเวลาออกเดินทางจากสวนและเวลาที่ขับรถถึงสถานที่ที่ระบุไว้เป็นลำดับที่ 1 บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ข้อ 8
 12. ทำซ้ำข้อ 11 โดยเปลี่ยนเป็นการขับรถดังนี้
 - จากสถานที่ลำดับที่ 1 ไปยังสถานที่ลำดับที่ 2
 - จากสถานที่ลำดับที่ 2 ไปยังสถานที่ลำดับที่ 3

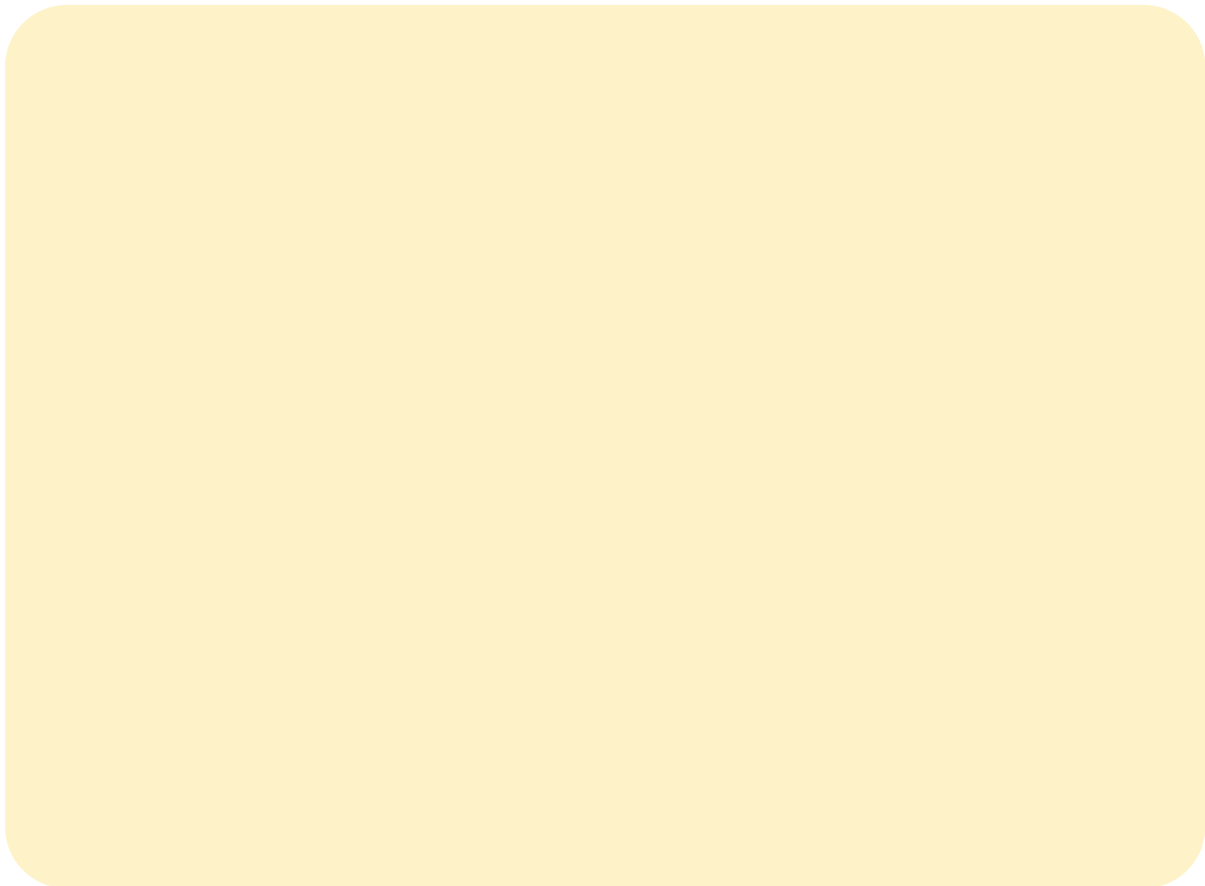
- จากสถานที่ลำดับที่ 3 ไปยังสถานที่ลำดับที่ 4
 - จากสถานที่ลำดับที่ 4 ไปยังสถานที่ลำดับที่ 5
13. คำนวณระยะทางทั้งหมดที่รถบรรทุกเคลื่อนที่จากสวน จนถึงสถานที่ลำดับที่ 5 ร่วมกันอภิปรายถึงเส้นทางการขับรถบรรทุก และบันทึกปัญหาที่พบลงในใบงานที่ 1 ข้อ 9
 14. ร่วมกันหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเส้นทางการขับรถบรรทุกให้ดีขึ้น บันทึกแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขลงในใบงานที่ 1 ข้อ 10

ใบงานที่ 1 เคลื่อนย้ายส้มได้ง่าย สบายใจในการขนส่ง

คำชี้แจง

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนวางแผนการทำงานกลุ่ม

1. ระบุภาระงานทั้งหมดในการทำกิจกรรม อาจเขียนบรรยายหรือผังความคิด (mind mapping)



2. บทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับผิดชอบคือ

.....

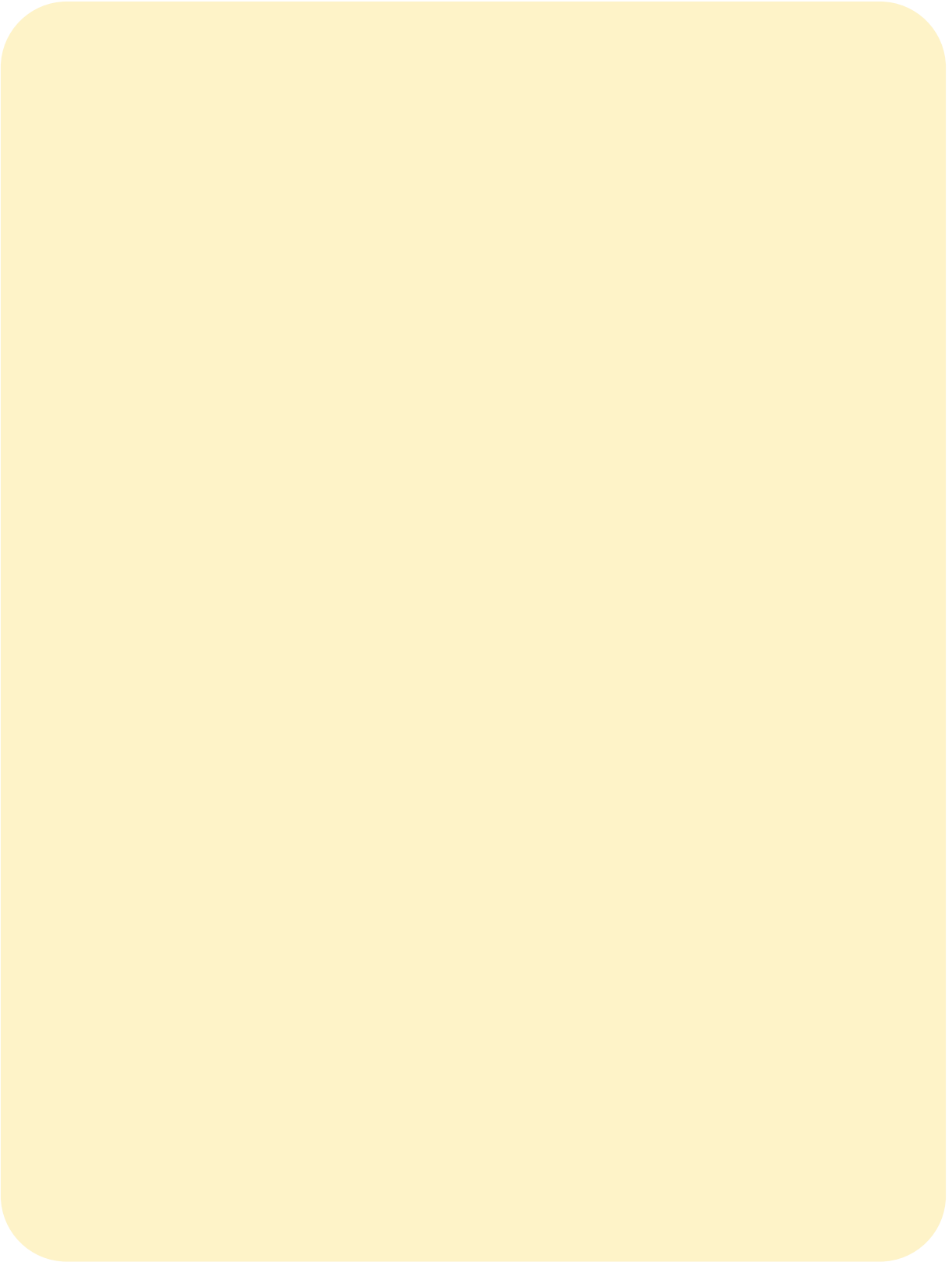
.....

3. เป้าหมายการทำงานตามบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับผิดชอบคือ

.....

.....

4. การวางแผนการทำงานของกลุ่ม อาจเขียนบรรยายหรือผังงาน (flowchart)



ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลตามรายละเอียดแต่ละข้อ แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม
บันทึกผลการทำกิจกรรม

1. จากการวิเคราะห์สถานการณ์ สรุปเป็นปัญหาหรือความต้องการได้ดังนี้

.....

.....

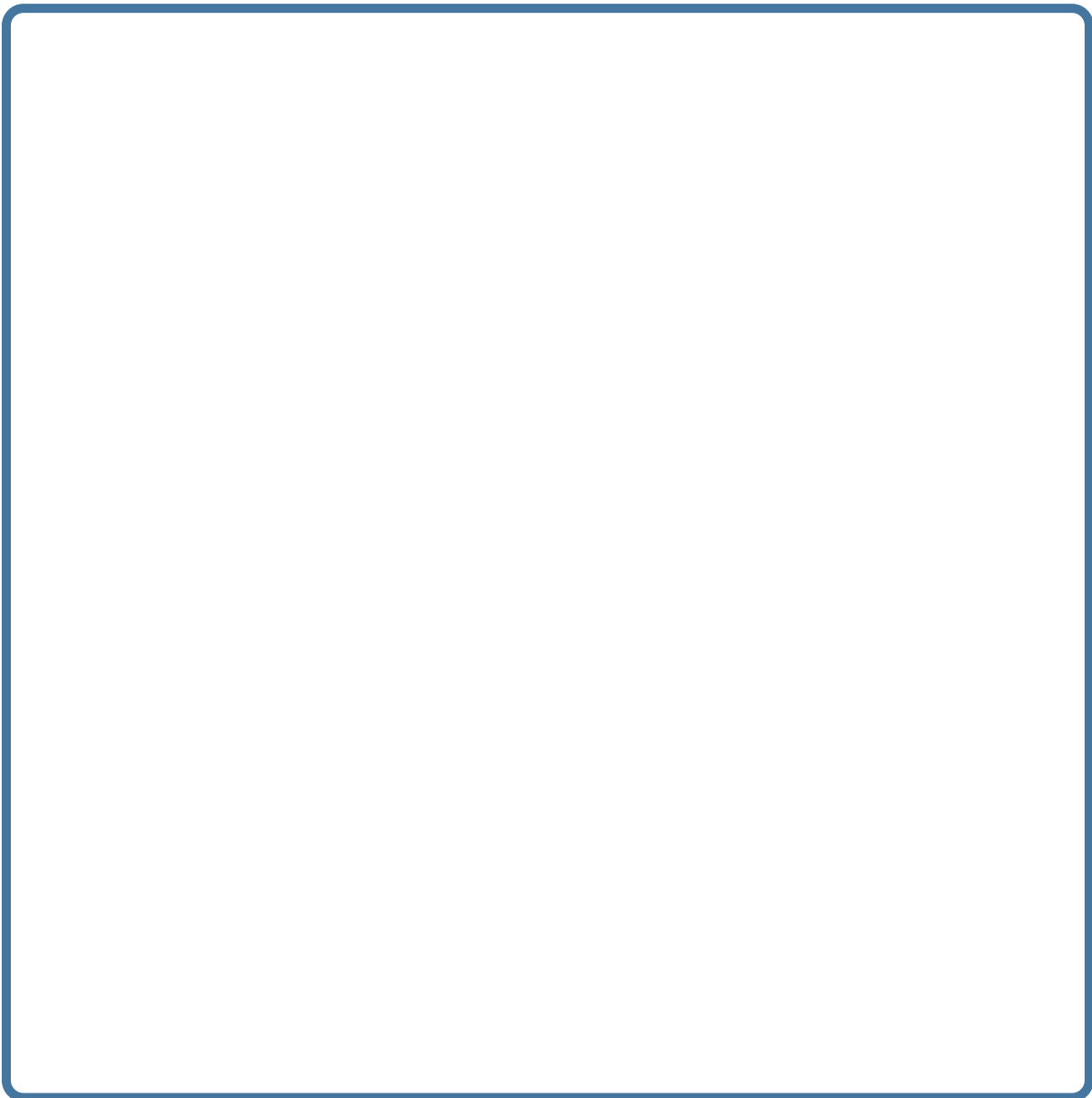
.....

.....

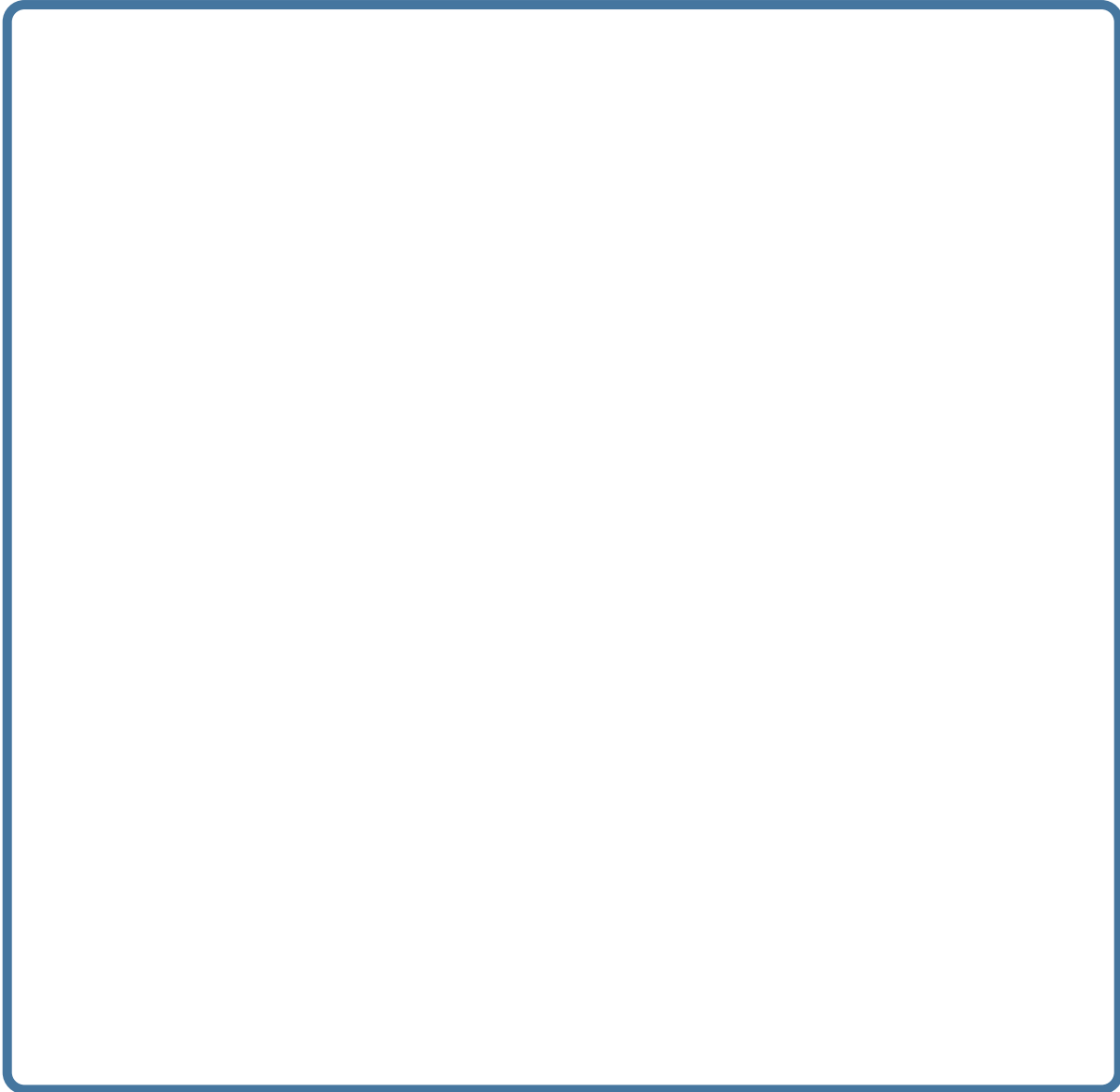
.....

.....

2. จากการวิเคราะห์สถานการณ์ สรุปความรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาและเงื่อนไข ได้ดังนี้



3. บันทึกแนวคิดในการสร้างเครื่องทุ่นแรงในการยกถังสัมที่ต้องการสร้างเป็นภาพและระบุรายละเอียด เช่น ขนาด วัสดุที่ใช้



4. บันทึกผลการทดสอบการทำงานของเครื่องทุ่นแรงในการยกถังสัม และระบุปัญหาที่พบ

- น้ำหนักของดินน้ำมัน 5 นิวตัน
- แรงที่ใช้.....นิวตัน
- ปัญหาที่พบ

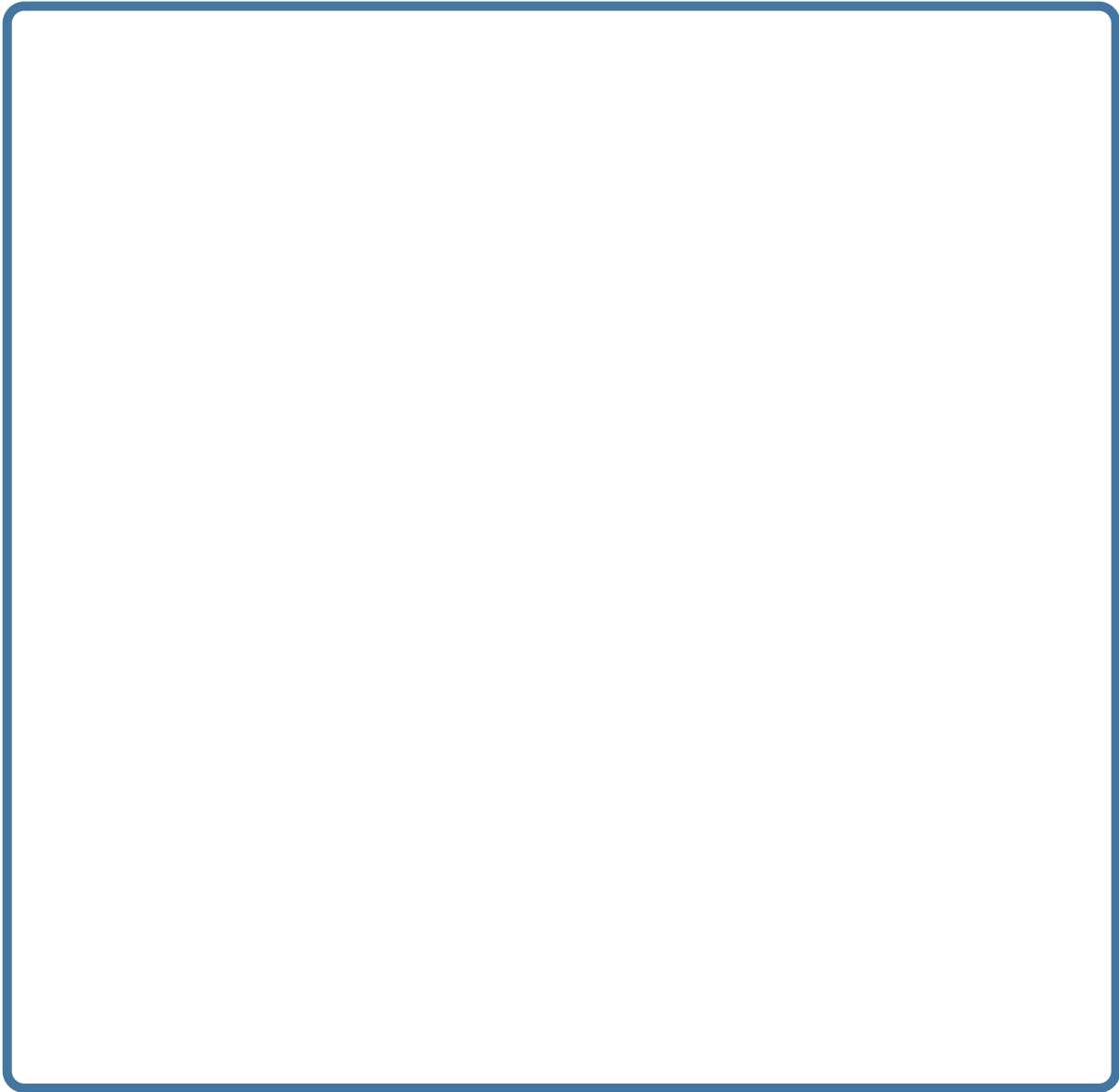
.....

.....

.....

.....

5. บันทึกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเครื่องยของ เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เป็นภาพและระบุรายละเอียดของการปรับปรุงแก้ไข



รายละเอียดของการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

.....

6. บันทึกผลการทดสอบการทำงานของเครื่องพ่นแรงในการยกถังสัมที่ปรับปรุงแล้ว และระบุปัญหาที่พบ

- น้ำหนักของดินน้ำมัน 5 นิวตัน
- แรงที่ใช้.....นิวตัน
- ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

7. บันทึกเส้นทางการขับรถบรรทุก ระบุลำดับสถานที่ที่จะจัดส่ง

ลำดับที่	สถานที่
1	
2	
3	
4	
5	

8. บันทึกระยะทางการขับรถบรรทุกตามแผนที่ และระยะทางจริง

ลำดับที่	สถานที่เริ่มต้น	สถานที่จุดหมาย	ระยะทางตามแผนที่ (cm)	ระยะทางจริง (m)	เวลาออก (น.)	เวลาถึง (น.)
1	สวน				9.00	
2						
3						
4						
5						

9. ระยะทางทั้งหมดที่รถบรรทุกเคลื่อนที่จากสวน จนถึงสถานที่สุดท้าย.....เมตร

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

10. บันทึกแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเส้นทางการขับรถบรรทุก เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และระบุรายละเอียดของการปรับปรุงแก้ไข

ลำดับที่	สถานที่ เริ่มต้น	สถานที่ จุดหมาย	ระยะทาง ตามแผนที่ (cm)	ระยะทางจริง (m)	เวลาออก (น.)	เวลาถึง (น.)
1	สวน				9.00	
2						
3						
4						
5						

ระยะทางทั้งหมดที่รถบรรทุกเคลื่อนที่จากสวน จนถึงสถานที่สุดท้าย.....เมตร

รายละเอียดของการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เครื่องทุ่นแรงในการยกถังน้ำมันรถบรรทุกมีหลักการทำงานอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. หากต้องการสร้างเครื่องทุ่นแรงให้ใช้แรงในการยกถังน้ำมันน้อยลง สามารถทำได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากต้องการให้เวลาที่ใช้ในการขับรถบรรทุกส่งสินค้าไปยังสถานที่ต่าง ๆ น้อยลง โดยทราบอัตราเร็วเฉลี่ยในการขับรถแล้ว สามารถทำได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

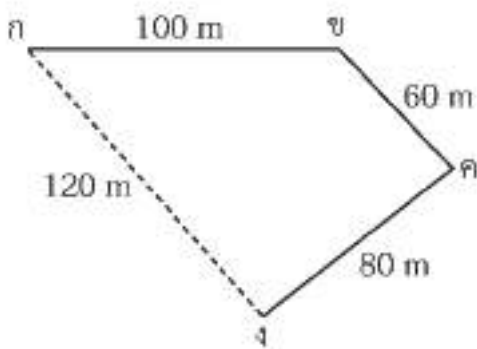
คำชี้แจง

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องของคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคนหนึ่งเดินทางไปทางทิศตะวันออก 60 เมตร จากนั้นเดินต่อไปทางทิศเหนือ 40 เมตร แล้วไปทางทิศตะวันตก 60 เมตร ในการเดินทางนี้ นักเรียนจะได้ระยะทางและการกระจัดเป็นเท่าใด

- ก. ระยะทาง 50 เมตร ขนาดของการกระจัด 40 เมตร
- ข. ระยะทาง 50 เมตร ขนาดของการกระจัด 130 เมตร
- ค. ระยะทาง 160 เมตร ขนาดของการกระจัด 40 เมตร
- ง. ระยะทาง 160 เมตร ขนาดของการกระจัด 160 เมตร

2. นักเรียนคนหนึ่งเดินจากตำแหน่ง ก □ ข □ ค □ ง ใช้เวลา 15 นาที ความเร็วเฉลี่ยในการเดินของนักเรียนมีขนาดเป็นกี่เมตรต่อวินาที



- ก. 1/15
- ข. 2/15
- ค. 4/15
- ง. 8

3. บริษัทผลิตยางรถยนต์แห่งหนึ่งทดลองประสิทธิภาพของยางรถยนต์ 4 ประเภท โดยศึกษาระยะเบรคของรถในการลดอัตราเร็วจาก 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจนหยุดนิ่ง ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ ถูกควบคุมให้คงที่ ผลการทดลองเป็นดังตาราง

ยางรถยนต์	ระยะเบรค (m)
A	12
B	14
C	11
D	16

แรงเสียดทานระหว่างยางรถยนต์กับพื้นถนนในข้อใดมีค่าสูงสุด

- ก. A
- ข. B
- ค. C
- ง. D

4. พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 แบกกล่องไว้บนบ่าเดินขึ้นบันได

สถานการณ์ที่ 2 ดันกล่องให้เคลื่อนที่ในแนวระดับ

สถานการณ์ที่ 3 ดันกล่องโดยออกแรงในแนวระดับ แต่กล่องไม่เคลื่อนที่

สถานการณ์ใดที่ทำให้เกิดงานเนื่องจากแรงที่กระทำต่อกล่อง

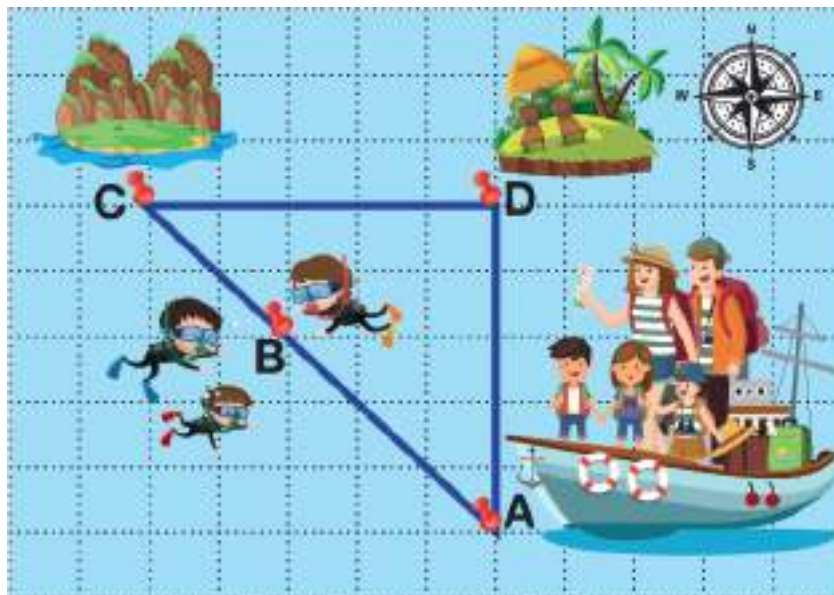
- ก. สถานการณ์ที่ 1 กับ 2
- ข. สถานการณ์ที่ 1 กับ 3
- ค. สถานการณ์ที่ 2 กับ 3
- ง. สถานการณ์ที่ 1 2 และ 3

5. สถานการณ์ใดใช้หลักการเครื่องกลอย่างง่ายช่วยผ่อนแรงในการทำงาน



ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบของคำถามต่อไปนี้

1. ครอบครัวหนึ่งออกเดินทางล่องเรือท่องเที่ยวไปตามเส้นทาง ดังภาพ



กำหนดให้แต่ละช่องมีระยะทาง 0.5 กิโลเมตร

จงระบุระยะทางและการกระจัดในหน่วยกิโลเมตร และอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมงของการเดินทางของครอบครัวนี้ เมื่อ

4. ออกแรง 40 นิวตัน ดันรถเข็นหนัก 30 นิวตัน ให้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 10 เมตร ภายในเวลา 4 วินาที กำลังที่ใช้ในการดันรถเข็นเป็นเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บรรณานุกรม

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015: สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์*. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2563, <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-2015-framework/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2563, <https://www.scimath.org/e-books/8923/flippingbook/index.html>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2563, จาก <https://www.scimath.org/e-books/10947/flippingbook/56/index.html>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- Halliday, D., Walker, J., & Resnick, R. (2015). *Principles of physics* (10th ed.). Singapore: Willey.
- NHSTA. (2017). *Air bags*. Retrieved November 10, 2020, from <http://www.nhtsa.gov/equipment/air-bags>
- Serway, R. A., & Jewett, J.W. (2012). *Physics for scientists and engineers with modern physics* (9th ed.). Boston, MA: Cengage Brooks/Cole.
- Young, H.D., and Freedman, R.A. (2015). *University physics with modern physics* (14th ed.). Pearson.



โครงการจัดทำสื่อ ๒๕ พรรษา
เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

