



หนังสือเรียน

รายวิชาพื้นฐาน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

พิมพ์ครั้งที่ ๔

ISBN 978-616-576-340-0

จำนวน ๒๔๐,๐๐๐ เล่ม พ.ศ. ๒๕๖๖

จัดจำหน่ายโดย

องค์การค้าของ สกสค. พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว

๒๒๔๙ ถนนลาดพร้าว วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร

❖ มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
เรื่อง อนุญาตให้ใช้สื่อการเรียนรู้ในสถานศึกษา

ด้วยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้พิจารณาแล้วอนุญาตให้ใช้ในสถานศึกษาได้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๗

ว่าที่ร้อยตรี

(ธนู วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ การประเมินผล การจัดทำหนังสือเรียน แบบฝึกหัด และสื่อการเรียนรู้ทุกประเภทที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ในกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ นี้ สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีเนื้อหา เกี่ยวกับงานและพลังงาน การแยกสาร โลกและการเปลี่ยนแปลง และทรัพยากรพลังงาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ ในการดำรงชีวิต และรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก รวมทั้งการพัฒนาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ได้เป็นอย่างดี

กระทรวงศึกษาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญ ในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคคลและหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรี



(ธนุ วงษ์จินดา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ ขึ้น ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ที่มีจุดเน้น เพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้อยู่กับ ทักษะกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ เล่ม ๒ นี้ จัดเรียงลำดับของ เนื้อหาให้สอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับงานและพลังงาน การแยกสาร โลกและ การเปลี่ยนแปลง และทรัพยากรพลังงาน ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการศึกษาต่อ ในระดับที่สูงขึ้น ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติ ตอบคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และสรุปสิ่งที่ได้ เรียนรู้ นอกจากนี้หนังสือเรียนยังมีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่เรียนในบทนั้น ๆ มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาอีกด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ ครูผู้สอน และนักวิชาการ จากหน่วยงานและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใด ที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(รองศาสตราจารย์ธีระเดช เจียรสุขสกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงศึกษาธิการ

แนะนำการใช้หนังสือเรียน



ชื่อหน่วย

ภาพนำหน่วยและเนื้อหาประกอบ

คำถามนำหน่วย

คำถามเกี่ยวกับใจความสำคัญ

หรือภาพรวมของหน่วย

องค์ประกอบของหน่วย

บทเรียนที่จะได้เรียนรู้ใน

หน่วยการเรียนรู้นี้



ชื่อบท

ภาพนำบทและเนื้อหาประกอบ

คำถามนำบท

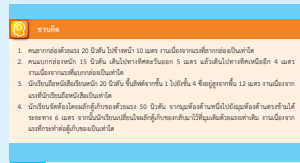
คำถามเกี่ยวกับใจความสำคัญ

หรือภาพรวมของบทเรียน

จุดประสงค์ของบท

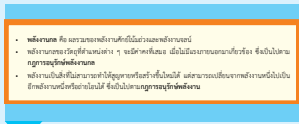
เป้าหมายหรือสิ่งที่นักเรียนควร

จะทำได้หลังจากจบบทเรียน



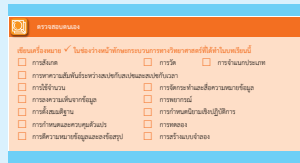
ขวนคิด

โจทย์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและ
ตัวอย่างโจทย์เพื่อประเมินความ
เข้าใจของนักเรียน



กรอบสรุป

การสรุปองค์ความรู้ระหว่างเรียน



ตรวจสอบตนเอง

ประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ใน
บทเรียน



กิจกรรมท้ายบท

กิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียน
ได้ใช้องค์ความรู้ที่ได้เรียนมาจาก
บทเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรม
หรือแก้ปัญหาและสอดคล้องกับ
กิจกรรมเพิ่มเติม



ชื่อเรื่อง

คำสำคัญ

คำศัพท์สำคัญที่จะได้เรียนรู้จาก
เรื่อง

ภาพนำเรื่องและเนื้อหาประกอบ

บททวนความรู้ก่อนเรียน

บททวนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มา
แล้ว ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้
ของเรื่องนี้

รู้อะไรบ้างก่อนเรียน

ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน
เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียน
ซึ่งไม่จำเป็นต้องถูกต้องครบถ้วน
เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียน
การสอน



ชื่อกิจกรรม

จุดประสงค์

สิ่งที่นักเรียนจะได้ทำและเป้าหมาย
ของกิจกรรม

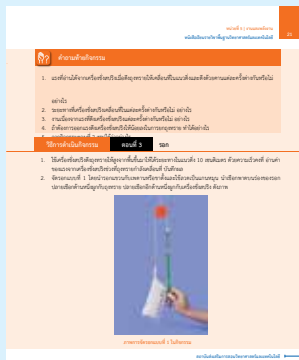
วัสดุและอุปกรณ์

กิจกรรมทางเลือก

กิจกรรมที่มีเป้าหมายในการทำ
เหมือนกับกิจกรรมหลักแต่เปลี่ยน
วิธีในการทำกิจกรรมเพื่อให้
สอดคล้องกับบริบทของนักเรียน

ข้อควรระวัง

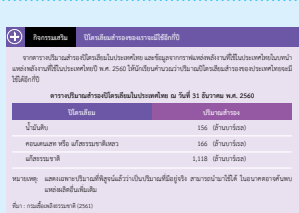
สิ่งที่ควรระวังในการทำกิจกรรม
เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและ
ปลอดภัยต่อผู้ทำกิจกรรม



วิธีการดำเนินกิจกรรม

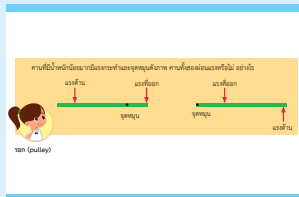
คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามเกี่ยวกับกิจกรรม หรือ
ผลการทำกิจกรรม เพื่อเชื่อมโยง
ให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับ
กิจกรรมนั้น



กิจกรรมเสริม

กิจกรรมเพื่อเสริมการเรียนรู้ของ
นักเรียนเพิ่มเติมจากเนื้อหาและ
กิจกรรมหลัก



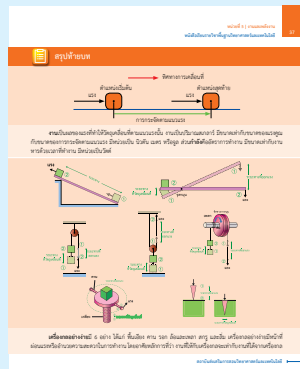
คำถามระหว่างเรียน

คำถามที่ใช้เพื่อประเมินการเรียนรู้
ระหว่างเรียน



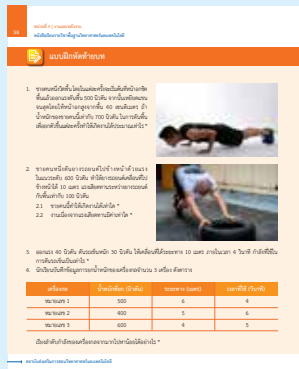
เกร็ดน่ารู้

เรื่องราวที่น่าสนใจและสอดคล้อง
กับเนื้อหา โดยเป็นความรู้เสริม
ไม่ควรนำไปประเมินผลการเรียนรู้



สรุปท้ายบท

สรุปองค์ความรู้ของบทเรียน



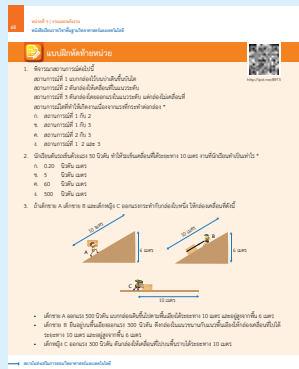
แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่บอก
ระดับความง่าย * และยาก **
ให้นักเรียนได้ฝึกทำเพื่อประเมิน
การเรียนรู้ของตนเอง



วิทยาศาสตร์กับชีวิต

เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ
และสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้



แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่มีแนว
สอดคล้องข้อสอบประเมินผล
ระดับชาติและนานาชาติ



สื่อ AR (Augmented Reality)

สื่อเสริมการเรียนรู้ ดาวันโหลดแอปพลิเคชัน “AR สสวท. วิทยาศาสตร์ มัธยมต้น” เพื่อใช้งาน

สื่อ QR (Quick Response)

สื่อเสริมการเรียนรู้ สแกน QR code เพื่อใช้งานสื่อการเรียนรู้
แบบฝึกหัดท้ายหน่วยให้ลงทะเบียนระบบการสอบออนไลน์ก่อนใช้งาน



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. อย่างนำวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมเข้าใกล้ดวงตา ปาก หรือจมูก รวมทั้งระวังอย่าใช้มือลูบหน้าหรือผมระหว่างทำกิจกรรมและเก็บล้างอุปกรณ์
5. บอกครูทันทีหากเกิดอุบัติเหตุ สารเคมีหก 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	ออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อจำลองได้อย่างไร	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	กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยานบนผิวโลก	121
กิจกรรมท้ายบท	ภูมิลักษณะบนผิวโลกเกิดขึ้นได้อย่างไร	141
บทที่ 2	ดินและน้ำ	145
เรื่องที่ 1	ดิน ชั้นดินและชั้นหน้าตัดดิน	146
เรื่องที่ 2	แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน	162
กิจกรรมท้ายบท	ใช้น้ำอย่างไรให้น้ำใช้อย่างยั่งยืน	178
บทที่ 3	ภัยธรรมชาติบนผิวโลก	183
เรื่องที่ 1	ภัยธรรมชาติจากน้ำท่วม แผ่นดินถล่ม และการกักตุนขยะฝัง	184
เรื่องที่ 2	ภัยธรรมชาติจากพายุและแผ่นดินไหว	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
- พลังงานสามารถสร้างขึ้นหรือทำให้หายไปหรือไม่

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 นี่เป็นเครื่องกลอย่างง่าย 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 เมื่อนักเรียนกลับบ้านก็นั่งทำการบ้านทันที การทำการบ้านในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่นับว่าเกิดงาน แล้วการทำงานในทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

กิจกรรมที่ 5.1 ทำอย่างไรจึงจะเกิดงาน

จุดประสงค์ วิเคราะห์และระบุงานทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำต่อวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ

วัสดุและอุปกรณ์ -

วิธีการดำเนินกิจกรรม

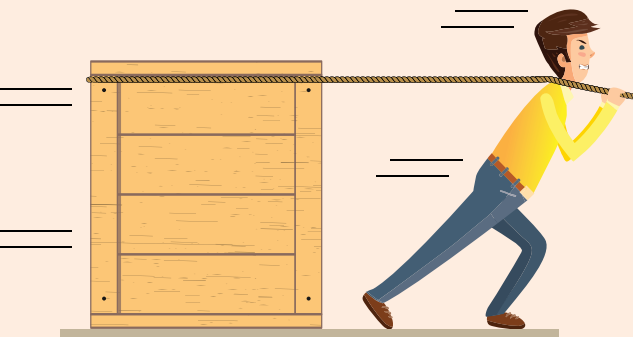
1. วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นเขียนเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงที่คนกระทำต่อวัตถุ และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ



สถานการณ์ 1 คนดันตู้ แต่ตู้ไม่เคลื่อนที่



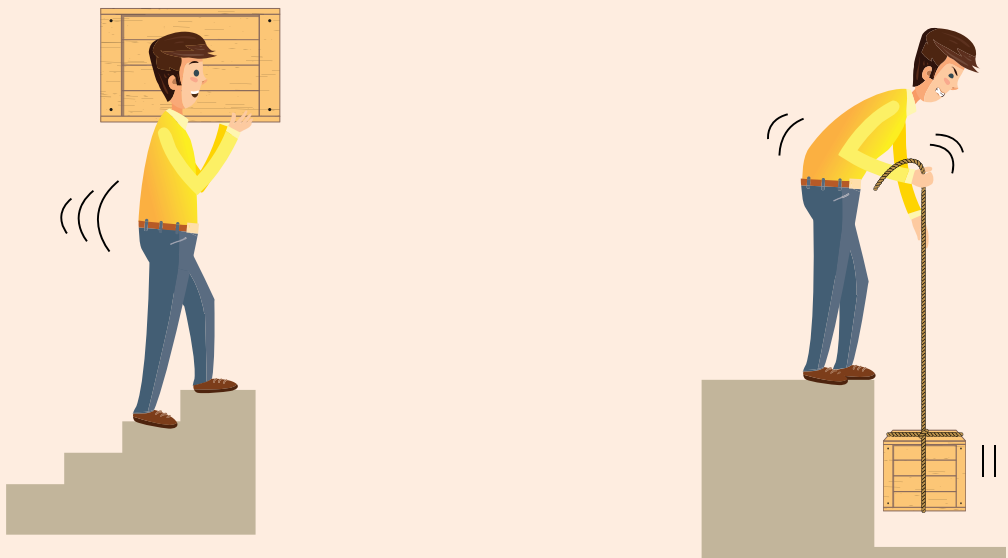
สถานการณ์ 2 คนดันลังไม้ให้เคลื่อนที่



สถานการณ์ 3 คนลากลังไม้ให้เคลื่อนที่



สถานการณ์ 4 คนแบกก่องไม้แล้วเดินในแนวระดับด้วยอัตราเร็วคงที่



สถานการณ์ 5 คนแบกกกล่องไม้เดินขึ้นบันได

สถานการณ์ 6 คนดึงกล่องไม้ขึ้นในแนวตั้ง

- 2. ร่วมกันวิเคราะห์ว่าสถานการณ์ใดบ้างที่เกิดงานทางวิทยาศาสตร์
- 3. สืบค้นเกี่ยวกับงานในทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในข้อ 2



คำถามท้ายกิจกรรม

- 1. สถานการณ์ใดบ้างที่เกิดงานและไม่เกิดงานตามความหมายทางวิทยาศาสตร์ เพราะเหตุใด
- 2. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

ความหมายของงานโดยทั่วไปกับความหมายของงานในทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน การออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับทิศทางของแรงจะทำให้เกิดงาน (work) ทางวิทยาศาสตร์ โดยงานเป็นผลของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยมีการกระจัดตามแนวนั้น 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



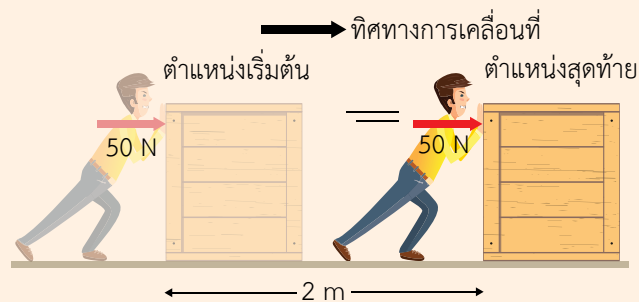
เกร็ดน่ารู้

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

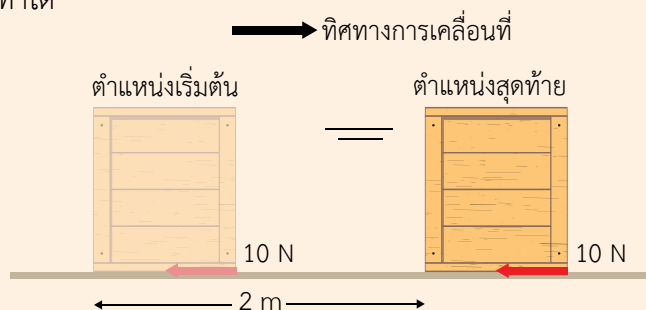
แรงที่คนดันลังไม้กับการกระจัดที่กล่องเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกัน งานเนื่องจากแรงที่คนดันลังไม้หาได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้ว่า

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

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

เพราะฉะนั้น งานเนื่องจากแรงที่คนดันลังไม้เท่ากับ 100 จูล

ตัวอย่างโจทย์ที่ 2 ลังไม้ใบหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาบนพื้นฝืดได้ขนาดของการกระจัด 2 เมตร ดังภาพ ถ้าแรงเสียดทานที่พื้นกระทำต่อลังไม้มีขนาดเท่ากับ 10 นิวตัน งานเนื่องจากแรงเสียดทานเป็นเท่าใด



แนวคิด

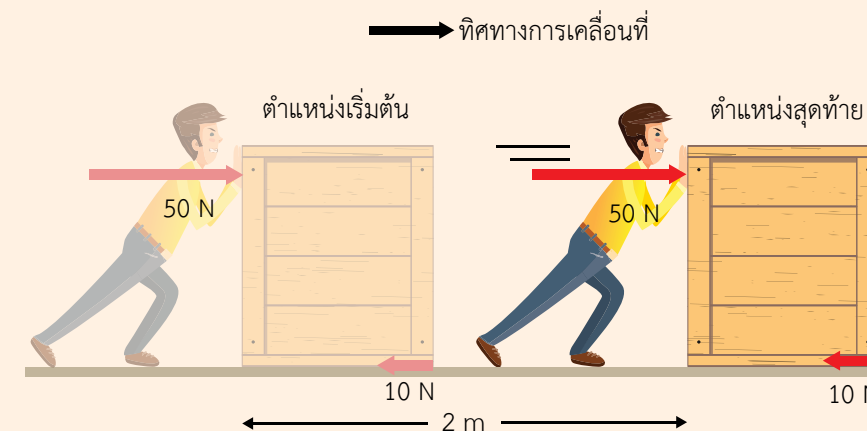
แรงเสียดทานกับทิศทางการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกัน หางานได้จากความสัมพันธ์ $W = Fs$ จะได้

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

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

เนื่องจากแรงเสียดทานมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่จะกำหนดให้งานมีเครื่องหมายเป็นลบ 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

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

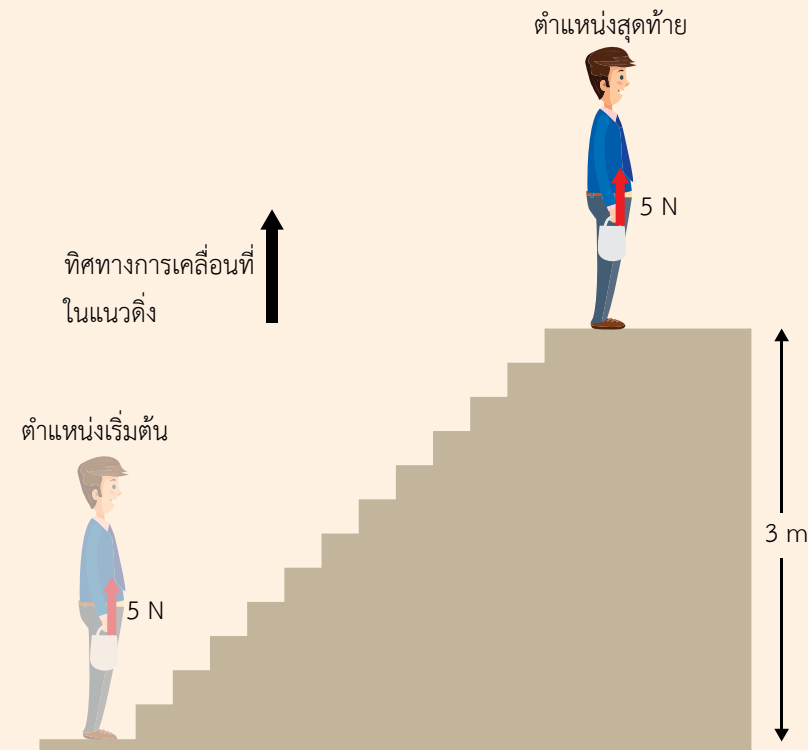
$$W = 80 \text{ N m หรือ } 80 \text{ J}$$

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

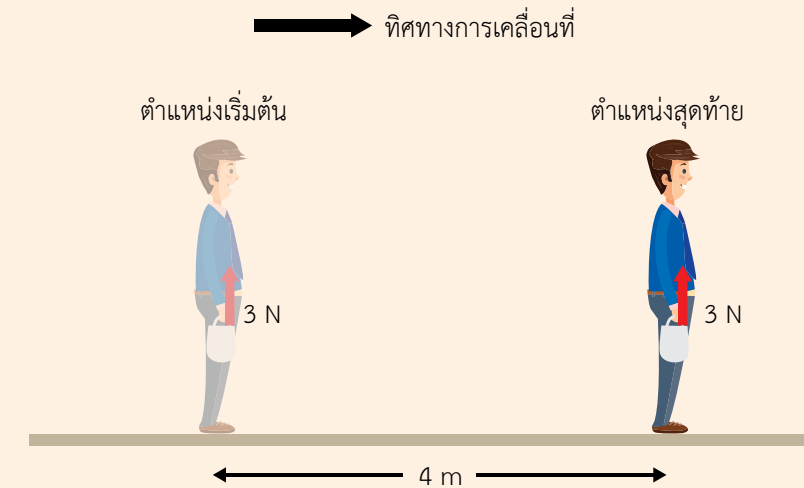
$$W = 5 \text{ N} \times 3 \text{ m}$$

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

เพราะฉะนั้น งานเนื่องจากแรงที่คนหิ้วถุงขนมเท่ากับ 15 จูล

ตัวอย่างโจทย์ที่ 5

คนหิ้วถุงแกงหนัก 3 นิวตัน และเดินไปข้างหน้าได้ขนาดของการกระจัด 4 เมตร ดังภาพ งานเนื่องจากแรงที่คนหิ้วถุงแกงเป็นเท่าใด



แนวคิด

คนออกแรง 3 นิวตัน ในทิศขึ้นเพื่อหิ้วถุงแกง และเดินไปข้างหน้า ทิศของแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกัน โดยถุงแกงเคลื่อนที่ไปในแนวราบไม่ได้เคลื่อนที่ไปเพราะแรงที่คนหิ้วถุงแกง ดังนั้นงานเนื่องจากแรงที่หิ้วถุงแกงจึงเป็นศูนย์



ชวนคิด

1. คนลากกล่องด้วยแรง 20 นิวตัน ไปข้างหน้า 10 เมตร งานเนื่องจากแรงที่ลากกล่องเป็นเท่าใด
2. คนแบกก่องหนัก 15 นิวตัน เดินไปทางทิศตะวันออก 5 เมตร แล้วเดินไปทางทิศเหนืออีก 4 เมตร งานเนื่องจากแรงที่แบกก่องเป็นเท่าใด
3. นักเรียนถือหนังสือเรียนหนัก 20 นิวตัน ขึ้นลิฟต์จากชั้น 1 ไปยังชั้น 4 ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 12 เมตร งานเนื่องจากแรงที่นักเรียนถือหนังสือเป็นเท่าใด
4. นักเรียนจัดห้องโดยดันตู้เก็บของด้วยแรง 50 นิวตัน จากมุมห้องด้านหนึ่งไปยังมุมห้องด้านตรงข้ามได้ระยะทาง 6 เมตร จากนั้นนักเรียนเปลี่ยนใจดันตู้เก็บของกลับมาไว้ที่มุมเดิมด้วยแรงเท่าเดิม งานเนื่องจากแรงที่กระทำต่อตู้เก็บของเป็นเท่าใด

ในการแบกกongหนังสือจากชั้นล่างขึ้นไปบนชั้นสองของอาคาร 2 ครั้ง ครั้งแรกนักเรียนค่อย ๆ เดินขึ้นไป ครั้งที่สองรีบเดินขึ้นไปอย่างรวดเร็ว นักเรียนรู้สึกว่าการที่สองเหนื่อยกว่าครั้งแรก นักเรียนแปลกใจว่างานในการแบกกongหนังสือทั้งสองครั้งมีค่าเท่ากัน เพราะออกแรงยกเท่ากันและระยะทางที่ขึ้นไปได้ก็เท่ากัน แต่ทำไมจึงรู้สึกเหนื่อยแตกต่างกัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

กำลัง

ถ้านักเรียนและเพื่อนยกกล่องที่มีน้ำหนักเท่ากันขึ้นจากพื้นราบไปไว้ชั้นสอง เนื่องจากออกแรงเท่ากันและระยะทางเท่ากัน ทั้งสองจึงทำงานได้เท่ากัน แต่นักเรียนใช้เวลาน้อยกว่าเพื่อน นักเรียนจึงมีกำลังมากกว่าเพื่อน ในทางวิทยาศาสตร์ปริมาณงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า **กำลัง (power)** มีความสัมพันธ์ดังนี้

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

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

W แทน งาน มีหน่วยเป็น จูล (J)

t แทน เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

การคำนวณกำลัง ศึกษาได้จากตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างโจทย์ที่ 6 นักเรียนออกแรงลากกล่องในแนวระดับด้วยแรง 40 นิวตัน ทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปได้ขนาดของการกระจัด 6 เมตร ถ้านักเรียนใช้เวลาลากกล่อง 5 วินาที นักเรียนมีกำลังเท่าใด

แนวคิด

หากำลังได้จากความสัมพันธ์ $P = \frac{W}{t}$ โดยงานมีขนาดเท่ากับแรงคูณกับระยะทางตามแนวแรง $W = Fs$

$$\text{จะได้ } P = \frac{Fs}{t}$$

$$P = \frac{40 \text{ N} \times 6 \text{ m}}{5 \text{ s}}$$

$$P = 48 \text{ J/s หรือ } 48 \text{ W}$$

เพราะฉะนั้น กำลังที่นักเรียนลากกล่องเท่ากับ 48 วัตต์

ตัวอย่างโจทย์ที่ 7 เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งทำให้เครื่องจักรทำงานได้ 360 กิโลจูล ในเวลา 1 นาที เครื่องยนต์เครื่องนี้มีกำลังเท่าใด

แนวคิด

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

โดยงาน 360 กิโลจูล มีค่าเท่ากับ $360 \times 1,000 = 360,000$ จูล

$$\text{จะได้ } P = \frac{360,000 \text{ J}}{60 \text{ s}}$$

$$P = 6,000 \text{ J/s หรือ } 6,000 \text{ W}$$

เพราะฉะนั้น เครื่องยนต์นี้มีกำลัง 6,000 วัตต์ หรือ 6 กิโลวัตต์



ชวนคิด

1. ชายคนหนึ่งดันรถที่จอดขวางให้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 3 เมตร ใช้เวลา 10 วินาที ถ้าออกแรง 100 นิวตัน ชายคนนั้นมีกำลังเท่าใด
2. รถทดลองคันหนึ่งมีกำลัง 60 วัตต์ ถ้ารถทดลองคันนี้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 3 เมตร ใช้เวลา 2 วินาที แรงขับเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ทำให้รถทดลองเคลื่อนที่เป็นเท่าใด
3. เครื่องยกของเครื่องหนึ่งมีกำลัง 500 วัตต์ ถ้ายกสิ่งของขึ้นหนึ่งหนั 600 นิวตัน ได้สูง 3 เมตร จะใช้เวลาในการยกสิ่งของขึ้นนี้เท่าใด

กำลังในการทำงานนอกจากจะพิจารณาจากการทำงานเนื่องจากแรงแล้ว ยังพิจารณากำลังจากพลังงานอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของสาร พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยที่ฉลากของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีข้อมูลระบุกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ซึ่งหมายถึงการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าใน 1 วินาที เช่น หลอดไฟฟ้ามีกำลัง 6 วัตต์ หมายความว่าใน 1 วินาที หลอดไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 6 จูล เตาหีต้มมีกำลัง 1,000 วัตต์ หมายความว่าใน 1 วินาที เตาหีต้มใช้พลังงานไฟฟ้า 1,000 จูล โดยในเวลาเท่า ๆ กัน เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่ากำลังไฟฟ้ามาก ๆ ก็จะสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่า



ภาพ 5.2 ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า

ตัวอย่างโจทย์ที่ 8 ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ทำให้น้ำมวล 60 กรัม อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 2 นาที กำลังของตะเกียงแอลกอฮอล์นี้เป็นเท่าใด กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 จูลต่อกรัม องศาเซลเซียส

แนวคิด

หากำลังได้จากความสัมพันธ์ $P = \frac{W}{t}$ โดยงานในที่นี้จะเท่ากับความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับ Q โดยที่ $Q = mc\Delta t$ ความร้อนจำเพาะของน้ำในตัวอย่างนี้ไม่ได้ใช้ค่า 1 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส แต่ใช้หน่วยจูลคือ 4.2 จูลต่อกรัม องศาเซลเซียส โดย 1 แคลอรี มีค่าเท่ากับ 4.2 จูล

จะได้
$$P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta t}{t}$$
$$P = \frac{60 \text{ g} \times 4.2 \text{ J/g}^{\circ}\text{C} \times (80^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})}{120 \text{ s}}$$
$$P = 126 \text{ J/s หรือ } 126 \text{ W}$$
 เพราะฉะนั้น กำลังของตะเกียงแอลกอฮอล์เท่ากับ 126 วัตต์

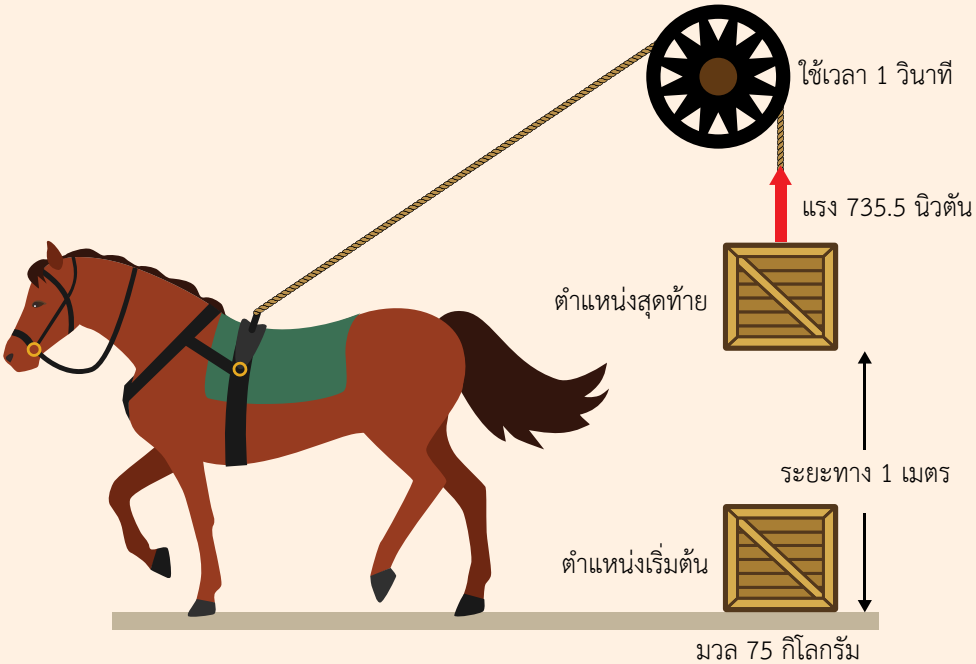
- เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้น จะทำให้เกิดงานทางวิทยาศาสตร์
- ปริมาณงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลัง



เก็ตรุ่นรู้

กำลังม้า

กำลังม้า (horsepower) หรือที่คนไทยเรียกกันว่าแรงม้า เป็นหน่วยที่นิยมใช้ในการบอกกำลังของเครื่องยนต์ กำลังม้าเป็นหน่วยที่เริ่มใช้ในสมัยศตวรรษที่ 18 เพื่อเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากเครื่องจักรไอน้ำกับกำลังของม้าที่ใช้ลากจูงหรือยกสิ่งของในงานเกษตรกรรม กำลังม้าเทียบได้กับการให้ม้าดึงวัตถุที่มีมวล 75 กิโลกรัม หรือมีน้ำหนัก 735.5 นิวตัน ให้สูงขึ้นมา 1 เมตร ในเวลา 1 วินาที ดังนั้น 1 กำลังม้ามีขนาดเท่ากับ 735.5 วัตต์ (ตามมาตรฐานการวัดระบบเมตริก)



การยกกล่องมวล 5 กิโลกรัม อาจทำได้ไม่ยากนัก แต่ถ้าจะต้องยกวัตถุที่มีมวลมาก เช่น ต้องการยกรถยนต์ที่มีมวล 1,500 กิโลกรัม เพื่อเปลี่ยนยาง การยกรถยนต์โดยใช้แรงคนคงเป็นไปได้ยาก จึงต้องใช้เครื่องกล เช่น แม่แรง มาช่วย เครื่องกลเหล่านี้มีหลักการทำงานอย่างไร

เรื่องที่ 2 เครื่องกลอย่างง่าย



ภาพ 5.3 นักท่องเที่ยวขี่จักรยาน

คำสำคัญ
เครื่องกลอย่างง่าย

ความแตกต่างระหว่างมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เห็นได้ชัดอย่างหนึ่ง คือการที่มนุษย์สามารถนำสิ่งรอบตัวมาทำเป็นอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องกลต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกหรือผ่อนแรงในการทำงาน ถ้าเราต้องการเดินทางไปยังจุดหมายให้เร็วกว่าการเดินหรือวิ่ง การขี่จักรยานก็เป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง เพราะกลไกของจักรยานช่วยให้เราเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วโดยที่ออกแรงไม่มาก นักเรียนคิดว่าการทำงานของจักรยานสามารถอธิบายด้วยหลักการใด



ทบทวนความรู้ก่อนเรียน

เขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าสถานการณ์ที่เกิดงานในทางวิทยาศาสตร์ และเขียนเครื่องหมาย ✗ หน้าสถานการณ์ที่ไม่เกิดงานในทางวิทยาศาสตร์



☐ คนยืนถือถังน้ำอยู่กับที่ มีงานเนื่องจากแรงที่ถือถังน้ำ



☐ คนนั่งท่องหนังสือ มีงานเนื่องจากการอ่านหนังสือ



☐ คนเข็นรถเข็นเดินซื้อของในห้าง มีงานเนื่องจากแรงดันรถเข็น



☐ คนเดินหิ้วกระเป๋า มีงานเนื่องจากแรงที่หิ้วกระเป๋า

รู้อะไรบ้างก่อนเรียน เขียนสิ่งที่รู้เกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย

ถ้าเราจำเป็นต้องย้ายกล่องหนัก ๆ จากพื้นชั้นท้ายรถบรรทุกการออกแรงยกกล่องขึ้นไปในแนวดิ่งตรง ๆ ต้องใช้แรงในการยกเท่ากับน้ำหนักของกล่องนั้น แต่ถ้านำไม้กระดานแผ่นหนึ่งมาพาดระหว่างพื้นกับท้ายรถบรรทุกแล้วดันหรือลากกล่องขึ้นไป พบว่าออกแรงน้อยกว่าน้ำหนักของกล่องนั้น จึงจัดว่าเป็นการผ่อนแรง นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดขนาดของแรงที่ใช้จึงน้อยลงและนักเรียนคิดว่ามีสิ่งอื่น ๆ อีกหรือไม่ที่ช่วยผ่อนแรง



ภาพ 5.4 การใช้พื้นเอียงในการนำวัตถุขึ้นรถบรรทุก