



หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

๒

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐาน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ ฉบับสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป เข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่ โดยมีได้รับอนุญาต

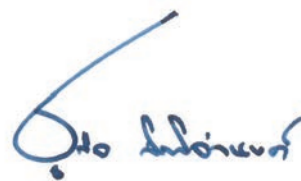
สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ <http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/>

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ ขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ที่มีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานฉบับนี้เพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ นี้ จัดเรียงลำดับของเนื้อหาให้สอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับงานและพลังงาน การแยกสาร โลกและการเปลี่ยนแปลง และทรัพยากรพลังงาน ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติ ตอบคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ นอกจากนี้หนังสือเรียนยังมีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนในบทนั้น ๆ มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาอีกด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ ครูผู้สอน และนักวิชาการจากหน่วยงานและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

แนะนำการใช้หนังสือเรียน



ชื่อหน่วย

ภาพนำหน่วยและเนื้อหาประกอบ

คำถามนำหน่วย

คำถามเกี่ยวกับใจความสำคัญ
หรือภาพรวมของหน่วย

องค์ประกอบของหน่วย

บทเรียนที่จะได้เรียนรู้ใน
หน่วยการเรียนรู้นี้



ชื่อบท

ภาพนำบทและเนื้อหาประกอบ

คำถามนำบท

คำถามเกี่ยวกับใจความสำคัญ
หรือภาพรวมของบทเรียน

จุดประสงค์ของบท

เป้าหมายหรือสิ่งที่นักเรียนควร
จะทำให้หลังจากจบบทเรียน



วิธีการดำเนินกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามเกี่ยวกับกิจกรรม หรือ
ผลการทำกิจกรรม เพื่อเชื่อมโยง
ให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับ
กิจกรรมนั้น

ชื่อเรื่อง

คำสำคัญ

คำศัพท์สำคัญที่จะได้เรียนรู้จาก
เรื่อง

ภาพนำเรื่องและเนื้อหาประกอบ

ทบทวนความรู้ก่อนเรียน

ทบทวนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มา
แล้ว ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้
ของเรื่องนี้

รู้อะไรบ้างก่อนเรียน

ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน
เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียน
ซึ่งไม่จำเป็นต้องถูกต้องครบถ้วน
เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียน
การสอน

ชื่อกิจกรรม

จุดประสงค์

สิ่งที่นักเรียนจะได้ทำและเป้าหมาย
ของกิจกรรม

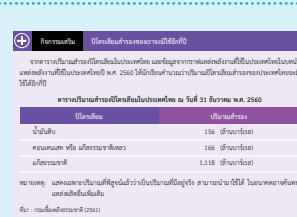
วัสดุและอุปกรณ์

กิจกรรมทางเลือก

กิจกรรมที่มีเป้าหมายในการทำ
เหมือนกับกิจกรรมหลักแต่เปลี่ยน
วิธีในการทำกิจกรรมเพื่อให้
สอดคล้องกับบริบทของนักเรียน

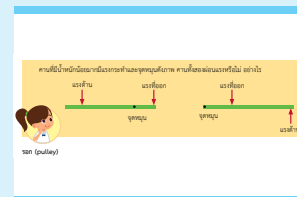
ข้อควรระวัง

สิ่งที่ควรระวังในการทำกิจกรรม
เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและ
ปลอดภัยต่อผู้ทำกิจกรรม



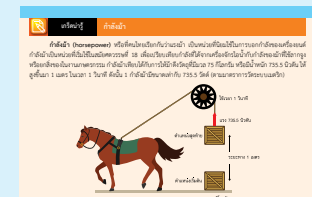
กิจกรรมเสริม

กิจกรรมเพื่อเสริมการเรียนรู้ของ
นักเรียนเพิ่มเติมจากเนื้อหาและ
กิจกรรมหลัก



คำถามระหว่างเรียน

คำถามที่ใช้เพื่อประเมินการเรียนรู้
ระหว่างเรียน

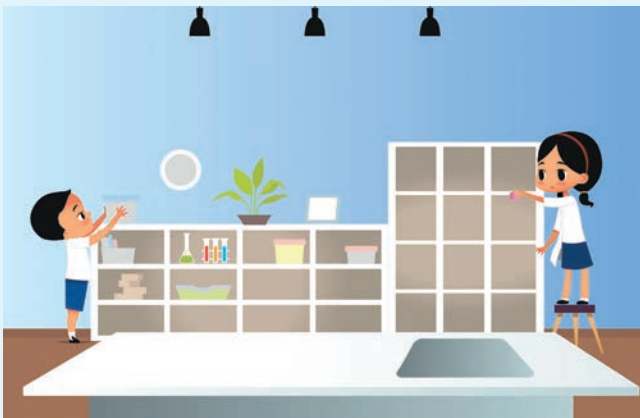


เกร็ดน่ารู้

เรื่องราวที่น่าสนใจและสอดคล้อง
กับเนื้อหา โดยเป็นความรู้เสริม
ไม่ควรนำไปประเมินผลการเรียนรู้

ข้อตกลงพื้นฐาน ในการทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์

ในการทำกิจกรรมและการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องปฏิบัติตัวในการทำกิจกรรมอย่างเหมาะสมตลอดจนถึงการจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อตนเอง ผู้อื่น และสิ่งแวดล้อม



1. อ่านข้อควรระวังในกิจกรรมและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด หากมีข้อสงสัยให้ซักถามครู
2. แต่งกายให้เหมาะสมรัดกุม ผู้ที่มีผมยาวควรรวบผมให้เรียบร้อย ควรสวมรองเท้าปิดหัวและส้น
3. เมื่อทำกิจกรรมที่ใช้ของมีคม เกิดเปลวไฟ ความร้อน หรืออันตรายอื่น ๆ ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตราย เช่น แว่นตานิรภัย เสื้อคลุมปฏิบัติการ ถุงมือที่เหมาะสมกับกิจกรรม
4. ยื่อนำวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมเข้าใกล้ดวงตา ปาก หรือจมูก รวมทั้งระวังอย่าใช้มือลูบหน้าหรือผมระหว่างทำกิจกรรมและเก็บล้างอุปกรณ์
5. บอกครูทันทีหากเกิดอุบัติเหตุสารเคมีหก แก้วแตก ไฟช็อต บาดเจ็บ หรือเกิดอาการแพ้ เช่น ผดผื่น คัน วิงเวียน
6. เมื่อเสร็จกิจกรรม ล้าง จัดเก็บ หรือทิ้งวัสดุและอุปกรณ์ตามที่ครูกำหนด และล้างมือด้วยน้ำสะอาดและสบู่

สารบัญ	
หน่วยที่ 5 งานและพลังงาน	บทที่ 1 งาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย 2 เรื่องที่ 1 งานและกำลัง 3 เรื่องที่ 2 เครื่องกลอย่างง่าย 16 กิจกรรมท้ายบท สร้างเครื่องทุ่นแรงของคุณยายได้อย่างไร 35 บทที่ 2 พลังงานกลและกฎการอนุรักษ์พลังงาน 41 เรื่องที่ 1 พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ 42 เรื่องที่ 2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน 51 กิจกรรมท้ายบท ออกแบบรางรถไฟเหาะจำลองได้อย่างไร 62
หน่วยที่ 6 การแยกสาร	บทที่ 1 การแยกสารและการนำไปใช้ 76 เรื่องที่ 1 วิธีการแยกสาร 77 เรื่องที่ 2 การนำความรู้เรื่องการแยกสารไปใช้ประโยชน์ 97 กิจกรรมท้ายบท การผลิตน้ำตาลทรายใช้วิธีการใดบ้างในการแยกสาร 101
หน่วยที่ 7 โลกและการเปลี่ยนแปลง	บทที่ 1 โครงสร้างภายในโลกและการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลก 112 เรื่องที่ 1 โครงสร้างภายในโลก 113 เรื่องที่ 2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก 121 กิจกรรมท้ายบท ภูมิลักษณะบนผิวโลกเกิดขึ้นได้อย่างไร 141 บทที่ 2 ดินและน้ำ 145 เรื่องที่ 1 ดิน ชั้นดินและชั้นหน้าตัดดิน 146 เรื่องที่ 2 แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน 162 กิจกรรมท้ายบท ใช้น้ำอย่างไรให้มีน้ำใช้อย่างยั่งยืน 178 บทที่ 3 ภัยธรรมชาติบนผิวโลก 183 เรื่องที่ 1 ภัยธรรมชาติจากน้ำท่วม แผ่นดินถล่ม และการกัดเซาะชายฝั่ง 184 เรื่องที่ 2 ภัยธรรมชาติจากหลุมยุบและแผ่นดินทรุด 197 กิจกรรมท้ายบท มีวิธีแก้ปัญหาหน้าท่วมอย่างไรบ้าง 205
หน่วยที่ 8 ทรัพยากรพลังงาน	บทที่ 1 แหล่งพลังงาน 218 เรื่องที่ 1 เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ 219 เรื่องที่ 2 พลังงานทดแทน 230 กิจกรรมท้ายบท การใช้พลังงานในอนาคตควรเป็นอย่างไร 242
ภาคผนวก	247



หน่วยที่ 5

งานและพลังงาน

- งานและพลังงานคืออะไร มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- พลังงานสามารถสร้างขึ้นหรือทำให้หายไปได้หรือไม่

รถไฟเหาะทำงานโดยใช้กลไกยกให้รถไฟเหาะขึ้นไปจุดสูงสุดของราง จากนั้นปล่อยตัวรถไฟให้เคลื่อนลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก รถไฟจะมีอัตราเร็วสูงขึ้น ๆ ทำให้เรารู้สึกตื่นเต้น ตัวอย่างเช่น รถไฟเหาะที่สวนสนุก Ferrari World ที่อาบูดาบี เมืองหลวงของประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ซึ่งมีอัตราเร็วสูงสุดได้ถึง 240 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

องค์ประกอบของหน่วย

- บทที่ 1 งาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย
- งานและกำลัง
 - เครื่องกลอย่างง่าย
- บทที่ 2 พลังงานกลและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
- พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์
 - กฎการอนุรักษ์พลังงาน

บทที่ 1 งาน กำลัง และเครื่องกลอย่างง่าย

- งานและกำลังเกิดขึ้นได้อย่างไร
- การประยุกต์ใช้เครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวันทำได้อย่างไร



ภาพกรรไกรแบบต่าง ๆ และรถเครน

กรรไกรเป็นอุปกรณ์สำนักงานที่อยู่ใกล้ตัวเรา ทราบหรือไม่ว่าการพยายามตัดสิ่งของขึ้นเดียวกัน โดยวางสิ่งของห่างจากจุดหมุนของกรรไกรไม่เท่ากัน เราก็จะออกแรงไม่เท่ากัน การตัดสิ่งของ เมื่อสิ่งของอยู่ที่ปลายกรรไกรจะต้องออกแรงมากกว่า เนื่องจากสิ่งของอยู่ห่างจากจุดหมุน แต่ถ้าสิ่งของอยู่ใกล้กับจุดหมุนของกรรไกรเราจะออกแรงน้อยกว่า การทำงานของกรรไกรขึ้นเล็ก ๆ นี้เป็นเครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งอาศัยหลักการเดียวกันกับการยกของหนัก ๆ ด้วยรถเครน



จุดประสงค์ของบทเรียน

เมื่อเรียนจบบทนี้แล้ว นักเรียนจะสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความหมายของงานและกำลัง
2. วิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณงานและกำลัง
3. วิเคราะห์และอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย
4. บอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้เครื่องกลอย่างง่ายในชีวิตประจำวัน

เรื่องที่ 1 งานและกำลัง



คำสำคัญ

งาน

กำลัง



ภาพ 5.1 รถม้า จ.ลำปาง และรถแข่งสูตร 1

สมัยก่อนมนุษย์นำสัตว์ เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย มาใช้งานเนื่องจากสัตว์มีแรงมากกว่ามนุษย์ สัตว์หนึ่งตัวสามารถทำงานให้เราได้มากกว่าคนหลายคนรวมกัน ปัจจุบันมนุษย์พัฒนาเทคโนโลยีมากขึ้นจึงนำเครื่องจักรมาใช้งานแทนสัตว์เหล่านี้ ในสมัยศตวรรษที่ 18 ซึ่งเป็นยุคของเครื่องจักรไอน้ำ กำลังของม้าที่ใช้ในการลากวัตถุได้นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากเครื่องจักรไอน้ำ กำลังม้าหรือที่เรียกทั่วไปว่าแรงม้าเป็นหน่วยที่นิยมใช้บอกกำลังของเครื่องยนต์ ปัจจุบันรถแข่งสูตร 1 ใช้เครื่องยนต์ที่มีกำลังสูงถึง 700 แรงม้า ซึ่งมากกว่ากำลังของเครื่องยนต์ของรถยนต์ทั่วไปถึง 3 เท่า นักวิทยาศาสตร์สามารถวัดงานหรือกำลังได้อย่างไร



ทบทวนความรู้ก่อนเรียน

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้เขียนลูกศรระบุทิศทางของแรงที่คนกระทำต่อวัตถุ

- 1) ดันโต๊ะ



- 2) ลากรถเข็น



- 3) ยกเหยือกน้ำขึ้นในแนวตั้ง



รู้อะไรบ้างก่อนเรียน ถ้านักเรียนต้องการเปรียบเทียบงานที่เพื่อน 2 คน ทำในการช่วยคุณครูเก็บหนังสือโดยยกหนังสือที่อยู่บนพื้นชั้นไปวางบนชั้น นักเรียนคิดว่าจะเปรียบเทียบว่าใครทำงานได้มากกว่ากันจากอะไร

หลังจากเลิกเรียน เมื่อนักเรียนกลับถึงบ้านก็นั่งทำการบ้านทันที การทำการบ้านในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่นับว่าเกิดงาน แล้วการทำงานในทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

กิจกรรมที่ 5.1

ทำอย่างไรจึงจะเกิดงาน

จุดประสงค์

วิเคราะห์และระบุงานทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำต่อวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ

วัสดุและอุปกรณ์

-

วิธีการดำเนินกิจกรรม

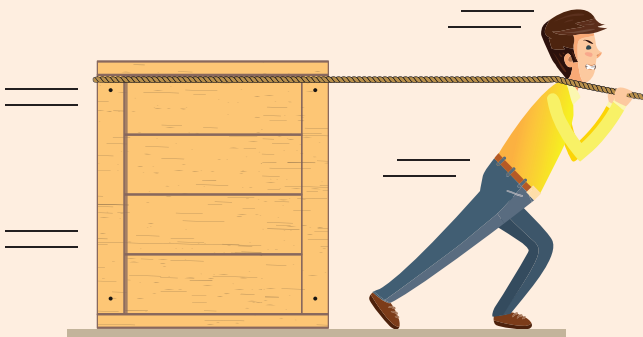
1. วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่คนกระทำต่อวัตถุ และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ



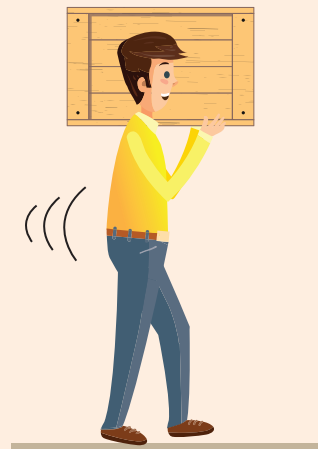
สถานการณ์ 1 คนดันตู้ แต่ตู้ไม่เคลื่อนที่



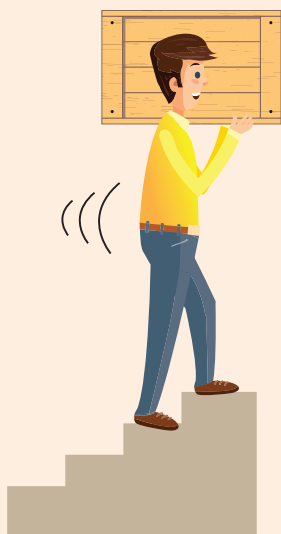
สถานการณ์ 2 คนดันลังไม้ให้เคลื่อนที่



สถานการณ์ 3 คนลากลังไม้ให้เคลื่อนที่



สถานการณ์ 4 คนแบกกลังไม้แล้วเดินในแนวระดับ ด้วยอัตราเร็วคงที่



สถานการณ์ 5 คนแบกกกล่องไม้เดินขึ้นบันได



สถานการณ์ 6 คนดึงกล่องไม้ขึ้นในแนวดิ่ง

2. ร่วมกันวิเคราะห์ว่าสถานการณ์ใดบ้างที่เกิดงานทางวิทยาศาสตร์
3. สืบค้นเกี่ยวกับงานในทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในข้อ 2



คำถามท้ายกิจกรรม

1. สถานการณ์ใดบ้างที่เกิดงานและไม่เกิดงานตามความหมายทางวิทยาศาสตร์ เพราะเหตุใด
2. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

ความหมายของงานโดยทั่วไปกับความหมายของงานในทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน การออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับทิศทางของแรงจะทำให้เกิดงาน (work) ทางวิทยาศาสตร์ โดยงานเป็นผลของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยมีการกระจัดตามแนวแรงนั้น เช่น คนดันกล่องในแนวระดับทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปในแนวระดับด้วย จะเห็นว่าแรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศทางเดียวกัน หรือคนยกกล่องขึ้นมาจากพื้น แรงและการเคลื่อนที่ของกล่องมีทิศขึ้นเหมือนกัน ทั้งสองสถานการณ์นี้เกิดงาน แต่บางสถานการณ์ที่ออกแรงแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่ก็ไม่ทำให้เกิดงาน หรือการที่ทิศทางของแรงตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ก็ไม่ทำให้เกิดงานของแรงนั้นเช่นกัน เช่น แบกวัตถุเดินไปบนพื้นราบ โดยแรงที่แบกวัตถุอยู่ในทิศขึ้น แต่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวราบ

เมื่อทราบแล้วว่างานเกิดได้อย่างไร งานจะมีค่ามากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดในแนวเดียวกับแรงนั่นเอง โดยงานเป็นปริมาณสเกลาร์ เป็นไปตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$W = Fs$$

เมื่อ	W	แทน งาน มีหน่วยเป็น นิวตัน เมตร (N m) หรือ จูล (J)
	F	แทน ขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
	s	แทน ขนาดของการกระจัดตามแนวแรง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

การคำนวณงานจะคำนึงถึงทิศทางของแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยถ้าทิศทางของแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศทางเดียวกัน ค่าของงานที่ได้จะกำหนดให้มีค่าเป็นบวก ถ้าทิศทางตรงข้ามกัน ค่าของงานที่ได้จะเป็นลบ การคำนวณงานสามารถศึกษาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้



เกร็ดน่ารู้

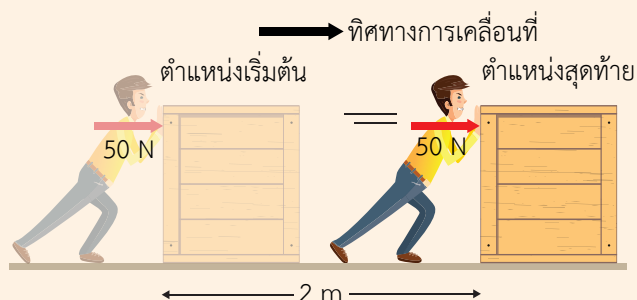
หน่วย นิวตัน เมตร

หน่วย นิวตัน เมตร เป็นหน่วยของโมเมนต์ของแรง เมื่อแรงกับระยะทางตั้งฉากกัน ทำให้วัตถุเกิดการหมุน แต่จะเป็นหน่วยของงานเมื่อแรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง

แม้หน่วยจะเขียนเหมือนกันแต่ความหมายของโมเมนต์ของแรงและงานแตกต่างกัน โดยโมเมนต์ของแรงจะเกี่ยวข้องกับการหมุนของวัตถุ ส่วนงานจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานกล งานจึงใช้หน่วยเดียวกับพลังงานต่าง ๆ คือ จูล นักวิทยาศาสตร์ได้ให้เกียรติตั้งชื่อหน่วยของพลังงานตามชื่อนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษผู้ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อน คือ เจมส์ เพรสคอต จูล (James Prescott Joule)

ตัวอย่างโจทย์ที่ 1

คนดันลังไม้ให้เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยแรง 50 นิวตัน ได้ขนาดของการกระจัด 2 เมตร ดังภาพ งานเนื่องจากแรงที่คนดันลังไม้เป็นเท่าใด



แนวคิด

แรงที่คนดันลังไม้กับการกระจัดที่กล่องเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกัน งานเนื่องจากแรงที่คนดันลังไม้หาได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้ว่า

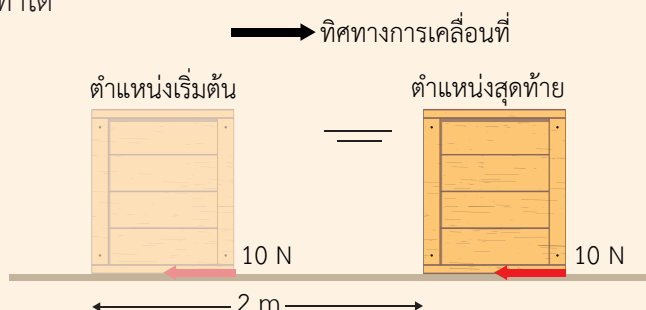
$$W = 50 \text{ N} \times 2 \text{ m}$$

$$W = 100 \text{ N m หรือ } 100 \text{ J}$$

เพราะฉะนั้น งานเนื่องจากแรงที่คนดันลังไม้เท่ากับ 100 จูล

ตัวอย่างโจทย์ที่ 2

ลังไม้ใบหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวานบนพื้นฝืดได้ขนาดของการกระจัด 2 เมตร ดังภาพ ถ้าแรงเสียดทานที่พื้นกระทำต่อลังไม้มีขนาดเท่ากับ 10 นิวตัน งานเนื่องจากแรงเสียดทานเป็นเท่าใด



แนวคิด

แรงเสียดทานกับทิศทางเคลื่อนที่ที่อยู่ในแนวเดียวกัน หางานได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้

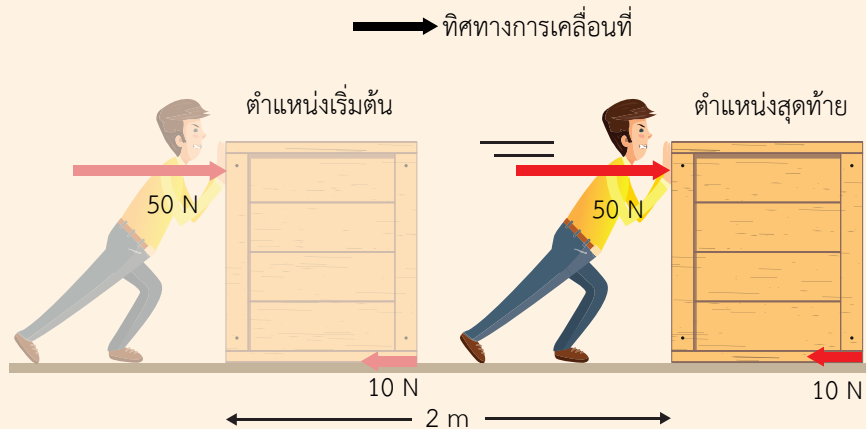
$$W = 10 \text{ N} \times 2 \text{ m}$$

$$W = 20 \text{ N m หรือ } 20 \text{ J}$$

เนื่องจากแรงเสียดทานมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเคลื่อนที่จะกำหนดให้งานมีเครื่องหมายเป็นลบ เพราะฉะนั้นงานเนื่องจากแรงเสียดทานเท่ากับ -20 จูล

ตัวอย่างโจทย์ที่ 3

คนดันกล่องให้เคลื่อนที่ไปทางขวาบนพื้นฝืดด้วยแรง 50 นิวตัน ได้ขนาดของการกระจัด 2 เมตร ดังภาพ พื้นมีแรงเสียดทาน 10 นิวตัน งานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องเป็นเท่าใด



แนวคิด

โจทย์ต้องการหางานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่อง ซึ่งประกอบด้วยแรงที่คนดันและแรงเสียดทาน แรงลัพธ์เท่ากับ $50 \text{ N} - 10 \text{ N} = 40 \text{ N}$ ไปทางขวา งานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องหาได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้ว่า

$$W = 40 \text{ N} \times 2 \text{ m}$$

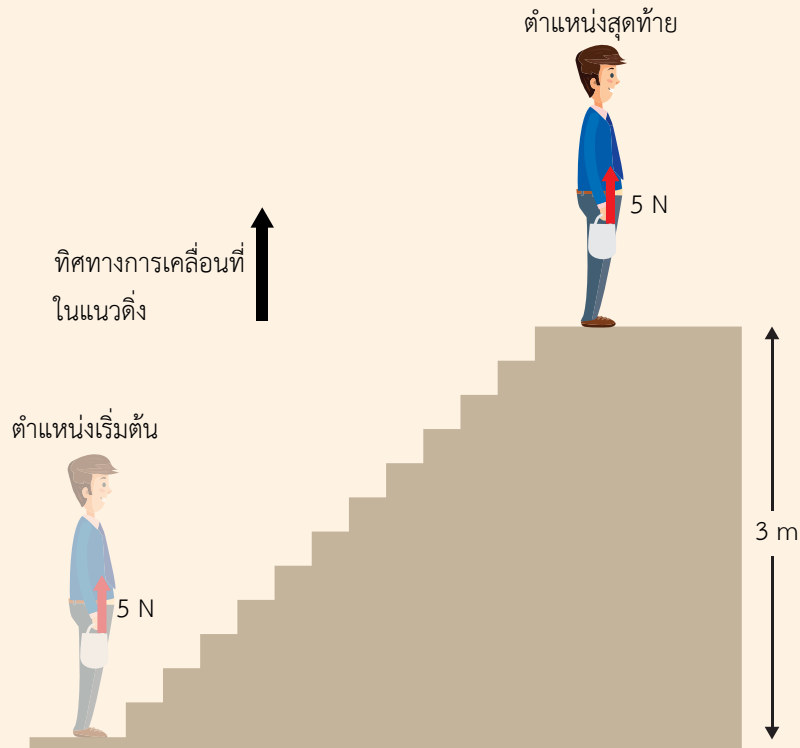
$$W = 80 \text{ N m หรือ } 80 \text{ J}$$

เพราะฉะนั้น งานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องเท่ากับ 80 จูล

หรือสามารถหางานได้จากผลรวมของงานเนื่องจากแรงที่คนดันวัตถุกับงานเนื่องจากแรงเสียดทาน โดยงานเนื่องจากแรงที่คนดันวัตถุมีค่าเท่ากับ $50 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 100 \text{ J}$ ขณะที่งานเนื่องจากแรงเสียดทานเท่ากับ $10 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 20 \text{ J}$ แต่งานเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าเป็นลบ เพราะทิศทางของแรงตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ ดังนั้นงานเนื่องจากแรงเสียดทานเท่ากับ -20 J และงานเนื่องจากแรงลัพธ์เท่ากับ $(100 \text{ J}) + (-20 \text{ J}) = 80 \text{ J}$

ตัวอย่างโจทย์ที่ 4

คนหิ้วถุงขนมหนัก 5 นิวตัน เดินขึ้นบันไดไปชั้น 2 ซึ่งอยู่สูงจากชั้น 1 ประมาณ 3 เมตร ดังภาพ งานเนื่องจากแรงที่คนหิ้วถุงขนมเป็นเท่าใด



แนวคิด

คนออกแรง 5 นิวตัน ในทิศขึ้นเพื่อหิ้วถุงขนม ขณะเดียวกันก็เดินขึ้นบันไดไปข้างบน ทำให้ถุงขนมเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ขนาดของการกระจัดตามแนวแรง 3 เมตร งานเนื่องจากแรงที่คนกระทำต่อถุงขนมหาได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้

$$W = 5 \text{ N} \times 3 \text{ m}$$

$$W = 15 \text{ N m} \text{ หรือ } 15 \text{ J}$$

เพราะฉะนั้น งานเนื่องจากแรงที่คนหิ้วถุงขนมเท่ากับ 15 จูล