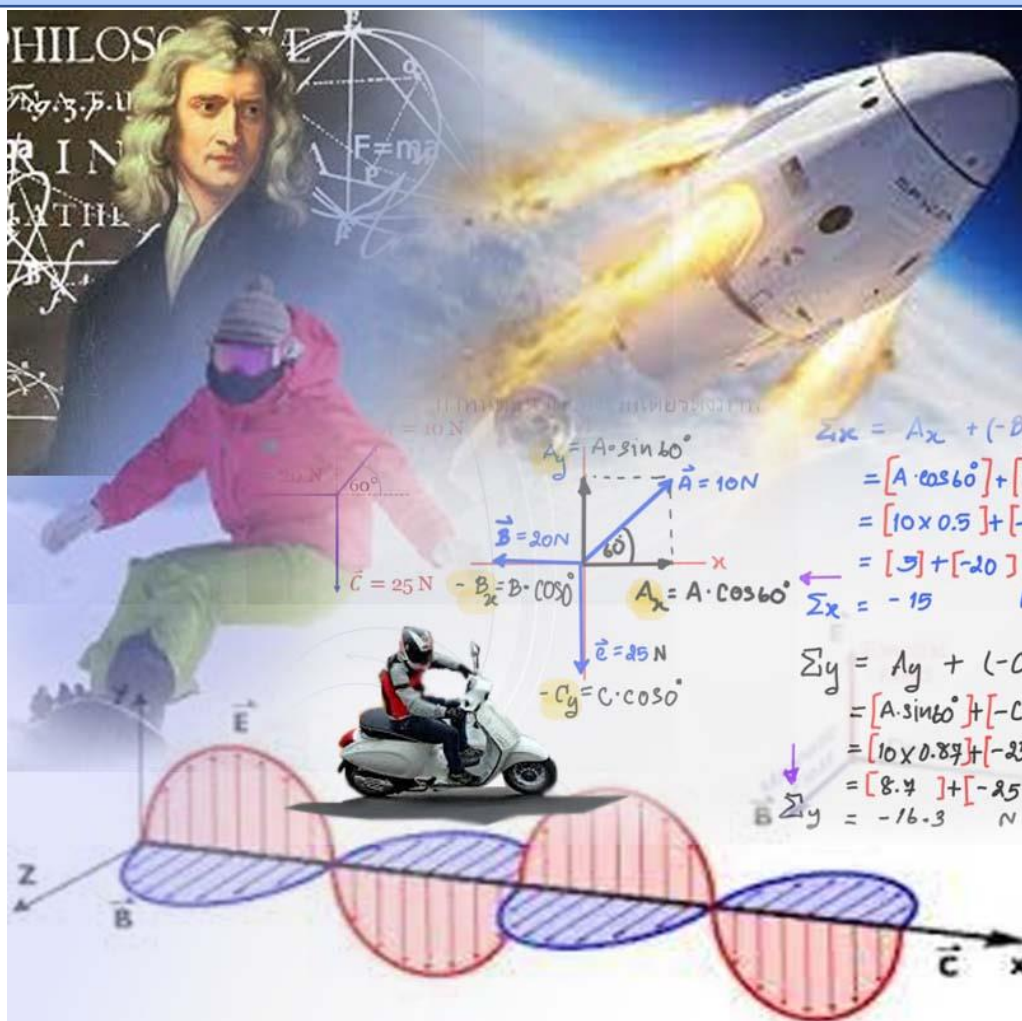


# Hyper Text

เอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงสื่อการสอน  
วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพอุตสาหกรรม รหัส 20000-1302



➤ อุตสาหกรรม สุทธิวิวัฒนะ

แผนกวิชาสามัญ สัมพันธ์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี  
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

# เอกสารการเรียนรู้ เชื่อมโยงสื่อการสอน (Hyper text)

รายวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20000-1302

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562

อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ

สาขาวิชา สามัญ สัมพันธ์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

## คำนำ

เอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงสื่อการสอน (Hypertext) รายวิชา 20000-1402 วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนในชั้นเรียน ขณะเดียวกันได้จัดทำสื่อการสอนประกอบเนื้อหาทั้งหมดด้วยคลิป วิดีทัศน์ เพื่อมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองทุกช่วงเวลาที่ต้องการ ช่วยเหลือนักเรียนที่เข้าชั้นเรียนไม่ต่อเนื่องทำให้ไม่สามารถปะติดปะต่อความรู้ในหน่วยอื่นๆ ได้ หรือนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด สามารถเรียนรู้คลิปวิดีโอที่สนใจได้ตามความประสงค์ คุณภาพของสื่อการสอน ประเภทคลิปวิดีโอภาพและเสียง มุ่งเน้นการนำไปใช้บนสมาร์ตโฟนที่ผู้เรียนที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย

เอกสารการเรียนรู้แบ่งโครงสร้างไว้ 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2) ส่วนเนื้อหาบทเรียน เชื่อมโยงสื่อการสอนประเภทคลิปวิดีโอที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และ 3) เอกสารใบงานเพื่อทำกิจกรรมการทดลอง สำรวจตรวจสอบความรู้ กิจกรรมเรียนรู้ เพื่อสร้างความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน และแบบฝึกหัดท้ายหน่วย เพื่อทบทวนและสร้างความคิดรวบยอดของหน่วยเรียนรู้

เนื้อหาหน่วยเรียนรู้ได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตร จัดแบ่งเป็น 8 หน่วย คือ เวกเตอร์ แรงแรง สมดุล การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ งาน พลังงานและกำลังงาน คลื่นกล และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กำหนดวัตถุประสงค์และสร้างกิจกรรมให้ตรงกับสมรรถนะรายวิชาไว้ด้วย

ในการจัดทำเอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงสื่อการสอนฉบับนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา เดชนะ (วท.ม.) อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาของเอกสารการสอนฉบับนี้ ผู้จัดทำหวังว่าเอกสารการเรียนรู้ เชื่อมโยงสื่อการสอนนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง

อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ

5 มิถุนายน 2565



## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำเอกสารการเรียนรู้ เชื่อมโยงสื่อการสอน (Hypertext) ฉบับนี้ สำเร็จได้ต้องใช้เวลาในการค้นคว้า เขียนเนื้อหาบทเรียน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหารายวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม เสนอแนะข้อมูลความรู้ในสาขาฟิสิกส์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา เดชนะ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ดร.อนุรักษ์ รอดบำรุง และดร.เบญจมาศ เนติวิรักษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ยะบุญธง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ดร.ภูวดล บัวบางพลู มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ทำการตรวจคุณภาพของรูปแบบเอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงสื่อการสอน (Hypertext) เสนอแนะข้อแก้ไข เพื่อให้เอกสารการเรียนรู้ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้เหมาะสมกับผู้เรียนในสถาบันอาชีวศึกษา และขอกราบขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณครูพรพรรณ สุทธิวิณะ ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์ ตรวจสอบแก้ไข จัดหาวัสดุในการจัดทำเอกสารการเรียนรู้และการนำไปทดลองใช้

ขอขอบคุณนักเรียน สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ปวช. 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มทดลองให้ความร่วมมือ และเห็นความสำคัญของเอกสารการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนกลุ่มดังกล่าวได้ใช้เรียน ในรูปแบบการเรียนออนไลน์ช่วงสถานการณ์โควิด ทำให้ผลการเรียนอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ

ขอขอบคุณบุคคลในครอบครัว ที่อำนวยความสะดวก ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจในการจัดทำเอกสารการเรียนรู้ฉบับนี้จนแล้วสำเร็จลุล่วงด้วยดี

อุบลวรรณ สุทธิวิณะ

5 มิถุนายน 2565



## สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญ Qr Code	(15)
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	(25)
คู่มือการเรียนรู้ด้วยเอกสารประกอบการเรียนรู้ เชื่อมโยงสื่อการสอน (Hyper Text)	(27)
หน่วยที่ 1 เวกเตอร์ (Vector)	1
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 1 (Work sheet)	35
หน่วยที่ 2 แรง (Force)	53
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 2 (Work sheet)	83
หน่วยที่ 3 สมดุล (Equilibrium)	101
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 3 (Work sheet)	131
หน่วยที่ 4 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Motion in 1 Dimension)	145
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 4 (Work sheet)	175
หน่วยที่ 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	185
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 5 (Work sheet)	201
หน่วยที่ 6 งาน พลังงาน และกำลัง (Work Energy & Power)	213
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 6 (Work sheet)	237
หน่วยที่ 7 คลื่นกล (Magnetic wave)	249
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 7 (Work sheet)	271
หน่วยที่ 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves - EM)	283
เอกสารใบงาน หน่วยที่ 8 (Work sheet)	305
บรรณานุกรม	311
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	314





## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1	เปรียบเทียบปริมาณสเกลาร์ของระยะทางกับปริมาณเวกเตอร์ของการกระจัด	9
1.2	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวกเตอร์ $\vec{A} + \vec{B}$ เท่ากับ $\vec{B} + \vec{A}$	13
1.3	แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรง $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$	28
1.4	แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรง $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$ จากภาพที่ 2.26 ด้วยวิธีการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส	29
1.5	แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรงด้วยวิธีแยกเวกเตอร์องค์ประกอบ	30
1.6	อัตราส่วนตรีโกณมิติ และค่าประมาณ	31
1.7	ค่าประมาณของค่า $\sin$ $\cos$ และ $\tan$ ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ค่าอยู่ระหว่าง 0 - 90 องศา	32
2.1	ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	76
3.1	การเขียนทิศทางของโมเมนต์	120
4.1	สรุปลักษณะของความเร่ง (a) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	172
5.1	เปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงกับแบบโพรเจกไทล์	193
8.1	ความยาวคลื่นและความถี่ของสเปกตรัมของคลื่นแสง	297
8.2	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ	301



## สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
1.1	เส้นลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์	11
1.2	เส้นลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์ โจทย์ตัวอย่าง 1.2	11
1.3	เส้นลูกศรแสดงการรวมเวกเตอร์ ทางต่อหัว	12
1.4	เส้นลูกศรแทน ผลลัพธ์รวมเวกเตอร์	12
1.5	แสดงการบวก ( $+\vec{P}$ ) และลบเวกเตอร์ ( $-\vec{P}$ )	13
1.6	$+\vec{A}$ ขนาดเท่ากับ ( $-\vec{A}$ ) แต่มีทิศตรงข้ามกัน	13
1.7	$\vec{A}$ และ $\vec{B}$ ทำมุมต่อกัน $90^\circ$	15
1.8	รูปสามเหลี่ยม	17
1.9	พิกัดฉาก แกน $x$ และ $y$	19
1.10	รูปสามเหลี่ยมมุมฉากเพื่อหาขนาด $A_x$	20
1.11	แสดงขนาดมุมของรูปหลายเหลี่ยมมุมฉาก เพื่อหาขนาด $A_y$	20
1.12	การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.6	21
1.13	การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.7	21
1.14	การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.8	22
1.15	การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.9	23
1.16	การรวมเวกเตอร์ 3 เวกเตอร์	24
1.17	การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.10	24
1.18	รูปหลายเหลี่ยมจากการรวมเวกเตอร์ $\Sigma x$ และ $\Sigma y$	25
1.19	เวกเตอร์ 1 มิติ บนเส้นตรง	28
1.20	ทิศทางต่างระนาบกันทำมุมต่อกัน	28
1.21	เวกเตอร์ทำมุมต่อกันที่มีทิศทางต่างระนาบกันมากกว่า 2 เวกเตอร์	29
2.1	เส้นลูกศรแทนทิศทางของน้ำหนั้ววัตถุ	61
2.2	การทดลองแรงระหว่างวัตถุที่มีประจุ	63
2.3	แรงทางไฟฟ้าระหว่างประจุ	64
2.4	ทิศของแรงทางไฟฟ้าประจุบวก และประจุลบ	65
2.5	ทิศของแรงทางไฟฟ้าประจุบวกและประจุลบในสนามไฟฟ้า	65

## สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
2.6	เส้นแรงแม่เหล็ก จากการโรยผงตะไบเหล็ก	66
2.7	ทิศทางของสนามแม่เหล็กเมื่อวางขั้วต่างกันและขั้วเหมือนกัน	66
2.8	ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force กับน้ำหนักวัตถุ (Weight)	68
2.9	ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) เมื่อวางบนพื้นราบ และพื้นเอียง	69
2.10	ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) เมื่อวางบนพื้นราบ	69
2.11	ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อวัตถุแขวนอยู่นิ่งๆ	71
2.12	ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อวัตถุถูกยกขึ้นด้วยความเร่ง (a)	71
2.13	ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อผูกเชือกกับต้นเสา หรือลากวัตถุ	72
2.14	เปรียบเทียบการเกิดแรงเสียดทานของถังน้ำ	73
2.15	ทิศของแรงเสียดทาน ( $f$ ) ตรงข้ามกับแนวการเคลื่อนที่	74
2.16	แสดงปริมาณของแรงเสียดทานสถิตสูงสุด มากกว่าแรงเสียดทานจลน์	75
2.17	ประโยชน์ และโทษของแรงเสียดทาน	78
3.1	วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต	108
3.2	วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลจลน์	109
3.3	คนโหนเชือก รูปอิสระแรงดึงเชือก (T) มีทิศตรงข้ามกับน้ำหนักวัตถุ (w)	111
3.4	ออกแรงดึงเชือก ด้วยแรง 3 แรง	112
3.5	แรงจากการลากถังน้ำ	113
3.6	แรงจากการผลักถังขยะ	114
3.7	สมดุลแรง 3 แรง คำนวณด้วยทฤษฎีลามี	116
3.8	แขนของโมเมนต์	118
3.9	แขนของโมเมนต์ เมื่อแรงกระทำตั้งฉากกับด้ามประแจ	119
3.10	แขนของโมเมนต์ เมื่อแรงกระทำผ่านจุดหมุน	119
3.11	ทิศทางของโมเมนต์	119
3.12	แขนของโมเมนต์ ของน้ำหนักคาน	120
3.13	แขนวัตถุ A, B และ C ไว้บนคาน	121
3.14	แขนวัตถุมวล A และ B ไว้บนตำแหน่งปลายคาน	122

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
3.15	แขนของโมเมนต์ของแรงกระทำและน้ำหนักคานกระดก	123
3.16	กัณฑ์ใบพัดของแรงคู่ควบ	124
3.17	การใช้ประโยชน์ของโมเมนต์ และสมดุลแรง	125
4.1	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวราบ (a) และแนวตั้ง (b) เทียบกับพื้นโลก	150
4.2	การกระจัด $\vec{d}$ และ ระยะทาง (s) เป็นการเคลื่อนที่จากบ้าน ไปยังโรงเรียน	151
4.3	เวลาของการกระจัด	153
4.4	การกระจัด (Displacement) กับความเร็ว (Velocity) เป็นปริมาณเวกเตอร์ ส่วนระยะทางและอัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ โดย s แทน ระยะทาง, $\vec{d}$ แทน การกระจัด, $\vec{v}$ แทนความเร็ว, t แทน เวลา	153
4.5	(a) ความเร็วที่มีค่าเป็นบวกทิศของความเร็วไปในทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (b) ความเร็วที่มีค่าเป็นลบทิศของความเร็วทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่	155
4.6	กราฟความเร็ว – เวลา (v-t) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว ความเร็วต้นน้อยกว่าความเร็วสุดท้าย	158
4.7	ทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของวัตถุอยู่ในทิศเดียวกับความเร่ง (+ a) ทำให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น เนื่องจากความเร็วปลายมากกว่าความเร็วต้น	158
4.8	กราฟความเร็ว – เวลา (v-t) สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว และความเร็วเริ่มต้น (u ) มีค่ามากกว่าความเร็วสุดท้าย (v)	159
4.9	ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุอยู่ในทิศตรงข้ามกับความเร่ง (-a) ทำให้เคลื่อนที่ช้าลงหรือเคลื่อนที่แบบมีความหน่วง เนื่องจากความเร็วต้นมากกว่าความเร็วปลาย (u > v)	159
4.10	กราฟความเร็ว – เวลา (v-t) สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว (a = 0) และความเร็วต้นเท่ากับความเร็วปลาย (u = v)	160
4.11	วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว เนื่องจาก u = v	160
4.12	การตกอย่างเสรีของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	161
4.13	ทิศทางของความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง (g)	161
4.14	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง a ที่มีค่าเป็นบวก	164

## สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
4.15	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง $a$ ที่มีค่าเป็นบวก	165
4.16	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้ระยะทาง 1,500 เมตร ด้วยความเร่ง ( $a$ )	165
4.17	ความเร็วลูกมะพร้าวที่จุดตกกระทบ	166
4.18	เวลาที่ลูกมะพร้าวตกสู่พื้นดิน	167
4.19	โยนลูกเทนนิสขึ้นในแนวตั้ง	167
4.20	การเดินทางจากที่พัก (A) ถึง ทำงาน (B)	168
4.21	ความเร่งของฝน	170
5.1	ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	189
5.2	เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีลักษณะโค้งพาราโบลา	189
5.3	ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	190
5.4	4 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์รับรองศาในการให้ความเร็วต้น สัมพันธ์กับระยะทางที่จุดตกกระทบพื้น	191
5.5	การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ความเร็วในแนวตั้ง (แกน $y$ ) ถูกดึงดูด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ความเร็วในแนวแกน $x$ เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ( $a = 0$ ) ทุก ๆ ตำแหน่งความเร็วแกน $x$ เท่ากัน	192
5.6	การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกอล์ฟเคลื่อนจากแนวระดับ	195
5.7	แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของการเตะลูกวอลเลย์	196
6.1	การเกิดงาน ในลักษณะต่าง ๆ	218
6.2	ตัวอย่างการเกิดงาน ด้วยการออกแรงในลักษณะต่างๆ	220
6.3	งานจากการเลื่อนหนังสือไปบนโต๊ะ	220
6.4	รถแทรกเตอร์ลากแท่งหิน	221
6.5	พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกตุ้มเหล็ก	224
6.6	พลังงานศักย์โน้มถ่วงของหม้อ	224
6.7	พลังงานศักย์ยืดหยุ่น จากการออกแรงดึงสปริงให้ยืดออก	225
6.8	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วง กับพลังงานจลน์	228
6.9	สูบน้ำจากบ่อ ขึ้นบนถังน้ำ	233
7.1	การกระเพื่อมของน้ำ เป็นคลื่นชนิดหนึ่ง	254

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
7.2	การเกิดคลื่นในเชือก	254
7.3	ชนิดของคลื่นที่แบ่งตามลักษณะกำเนิดคลื่น	256
7.4	องค์ประกอบของคลื่น	257
7.5	แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วยความถี่ 3 เฮิรตซ์	258
7.6	เฟสของคลื่น	259
7.7	การสะท้อนกลับของคลื่นแสงบนกระจกผิวเรียบ	260
7.8	การหักเหของแสงในแก้วน้ำ	261
7.9	แสงผ่านตัวกลางอากาศ และเกิดการหักเหในแท่งพลาสติก	261
7.10	คลื่นจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งเคลื่อนที่มาพบกันเกิดการแทรกสอด	264
7.11	คลื่น 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน	264
7.12	การเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อผ่านช่องเล็กๆ ที่เรียกว่า สลิต	265
7.13	เส้นโยนนำแสง ใช้หลักการสะท้อนของคลื่น	266
7.14	คลื่นไมโครเวฟ หาดำแหน่งวัตถุด้วยหลักการสะท้อนของคลื่น	266
8.1	การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉากบนระนาบ ระหว่างกัน	289
8.2	การแผ่ของคลื่นแสงโพลาไรซ์ มีทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่	290
8.3	ภาพขดลวดเหนี่ยวนำในการทดลองของเฮิร์ตซ์	290
8.4	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จำแนกชนิดของคลื่นตามความถี่ และ ความยาวคลื่น	292
8.5	ชนิดของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งตามขนาดความยาวคลื่นและการใช้งาน	293
8.6	การส่งสัญญาณของคลื่นวิทยุในระบบเอเอ็ม และเอฟเอ็ม	295
8.7	การส่งสัญญาณไมโครเวฟผ่านดาวเทียม	295
8.8	ประโยชน์ของการใช้ไมโครเวฟ	296
8.9	ประโยชน์ของการใช้รังสีอินฟราเรดในการทำแผนที่	296
8.10	คลื่นแสงประกอบด้วยแสงสีต่างๆ ที่มีความยาวคลื่น 400 – 700 nm	297
8.11	ภายในหลอดรังสีเอกซ์	299






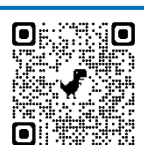





## สารบัญควิอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=MYhxeqAbExw">https://www.youtube.com/watch?v=MYhxeqAbExw</a> ชื่อเรื่อง ปริมาณทางฟิสิกส์ (หน่วย 1)	8
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=UmWCJDgyhI8">https://www.youtube.com/watch?v=UmWCJDgyhI8</a> ชื่อเรื่อง เปรียบเทียบปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ (หน่วย 1)	9
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=UmWCJDgyhI8">https://www.youtube.com/watch?v=UmWCJDgyhI8</a> ชื่อเรื่อง แสดงการหาผลลัพท์การกระจัดด้วยพิกทอรัส (หน่วย 1)	9
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=OVmPYJSEi4g">https://www.youtube.com/watch?v=OVmPYJSEi4g</a> ชื่อเรื่อง บทนำการรวมเวกเตอร์ (หน่วย 1)	10
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=r5NCMXuDnYA">https://www.youtube.com/watch?v=r5NCMXuDnYA</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1.2 การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว) (หน่วย 1)	11
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=J_P1T90upu0">https://www.youtube.com/watch?v=J_P1T90upu0</a> ชื่อเรื่อง อัตราส่วนการเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว) (หน่วย 1)	12
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=kSmAgptVOQI">https://www.youtube.com/watch?v=kSmAgptVOQI</a> ชื่อเรื่อง การลบเวกเตอร์ (หน่วย 1)	14
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=H8wjimr4NHY">https://www.youtube.com/watch?v=H8wjimr4NHY</a> ชื่อเรื่อง คำนวณเวกเตอร์มุมฉาก ด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส (หน่วย 1)	15
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=vHe1xE_jT20">https://www.youtube.com/watch?v=vHe1xE_jT20</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1_4 รวมเวกเตอร์ด้วยพีทาโกรัส (หน่วย 1)	15







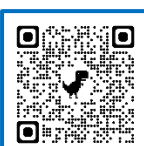
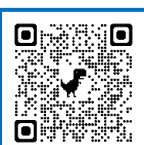

## สารบัญควิอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=nNFxMO29NNU">https://www.youtube.com/watch?v=nNFxMO29NNU</a> ชื่อเรื่อง การรวมเวกเตอร์ ไม่เป็นมุมฉาก_ทฤษฎีพิทาโกรัส (หน่วย 1)	17
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0cNjKlo_Nr4">https://www.youtube.com/watch?v=0cNjKlo_Nr4</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1.5 คำนวณทฤษฎีพิทาโกรัส (หน่วย 1)	18
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=iRtNzgS1ofE">https://www.youtube.com/watch?v=iRtNzgS1ofE</a> ชื่อเรื่อง การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ (หน่วย 1)	19
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=U5RjyaT4lcc">https://www.youtube.com/watch?v=U5RjyaT4lcc</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1.6 แยกเวกเตอร์ (หน่วย 1)	21
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=hohEZqA2II0">https://www.youtube.com/watch?v=hohEZqA2II0</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1_7 แยกเวกเตอร์มุม 0 องศา (หน่วย 1)	21
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=CpH0CXpgHec">https://www.youtube.com/watch?v=CpH0CXpgHec</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1.8 แยกเวกเตอร์มุม 37 องศา (หน่วย 1)	22
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=_lRCqp4lwGg">https://www.youtube.com/watch?v=_lRCqp4lwGg</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1.9 การแยกเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ (หน่วย 1)	22
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=pC_DGfdPtLU">https://www.youtube.com/watch?v=pC_DGfdPtLU</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 1_10 หาผลลัพท์เวกเตอร์โดยแยกเวกเตอร์ (หน่วย 1)	24
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=wwzuZ1QSUqg">https://www.youtube.com/watch?v=wwzuZ1QSUqg</a> ชื่อเรื่อง การหาทิศทางของเวกเตอร์ลัพท์ (หน่วย 1)	26










## สารบัญควิอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=GwcQLSRaUpU">https://www.youtube.com/watch?v=GwcQLSRaUpU</a> ชื่อเรื่อง ตารางฟังก์ชันตรีโกณมิติ (หน่วย 1)	26
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VK_Lw4UB36E">https://www.youtube.com/watch?v=VK_Lw4UB36E</a> ชื่อเรื่อง แรงสนาม_แรงโน้มถ่วง (หน่วย 2)	59
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=f-u_bRi-yR8">https://www.youtube.com/watch?v=f-u_bRi-yR8</a> ชื่อเรื่อง การแปลงหน่วยนิวตัน (หน่วย 2)	62
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YTSGO1O88Aw">https://www.youtube.com/watch?v=YTSGO1O88Aw</a> ชื่อเรื่อง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า. กวดวิชาพี่สาย ชลบุรี. YouTube.	65
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FEALUPwdUio">https://www.youtube.com/watch?v=FEALUPwdUio</a> ชื่อเรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ตอนที่ 1. สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	67
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=QUIZXCammPg">https://www.youtube.com/watch?v=QUIZXCammPg</a> ชื่อเรื่อง แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (หน่วย 2)	68
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eSBSXs7WepM">https://www.youtube.com/watch?v=eSBSXs7WepM</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 2.4_ แรงปฏิกิริยาพื้นเอียง (หน่วย 2)	70
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=sF1wY6U1b2U">https://www.youtube.com/watch?v=sF1wY6U1b2U</a> ชื่อเรื่อง แรงดึงเชือก (Tension) (หน่วย 2)	71
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1_uYW0tVbOw">https://www.youtube.com/watch?v=1_uYW0tVbOw</a> ชื่อเรื่อง link แรงดึง กฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน (หน่วย 2)	71

## สารบัญคิวอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=UlzFX_pPF4">https://www.youtube.com/watch?v=UlzFX_pPF4</a> ชื่อเรื่อง link แรงดึง กฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน (หน่วย 2)	71
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=AgvYFiY2l6Y">https://www.youtube.com/watch?v=AgvYFiY2l6Y</a> ชื่อเรื่อง แรงเสียดทาน (หน่วย 2)	73
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Oy0hOdcAwSM">https://www.youtube.com/watch?v=Oy0hOdcAwSM</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างคำนวณแรงเสียดทานจากการทดลอง (หน่วย 2)	74
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=-FhMSUFW80">https://www.youtube.com/watch?v=-FhMSUFW80</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างที่ 2.5 เสียดทาน (f) (หน่วย 2)	76
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bAeSM8jlpSA">https://www.youtube.com/watch?v=bAeSM8jlpSA</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 2.6 แรงเสียดทาน (หน่วย 2)	77
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=l44S6m6uVG0">https://www.youtube.com/watch?v=l44S6m6uVG0</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 2.7 แรงเสียดทานพื้นเอียง (หน่วย 2)	77
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=M5aowjklxV8&amp;t=19s">https://www.youtube.com/watch?v=M5aowjklxV8&amp;t=19s</a> ชื่อเรื่อง สมดุลตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (หน่วย 3)	108
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=zoZTXCcmXx4">https://www.youtube.com/watch?v=zoZTXCcmXx4</a> ชื่อเรื่อง เงื่อนไขสมดุลแรง (หน่วย 3)	110
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=iTQhg60lrOY">https://www.youtube.com/watch?v=iTQhg60lrOY</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.3 สมดุลแรง (หน่วย 3)	111










## สารบัญคิวอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=U8emDEzJON0">https://www.youtube.com/watch?v=U8emDEzJON0</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.4 สมดุลแรง 3 แรง (หน่วย 3)	113
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=rnEV9PlHrhw">https://www.youtube.com/watch?v=rnEV9PlHrhw</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.5 สมดุลแรง (แรงเสียดทาน) (หน่วย 3)	114
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cV0ml4ymK9Y">https://www.youtube.com/watch?v=cV0ml4ymK9Y</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.6 สมดุลแรง 3 แรง (หน่วย 3)	115
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=JrimomldEM">https://www.youtube.com/watch?v=JrimomldEM</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.7 สมดุลแรง_ทฤษฎีลามี (หน่วย 3)	116
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ot0dyiyDbN0">https://www.youtube.com/watch?v=ot0dyiyDbN0</a> ชื่อเรื่อง โมเมนต์ และสมดุลโมเมนต์ (หน่วย 3)	118
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=rfs6ag94pi4">https://www.youtube.com/watch?v=rfs6ag94pi4</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.8 และ 3.9 สมดุลโมเมนต์ (หน่วย 3)	120
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=R_Vvy4lX42k">https://www.youtube.com/watch?v=R_Vvy4lX42k</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.10 สมดุลโมเมนต์ (หน่วย 3)	122
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=wVNHPvIMljw">https://www.youtube.com/watch?v=wVNHPvIMljw</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่างโจทย์ 3.11 สมดุลโมเมนต์ (หน่วย 3)	123
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=EUuSoNJCdal">https://www.youtube.com/watch?v=EUuSoNJCdal</a> ชื่อเรื่อง โมเมนต์คู่ควบ (หน่วย 3)	124

## สารบัญควิอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=oPKJZKOnSeA">https://www.youtube.com/watch?v=oPKJZKOnSeA</a> ชื่อเรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (หน่วย 4)	152
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=gk9JZp9LG6c">https://www.youtube.com/watch?v=gk9JZp9LG6c</a> ชื่อเรื่อง ความเร็วเฉลี่ย ขณะใดขณะหนึ่ง (หน่วย 4)	155
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=E79cUO1K5ws">https://www.youtube.com/watch?v=E79cUO1K5ws</a> ชื่อเรื่อง ความเร่ง (a) (หน่วย 4)	157
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=vMofOkvfHYQ">https://www.youtube.com/watch?v=vMofOkvfHYQ</a> ชื่อเรื่อง ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (g) (หน่วย 4)	161
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bUdyL3hYtZc">https://www.youtube.com/watch?v=bUdyL3hYtZc</a> ชื่อเรื่อง สมการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (หน่วย 4)	163
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=vPIPQDfX_-0">https://www.youtube.com/watch?v=vPIPQDfX_-0</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 4.6 ข้อ 1 การเคลื่อนที่เส้นตรง (a) (หน่วย 4)	164
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ep5O23FtPww">https://www.youtube.com/watch?v=Ep5O23FtPww</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 4.6 ข้อ 2 การเคลื่อนที่เส้นตรง (a) (หน่วย 4)	165
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eSYE2NtrRZc">https://www.youtube.com/watch?v=eSYE2NtrRZc</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 4.6 ข้อ 3 เคลื่อนที่เส้นตรง (a) (หน่วย 4)	165
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=j1K4NsuNnM0">https://www.youtube.com/watch?v=j1K4NsuNnM0</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 4.7 เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง g (หน่วย 4)	166

## สารบัญคิวอาร์โค้ด







QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YETJoLgbK2E">https://www.youtube.com/watch?v=YETJoLgbK2E</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 4.8 เคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง (หน่วย 4)	167
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=-f9JSvtwu0U">https://www.youtube.com/watch?v=-f9JSvtwu0U</a> ชื่อเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (หน่วย 5)	190
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=zgPgrbTh39k">https://www.youtube.com/watch?v=zgPgrbTh39k</a> ชื่อเรื่อง สมการ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (หน่วย 5)	193
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=uqDhUBhJO2o">https://www.youtube.com/watch?v=uqDhUBhJO2o</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 5.1 โพรเจกไทล์ (หน่วย 5)	195
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=uxnMRLSOHfw">https://www.youtube.com/watch?v=uxnMRLSOHfw</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 5.2 โพรเจกไทล์ (หน่วย 5)	196
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=5z7n4MS8xis">https://www.youtube.com/watch?v=5z7n4MS8xis</a> ชื่อเรื่อง 1 ความหมายของงาน (หน่วย 6)	219
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=MHbe8N570EY">https://www.youtube.com/watch?v=MHbe8N570EY</a> ชื่อเรื่อง 2 ตัวอย่าง: สมการงาน_W (หน่วย 6)	220
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=gKITL5dj5hA">https://www.youtube.com/watch?v=gKITL5dj5hA</a> ชื่อเรื่อง 3 ตัวอย่าง 6.1 งาน_W (หน่วย 6)	221
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=zJePgfRXE34">https://www.youtube.com/watch?v=zJePgfRXE34</a> ชื่อเรื่อง 4 ตัวอย่าง 6.2 งานสุทธิ_W (หน่วย 6)	221

## สารบัญคิวอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8tt3MAP5EFw">https://www.youtube.com/watch?v=8tt3MAP5EFw</a> ชื่อเรื่อง 5 พลังกายศักราชโน้มถ่วง (หน่วย 6)	223
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0kjz0d6vBlg">https://www.youtube.com/watch?v=0kjz0d6vBlg</a> ชื่อเรื่อง 6 พลังงานศักราชยึดหยุ่น (หน่วย 6)	225
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qjTAqZN87oo">https://www.youtube.com/watch?v=qjTAqZN87oo</a> ชื่อเรื่อง 7 พลังงานจลน์ (หน่วย 6)	227
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=2M3Wjy3UVyQ">https://www.youtube.com/watch?v=2M3Wjy3UVyQ</a> ชื่อเรื่อง 8 พลังงานกล (การอนุรักษ์พลังงาน) (หน่วย 6)	228
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=6cADmYvp2B0">https://www.youtube.com/watch?v=6cADmYvp2B0</a> ชื่อเรื่อง 9 พลังงานกล ตัวอย่าง 6.6 (หน่วย 6)	229
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bZPG-AvDrSY">https://www.youtube.com/watch?v=bZPG-AvDrSY</a> ชื่อเรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์	230
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LtLxUaSUjzU">https://www.youtube.com/watch?v=LtLxUaSUjzU</a> ชื่อเรื่อง 10 กำลังงาน (หน่วย 6)	231
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HwkXTJhRWPw">https://www.youtube.com/watch?v=HwkXTJhRWPw</a> ชื่อเรื่อง คลื่นกล (หน่วย 7)	254
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=CXDM9vYGEjk">https://www.youtube.com/watch?v=CXDM9vYGEjk</a> ชื่อเรื่อง สมบัติคลื่นกล (หน่วย 7)	260



## สารบัญควิอาร์โค้ด

QR Code	URL	หน้า
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eEoBFyqMe_w">https://www.youtube.com/watch?v=eEoBFyqMe_w</a> ชื่อเรื่อง ตัวอย่าง 7.2 ดัชนีหักเห (หน่วย 7)	262
	<a href="https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33737">https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33737</a> ชื่อเรื่อง การสะท้อนของแสง (หน่วย 7)	265
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=xpw9YFI4UNo">https://www.youtube.com/watch?v=xpw9YFI4UNo</a> ชื่อเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (หน่วย 8)	289
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FWCN_ul5ygY">https://www.youtube.com/watch?v=FWCN_ul5ygY</a> ชื่อเรื่อง Understanding Electromagnetic Radiation	290
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=GK0jd0xzk0s">https://www.youtube.com/watch?v=GK0jd0xzk0s</a> ชื่อเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (กวดวิชาพี่สาย ชลบุรี.)	291
	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=J1G2x0DdjJ8">https://www.youtube.com/watch?v=J1G2x0DdjJ8</a> ชื่อเรื่อง สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (หน่วย 8)	292

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รหัสวิชา 20000 -1302

ท-ป-น 1-2-2

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

### จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง สมดุล การเคลื่อนที่ งานและกำลังงาน คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. เพื่อให้สามารถคำนวณและทดลองทดสอบเกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง สมดุล การเคลื่อนที่ งาน พลังงาน และกำลัง คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน และงานอาชีพ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการศึกษา และสำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง สมดุล การเคลื่อนที่ งานและกำลังงาน คลื่น และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. คำนวณเวกเตอร์ แรง สมดุล และการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ตามหลักการ
3. สำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับลักษณะของคลื่น สมบัติของคลื่น งานพลังงาน และกำลังงาน

### คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเข้าใจเกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง แรงเสียดทาน สมดุล การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ งาน พลังงานและกำลังงาน คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเอง

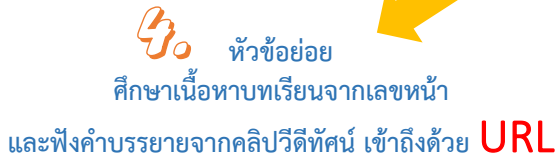
เชื่อมโยงสื่อการสอน

# Hyper Text

## องค์ประกอบของเอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงสื่อการสอน

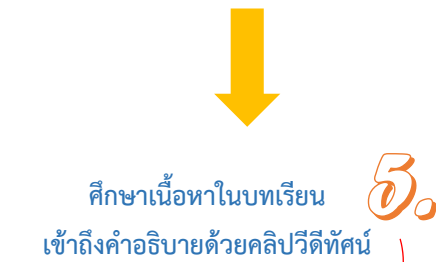
- 1) จุดประสงค์หน่วยเรียนรู้
- 2) กรอบแผนผังความคิดของหน่วยเรียนรู้
- 3) กรอบแผนผังความคิดของหัวข้อย่อย และลิงค์ เพื่อเชื่อมโยงคลิปวีดิทัศน์การสอนของครู เพื่ออธิบายบทเรียน
- 4) ลิงค์เชื่อมโยงคลิปวีดิทัศน์ ด้วย QR code และ URL เป็นทางเลือกการเข้าถึงคลิปวีดิทัศน์
- 5) เนื้อหาบทเรียน
- 6) กิจกรรมการเรียนรู้
- 7) แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนรู้
- 8) แบบทดสอบก่อนเรียน
- 9) แบบทดสอบหลังเรียน
- 10) ช่องทางปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอน เพื่อนำส่งกิจกรรมการเรียนรู้ และการให้ข้อมูลป้อนกลับ

# เริ่มต้นบทเรียน



2.2. การคำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส หน้า 12

[url: shorturl.at/iBLWY](http://shorturl.at/iBLWY)



เข้าถึงด้วย QR Code

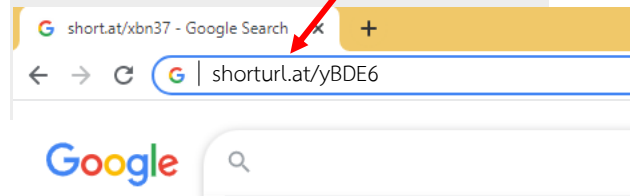


ด้วยไลน์แอปพลิเคชัน



เข้าถึงด้วย URL บน Google

ใส่ชื่อ url เช่น shorturl.at/yBDE6



6. ปฏิบัติกิจกรรมเรียนรู้  
(เมื่อศึกษาเนื้อหาจบแต่ละหัวเรื่อง)  
ทำลงในส่วนใบงาน (Work sheet)  
แนบท้ายในแต่ละหน่วย

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > ปริมาณเวกเตอร์ : Work sheet หน้า 1

7.

วิธีส่งงาน

ให้นักเรียนถ่ายภาพ หน้าใบงาน (Work sheet)

save file .jpeg หรือ .pdf

นำส่งใน Google Classroom

รหัสชั้นเรียน **zq65jo6**

8.

ครูตรวจสอบความถูกต้อง และให้ข้อมูลป้อนกลับ

ผ่านช่องทางนำส่งงานใน Google Classroom

รหัสชั้นเรียน **zq65jo6**

9.

ทำแบบทดสอบหลังเรียน

Google form

เมื่อศึกษาเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้

และปฏิบัติกิจกรรมเรียนรู้ครบทั้งหมด

จบบทเรียน > เริ่มเรียน > หน่วยการเรียนรู้ถัดไป

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- นักเรียนสามารถบอกความหมายและจำแนกปริมาณทางสเกลาร์และเวกเตอร์ได้
- นักเรียนสามารถแสดงการรวมเวกเตอร์ลัพธ์โดยการเขียนรูปแบบทางต่อหัวได้
- นักเรียนสามารถหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณด้วยทฤษฎีพิก้าโกรัสได้
- นักเรียนสามารถหาผลรวมของเวกเตอร์ส่วนประกอบบนพิกัดแกน  $x$  และ  $y$  ได้
- นักเรียนสามารถแสดงการคำนวณการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบได้
- นักเรียนสามารถแสดงการสำรวจตรวจสอบการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ในชีวิตประจำวันได้

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

- ปริมาณทางฟิสิกส์
  - ปริมาณสเกลาร์
  - ปริมาณเวกเตอร์
- การรวมเวกเตอร์
  - การรวมเวกเตอร์ลัพธ์โดยการเขียนรูปแบบทางต่อหัว
  - การรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณด้วยทฤษฎีพิก้าโกรัส
  - การรวมเวกเตอร์ลัพธ์ ด้วยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบได้
- การสำรวจตรวจสอบการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ในชีวิตประจำวัน

#### บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

เวลา 1 ชม.

(คะแนนเต็ม 30)

คำสั่ง ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนแสดงวิธีทำการหาผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์ ในกระดาษคำตอบ

ทำแบบทดสอบก่อนเรียน Google Form



### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

<https://tinyurl.com/2p94e62j>

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและจำแนกปริมาณทางฟิสิกส์ได้
2. นักเรียนสามารถแสดงการรวมเวกเตอร์ลัพธ์โดยการเขียนรูปแบบทางต่อหัวได้
3. นักเรียนสามารถหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัสได้
4. นักเรียนสามารถหาผลรวมของเวกเตอร์ส่วนประกอบบนพิกัดแกน  $x$  และ  $y$  ได้
5. นักเรียนสามารถแสดงการคำนวณการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบได้

ทำแบบทดสอบหลังเรียน Google Form


<https://tinyurl.com/mwjwj3aj>

1. ข้อใดเป็นความหมายของปริมาณเวกเตอร์

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| ก. ปริมาณที่บอกขนาดวัตถุ      | ค. ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง               |
| ข. ปริมาณที่บอกทิศทางของวัตถุ | ง. ปริมาณที่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน |

2. ข้อใดเป็นปริมาณสเกลาร์ทั้งหมด

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| ก. การกระจัด ระยะทาง อัตราเร็ว | ค. ความเร็ว ความเร่ง แรง     |
| ข. มวล ระยะทาง อัตราเร็ว       | ง. มวล ระยะทาง ความเร่ง เวลา |

3. ข้อใดสามารถใช้ลูกศรแสดงทิศทางได้

- |                   |                  |                  |                 |
|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| ก. มวล, อัตราเร็ว | ข. มวล, ความเร่ง | ค. เวลา, ปริมาตร | ง. น้ำหนัก, แรง |
|-------------------|------------------|------------------|-----------------|

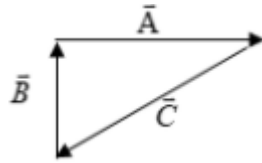




9. ถ้าเดินไปทางทิศเหนือ 45 เมตร และเดินย้อนกลับทางเดิมได้ 15 เมตร ผลลัพธ์การกระจัดได้เท่าใด

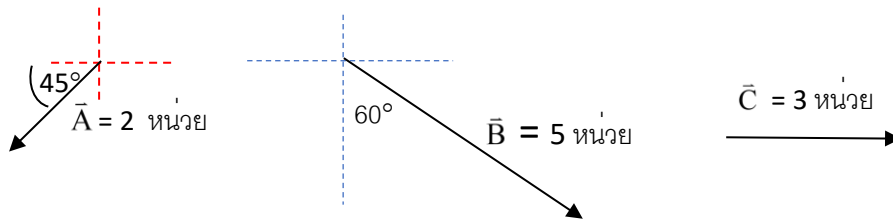
- ก. 15 เมตร ทางทิศเหนือ
- ค. 30 เมตร ทางทิศใต้
- ข. 30 เมตร ทางทิศเหนือ
- ง. 60 เมตร ทางทิศใต้

10. ข้อใดเขียนสัญลักษณ์การรวมเวกเตอร์ได้ถูกต้อง



- ก.  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{R}$
- ข.  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0$
- ค.  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$
- ง.  $\vec{A} - \vec{B} = \vec{C}$

11. กำหนดเวกเตอร์ด้านล่าง ผลบวกเวกเตอร์อยู่ในทิศทางใด

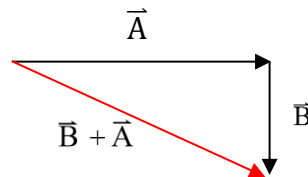


- ก. ทิศ N
- ค. ทิศ E 33.5 S
- ข. ทิศ E
- ง. ทิศ W 17.8 S

12. จากข้อ 11 ทิศทางของผลลบเวกเตอร์ของ  $\vec{A} - \vec{C}$

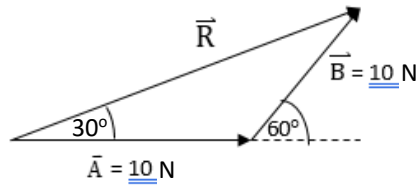
- ก. ทิศ N
- ค. ทิศ E 33.5 S
- ข. ทิศ E
- ง. ทิศ W 17.8 S

13. ชายคนหนึ่งขับรถไปทางทิศตะวันออก 12 กม. และขับรถต่อไปทางทิศใต้ 5 กม. เขาเดินทางห่างจากจุดตั้งต้นเดิมเท่าใด



- ก. 5 กม.
- ข. 10 กม.
- ค. 13 กม.
- ง. 15 กม.

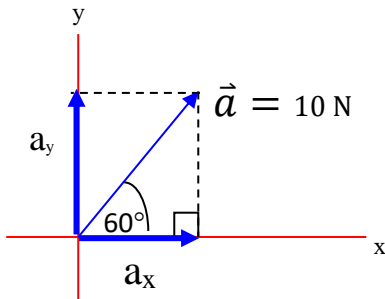
14. ออกแรง 2 แรง ขนาด 10 N เท่ากัน แต่มีทิศต่างกันดังรูป เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ ข้อใดคือผลลัพธ์



- ก. 50 N                      ข. 101 N                      ค. 250 N                      ง. 173.2 N

โจทย์ด้านล่างจงตอบคำถาม ข้อ 15-16

รูปแสดงเวกเตอร์  $\vec{a}$  เมื่อแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบบนพิกัดแกน x และ y



15. ขนาดของเวกเตอร์  $a_x$  ตรงกับข้อใด

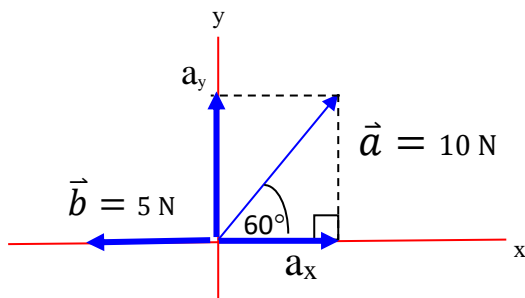
- ก.  $a \cos 60^\circ$                       ข.  $a \sin 60^\circ$                       ค.  $a \cos 30^\circ$                       ง.  $a \cos 0^\circ$

16. ขนาดของเวกเตอร์  $a_y$  ตรงกับข้อใด

- ก. 0                                      ข. 5 N                                      ค. 8.7 N                                      ง. 10 N

โจทย์ด้านล่างจงตอบคำถาม ข้อ 17-20

เวกเตอร์  $\vec{a}$  และ  $\vec{b}$  เมื่อแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบบนพิกัดแกน x และ y



17. จากภาพด้านบน ขนาด  $b_x$  หาขนาดได้จากข้อใด

- ก.  $b \cos 60^\circ$       ข.  $b \cos 90^\circ$       ค.  $b \sin 60^\circ$       ง.  $b \cos 0^\circ$

18. จากภาพด้านบน จงหาขนาดผลรวมของเวกเตอร์ในแนวแกน X ( $\Sigma x$ )

- ก. 0      ข. 5      ค. -5      ง. 10

19. จากภาพด้านบน เวกเตอร์  $b_y$  มีขนาดเท่าไร

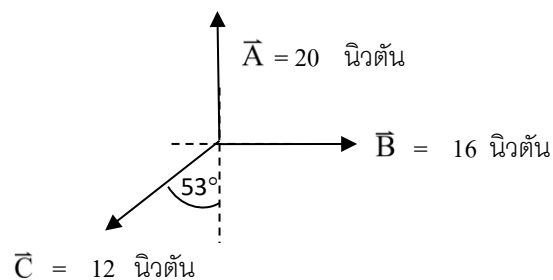
- ก. 0      ข. 5      ค. 8.7      ง. 10

20. จากภาพด้านบน ขนาดผลรวมของเวกเตอร์ในแนวแกน y ( $\Sigma y$ ) หาขนาดได้จากข้อใด

- ก.  $a \sin 30^\circ$       ค.  $(a \cos 60^\circ) + (b \cos 90^\circ)$   
 ข.  $a \sin 90^\circ$       ง.  $a \sin 60^\circ$

**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำ เพื่อหาขนาดของผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์ ด้วยวิธีการแยกเวกเตอร์ ส่วนประกอบ

1. จงหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$  กำหนดให้  $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$



2. ตรวจสอบผลลัพธ์ ด้วยวิธีการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว) \*\*ใช้ไม้โปรแทรกเตอร์ เพื่อวัดขนาดให้ถูกต้อง

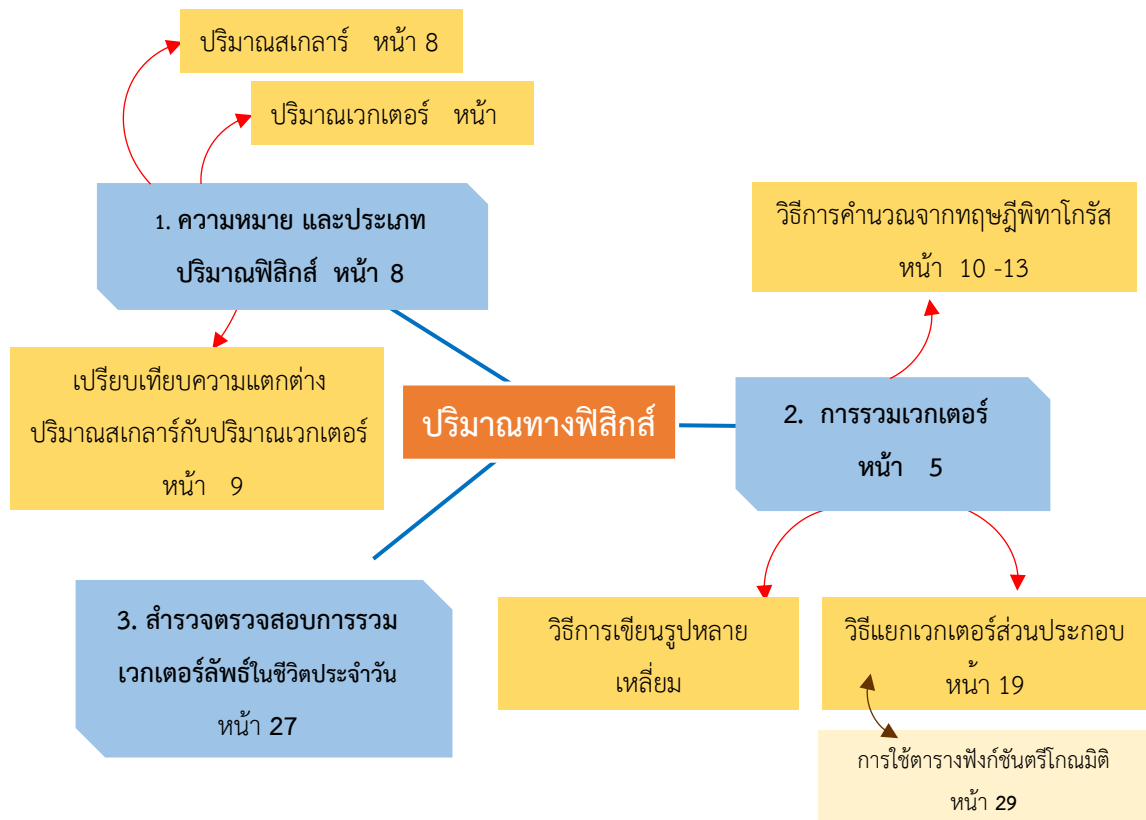
## เวกเตอร์

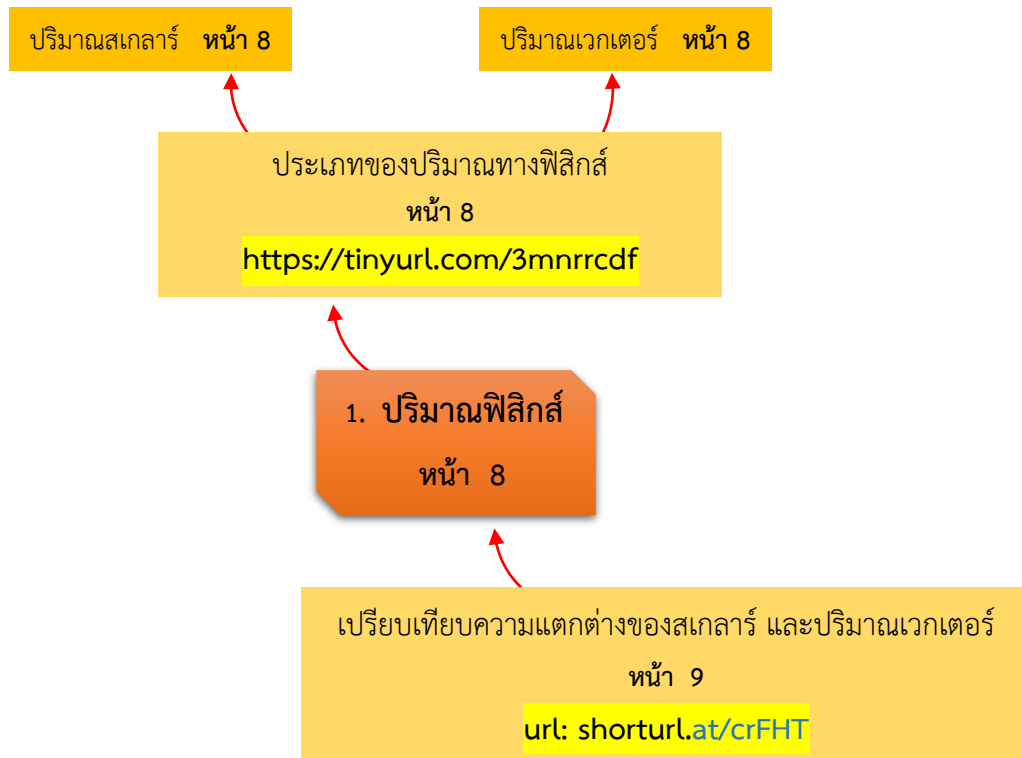
### บทนำ

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ล้วนเกี่ยวข้องกับความรู้ทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐาน ทั้งที่เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือการก่อกำเนิดเทคโนโลยี การใช้เครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ มากมาย ซึ่งเป็นการประยุกต์และนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์

ปริมาณเวกเตอร์เป็นพื้นฐานสำคัญของความรู้ทางฟิสิกส์ นักเรียนจึงจำเป็นต้องศึกษาให้เข้าใจคำว่าฟิสิกส์ (Physic) มาจากรากศัพท์ภาษากรีกโบราณ แปลความหมายว่า “ธรรมชาติ” ที่พยายามอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการสังเกต การทดลอง แล้วสรุปด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎี กับการทดลอง

เพื่อความเข้าใจหลักความรู้ทางฟิสิกส์ จึงควรศึกษาหัวเรื่องที่สัมพันธ์กันด้วยแผนภาพแสดงหัวเรื่องที่เกี่ยวข้งกัน ด้วยแผนภาพที่ 1.1 แสดงหน่วยย่อยด้วยการเชื่อมโยง (Link) ดังนี้





## 1. ปริมาณทางฟิสิกส์ <https://tinyurl.com/3mnrrcdf>



คือ สิ่งที่สามารถวัดค่าได้ บอกค่าได้แน่นอนและใช้แสดงขนาดของวัตถุเชิงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ทางกายภาพ ด้วยการวัด สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท

1.1 ปริมาณสเกลาร์ คือ ปริมาณที่กำหนดขนาด (Magnitude) แล้วเข้าใจได้อย่างสมบูรณ์ เช่น มวล ระยะทาง เวลา ความหนาแน่น พลังงานและอุณหภูมิ เป็นต้น (ไฟโรจน์ ตีรณานกุล, มปป. หน้า 20)

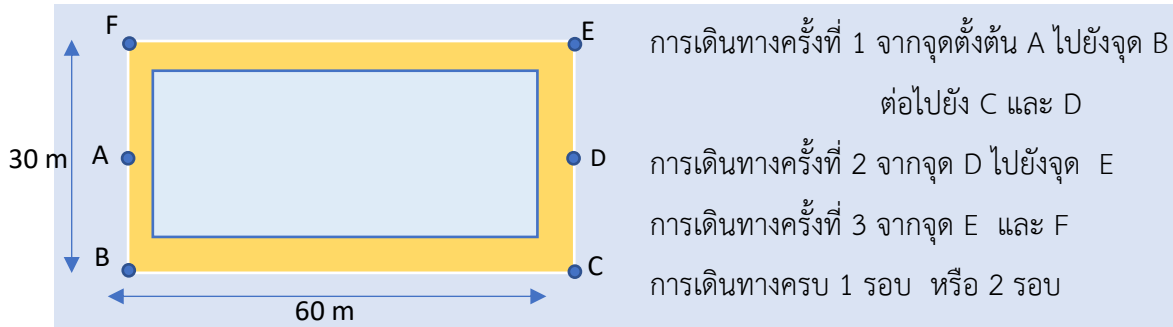
1.2 ปริมาณเวกเตอร์ คือ ปริมาณที่ต้องกำหนดทั้งขนาดและทิศทาง จึงจะมีความหมายที่สมบูรณ์ เช่น แรง ความเร็ว ความเร่ง การกระจัด ความเข้มสนามไฟฟ้า กระแสเหนี่ยวนำ เป็นต้น (ไฟโรจน์ ตีรณานกุล, มปป. หน้า 20)

<https://tinyurl.com/52shxpdr>



## ความแตกต่างของสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์

ตัวอย่างที่ 1.1 สระว่ายน้ำขนาดกว้าง 30 เมตร และยาว 60 เมตร เมื่อเดินไปตามขอบสระว่ายน้ำ จากจุด A ที่กึ่งกลางข้างสระ ดังภาพ



ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบปริมาณสเกลาร์ของระยะทางกับปริมาณเวกเตอร์ของการกระจัด

ระยะทาง (s)	การกระจัด ( $\vec{d}$ )
การเดินทางจาก ตั้งต้น A ไปตามจุดต่าง ๆ ตามขอบสระ	
จาก A ผ่าน B,C ถึง D = 90 m	จาก A ถึง D = 60 m ทิศตะวันออก
จาก A ผ่าน B,C,D ถึง E = 105 m	จาก A ถึง E = 61.84 m ทิศ E 14° N
จาก A ผ่าน B,C,D,E ถึง F = 165 m	จาก A ถึง F = 15 m ทิศเหนือ
จาก A ถึง A ครบรอบ = 180 m	จาก A ถึง A ครบรอบ = 0 m
จาก A ถึง A จำนวน 2 รอบ = 360 m	จาก A ถึง A จำนวน 2 รอบ = 0 m

กระจัด A ถึง E คำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส

$$\begin{aligned}
 AE &= \sqrt{AD^2 + DE^2} \\
 &= \sqrt{60^2 + 15^2} \\
 &= \sqrt{3600 + 225} \\
 &= \sqrt{3825} \\
 \therefore AE &= 61.84 \text{ m}
 \end{aligned}$$



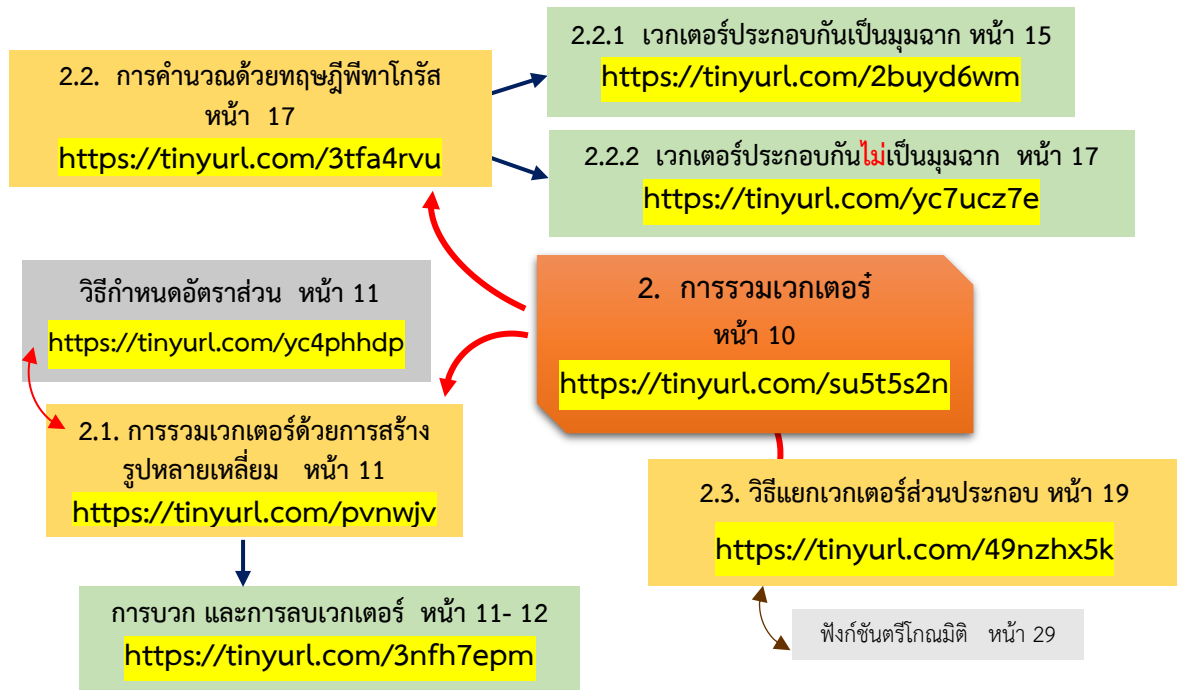
แสดงการหาผลลัพธ์

<https://tinyurl.com/mrtv4vmk>

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > ปริมาณเวกเตอร์ : Work sheet หน่วย 1 > หน้า 35



## 2. การรวมเวกเตอร์ <https://tinyurl.com/su5t5s2n>



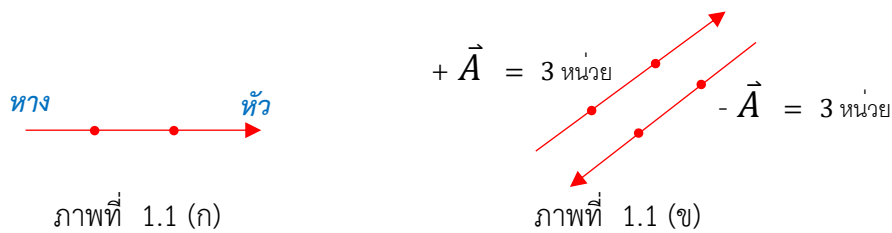
ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีขนาด และทิศทาง ดังนั้นในการหาผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์จึงไม่สามารถที่จะทำการหาผลลัพธ์ด้วยการรวมตัวเลขแบบปริมาณสเกลาร์ได้ ในบทเรียนนี้การหาผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์ คือการรวมเวกเตอร์ และการลบเวกเตอร์

### พื้นฐานที่ควรรู้ของปริมาณเวกเตอร์

- 1)  $\vec{A}$  สัญลักษณ์ของปริมาณเวกเตอร์ คือเส้นลูกศรด้านบนครึ่งซีก บนตัวอักษร อ่านว่า **เวกเตอร์เอ** การเขียนสัญลักษณ์ของผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์การรวม โดยทั่วไป  $\vec{R}_{\text{ลัพธ์}}$
- 2) ปริมาณเวกเตอร์ เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ที่สามารถแทนได้ด้วยส่วนของเส้นตรงที่มีหัวลูกศรกำกับ เช่น การกระจัดไปทางขวามือ 3 เมตร ดังภาพที่ 1.1 (ก)
- 3) เวกเตอร์  $-\vec{A}$  คือเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับขนาดของเวกเตอร์  $\vec{A}$  แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับ  $\vec{A}$  เรียกว่านิเสธของเวกเตอร์เอ ตัวอย่างดังภาพภาพที่ 1.1 (ข)

การลบเวกเตอร์  $\vec{A}$  ด้วยเวกเตอร์  $(\vec{B})$  เขียนแทนด้วย  $\vec{A} - \vec{B}$  แต่  $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$  แสดงว่าการลบเวกเตอร์  $\vec{A}$  ด้วยเวกเตอร์  $\vec{B}$  คือการบวกเวกเตอร์  $\vec{A}$  ด้วยเวกเตอร์นิเสธของ  $\vec{B}$  นั่นเอง ส่วนการบวกเวกเตอร์ คือการรวมเวกเตอร์เข้าด้วยกัน ดังนั้นการรวมและการบวกเป็นการดำเนินการในลักษณะเดียวกัน





ภาพที่ 1.1 เส้นลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 10)

วิธีการการรวมเวกเตอร์ <https://tinyurl.com/pvnwjvuv>

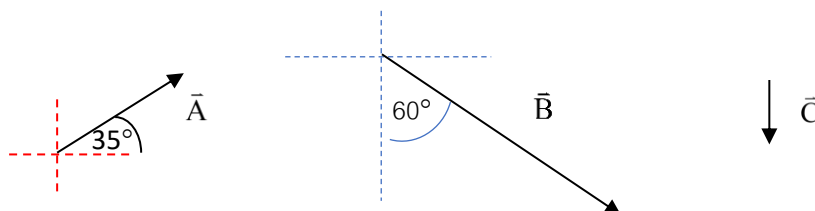


**2.1 การรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปหลายเหลี่ยม** ในกรณีที่มีเวกเตอร์ย่อยหลายเวกเตอร์ การหาผลรวมของเวกเตอร์ย่อย ๆ หรือเรียกว่า “เวกเตอร์ลัพธ์” ทำได้โดยการนำหางต่อหัว เมื่อต่อกันจนหมดแล้วเวกเตอร์ที่ลากจากหางตัวแรกไปยังหัวตัวสุดท้าย โดยมีทิศจากหางตัวแรก ไปยังหัวตัวสุดท้าย เรียกว่า เวกเตอร์ผลบวก หรือเวกเตอร์ลัพธ์นั่นเอง ถ้าหัวตัวสุดท้ายมาปิดที่หางตัวแรกพอดี แสดงว่า เวกเตอร์ลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ (วีรพงษ์ ฉายอรุณ, 2545, หน้า 25)

การรวมเวกเตอร์ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การรวมเวกเตอร์ และการลบเวกเตอร์ เพื่อศึกษาวิธีการรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปหลายเหลี่ยม สิ่งสำคัญที่ต้องใช้สร้างรูป คือไม้โปรแทรกเตอร์ เพื่อใช้วัดขนาด และองศาของเส้นเวกเตอร์เพื่อกำหนดทิศทาง

### การบวกเวกเตอร์

**ตัวอย่าง 1.2** จงแสดงการรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$  โดยใช้วิธีของการสร้างรูปหลายเหลี่ยม เมื่อกำหนดให้  $\vec{A}$  มีขนาด 25 km ,  $\vec{B}$  มีขนาด 40 km และ  $\vec{C}$  มีขนาด 10 km ตามลำดับ แสดงทิศทางได้ ดังภาพที่ 1.2

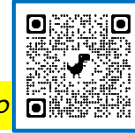


ภาพที่ 1.2 เส้นลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์ โจทย์ตัวอย่าง 1.2  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 11)

## วิธีการสร้างรูป

ขั้นที่ 1 กำหนดอัตราส่วน 1 เซนติเมตร ต่อ 10 km ดังนั้น

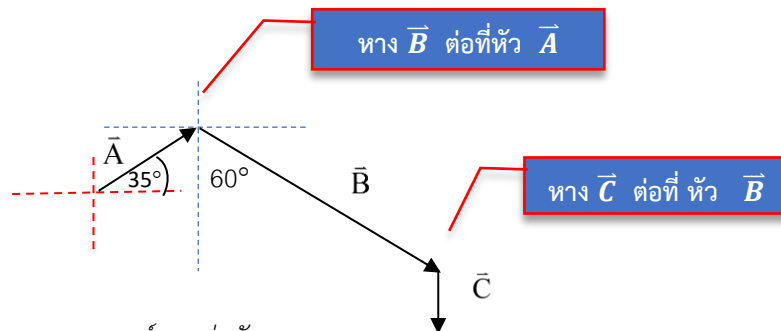
$$A = 25 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}} = 2.5 \text{ cm}, \quad B = 40 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}}, \quad C = 10 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}} = 1 \text{ cm}$$



เรียนรู้วิธีการกำหนดอัตราส่วน <https://tinyurl.com/yc4phhdp>

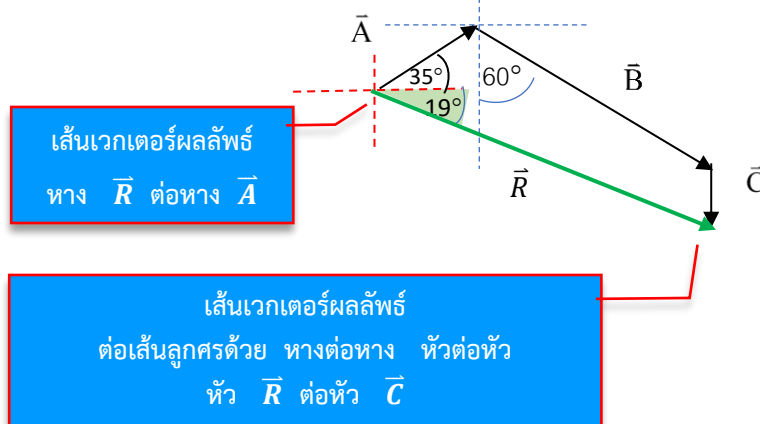
ขั้นที่ 2 นำเส้นลูกศรแต่ละเวกเตอร์มาเขียนบรรจบกัน โดยต่อแบบหางต่อหัว กำหนดทิศทางเดิม ทำได้ดังนี้

กำหนดให้ การรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{R}$



ภาพที่ 1.3 เส้นลูกศรแสดงการรวมเวกเตอร์ หางต่อหัว  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 12)

ขั้นที่ 3 ขึ้นหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{R}$  โดยต่อแบบหางต่อหาง และหัวต่อหัว กำหนดทิศทางทำได้ดังนี้



ภาพที่ 1.4 เส้นลูกศรแทน ผลลัพธ์รวมเวกเตอร์  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 12)

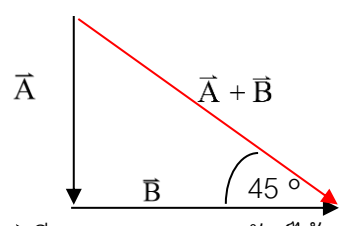
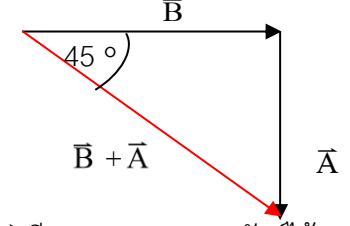
∴ ผลลัพธ์ของ  $(\vec{A} + \vec{B} + \vec{C})$  หรือ  $R_{\text{ลัพธ์}}$  มีขนาด 5.5 cm

$$\text{กลับอัตราส่วน} = 5.5 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ km}}{1 \text{ cm}} = 55 \text{ km}$$

∴  $R_{\text{ลัพธ์}}$  มีขนาด 55 km และวัดทิศทางได้ทำมุม 54 องศา กับเวกเตอร์  $\vec{A}$

การรวมเวกเตอร์ เมื่อเวกเตอร์  $\vec{A}$  และเวกเตอร์  $\vec{B}$  เป็นบวก การรวมเวกเตอร์สามารถนำเวกเตอร์ใดเริ่มต้นก่อนก็ได้ แต่ทิศทางของแต่ละเวกเตอร์ยังคงเดิม ทำให้การรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B}$  หรือ  $\vec{B} + \vec{A}$  ก็ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน แสดงให้เห็นดังตารางที่ 1.2

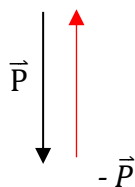
ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B}$  เท่ากับ  $\vec{B} + \vec{A}$

การบวกเวกเตอร์ $\vec{A} + \vec{B}$	การบวกเวกเตอร์ $\vec{B} + \vec{A}$
แสดงการบวกเวกเตอร์ $\vec{A} + \vec{B}$ ได้ดังนี้  $\vec{A} + \vec{B}$ มีขนาด 5 cm. (ผลลัพธ์ได้จากการวัด) มีทิศทางทำมุม 45 ° กับแกน x	แสดงการบวกเวกเตอร์ $\vec{B} + \vec{A}$ ได้ดังนี้  $\vec{B} + \vec{A}$ มีขนาด 5 cm. (ผลลัพธ์ได้จากการวัด) มีทิศทางทำมุม 45 ° กับแกน x

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 13)

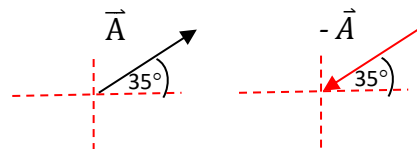
### การลบเวกเตอร์

คือ การรวมเวกเตอร์อย่างหนึ่งแต่มีเวกเตอร์ใดๆ ที่มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม เช่น  $\vec{P}$  มีทิศทางกระจัดไปทางทิศใต้ 50 km และ  $-\vec{P}$  จะมีทิศตรงข้าม คือกระจัดไปทางทิศเหนือ ด้วยขนาดที่เท่ากัน ดังภาพที่ 1.5 ดังนั้นเวกเตอร์ลบ คือเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับเวกเตอร์บวก แต่มีทิศตรงข้ามกัน ดังภาพ 1.6



ภาพที่ 1.5 แสดงการบวก  $(+\vec{P})$  และลบเวกเตอร์  $(-\vec{P})$

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 13)



ภาพที่ 1.6  $+\vec{A}$  ขนาดเท่ากับ  $(-\vec{A})$  แต่มีทิศตรงข้ามกัน

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 13)

ในการหาผลลัพธ์ของการลบเวกเตอร์ ทำได้โดยการสร้างรูปหลายเหลี่ยมทำได้โดยใช้หลักเดียวกับ การบวก คือ นำหางต่อหัว (วีรพงษ์ ฉายอรุณ, หน้า 2545, หน้า 271)

<https://tinyurl.com/3nfh7epm>

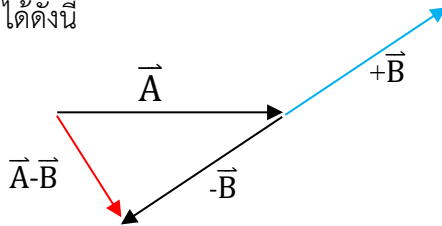


ดังตัวอย่าง 1.3 (1) จงแสดงการรวมเวกเตอร์  $\vec{A} - \vec{B}$  เมื่อกำหนด  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$  มีขนาด 3 หน่วย และ 4 หน่วย ตามลำดับ โดยใช้วิธีสร้างรูปหลายเหลี่ยม เมื่อกำหนดให้ เส้นเวกเตอร์ดังภาพด้านล่าง



การลบเวกเตอร์  $\vec{A} - \vec{B}$  เมื่อจำแนกพจน์จะได้ว่า  $\vec{A} + (-\vec{B})$  ซึ่งเป็นการนำเวกเตอร์เอ มารวมกับ นิเสธเวกเตอร์บี ดังนั้นก่อนนำเวกเตอร์มาสร้างรูปหลายเหลี่ยม จะต้องทำการกลับทิศทางของ  $\vec{B}$  เพื่อให้ได้ขนาดของ  $-\vec{B}$

นำเวกเตอร์ มาแสดงการลบเวกเตอร์  $\vec{A} - \vec{B}$  สร้างรูปโดยใช้หัวเวกเตอร์  $\vec{A}$  (มีค่าเป็นบวก) ต่อหางเวกเตอร์  $-\vec{B}$  ได้ดังนี้

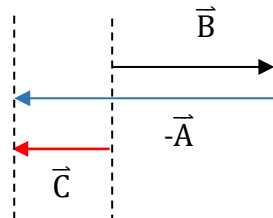


ดังตัวอย่าง 1.3 (2) จงแสดงการรวมเวกเตอร์  $\vec{B} - \vec{A}$  เมื่อกำหนด  $\vec{A}$  ขนาด 6 หน่วย และ  $\vec{B}$  ขนาด 4 หน่วย ตามลำดับ โดยใช้วิธีของการสร้างรูปหลายเหลี่ยม เมื่อกำหนดเส้นเวกเตอร์ดังภาพด้านล่าง



วิธีทำ กำหนดให้  $\vec{B} - \vec{A} = \vec{C}$

ข้อสังเกต  $\vec{C}$  มีทิศทางเดียวกับ  $-\vec{A}$  หรือมีทิศตรงกันข้ามกับ  $\vec{A}$



กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.2



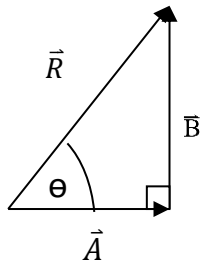
ฝึกทักษะการหาผลรวมของปริมาณเวกเตอร์ > วิธีสร้างรูปหลายเหลี่ยม : Work sheet หน้า 36



<https://tinyurl.com/3tfa4rvu>

## 2.2 การรวมเวกเตอร์ด้วยการคำนวณจากทฤษฎีพีทาโกรัส

ในกรณีที่ เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ ประกอบกันเป็นมุมฉาก หรือ ทำมุมต่อกัน  $90^\circ$  สามารถใช้หลักการหาด้านตรงข้ามมุมฉาก ของทฤษฎีพีทาโกรัส ดังนี้



หาขนาดของด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ R

$$\text{สมการ } R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

หาขนาดของมุม  $\theta$  จากฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$\tan \theta = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \theta}{\text{ด้านประชิดมุม } \theta}$$

$$\tan \theta = \frac{B}{A}$$

ภาพที่ 1.7  $\vec{A}$  และ  $\vec{B}$  ทำมุมต่อกัน  $90^\circ$

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 15)

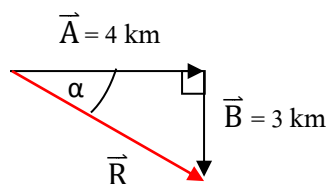


<https://tinyurl.com/2buyd6wm>

**ตัวอย่างที่ 1.4** ด.ช.ป๊อบบอย ปั่นจักรยานจากบ้านทางทิศตะวันออก 4 km และเปลี่ยนทิศเดินทางมาทางทิศใต้ 3 km ถึงสนามฟุตบอล บ้านกับสนามฟุตบอลห่างกันเท่าไร

**วิธีทำ**

- กำหนดเส้นเวกเตอร์ ทิศตะวันออก  $\vec{A} = 4 \text{ km}$
- กำหนดเส้นเวกเตอร์ ทิศใต้  $\vec{B} = 3 \text{ km}$
- พิจารณาจากโจทย์ มีเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ประกอบเป็นมุมฉาก (คือ A และ B) ใช้ทฤษฎีพีทาโกรัสเพื่อหาขนาดของผลลัพธ์



4. คำนวณจากสมการ

$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$= \sqrt{4^2 + 3^2}$$

$$= \sqrt{16 + 9}$$

$$= \sqrt{25}$$

$$= 5$$

∴ บ้านห่างจากสนามฟุตบอล 5 km

5. หาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์

$$\tan \alpha = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \alpha}{\text{ด้านประชิดมุม } \alpha}$$

$$\tan \alpha = \frac{B}{A}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\tan^{-1} \alpha = 0.75$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.75$$

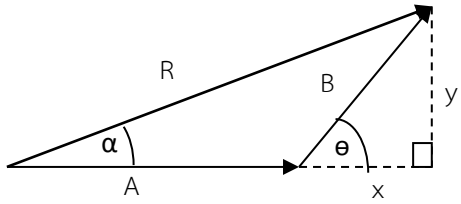
$$\alpha = 37^\circ$$

ฟังก์ชันตรีโกณมิติ หน้า 29



<https://tinyurl.com/yc7ucz7e>

ในกรณีที่ เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ ประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ไม่ใช่มุมฉาก สามารถใช้  
ทฤษฎีพีทาโกรัส



ภาพที่ 1.8 รูปสามเหลี่ยม

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 17)

จากภาพที่ 1.8 R เป็นผลลัพธ์ จากการสร้างรูป  
หลายเหลี่ยม ประกอบจากเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ คือ  
A และ B แต่เมื่อเพิ่มด้าน x และ y จะทำให้เป็นรูป  
สามเหลี่ยมมุมฉาก สามารถใช้หลักการทฤษฎี  
พีทาโกรัสได้ ดังนี้

$$R^2 = (A+x)^2 + y^2$$

$$R^2 = (A^2 + 2Ax + x^2) + y^2$$

$$R^2 = A^2 + 2Ax + (x^2 + y^2)$$

$$R^2 = A^2 + 2Ax + B^2 \dots\dots(\text{เพราะว่า } B^2 = x^2 + y^2)$$

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2Ax \dots\dots(1)$$

จากภาพที่ 1.8

$$B^2 = x^2 + y^2$$

เมื่อ  $\cos \theta = \frac{\text{ด้านประชิดมุม } \theta}{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \theta}$

$$\cos \theta = \frac{x}{B}$$

$$x = B \cos \theta \dots\dots(2)$$

จากภาพที่ 1.8

$$\cos \theta = \frac{x}{B}$$

จากสมการที่ (2) นำ  $B \cos \theta$  แทนค่า x ในสมการที่ (1)

ดังนั้น  $R^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta$

จากสมการ  $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$

$$\tan \alpha = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \alpha}{\text{ด้านประชิดมุม } \alpha}$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{x+y}$$

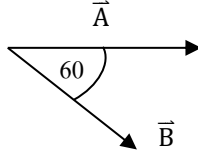
$$\tan \alpha = \frac{B \sin \theta}{A+B \cos \theta}$$



<https://tinyurl.com/439atx6n>

**ตัวอย่างที่ 1.5** จงหาขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ เมื่อเวกเตอร์  $\vec{A}$  ขนาด 5 นิวตัน และ  $\vec{B}$  ขนาด 6 นิวตัน

ทำมุมต่อกัน 60 องศา (กำหนดให้  $\cos 60^\circ = 0.5$  หรือ  $\frac{1}{2}$ ,  $\sin 60^\circ = 0.866$  หรือ  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ )



**วิธีทำ** จากสมการ  $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos \theta}$

$$= \sqrt{5^2 + 6^2 + 2(5)(6)\cos 60^\circ}$$

$$= \sqrt{5^2 + 6^2 + 2(5)(6)(0.5)}$$

$$= \sqrt{5^2 + 6^2 + 2(5)(6)(0.5)}$$

$$= \sqrt{25 + 36 + 30}$$

$$= \sqrt{91}$$

$R_{\text{ลัพธ์}} = 9.5$  นิวตัน

หาขนาดมุม ;  $\tan \alpha = \frac{B \sin \theta}{A + B \cos \theta}$

$$= \frac{6 \sin 60^\circ}{5 + (6 \cos 60^\circ)}$$

$$= \frac{(6)(0.87)}{5 + [(6)(0.5)]}$$

$$= \frac{5.22}{8}$$

$$\tan \alpha = 0.65$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.65$$

ดังนั้น  $\alpha = 33^\circ$

$\therefore$  ขนาดของ เวกเตอร์ลัพธ์ 9.5 นิวตัน มีขนาดมุม  $33^\circ$

ตารางฟังก์ชันตรีโกณหน้า 28-29

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.3



ฝึกทักษะการหาผลรวมของปริมาณเวกเตอร์ > วิธีการคำนวณ (ทฤษฎีพีทาโกรัส)

: Work sheet หน้า 39



## 2.3 การรวมเวกเตอร์ ด้วยการคำนวณจาก วิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ หน้า 19

1) หลักการแยกเวกเตอร์บนพิกัดแกน  $x$  และ  $y$   
ด้วยหลักการของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (ตรีโกณมิติ) หน้า 19  
<https://tinyurl.com/49nzhx5k>

2) ตัวอย่างการแยกเวกเตอร์ บนพิกัดแกน  $x$  และ  $y$  หน้า 21- 22  
<https://tinyurl.com/mr335puc> <https://tinyurl.com/2p8c8kcd>

3) การรวมของเวกเตอร์ โดยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ หน้า 23  
<https://tinyurl.com/bdh9zy93>

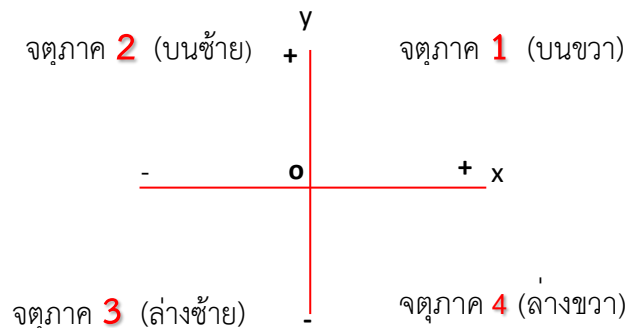
4) การหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์โดยวิธีการแยกเวกเตอร์ หน้า 24  
<https://tinyurl.com/2p83hzhv>



<https://tinyurl.com/49nzhx5k>

## 2.3 การรวมเวกเตอร์ด้วยการคำนวณจากการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ

การรวมเวกเตอร์ ที่มีเวกเตอร์ ตั้งแต่ 2 เวกเตอร์ขึ้นไป สามารถหาเวกเตอร์ลัพธ์ได้ โดยวิธีการสร้างรูปหลายเหลี่ยม และยังใช้วิธีการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ โดยอาศัยพิกัดฉากแกน  $x$  และ  $y$



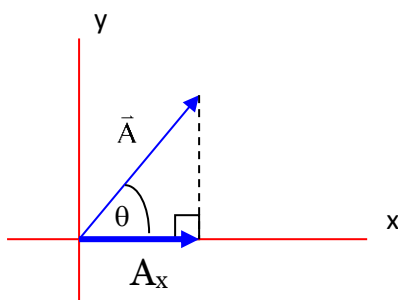
ภาพที่ 1.9 พิกัดฉาก แกน  $x$  และ  $y$

ทีมา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 19)

### 1) หลักการแยกเวกเตอร์บนพิกัดแกน x และ y

จากภาพที่ 1.9 พิกัดแกน x และ y แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ จตุภาค 1 (x, y), จตุภาค 2 (-x, y), จตุภาค 3 (-x, -y), จตุภาค 4 (x, -y) จุด O เป็นจุดตัดของแกน x และ y ในแต่ละจตุภาค (Quadrant) มีขนาดมุม 90 องศา

การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ใช้หลักของตรีโกณมิติ จากภาพที่ 1.10 เมื่อกำหนดขนาด A สามารถหา ขนาดของ  $A_x$  คือ



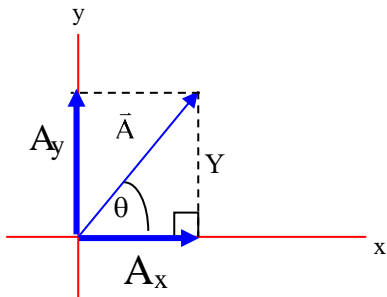
$$\text{เมื่อ } \cos \theta = \frac{\text{ด้านประชิดมุม } \theta}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก } \theta}$$

$$\cos \theta = \frac{A_x}{A}$$

$$A_x = A \cos \theta$$

ภาพที่ 1.10 รูปสามเหลี่ยมมุมฉากเพื่อหาขนาด  $A_x$   
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 20)

จากภาพที่ 1.11 เมื่อกำหนดขนาด A สามารถหาขนาดของ  $A_y$  จากด้าน Y (ขนาดของ  $Y = A_y$ )



$$\text{เมื่อ } \sin \theta = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \theta}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก } \theta}$$

$$\sin \theta = \frac{Y}{A}$$

$$Y = A \sin \theta \quad \text{เมื่อด้าน } Y = A_y$$

$$\text{ดังนั้น } A_y = A \sin \theta$$

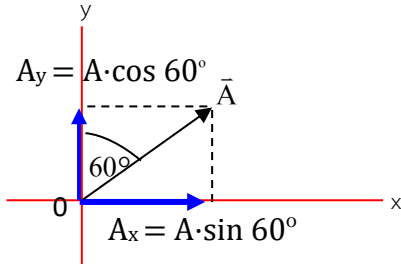
ภาพที่ 1.11 แสดงขนาดมุมของรูปหลายเหลี่ยมมุมฉาก เพื่อหาขนาด  $A_y$   
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 20)

## 2) ตัวอย่างการแยกเวกเตอร์ บนพิกัดแกน x และ y



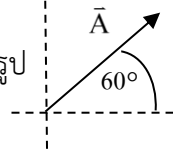
<https://tinyurl.com/mr335puc>

ตัวอย่างที่ 1.6 จงแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ของ  $\vec{A}$  ที่มีขนาด 10 เมตร มีทิศทางดังรูป



$$\begin{aligned} A_x &= A \cos 60^\circ \\ &= 10 \times 0.5 \\ &= 5 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_y &= A \sin 60^\circ \\ &= 10 \times 0.866 \\ &= 8.66 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$



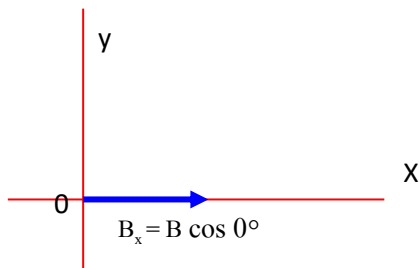
ภาพที่ 1.12 การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.6

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 21)



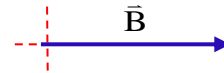
<https://tinyurl.com/2p8c8kcd>

ตัวอย่างที่ 1.7 จงแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ขนาด  $B = 250$  เมตร



$$\begin{aligned} B_x &= B \cos 0^\circ \quad (\vec{B} \text{ ทำมุม } 0^\circ \text{ กับแนวแกน } x) \\ &= 250 \times 1 \\ &= 250 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_y &= B \cos 90^\circ \quad (\vec{B} \text{ ทำมุม } 90^\circ \text{ กับแนวแกน } y) \\ &= 250 \times 0 \\ &= 0 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$



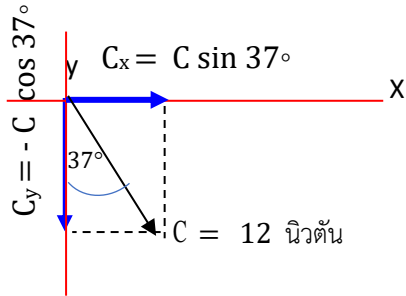
ภาพที่ 1.13 การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.7

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 21)

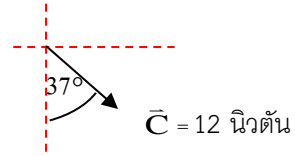


<https://tinyurl.com/4fedpsj4>

ตัวอย่างที่ 1.8 จงแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ขนาด  $C = 12$  นิวตัน



$$\begin{aligned} C_x &= C \sin 37^\circ \\ &= 12 \times 0.602 \\ &= 12.08 \quad \text{นิวตัน} \\ C_y &= -C \cos 37^\circ \\ &= -12 \times 0.8 \\ &= -9.6 \quad \text{นิวตัน} \end{aligned}$$



ภาพที่ 1.14 การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.8

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 22)

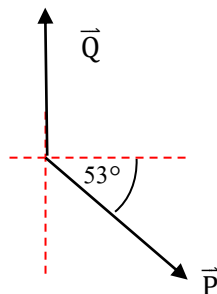
### 3) การรวมของเวกเตอร์ โดยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ



<https://tinyurl.com/bdh9zy93>

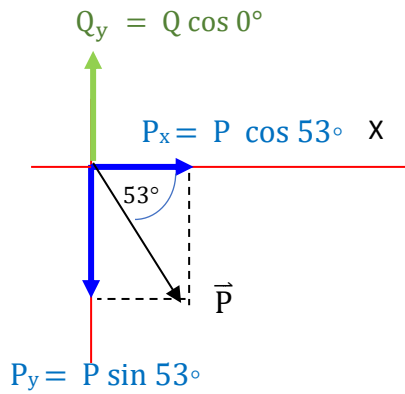
ตัวอย่างที่ 1.9 จงแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบของ  $\vec{P}$  มีขนาด 30 นิวตัน และ  $\vec{Q}$  มีขนาด 40 นิวตัน

จากภาพด้านล่าง



วิธีทำ 1. แยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ

ลงบนพิกัดแกน x และ y



2. หาผลรวมเวกเตอร์ แนวแกน x และ y

$$\begin{aligned}\Sigma x &= P_x \\ &= (P \cos 53^\circ) \\ &= (30 \times 0.602) \\ &= 23.97 \quad \text{นิวตัน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma y &= [Q_y + (-P_y)] \\ &= [(Q \cos 0^\circ) + (-P \sin 53^\circ)] \\ &= [(40 \times 1) + (-30 \times 0.799)] \\ &= [(40) + (-23.97)] \\ &= 16.03 \quad \text{นิวตัน}\end{aligned}$$

ภาพที่ 1.15 การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.9  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 23)

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.4



ฝึกทักษะการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ > Work sheet หน้า 41

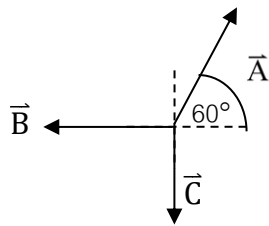


<https://tinyurl.com/2p83hzhv>

4) การหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์โดยวิธีการแยกเวกเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างพิกัดฉาก นำเส้นเวกเตอร์ที่กำหนดเขียนลงในพิกัดแกน x และ y และแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบในแนวแกน x และ y
2. หาผลรวมเวกเตอร์ในแนวแกน x
3. หาผลรวมเวกเตอร์ในแนวแกน y
4. นำเส้นเวกเตอร์  $\Sigma x$  และ  $\Sigma y$  มาสร้างรูปหลายเหลี่ยม
5. หาผลลัพธ์ R จากทฤษฎีพีทาโกรัส เนื่องจาก  $\vec{R}$  เป็นเส้นตรงข้ามมุมฉาก
6. หาขนาดของมุม  $\alpha$  ของเวกเตอร์ลัพธ์ โดยใช้หลักฟังก์ชันตรีโกณมิติ

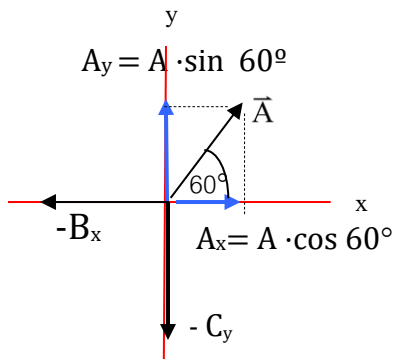
**ตัวอย่างที่ 1.10** จงหาผลลัพธ์ของเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{R}$  โดยการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ กำหนดให้  $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$  มีขนาด 10 N, 20 N และ 25 N จากภาพที่ 1.15 ดังนี้



ภาพที่ 1.16 การรวมเวกเตอร์ 3 เวกเตอร์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 24)

**วิธีทำ** ขั้นที่ 1 นำเส้นเวกเตอร์มาแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบบนแกน x และ y



ข้อสังเกต :  $-B_x$  มีค่าเป็นลบ (แกน x ด้านซ้าย)

$-C_y$  มีค่าเป็นลบ (แกน y ด้านล่าง)

ภาพที่ 1.17 การแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ ตัวอย่าง 1.10

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 24)

ขั้นที่ 2 หาผลรวมเวกเตอร์ในแนวแกน x ( $\Sigma x = ?$ )

$$\begin{aligned}\Sigma x &= -B_x + A_x \\ &= (-B \cdot \cos 0^\circ) + (A \cdot \cos 60^\circ) \\ &= (-20 \times 1) + (10 \times \frac{1}{2}) \\ &= -20 + 5 \\ \Sigma x &= -15 \quad \text{นิวตัน}\end{aligned}$$

$\therefore$  ผลรวมเวกเตอร์บนแกน x = -15 นิวตัน

แทนสัญลักษณ์  $\Sigma x$  ด้วยเส้นเวกเตอร์ทิศทางด้านซ้ายของแกนพิกัดฉาก  $\leftarrow \Sigma x$   
(ผลรวมเป็นเวกเตอร์เป็นลบ)

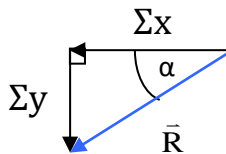
ขั้นที่ 3 หาผลรวมเวกเตอร์ในแนวแกน y

$$\begin{aligned}\Sigma y &= A_y + (-C_y) \\ &= (A \sin 60^\circ) + (-C \cos 0^\circ) \\ &= (10 \times 0.87) + (-25 \times 1) \\ &= 8.7 + (-25) \\ \Sigma y &= -16.3 \quad \text{นิวตัน}\end{aligned}$$

$\therefore$  ผลรวมเวกเตอร์บนแกน y = -16.3 นิวตัน

แทนสัญลักษณ์  $\Sigma y$  ด้วยเส้นเวกเตอร์ทิศทางด้านล่างของแกนพิกัดฉาก แกน y  
(ผลรวมเป็นเวกเตอร์เป็นลบ)  $\Sigma y \downarrow$

ขั้นที่ 4 นำเส้นเวกเตอร์  $\Sigma x$  และ  $\Sigma y$  มาสร้างรูปหลายเหลี่ยมได้ดังนี้



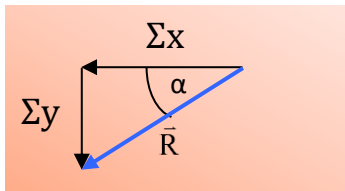
ภาพที่ 1.18 รูปหลายเหลี่ยมจากการรวมเวกเตอร์  $\Sigma x$  และ  $\Sigma y$   
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 25)

ขั้นที่ 5 หาผลลัพธ์ R จากทฤษฎีพีทาโกรัส เนื่องจาก R เป็นเส้นตรงข้ามมุมฉาก  
คำนวณจากสมการ  $R^2 = \Sigma x^2 + \Sigma y^2$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{\Sigma x^2 + \Sigma y^2} \\ &= \sqrt{(-15^2) + (-16.3^2)} \\ &= \sqrt{(225) + (265.69)} \\ &= \sqrt{490.69} \\ R &= 22.15 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

∴ ผลลัพธ์ของเวกเตอร์ R มีขนาด 22.15 นิวตัน

ขั้นที่ 6 หาทิศทางของ R โดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ จากภาพที่ 1.23



<https://tinyurl.com/22r4vna4>



$$\tan \alpha = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม } \alpha}{\text{ด้านประชิดมุม } \alpha}$$

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{B}{A} \\ \tan \alpha &= \frac{-16.3}{-15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= 1.08 \\ \alpha &= \tan^{-1} 1.08 \\ \alpha &= 47.5^\circ \end{aligned}$$



ตารางฟังก์ชันตรีโกณหน้า 32

∴ ขนาดมุม คือ 47.5 องศา มีทิศทางในจุดภาค 3

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1.5



ฝึกทักษะการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ > work sheet หน่วย 1 > หน้า 43





## ใบงานกิจกรรมศึกษา 1 ➤ Work sheet หน้า 45-48

### สำรวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ➤

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการหาพิกัดของการกระจัดของวัตถุได้
2. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาพิกัดการกระจัดวัตถุด้วยได้
3. นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบการหาผลลัพธ์ของเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปได้
4. นักเรียนมีเจตคติในการทำงานเพื่อแสดงหาคำตอบการหาพิกัดการกระจัดได้

#### วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน
2. ปรีกษาหารือเพื่อร่วมกันสร้างโจทย์การกระจัดเพื่อหาพิกัดต่าง ๆ ภายในสถานศึกษา  
การกำหนดจุดกระจัดไม่เกินจำนวน 4 ครั้ง แต่แต่ละครั้งกระจัดไม่เกิน 10 เมตร
3. ในการกระจัดแต่ละครั้งให้ระบุทิศทาง (อ้างอิงจากเข็มทิศ)
4. กำหนดเป้าหมายจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการกระจัด ควรระบุสถานที่ เช่น องค์กร  
วิทยุกรรมแทนหินเสมา ป้อมยาม เสาธง เป็นต้น
5. หาขนาดของการกระจัดตั้งแต่จุดตั้งต้น และจุดสิ้นสุดด้วยวิธีต่าง ๆ
6. แสดงการตรวจสอบผลลัพธ์การหาขนาดของเวกเตอร์ได้ตรงตามการวัดขนาดการกระจัด  
ในพื้นที่จริง

#### วัสดุ - อุปกรณ์

- |                      |                    |                  |
|----------------------|--------------------|------------------|
| 1. เข็มทิศ           | 3. ดินสอและยางลบ   | 5. กระดาษ A 4    |
| 2. ตลับเมตร ยาว 10 m | 4. ไม้โปรแทรกเตอร์ | 6. ปากกาสีต่าง ๆ |

#### ความรู้พื้นฐาน

1. ปริมาณเวกเตอร์
2. การหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ด้วยวิธีดังต่อไปนี้
  - 2.1 การสร้างรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)
  - 2.2 การคำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส
  - 2.3 การรวมเวกเตอร์ด้วยวิธีการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ
  - 2.4 การกำหนดอัตราส่วน

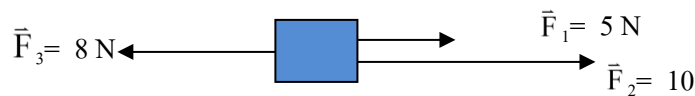
## บทสรุป

### การหาขนาดผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์

ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีขนาดและทิศทาง การหาขนาดผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์ในหน่วยที่ 1 เป็นการรวมเวกเตอร์กระทำได้อันนี้

1. **เวกเตอร์ที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน** สามารถหาขนาดของแรงลัพธ์ได้ 2 ลักษณะ คือ

- 1) การคำนวณ นำตัวเลขมาบวกหรือลบ แบบพีชคณิต แต่ใส่เครื่องหมายบวก, ลบกำกับทิศทางด้วย
- 2) การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)



ภาพที่ 1.19 เวกเตอร์ 1 มิติ บนเส้นตรง

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 28)

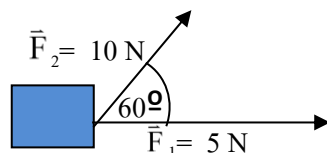
### ตารางที่ 1.3 แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรง $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$

การคำนวณ	การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)
$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + (-\vec{F}_3)$ $R_{\text{ลัพธ์}} = 5 + 10 + (-8)$ $R_{\text{ลัพธ์}} = 7 \text{ N}$ <p>ผลลัพธ์ มี ขนาด 3 N มีค่าเป็นบวก (ทิศทางไปทางเดียวกับ <math>\vec{F}_1</math> และ <math>\vec{F}_2</math>)</p>	<p>ทิศของ <math>R_{\text{ลัพธ์}}</math> ไปทางขวา (มีทิศเดียวกับ <math>\vec{F}_1</math> และ <math>\vec{F}_2</math>)</p>

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 28)

2. **เวกเตอร์บนระนาบจำนวน 2 เวกเตอร์** หาขนาดและทิศทางด้วยวิธีการ ดังนี้

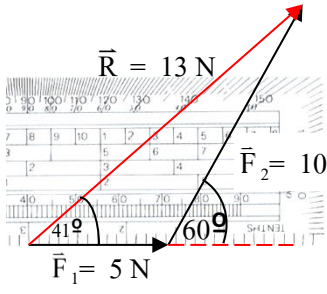
- 1) การคำนวณ ด้วยการใช้อยุทศาสตร์พีทาโกรัส
- 2) การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)



ภาพที่ 1.20 ทิศทางต่างระนาบกันทำมุมต่อกัน

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 28)

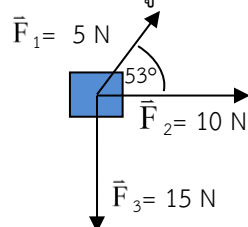
ตารางที่ 1.4 แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรง  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{R}$  จากภาพที่ 2.26 ด้วยวิธีการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส

การคำนวณ	การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว)
$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2(F_1)(F_2) \cos \theta}$ $= \sqrt{5^2 + 10^2 + 2(5)(10) \cos 60^\circ}$ $= \sqrt{25 + 100 + 2(5)(10)(0.5)}$ $= \sqrt{175}$ $= 13.22 \quad \text{N}$ <p>ทิศทาง <math>\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}</math></p> $= \frac{10 \sin 60^\circ}{5 + 10 \cos 60^\circ}$ $= \frac{10 \times 0.87}{5 + (10 \times 0.5)}$ $= \frac{8.7}{10}$ $\tan \alpha = 0.87$ $\alpha = \tan^{-1} 0.87$ $\alpha = 41^\circ \text{ อยู่ในทิศทางทำมุม}$ <p style="text-align: center;">41 องศา กับแรง 5 N</p>	 <p style="text-align: center;"><math>R_{\text{ลัพธ์}} = 13 \text{ N}</math> ขนาดมุม 41 องศา</p>

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 29)

3. จำนวนเวกเตอร์มากกว่า 2 เวกเตอร์ ที่อยู่บนระนาบสองมิติ สามารถหาขนาดของแรงลัพธ์ได้ด้วยวิธีการ ดังนี้

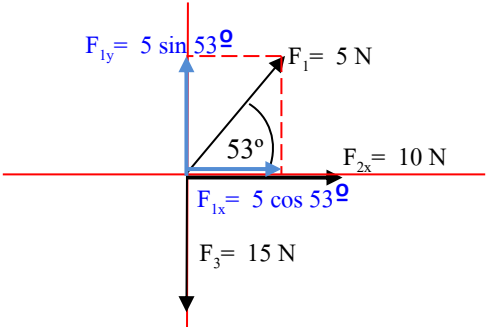
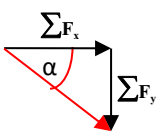
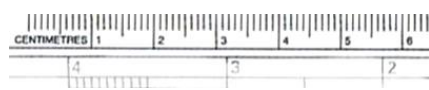
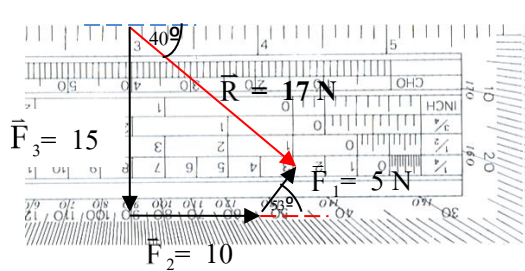
- 1) การแยกเวกเตอร์องค์ประกอบ และการคำนวณด้วยการใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส
- 2) การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว)



ภาพที่ 1.21 เวกเตอร์ทำมุมต่อกันที่มีทิศทางต่างระนาบกันมากกว่า 2 เวกเตอร์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 29)

ตารางที่ 1.5 แสดงวิธีการหาผลลัพธ์ของแรงด้วยวิธีแยกเวกเตอร์องค์ประกอบ

แยกเวกเตอร์องค์ประกอบ และการคำนวณ	การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว)
<div style="text-align: center;">  </div> $\sum F_x = (F_{1x} \cos 53^\circ) + (F_{2x} \cos 0^\circ)$ $= (5 \times 0.6) + (10 \times 1)$ $= (3) + (10)$ $\sum F_x = 13 \text{ N} \rightarrow$ <hr/> $\sum F_y = (F_{1y} \sin 53^\circ) + (-F_{3y} \cos 0^\circ)$ $= (5 \times 0.8) + (15 \times 1)$ $= (4) + (-15)$ $\sum F_y = -11 \text{ N} \downarrow$ <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">R = \sqrt{\sum F_x^2 + \sum F_y^2}</math> <math display="block">= \sqrt{13^2 + (-11)^2}</math> <math display="block">= \sqrt{169 + 121}</math> <math display="block">= \sqrt{290}</math> </div> </div> $\therefore R_{\text{ลัพธ์}} = 17.03 \text{ N}$ <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">ทิศทาง <math>\tan \alpha = \frac{\sum F_y}{\sum F_x} = \frac{-11}{13}</math></div> <div> <math display="block">\alpha = \tan^{-1} - 0.846</math> <math display="block">\alpha = 40^\circ</math> </div> </div>	<p style="text-align: center;">อัตราส่วน 1 cm ต่อ 5 N</p>   <p style="text-align: center;">∴ ผลลัพธ์ (<math>R_{\text{ลัพธ์}}</math>) มีขนาด = 17.03 N ขนาดมุม 40 องศา</p>

## ตารางฟังก์ชันตรีโกณมิติ

อัตราส่วนตรีโกณมิติ และค่าประมาณ (เฉพาะบางค่าที่ควรจำ)

ตารางที่ 1.6 อัตราส่วนตรีโกณมิติ และค่าประมาณ

	0°	30°	37°	45°	53°	60°	90°
sin	0	$\frac{1}{2}$ 0.5	$\frac{3}{5}$ 0.606	$\frac{\sqrt{2}}{2}$ 0.707	$\frac{4}{5}$ 0.799	$\frac{\sqrt{3}}{2}$ 0.866	1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$ 0.866	$\frac{4}{5}$ 0.799	$\frac{\sqrt{2}}{2}$ 0.707	$\frac{3}{5}$ 0.606	$\frac{1}{2}$ 0.5	0
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{4}{3}$	$\sqrt{3}$	$\alpha$

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 31)

เรียนรู้วิธีการหาขนาด sin cos tan จากตารางฟังก์ชันตรีโกณมิติ

link > หน้า 26

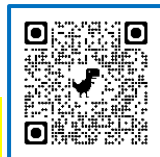
<https://tinyurl.com/yck632nm>



เรียนรู้วิธีการกำหนดอัตราส่วน เพื่อหาผลรวมของปริมาณเวกเตอร์ ด้วยวิธีการสร้างรูปหลายเหลี่ยม

link > หน้า 11

<https://tinyurl.com/yc4phhdp>



ตารางฟังก์ชันตรีโกณมิติ

ตารางที่ 1.7 ค่าประมาณ ของค่า sin cos และ tan ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ค่าอยู่ระหว่าง 0 - 90 องศา

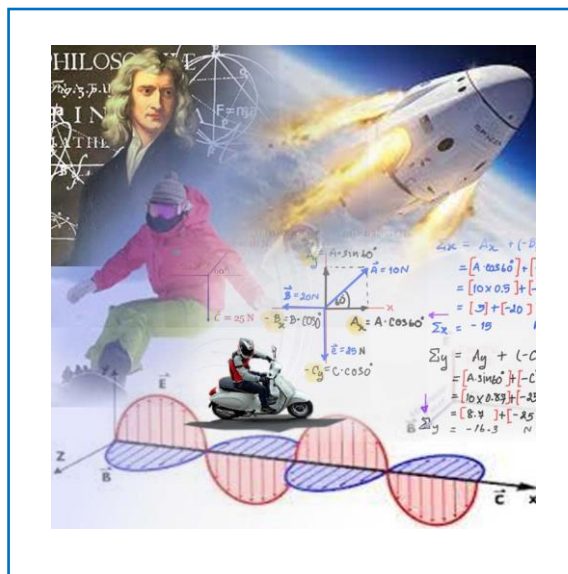
Deg	Sin	Cos	Tan	Deg	Sin	Cos	Tan
0	0	1	0	46	0.7193	0.6947	1.0355
1	0.0175	0.9998	0.0175	47	0.7314	0.6820	1.0724
2	0.0349	0.9994	0.0349	48	0.7431	0.6691	1.1106
3	0.0523	0.9986	0.0524	49	0.7547	0.6561	1.1504
4	0.0698	0.9976	0.0699	50	0.7660	0.6428	1.1918
5	0.0872	0.9962	0.0875	51	0.7771	0.6293	1.2349
6	0.1045	0.9945	0.1051	52	0.7880	0.6157	1.2799
7	0.1219	0.9925	0.1228	53	0.7986	0.6018	1.3270
8	0.1392	0.9903	0.1405	54	0.8090	0.5878	1.3764
9	0.1564	0.9877	0.1584	55	0.8192	0.5736	1.4281
10	0.1736	0.9848	0.1763	56	0.8290	0.5592	1.4826
11	0.1908	0.9816	0.1944	57	0.8387	0.5446	1.5399
12	0.2079	0.9781	0.2126	58	0.8480	0.5299	1.6003
13	0.2250	0.9744	0.2309	59	0.8572	0.5150	1.6643
14	0.2419	0.9703	0.2493	60	0.8660	0.5000	1.7321
15	0.2588	0.9659	0.2679	61	0.8746	0.4848	1.8040
16	0.2756	0.9613	0.2867	62	0.8829	0.4695	1.8807
17	0.2924	0.9563	0.3057	63	0.8910	0.4540	1.9626
18	0.3090	0.9511	0.3249	64	0.8988	0.4384	2.0503
19	0.3256	0.9455	0.3443	65	0.9063	0.4226	2.1445
20	0.3420	0.9397	0.3640	66	0.9135	0.4067	2.2460
21	0.3584	0.9336	0.3839	67	0.9205	0.3907	2.3559
22	0.3746	0.9272	0.4040	68	0.9272	0.3746	2.4751
23	0.3907	0.9205	0.4245	69	0.9336	0.3584	2.6051
24	0.4067	0.9135	0.4452	70	0.9397	0.3420	2.7475
25	0.4226	0.9063	0.4663	71	0.9455	0.3256	2.9042
26	0.4384	0.8988	0.4877	72	0.9511	0.3090	3.0777
27	0.4540	0.8910	0.5095	73	0.9563	0.2924	3.2709
28	0.4695	0.8829	0.5317	74	0.9613	0.2756	3.4874
29	0.4848	0.8746	0.5543	75	0.9659	0.2588	3.7321
30	0.5000	0.8660	0.5774	76	0.9703	0.2419	4.0108
31	0.5150	0.8572	0.6009	77	0.9744	0.2250	4.3315
32	0.5299	0.8480	0.6249	78	0.9781	0.2079	4.7046
33	0.5446	0.8387	0.6494	79	0.9816	0.1908	5.1446
34	0.5592	0.8290	0.6745	80	0.9848	0.1736	5.6713
35	0.5736	0.8192	0.7002	81	0.9877	0.1564	6.3138
36	0.5878	0.8090	0.7265	82	0.9903	0.1392	7.1154
37	0.6018	0.7986	0.7536	83	0.9925	0.1219	8.1443
38	0.6157	0.7880	0.7813	84	0.9945	0.1045	9.5144
39	0.6293	0.7771	0.8098	85	0.9962	0.0872	11.4301
40	0.6428	0.7660	0.8391	86	0.9976	0.0698	14.3007
41	0.6561	0.7547	0.8693	87	0.9986	0.0523	19.0811
42	0.6691	0.7431	0.9004	88	0.9994	0.0349	28.6363
43	0.6820	0.7314	0.9325	89	0.9998	0.0175	57.2900
44	0.6947	0.7193	0.9657	90	1.0000	0.0000	
45	0.7071	0.7071	1.0000				

ที่มา <https://support.google.com/legal/answer/3463239?hl=th>

# เอกสารใบงาน

หน่วย 1 เวกเตอร์

## Work Sheet



## กิจกรรมเรียนรู้

### กิจกรรมเรียนรู้ 1.1

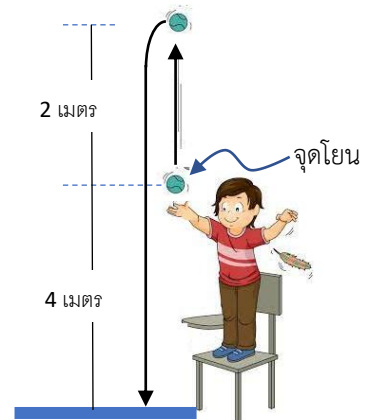
ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ ปริมาณเวกเตอร์ (Link Text หน้า 9)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมายของปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์ได้
2. นักเรียนสามารถหาขนาดของปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ปริมาณสเกลาร์ หมายถึง .....  
.....  
ได้แก่ .....
2. ปริมาณเวกเตอร์ หมายถึง .....  
.....  
ได้แก่ .....
3. จากภาพด้านล่าง ตอบคำถามต่อไปนี้
  - 3.1 การกระจัดจากจุดเริ่มต้นโยนลูกบอล จนกระทั่งถึงจุดสูงสุด การกระจัดได้.....เมตร
  - 3.2 การกระจัดจากจุดเริ่มต้นโยนลูกบอล เมื่อเคลื่อนที่ลงมา ณ จุดโยน การกระจัดได้.....เมตร
  - 3.3 ระยะทางจากจุดเริ่มต้นโยนลูกบอล เมื่อเคลื่อนที่ลงมา ณ จุดโยน คิดเป็นระยะทางได้.....เมตร
  - 3.4 การกระจัดจากจุดเริ่มต้นโยนลูกบอล เมื่อเคลื่อนที่ลงมา ที่พื้นด้านล่าง การกระจัดได้.....เมตร
  - 3.5 ระยะทางทั้งหมดจากจุดเริ่มต้นโยนลูกบอล เมื่อเคลื่อนที่ลงมา ที่พื้นด้านล่าง คิดเป็นระยะทางได้.....เมตร





## กิจกรรมเรียนรู้ 1.2

### ฝึกทักษะการหาผลรวมของปริมาณเวกเตอร์ ➤ วิธีสร้างรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)

(Link Text หน้า 14)

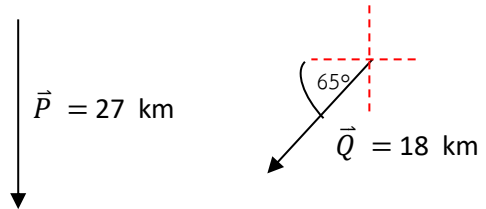
#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ หาผลลัพธ์การบวกเวกเตอร์ และการลบเวกเตอร์โดยวิธีการสร้างรูปได้
2. นักเรียนมีทักษะ ในการสร้างรูปหลายเหลี่ยม เพื่อใช้ในการรวมเวกเตอร์ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง

1. น้องมะลิ เดินทางไปทางทิศใต้ 27 km และเปลี่ยนทิศไปทางทิศตะวันตกเฉียงไปทางใต้ 65 องศา เป็นระยะ 18 km น้องมะลิเดินทางอยู่ห่างจากจุดเดิมเท่าไร

วิธีทำ กำหนดการกระจัดด้วยเส้นเวกเตอร์ ดังนี้  
กำหนดอัตราส่วน .....  
แสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วน ดังนี้

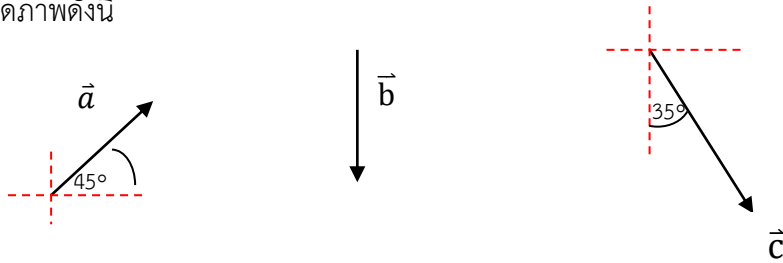


.....  
.....

เขียนสัญลักษณ์การรวมเวกเตอร์การกระจัด ดังนี้.....  
หาผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์ โดยวิธีเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)

สรุปผลรวมเวกเตอร์.....  
.....  
.....

2. จงแสดงการรวมเวกเตอร์  $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$  มีขนาดเป็น 20 m, 30 m และ 15 m ตามลำดับ กำหนดภาพดังนี้



**วิธีทำ**

กำหนดอัตราส่วน .....

แสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วน ดังนี้

.....

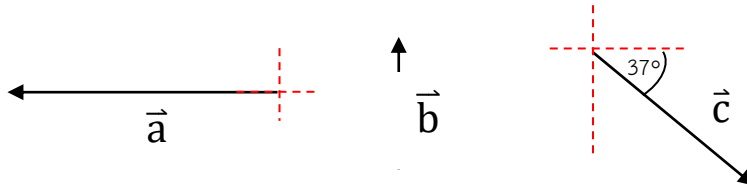
.....

หาผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์ โดยวิธีเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)

สรุปผลรวมเวกเตอร์.....  $R_{ลัพธ์} =$  .....

.....ทิศทางทำมุม.....

3. จงแสดงการบวกเวกเตอร์ และลบเวกเตอร์ โดยวิธีเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว) เมื่อ  $\vec{a}$  มีขนาด 4 N,  $\vec{b}$  มีขนาด 3 N และ  $\vec{c}$  มีขนาด 5 N กำหนดภาพดังนี้



วิธีทำ

กำหนดอัตราส่วน .....

แสดงวิธีการคำนวณหาอัตราส่วน ดังนี้

.....  
.....

3.1  $\vec{a} + \vec{b}$

3.2  $\vec{a} - \vec{b}$

3.3  $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$





### กิจกรรมเรียนรู้ 1.4

ฝึกทักษะการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ > (Link Text หน้า 23)

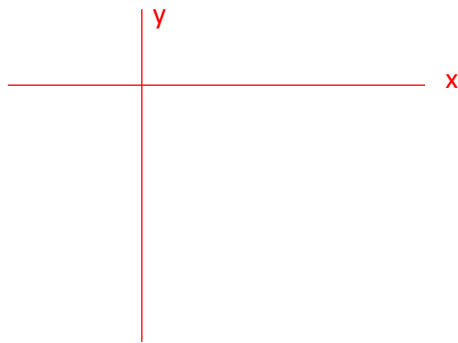
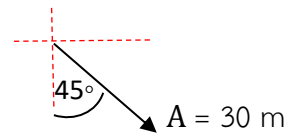
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ หาขนาดของเวกเตอร์ส่วนประกอบได้
2. นักเรียนสามารถแสดงการแยกเวกเตอร์ลงบนพิกัดแกน x และ y ได้ถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถหาผลรวมของเวกเตอร์จากการแยกเวกส่วนประกอบได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง

1. จงหาขนาดของเวกเตอร์บนแกน x และ y

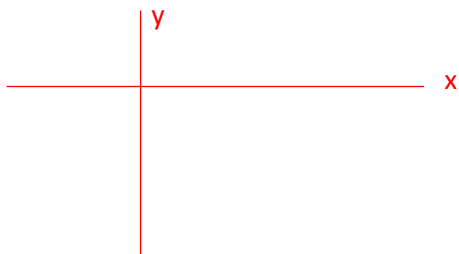
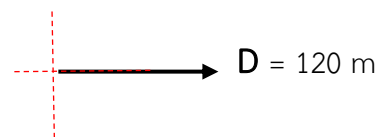
โดยการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ จากภาพ



$A_x =$  .....  
= .....  
= .....  
 $A_y =$  .....  
= .....  
= .....

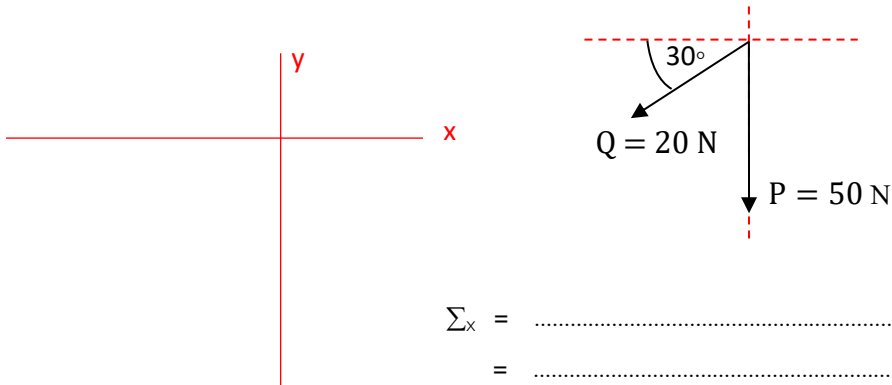
2. จงหาขนาดของเวกเตอร์บนแกน x และ y

โดยการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ จากภาพ



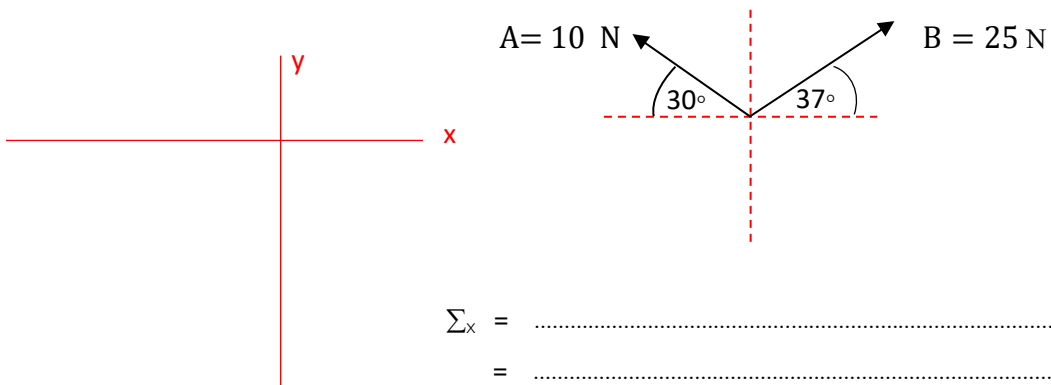
$D_x =$  .....  
= .....  
= .....  
 $D_y =$  .....  
= .....  
= .....

3. จงหาผลรวมของเวกเตอร์ส่วนประกอบ บนพิกัด แกน x และ y จากภาพด้านล่าง



$$\begin{aligned} \Sigma_x &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ \Sigma_y &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

4. จงหาผลรวมของเวกเตอร์ส่วนประกอบ บนพิกัด แกน x และ y จากภาพด้านล่าง



$$\begin{aligned} \Sigma_x &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ \Sigma_y &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

### กิจกรรมเรียนรู้ 1.5

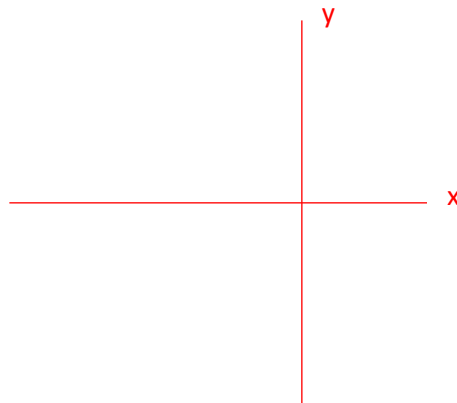
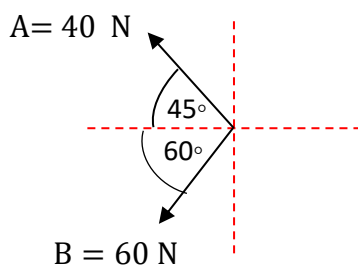
ฝึกทักษะการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ➤ (Link Text หน้า 26)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ หาขนาดของเวกเตอร์ส่วนประกอบได้
2. นักเรียนสามารถแสดงการแยกเวกเตอร์ลงบนพิกัดแกน x และ y ได้
3. นักเรียนสามารถหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ด้วยวิธีแยกเวกเตอร์ได้
4. นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบการหาผลลัพธ์ของเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง

1. จงหาขนาด  $\vec{R}$  ผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B}$



วิธีทำ

1. หาขนาดของผลรวมเวกเตอร์ บนพิกัดแกน x ( $\sum x$ )

$$\begin{aligned}\sum x &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum y &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots\end{aligned}$$



หาผลลัพธ์ของ  $\vec{R}$  (คำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } R_{\text{ลัพธ์}} &= \sqrt{\Sigma x^2 + \Sigma y^2} \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

หาทิศทางของ  $\vec{R}$  (ขนาดมุมของ  $\vec{R}$ )

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

สรุปผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์

$$\begin{aligned} \therefore & \dots\dots\dots \\ & \dots\dots\dots \end{aligned}$$

**สำรวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์** ➤ (Link Text หน้า 27)

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการหาพิกัดของการกระจัดของวัตถุได้
2. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาพิกัดการกระจัดวัตถุด้วยได้
3. นักเรียนสามารถตรวจสอบคำตอบการหาผลลัพธ์ของเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปได้
4. นักเรียนมีเจตคติ (กิจนิสัยที่ดี) ในการทำงานเพื่อแสดงหาคำตอบการหาพิกัดการกระจัดได้

**วิธีการดำเนินกิจกรรม**

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน
2. ปรีกษาหารือเพื่อร่วมกันสร้างโจทย์การกระจัดเพื่อหาพิกัดต่าง ๆ ภายในสถานศึกษา  
การกำหนดจุดกระจัดไม่เกินจำนวน 4 ครั้ง แต่แต่ละครั้งกระจัดไม่เกิน 10 เมตร
3. ในการกระจัดแต่ละครั้งให้ระบุทิศทาง (อ้างอิงจากเข็มทิศ)
4. กำหนดเป้าหมายจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการกระจัด ควรระบุสถานที่ เช่น องค์กร  
วิษณุกรรมแท่นหินเสมา ป้อมยาม เสาธง เป็นต้น
5. หาขนาดของการกระจัดตั้งแต่จุดตั้งต้น และจุดสิ้นสุดด้วยวิธีต่าง ๆ
6. แสดงการตรวจสอบผลลัพธ์การหาขนาดของเวกเตอร์ได้ตรงตามการวัดขนาดการกระจัด  
ในพื้นที่จริง

**วัสดุ - อุปกรณ์**

- |                      |                    |                  |
|----------------------|--------------------|------------------|
| 1. เข็มทิศ           | 3. ดินสอและยางลบ   | 5. กระดาษ A 4    |
| 2. ตลับเมตร ยาว 10 m | 4. ไม้โปรแทรกเตอร์ | 6. ปากกาสีต่าง ๆ |

**ความรู้พื้นฐาน**

1. ปริมาณเวกเตอร์
2. การหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ด้วยวิธีดังต่อไปนี้
  - 2.1 การสร้างรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)
  - 2.2 การคำนวณด้วยทฤษฎีพีทาโกรัส

- 2.3 การรวมเวกเตอร์ด้วยวิธีการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ
- 2.4 การกำหนดอัตราส่วน

**ผลการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ**

สร้างโจทย์ (ประเด็นปัญหา)

.....

.....

.....

อัตราส่วน .....

กำหนดเส้นเวกเตอร์การกระจัดแต่ละครั้งใช้ทิศเหนือเป็นจุดอ้างอิงตามลักษณะทิศจริงที่วัดได้จากเข็มทิศ



**การประเมินผล ➤ สำรวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ➤**

ระดับคะแนน      4 – ดีมาก                      3 – ดี                      2 – พอใช้                      1 – ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. ความสามารถในการกำหนดวิธีการสำรวจตรวจสอบการรวมเวกเตอร์	5	-	-
2. แสดงความรู้ในการออกแบบ วางแผน เตรียมการดำเนินงาน	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบผลลัพธ์การกระจัด		5	
4. แสดงความถูกต้องของการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (ทางต่อหัว)		5	
5. แสดงความถูกต้องของการคำนวณ การรวมเวกเตอร์การกระจัด		5	
6. ความสอดคล้องของการกำหนดอัตราส่วน กับขนาดของเวกเตอร์		5	
7. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
8. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
9. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
10. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
11. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
<b>คะแนนรวม</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
<b>เฉลี่ย</b>	<b>20 คะแนน</b>		

สมาชิกกลุ่ม

1. ....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
2. ....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
3. ....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
4. ....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
5. ....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....

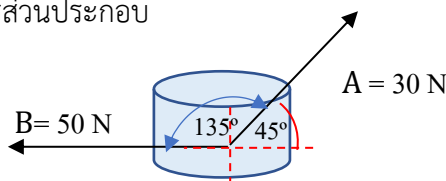
## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 1

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกจำแนกปริมาณทางฟิสิกส์ได้
2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์ได้
3. นักเรียนสามารถแสดงการรวมเวกเตอร์ลัพธ์โดยการเขียนรูปแบบทางต่อหัวได้
4. นักเรียนสามารถหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณด้วยทฤษฎีพิกทาโกรัสได้
5. นักเรียนสามารถหาผลรวมของเวกเตอร์ส่วนประกอบบนพิกัดแกน  $x$  และ  $y$  ได้
6. นักเรียนสามารถแสดงการคำนวณการรวมเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยวิธีแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง (ข้อละ 5 คะแนน) คะแนนเต็ม 20|

1. ให้นักเรียนใส่เครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความต่อไปนี้ให้ถูกต้อง  
.....1) ปริมาณทางฟิสิกส์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์  
.....2) ปริมาณสเกลาร์ คือปริมาณที่มีขนาด และทิศทาง สามารถเขียนลูกศรแทนปริมาณนั้นได้  
.....3) ปริมาณเวกเตอร์ คือปริมาณที่บอกขนาดของวัตถุ ไม่ต้องแสดงทิศทาง  
.....4) มวล (mass) คือขนาดของเนื้อสารวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม จัดเป็นปริมาณสเกลาร์  
.....5) อัตราเร็ว ความเร็ว การกระจัด เป็นปริมาณเวกเตอร์
2. กำหนดเวกเตอร์ของแรง  $A = 30 \text{ N}$  ,  $B = 50 \text{ N}$   
จงแสดงผลรวมของปริมาณเวกเตอร์  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{R}$ 
  - 2.1 ด้วยวิธีเขียนรูปหลายเหลี่ยม (ห่างต่อหัว)
  - 2.2 ด้วยวิธีการคำนวณด้วยการใช้ทฤษฎีพิกทาโกรัส (เมื่อ  $\vec{A}$  ทำมุมต่อกัน กับ  $\vec{B}$  ด้วยมุม  $135^\circ$ )
  - 2.3 ด้วยวิธีการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ



ชี้แนะข้อ 2.2  $\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$  หรือ 0.707 และ  $\cos 135^\circ = -\frac{\sqrt{2}}{2}$  หรือ -0.707

แสดงวิธีทำได้ดังนี้

Dotted lines for writing the answer.

A series of horizontal dotted lines for writing, consisting of 25 lines spaced evenly down the page.



กระดาษคำตอบ  
แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 1 เวกเตอร์)

เวลา 60 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ  
โจทย์คำถาม หน้า 2-6

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
<u>1</u>				
<u>2</u>				
<u>3</u>				
<u>4</u>				
<u>5</u>				
<u>6</u>				
<u>7</u>				
<u>8</u>				
<u>9</u>				
<u>10</u>				
<u>11</u>				
<u>12</u>				
<u>13</u>				
<u>14</u>				
<u>15</u>				
<u>16</u>				
<u>17</u>				
<u>18</u>				
<u>19</u>				
<u>20</u>				

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรง ได้
2. นักเรียนสามารถบอกหลักการของของแรงต่างๆ และใช้สัญลักษณ์แทนแรงได้
3. สามารถหาคำนวณหาขนาดของแรงกระทำ และระบุทิศทางของแรงได้
4. นักเรียนสามารถสำรวจตรวจสอบ ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้
5. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์และโทษ และนำสมบัติของแรงเสียดทานไปใช้ในงานวิชาชีพ และในชีวิตประจำวันได้

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

1. ความหมายของแรง
2. ประเภทของแรง
  - 2.1 แรงสนาม (Field force)
    - 2.1.1 แรงโน้มถ่วง (Gravitation force)
    - 2.1.2 แรงไฟฟ้า (Electric force)
    - 2.1.3 แรงแม่เหล็ก (Magnetic force)
  - 2.2 แรงจากการกระทำ (Contact force)
    - 2.2.1 แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force)
    - 2.2.2 แรงดึงเชือก (Tension force)
    - 2.2.3 แรงเสียดทาน (Force of friction)
3. นำความรู้เรื่องแรง และแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน และในงานวิชาชีพได้

#### บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 2 แแรง)

เวลา 1.30 ชม.

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ  
(คะแนนเต็ม 10)

แบบทดสอบก่อนเรียน Google form

<https://tinyurl.com/yc42xsf>



### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงและบอกหลักการของของแรงต่างๆ ได้
2. นักเรียนสามารถใช้สัญลักษณ์แทนแรงได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดต่อแรงกระทำ และระบุทิศทางของแรงได้
4. นักเรียนสามารถบอกปัจจัยที่มีผลแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุได้
5. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์และโทษ และนำหลักการแรงเสียดทานไปใช้ในงาน  
วิชาชีพ และในชีวิตประจำวันได้

แบบทดสอบหลังเรียน Google form

<https://tinyurl.com/42mb2x4p>



### 1. ข้อใดเป็นความหมายของแรง (Force)

- ก. แรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่ง
- ข. แรงอยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก มีขนาดความเร่งเท่ากัน
- ค. อำนาจอย่างหนึ่งทำให้วัตถุมวล 1 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่  $1 \text{ m/s}^2$
- ง. อำนาจหรือความพยายามที่มากกระทำต่อวัตถุแล้วอาจส่งผลให้วัตถุแปรเปลี่ยนสภาพไป

### 2. ข้อใดไม่ใช่แรงสนาม (Field force)

- |  |                  |
|--|------------------|
| ก. แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล                   | ค. แรงประจุไฟฟ้า |
| ข. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสต้านแรงโน้มถ่วง | ง. แรงแม่เหล็ก   |

### 3. แรงชนิดใดที่กระทำต่อวัตถุทุกชิ้น และทุกขณะเมื่อวัตถุอยู่บนโลก

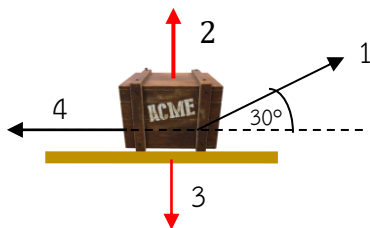
- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| ก. แรงโน้มถ่วงของโลก        | ค. แรงดึงในเชือก |
| ข. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส | ง. แรงเสียดทาน   |

### 4. แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดบริเวณผิวสัมผัสของวัตถุ หมายถึงแรงใด

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| ก. แรงโน้มถ่วงของโลก        | ค. แรงดึงในเชือก |
| ข. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส | ง. แรงเสียดทาน   |

5. นำเอาแท่งพลาสติก (โพลีทีน) มาถูกับขนสัตว์แห้ง แล้วนำมาแขวนไว้ จากนั้นนำแท่งพลาสติกอีกอันหนึ่ง เมื่อนำเอาไปไว้ใกล้กับพลาสติกที่แขวน พบว่าจะเกิดการผลักกัน เหตุการณ์ที่กล่าวคือแรงชนิดใด
- ก. แรงแม่เหล็ก  
ข. แรงโน้มถ่วงของโลก  
ค. แรงแม่เหล็ก  
ง. แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล
6. หลักการของเข็มทิศเพื่อหาทิศทางในการเดินทาง ใช้หลักการของแรงชนิดใด
- ก. แรงแม่เหล็ก  
ข. แรงโน้มถ่วงของโลก  
ค. แรงแม่เหล็ก  
ง. แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล
7. สัญลักษณ์ T หมายถึงแรงใด
- ก. แรงโน้มถ่วงของโลก  
ข. แรงตึงในเชือก  
ค. แรงเสียดทาน  
ง. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส
8. น้ำหนักของวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่บนพื้นราบ หาได้จากข้อใด
- ก.  $w = mg \sin \theta$   
ข.  $N = mg$   
ค.  $w = mg$   
ง.  $N = mg \cos \theta$

จากภาพที่กำหนดด้านล่าง ตอบถามข้อที่ 9-10



กำหนดค่า มวลวัตถุมีขนาด 42 กิโลกรัม สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน ( $\mu = 0.3$ )

9. ถ้าเส้นแรงที่ 1 ออกแรงและวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แรงเสียดทานคือหมายเลขใด
- ก. เส้นที่ 1  
ข. เส้นที่ 3  
ค. เส้นที่ 2  
ง. เส้นที่ 4

10. แรง หมายถึงเลข 2 คือแรงชนิดใด
- ก. แรงโน้มถ่วงของโลก
  - ข. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส
  - ค. แรงดึงในเชือก
  - ง. แรงเสียดทาน
11. ข้อใดเป็นหน่วยของแรง
- ก. kg
  - ข. Nm
  - ค. kg m/s<sup>2</sup>
  - ง. kg m/s<sup>2</sup> และ N
12. ก้อนหินมีมวล 38 kg อยู่บนโลกหนักกี่นิวตัน (N)
- ก. 38 N
  - ข. 380 N
  - ค. 38 kg
  - ง. 380 kg
13. จงแปลงขนาดของแรง 5 นิวตัน ในหน่วยกิโลกรัม ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- ก. 0.5 kg
  - ข. 5 kg
  - ค. 50 kg
  - ง. 500 kg
14. กล่องวัตถุมวล 15 kg วางอยู่บนพื้นราบ จะมีแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากเท่าไร
- ก. 15 kg
  - ข. 150 kg
  - ค. 15 N
  - ง. 150 N
15. เหตุการณ์ใดเกิดแรงเสียดทานจลน์
- ก. สัญญาณไฟจราจรแฉวนไว้กลางสี่แยก
  - ข. นักกีฬาสเก็ตไถลตัวเคลื่อนที่บนลานน้ำแข็ง
  - ค. เด็กนักเรียนช่วยกันผลักก้อนหินแต่ไม่ขยับ
  - ง. เข็มทิศชี้ทิศไปยังขั้วโลกเหนือ
16. ข้อใดถูกต้อง เมื่อกล่าวถึงแรงเสียดทาน
- ก. แรงเสียดทานสถิตสูงสุด มีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานจลน์
  - ข. แรงต้านการเคลื่อนที่ ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ คือแรงเสียดทานสถิต
  - ค. แรงเสียดทานสถิตสูงสุด เป็นแรงต้านการเคลื่อนที่มีค่ามากที่สุด ขณะวัตถุเริ่มขยับ
  - ง. สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน คือผลคูณของน้ำหนักวัตถุ กับขนาดของแรงเสียดทาน

17. ข้อใด **ไม่ได้** เป็นปัจจัยต่อขนาดของแรงเสียดทาน จะมีค่ามาก หรือน้อย
- ก. วัตถุนั้นมีมวลมาก  
ค. วัตถุที่วางอยู่บนพื้นเอียงลาดชันสูง
- ข. ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุมีความผิดมาก  
ง. ขนาดพื้นที่ของหน้าผิวสัมผัส
18. เมื่อแรง 20 N พยายามลากให้วัตถุ 20 kg เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีแรงเสียดทาน เมื่อวัตถุเริ่มขยับ จงหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต
- ก. 0.1  
ค. 0.3
- ข. 0.2  
ง. 0.5
19. รถยนต์มีมวล 3000 kg วิ่งอยู่บนถนนคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ 0.8 เมื่อรถวิ่งมาด้วยความเร็วคงตัว แรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร
- ก. 357 N  
ค. 24,000 N
- ข. 2,400 N  
ง. 30,000 N
20. นักกีฬา แข่งขันการขี่จักรยานความเร็ว นอกจากนักกีฬาจะต้องผ่านการฝึกฝนมาอย่างดี แต่หากต้องการได้เปรียบคู่แข่ง เขาจะต้องพิจารณาการลดแรงเสียดทานได้อย่างไร
- ก. จักรยาน และผู้แข่งขัน ต้องมีน้ำหนักรวม  
ค. แอวนด์จักรยานโค้งลง ผู้ขี่ต้องหมอบลงไป  
มากเพื่อยึดเกาะลู่อแข่งขัน  
กับแอวนด์ ล้อยางหน้าสัมผัสแคบ
- ข. ล้อยางขนาดใหญ่ ปลายของดอกยางต้องมาก  
ง. ตัวจักรยานทำด้วยวัสดุแข็งแรงกันกระแทก  
เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานยึดเกาะถนน  
ได้ดี

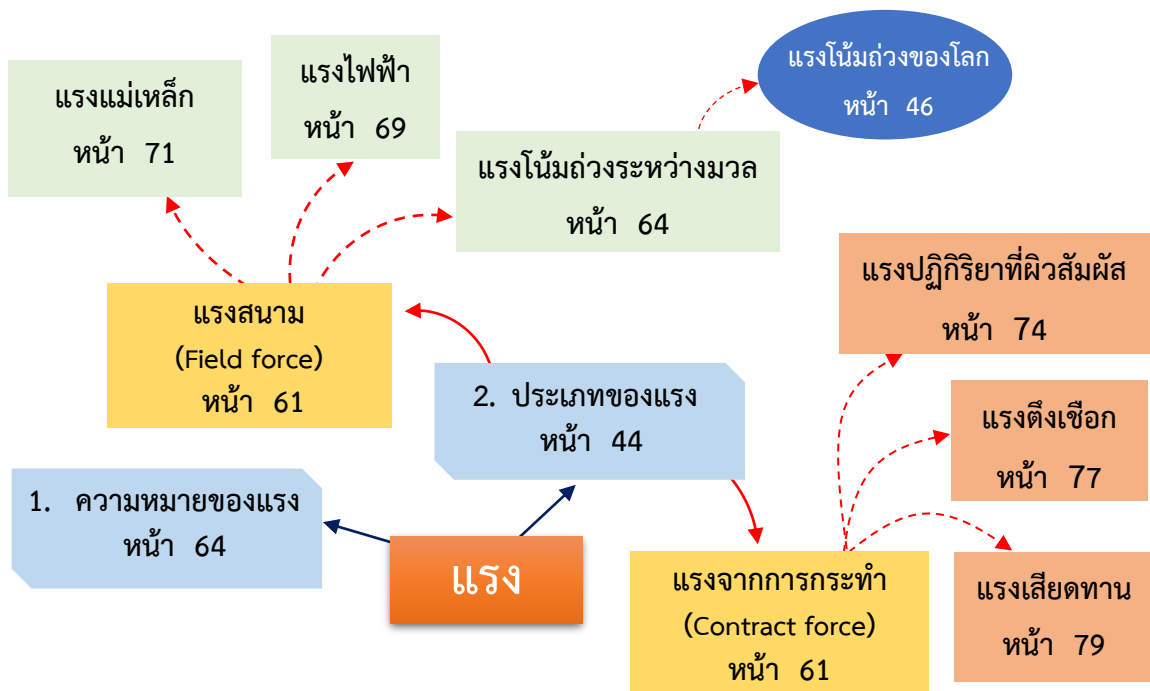
# แรง

## บทนำ

แรงเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับมนุษย์ทุกคน เมื่อเราผลักหรือดึงวัตถุ เราต้องออกแรงบนวัตถุนั้น ๆ การโยน ขว้างปาวัตถุ การเตะลูกบอล สิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับแรงที่เกิดจากการผลของการใช้กล้ามเนื้อของร่างกายทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนการเคลื่อนที่ แต่อย่างไรก็ตามแรงอาจจะไม่ใช่สาเหตุทั้งหมดที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น ถ้าเรานั่งอ่านหนังสือบนเก้าอี้ร่างกายของเราก็คงอยู่บนเก้าอี้มันแต่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อร่างกาย หรือแม้กระทั่งพยายามออกแรงที่จะผลักให้ก้อนหินขนาดใหญ่ก็อาจจะทำให้วัตถุนั้นไม่เคลื่อนที่

ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่วัตถุ อันเกิดจากผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ (Contact force) ได้แก่ แรงดึง แรงปฏิกิริยาโต้ตอบ และแรงเสียดทาน

นอกจากนี้ยังมีแรงสนาม (Field force) แรงระหว่างวัตถุทั้งสองกระทำกันในอวกาศ หรือแรงดึงดูดของวัตถุระหว่างมวลวัตถุ แรงที่เป็นสาเหตุให้วัตถุตกอิสระด้วยความเร่ง ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก แรงประจุไฟฟ้า แรงดึงดูดทางไฟฟ้าภายในอะตอมของธาตุและแรงสนาม แม่เหล็กไฟฟ้า





<https://tinyurl.com/fdsbnrt5>

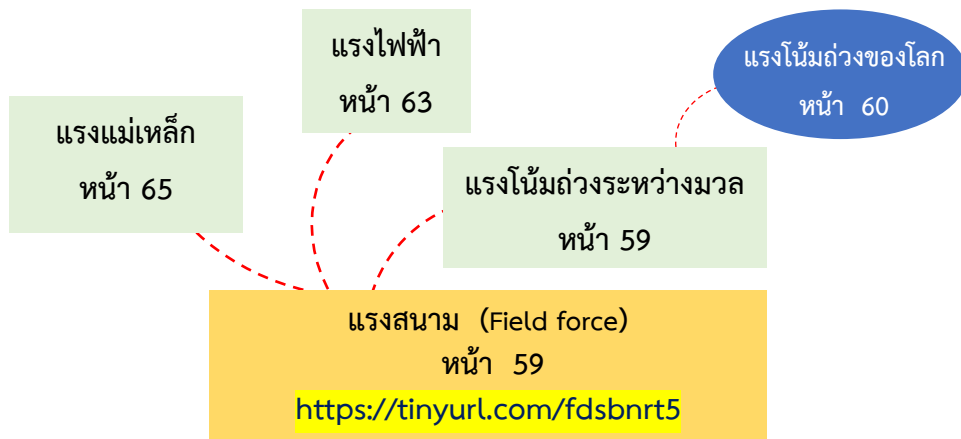
## 1. ความหมายของแรง

แรง (Force) หมายถึง อำนาจหรือความพยายามที่มากกระทำต่อวัตถุแล้วอาจส่งผลให้วัตถุแปรเปลี่ยนสภาพไป เช่น แรงทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่าง วัตถุอาจเปลี่ยนทิศทาง หรือเปลี่ยนความเร็วของการเคลื่อนที่

แรง เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาด และทิศทาง ดังนั้น จึงสามารถใช้เส้นตรงที่มีหัวลูกศรกำกับแทนขนาดและทิศทางของแรงได้ หน่วยของแรงในระบบเอสไอ (SI) เป็นนิวตัน (N)

## 2. ประเภทของแรง

ในที่นี้แรงสามารถจำแนกประเภทตามแรง 2 ลักษณะ ได้แก่ แรงที่เกิดในธรรมชาติภายใต้สนามของแรง และแรงที่เกิดจากการกระทำต่อวัตถุนั้น รายละเอียดศึกษาต่อไปนี้



### 2.1 แรงสนาม (Field Force)

แรงสนามเป็นแรงมูลฐานเป็นแรงในธรรมชาติ สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

**2.1.1 แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล (Gravitation Force)** เป็นแรงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่เกิดระหว่างวัตถุทั้งสองในห้วงอวกาศ ตัวอย่างเช่น การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ การดึงดูดระหว่างกันของโลกกับดวงจันทร์ การตกอย่างอิสระของวัตถุบนผิวโลกภายใต้ความเร่งจากการกระทำของมวลที่มีขนาดใหญ่กว่า นิวตัน ได้กล่าวถึงทฤษฎีของแรงดึงดูดระหว่างมวล และเรียกว่า กฎความโน้มถ่วงสากลไว้ดังนี้ “ *มวล  $m_1$  และ  $m_2$  วางห่างกันเป็นระยะทาง  $r$  จะมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน*



โดยแรงจะแปรผันกับผลคูณของ  $m_1$  และ  $m_2$  และแปรผกผันกับ  $r^2$ ” (ภาควิชาฟิสิกส์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532, หน้า 44)

$F \propto m_1 m_2$  แรงแปรผันตามผลคูณของมวล หมายความว่า ถ้าผลคูณของมวลมีมาก  
แรงจะเกิดขึ้นมากตาม

$F \propto \frac{1}{r^2}$  แรงแปรผกผันตามระยะห่างของมวลทั้งสองยกกำลังสอง หมายความว่า ถ้า  
ระยะทางน้อยหรือใกล้ แรงจะเกิดมาก  
ดังนั้นเขียนตามความสัมพันธ์ได้ว่า

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

F	แทน	แรง	หน่วย	N
$m_1$	แทน	มวลที่ 1	หน่วย	kg
$m_2$	แทน	มวลที่ 2	หน่วย	kg
r	แทน	ระยะห่างของมวลทั้งสอง	หน่วย	เมตร (m)
G	แทน	$6.67 \times 10^{-11}$	หน่วย	$\text{Nm}^2/\text{kg}^2$

### แรงโน้มถ่วงของโลก (The Gravitational Force) และน้ำหนักของวัตถุ (Weight)

เมื่อวัตถุทุกชิ้นที่อยู่บนโลก นั้นแสดงว่าวัตถุนั้นมีขนาดเล็กซึ่งมวลน้อยกว่ามวลของโลกเรา  
ดังนั้นวัตถุทั้งหลายบนโลกจะถูกแรงของโลกดึงดูดวัตถุให้ตกอย่างอิสระภายใต้ความเร่งเข้าสู่จุดศูนย์กลาง  
ของโลก เรียกว่า แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Force สัญลักษณ์  $F_g$ )

แรงของโลกดึงดูดให้วัตถุเคลื่อนที่ลงอย่างอิสระจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง  
หรือเกิดความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $\vec{g}$ )

จากสมการกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ได้ว่า  $\sum \vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \vec{F}_g = m\vec{g}$

น้ำหนัก ( $\vec{W}$ ) แปรเปลี่ยนไปตามสภาพของความโน้มถ่วง ที่กล่าวว่า แรงแปรผันตามขนาดมวล  
วัตถุ แต่จะผกผันกับระยะทางของวัตถุ ซึ่งขนาดของ  $\vec{g}$  บนผิวโลก มีขนาด  $9.80 \text{ m/s}^2$  ในขณะที่ขนาด  
ของ  $\vec{g}$  บนเทือกเขามีขนาด  $9.76 \text{ m/s}^2$  ดังนั้นแม้วัตถุจะมีมวลที่เท่ากัน แต่จะส่งผลให้น้ำหนักมีขนาด  
ที่ไม่เท่ากัน

ดังนั้นน้ำหนักของวัตถุ  $\vec{W}$  เขียนเป็นสมการได้ว่า  $\vec{W} = m\vec{g}$  หน่วย  $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  หรือ N

การคิดหน่วยนิวตัน หน้า 48

ตัวอย่างเช่น เมื่อนำวัตถุมวล  $70 \text{ kg}$  วางนิ่งอยู่บนพื้นผิวโลก ขนาดของความเร่งภายใต้แรง  
โน้มถ่วงของโลก ( $\vec{g}$ ) จะมีค่า เท่ากับ  $9.80 \text{ m/s}^2$

จากสมการ  $\vec{w} = m\vec{g}$

$$W = 70 \times 9.80$$

$$= 686 \quad \text{N}$$

เปรียบเทียบน้ำหนักของวัตถุ เมื่อวัตถุมวล 70 kg วางนิ่งอยู่บนเทือกเขา (สูงขึ้นไปจากผิวโลก) ขนาดของความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง มีค่ากับ  $9.76 \text{ m/s}^2$

จากสมการ  $\vec{w} = m\vec{g}$

$$W = 70 \times 9.76$$

$$= 683 \quad \text{N}$$

**สรุปได้ว่า** แรงโน้มถ่วงของโลก เป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลอย่างหนึ่ง ที่เกิดจากมวลของโลก ขนาดใหญ่ทำให้มีแรงมากพอที่จะทำให้วัตถุทุกชิ้นบนโลกอยู่ติดกับผิวโลก ซึ่งตกลงสู่ผิวโลกด้วยความเร่งที่มีขนาดเฉลี่ยคงที่  $9.8 \text{ m/s}^2$  แทนด้วย  $g$

น้ำหนักของวัตถุ ( $\vec{w}$ ) คือ มวล ( $m$ ) วัตถุหนึ่งๆที่ถูกแรงของโลกกระทำไว้ให้เคลื่อนที่ในทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลกด้วยความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง ( $\vec{g}$ )

แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ หรือน้ำหนักวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ที่สามารถเขียนทิศทาง แทนด้วยหัวลูกศรในทิศตั้งลงเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกเสมอ สามารถแสดงทิศทางได้ดังภาพด้านล่าง

1. กล่องวัตถุวางอยู่บนพื้นราบ



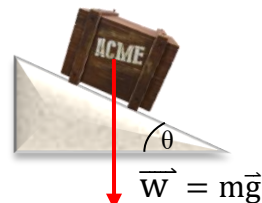
เขียนเส้นแรงด้วยเส้นลูกศร แทน  
แรงโน้มถ่วงกระทำกับวัตถุ



2. กล่องวัตถุวางอยู่บนพื้นเอียง



เขียนเส้นแรงด้วยเส้นลูกศร แทน  
แรงโน้มถ่วงกระทำกับวัตถุ



ภาพที่ 2.1 เส้นลูกศรแทนทิศทางของน้ำหนักวัตถุ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า, 61)

<https://tinyurl.com/mvbu75xc>



### การหาขนาดของน้ำหนักวัตถุ และการแปลงหน่วย

**ตัวอย่างที่ 2.1** วัตถุมวล 40 กิโลกรัม มีน้ำหนักขนาดเท่าไร (มีขนาดกี่นิวตัน)

**โจทย์กำหนด** มวล ( $m$ ) = 40 กิโลกรัม

ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) มีขนาด =  $9.8 \text{ m/s}^2$

สิ่งที่โจทย์ต้องการคำตอบ  $w = ?$  (เป็นการแปลงหน่วย **กิโลกรัม** ให้เป็น **นิวตัน**)

**วิธีทำ** จากสมการ  $\vec{w} = m\vec{g}$

$$W = 40 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 392 \text{ kg m/s}^2 \text{ หรือ N}$$

$\therefore$  วัตถุมีน้ำหนัก 392 นิวตัน

**ตัวอย่างที่ 2.2** สะเก็ดดาวก้อนหนึ่งมีน้ำหนัก 2,058 นิวตัน เมื่ออยู่บนโลกคิดเป็นมวลกี่กิโลกรัม

**โจทย์กำหนด** น้ำหนัก ( $w$ ) มีขนาด = 2,058 นิวตัน

ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) =  $9.8 \text{ m/s}^2$

$m = ?$  (โจทย์ต้องการคำตอบ) (เป็นการแปลงหน่วย **นิวตัน** ให้เป็น **กิโลกรัม**)

**วิธีทำ** จากสมการ  $\vec{w} = m\vec{g}$  หน่วย นิวตัน (N)

$$2,058 \text{ N} = m \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = \frac{2,058 \text{ N}}{9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 210 \text{ kg}$$

$\therefore$  สะเก็ดดาวมีมวล 210 กิโลกรัม

### การคิดหน่วยของนิวตัน

สมการ การหาขนาดของน้ำหนักของวัตถุ  $\vec{w} = m\vec{g}$  หน่วย  $\text{kg} \times \text{m/s}^2$  (นิวตัน)

การคิดหน่วย หน่วย  $\text{kg} \times \text{m/s}^2$  เรียกหน่วยนี้ว่า นิวตัน (N)

$m$  แทน มวล หน่วย kg

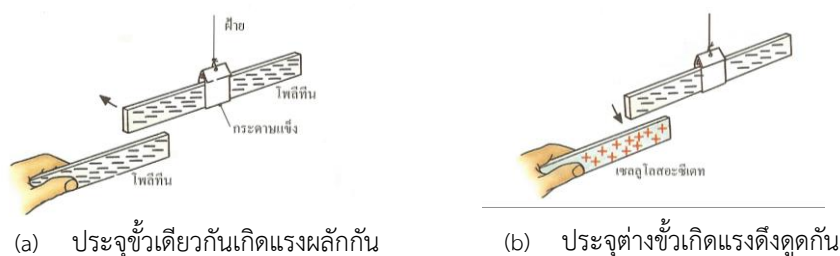
$g$  แทน ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก หน่วย  $\text{m/s}^2$

ค่าเฉลี่ย  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

## 2.1.2 แรงไฟฟ้า (Electric Force)

แรงไฟฟ้าเป็นแรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุบวก และประจุลบ โดยประจุบวกปรากฏอยู่บนอนุภาคโปรตอน และประจุลบบนอนุภาคอิเล็กตรอน ซึ่งอนุภาคทั้งสองนี้เป็นส่วนประกอบของวัตถุทุกชนิด ในสภาพปกติ วัตถุมีประจุทั้งสองชนิดเท่ากัน หากวัตถุใดที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนทำให้เป็นประจุบวก ส่วนวัตถุที่รับอิเล็กตรอนเป็นวัตถุที่มีประจุลบ ในการทำให้วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้ากลายเป็นวัตถุมีประจุ วิธีหนึ่งที่ทำได้ง่ายคือนำวัตถุไปถูกับอีกวัตถุอื่น การกระทำนี้ให้มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน หรือ เกิดประจุขึ้นระหว่างวัตถุ

จากการทดลอง ภาพที่ 2.2 (a) นำเอาแท่งพลาสติก (โพลีทีน) มาถูกับขนสัตว์แห้ง แล้วนำมาแขวนไว้ วัตถุแท่งพลาสติกอีกอันหนึ่ง จากนั้นนำเอาไปไว้ใกล้กับพลาสติกที่แขวนไว้ พบว่าจะเกิดการผลักรัน



ภาพที่ 2.2 การทดลองแรงระหว่างวัตถุที่มีประจุ  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547 หน้า 241)

และภาพที่ 2.1 (b) โดยเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสอะซิเตท (พลาสติกใส) นำมาไว้ใกล้กับแท่งพลาสติกอันเดิมที่แขวนไว้ พบว่าจะดูดเข้าหากัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า มีแรงเกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้า แรงดังกล่าวสามารถที่จะดูดวัสดุ หรือ ผลักวัสดุได้

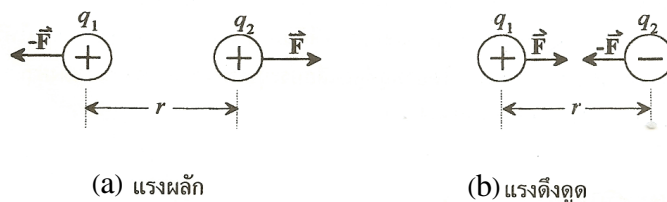
แรงทางไฟฟ้าได้พบโดยนักฟิสิกส์ ชื่อคูลอมบ์ (C.A. de Coulomb) สรุปหลักการได้ดังนี้

- 1) เป็นแรงผลักรันเมื่อเป็นประจุชนิดเดียวกัน และเป็นแรงดึงดูด เมื่อประจุต่างชนิดกัน
- 2) แปรผกผันโดยตรงกับผลคูณของประจุ
- 3) แปรผกผันกับกำลังสองของระยะที่ห่างกันระหว่างประจุ
- 4) อยู่ในแนวเส้นตรงกับประจุทั้งสอง (สุนทรศักดิ์ สุขสุขะโน, 2548, หน้า 1)

ศึกษาเพิ่มเติม  
คลิปวิดีโอ



การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. YouTube. (12 ต.ค. 2021).  
<https://www.youtube.com/watch?v=CdjrbXANzWY>



ภาพที่ 2.3 แรงทางไฟฟ้าระหว่างประจุ

ที่มา (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537, หน้า, 2 )

จากข้อความข้างต้นเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$F \propto q_1 q_2$  (ขนาดของแรงระหว่างประจุ แปรผันตรงกับผลคูณของประจุทั้งสอง หรือผลคูณของประจุมีค่ามาก ขนาดของแรงจะมีค่ามากด้วย)

$F \propto \frac{1}{r^2}$  (ขนาดของแรงระหว่างประจุ แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง หรือ แรงมีค่ามากตามส่วนกลับของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง ยกกำลังสอง)

จากความสัมพันธ์สามารถหาขนาดแรงทางไฟฟ้าได้จาก  $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$

F หมายถึง แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

$q_1$  หมายถึง ประจุไฟฟ้าที่ 1

$q_2$  หมายถึง ประจุไฟฟ้าที่ 2

$r^2$  หมายถึง ระยะห่างระหว่างประจุไฟฟ้ากำลังสอง

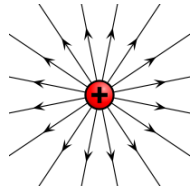
K หมายถึง ค่าคงตัวคูลอมบ์ ในสุญญากาศมีค่า  $K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2 / \text{C}^2$

แรงไฟฟ้า (Electric force) คือ แรงระหว่างประจุไฟฟ้าสองประจุ ประจุต่างชนิดจะดึงดูดกัน และประจุชนิดเดียวกันผลักกัน ขนาดของแรงเป็นตามกฎของคูลอมบ์ (ฟิสิกส์ครูไทย, 2564.)

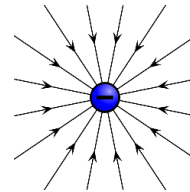
หน่วยของแรงไฟฟ้า ในระบบเอสไอ (SI) คือ นิวตัน (N)

หน่วยของประจุไฟฟ้า คือคูลอมบ์ (C)

แรงทางไฟฟ้า เป็นปริมาณฟิสิกส์ มีขนาดและทิศทาง โดยทิศทางของแรงกระทำต่อประจุบวก และลบในสนามไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกันดังนี้ ทิศของประจุบวกจะพุ่งออก ส่วนประจุลบแรงเข้าหา ประจุ ดังภาพที่ 2.4 เมื่อประจุบวกและประจุลบอยู่ใกล้กันจะมีแรงภายในสนามไฟฟ้าโดยแรงประจุบวกพุ่งออกไปยังประจุลบและประจุลบดูดเข้าหาประจุบวก ดังภาพที่ 2.4

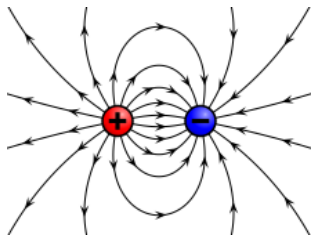


(a) สนามไฟฟ้าจากประจุบวก



(b) สนามไฟฟ้าจากประจุลบ

ภาพที่ 2.4 ทิศของแรงทางไฟฟ้าประจุบวก และประจุลบ  
ที่มา ([https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_charge](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_charge))



ภาพที่ 2.5 ทิศของแรงทางไฟฟ้าประจุบวกและประจุลบในสนามไฟฟ้า  
ที่มา ([https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_charge](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_charge))

ตัวอย่างแรงไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน เช่น

1. แรงไฟฟ้าสถิตบนเสื้อผ้าแห้งที่ทำให้ขนบนมือตั้งชันขึ้น
2. แรงไฟฟ้าสถิตบนลูกบิดโลหะประตู เมื่อเราสัมผัส ทำให้เกิดอาการสะดุ้ง

ศึกษาเพิ่มเติม  
สื่อวีดิทัศน์



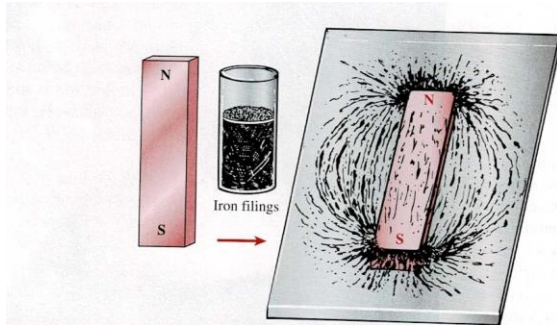
แรงแม่เหล็กไฟฟ้า. กวดวิชาพีส์สาย ชลบุรี. YouTube. (23 ส.ค. 2019).

<https://www.youtube.com/watch?v=YTSGO1Q88Aw>

### 2.1.3 แรงแม่เหล็ก (Magnetic force)

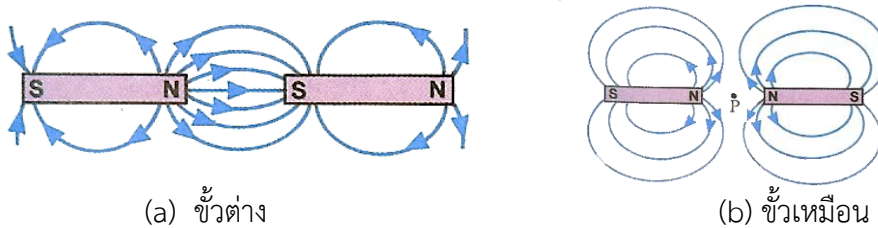
โลกของเราเป็นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ จากการที่แก่นโลก ประกอบไปด้วยเหล็กและนิเกิลเหลว มีการหมุนอยู่ตลอดเวลา การหมุนนี้ทำให้เกิดกระแสของอิเล็กตรอน เหมือนกับเป็นไดนาโมหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้โลกมีสนามแม่เหล็ก (myfirststrain.com , 2554.)

สนามแม่เหล็กโลกนั้นเกิดจากแรงแม่เหล็กบริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ทิศทางของแรงสนามแม่เหล็กก็เหมือนกับแรงแม่เหล็กทั่วไปที่สามารถทดสอบได้ด้วยการใช้ก้อนแม่เหล็กวางไว้ได้แผ่นกระจก และโรยผงตะไบเหล็กบนแผ่นกระจก จะพบว่าผงตะไบเหล็กจะจัดเรียงตัวเกิดเป็นเส้นแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อแท่งแม่เหล็ก โดยบริเวณขั้วทั้งสองจากเกิดแรงมากกว่าบริเวณอื่นๆ ได้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เส้นแรงแม่เหล็ก จากการโรยผงตะไบเหล็ก  
ที่มา (Tippens, 2007 หน้า 568). (2007).

แรงแม่เหล็ก หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กโดยขั้วแม่เหล็กที่มีขั้วต่างกันจะเกิดแรงดูดกัน ขั้วเหมือนกันจะเกิดแรงผลักกัน ขนาดของแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแปรผันตรงกับผลคูณของขั้วแม่เหล็กทั้งสอง และจะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างขั้วทั้งสองยกกำลังสอง



(a) ขั้วต่าง

(b) ขั้วเหมือน

ภาพที่ 2.7 ทิศทางของสนามแม่เหล็กเมื่อวางขั้วต่างกันและขั้วเหมือนกัน  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547 หน้า 241)

$F \propto m_1 m_2$  (แรงแม่เหล็ก แปรผันตรงกับผลคูณของกำลังขั้วแม่เหล็ก หรือแรงแม่เหล็กมีค่ามาก กำลังขั้วแม่เหล็กจะมีค่ามากด้วย)

$F \propto \frac{1}{r^2}$  (แรงระหว่างขั้วแม่เหล็กแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง หรือแรงมีค่ามากตามระยะห่างระหว่างขั้วแม่เหล็กจะต้องใกล้กัน)

ดังนั้นสามารถหาแรงระหว่างแม่เหล็กได้จาก  $F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$

F หมายถึง แรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก

K หมายถึง ค่าคงตัวสำหรับตัวกลางหนึ่งๆ

$m_1$  หมายถึง กำลังขั้วแม่เหล็กขั้วที่ 1

$m_2$  หมายถึง กำลังขั้วแม่เหล็กขั้วที่ 2

$r^2$  หมายถึง ระยะห่างระหว่างขั้วแม่เหล็กกำลังสอง

แม่เหล็กนอกจากจะส่งแรงกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กด้วยกันแล้ว แม่เหล็กยังสามารถส่งแรงไปกระทำกับสารบางชนิดได้ด้วย เช่น เหล็ก บิสมัท นิกเกิล ฯลฯ สารเหล่านี้เรียกว่า สารแม่เหล็ก และเมื่ออนุภาคมีประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วผ่านไปในสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำบนอนุภาค ตามสมการดังนี้

$$\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B}$$

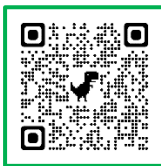
เมื่อ  $\vec{F}$  แทน แรงแม่เหล็ก

q แทน ประจุของอนุภาค

$\vec{V}$  แทน ความเร็วของอนุภาค

$\vec{B}$  แทน สนามแม่เหล็ก

ศึกษาเพิ่มเติม > สื่อวีดิทัศน์



แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ตอนที่ 1. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (22 ก.ค. 2020).

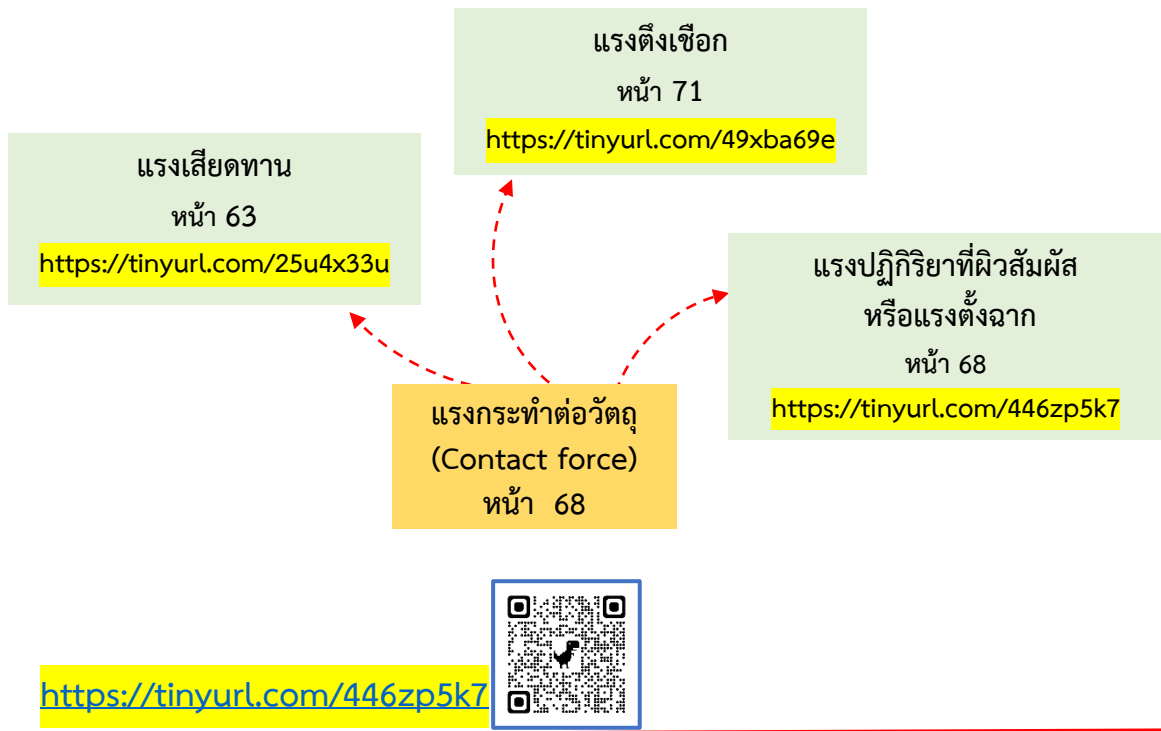
<https://www.youtube.com/watch?v=FEALUPwdUio>

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 2.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แรงสนาม > Work sheet หน่วย 2 > หน้า 83

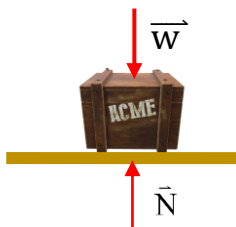




## 2.2 แรงกระทำต่อวัตถุ (Contact force)

แรงบางชนิดจากสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และพบได้บ่อยในหลายสถานการณ์ แบ่งออกได้ดังนี้

**2.2.1 แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส หรือแรงตั้งฉาก (Normal force)** นักเรียนทราบมาแล้วว่า แรงโน้มถ่วงของโลกมีผลต่อการทำให้วัตถุทุกชนิดวางอยู่บนพื้นผิวโลกได้ โดยที่วัตถุนั้น ๆ ไม่ล่องลอยไปมา ทั้งนี้เพราะทิศทางของแรงโน้มถ่วงมีทิศเข้าสู่แกนกลางของโลก (หรือตั้งฉากกับผิวโลก) แต่เหตุใดวัตถุจึงไม่จมลงไปใต้พื้นผิวดิน หรือพื้นคอนกรีตที่วางวัตถุไว้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส



ทิศของแรงโน้มถ่วงกดวัตถุให้ลงสู่พื้นผิว ดังนั้นวัตถุจึงควรจะจมลงไปในพื้นที่ แต่ไม่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะ มีแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสต้านแรงโน้มถ่วงของโลก

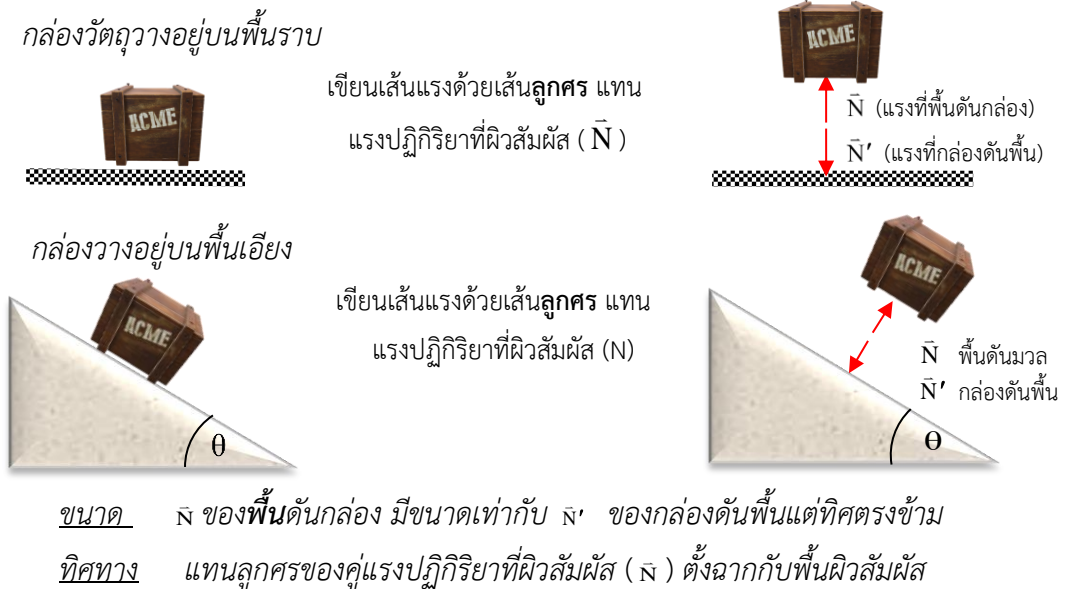
ภาพที่ 2.8 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) กับน้ำหนักวัตถุ (Weight)

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 68)

แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $\vec{N}$ ) เกิดเมื่อวัตถุสัมผัสกับวัตถุหนึ่ง เช่นการวางโต๊ะบนพื้น แรงของวัตถุจะกดลงบนพื้นสัมผัส ซึ่งพื้นผิวสัมผัสจะพยายามต้านแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่

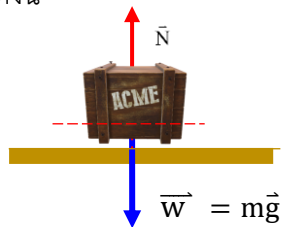
ข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยแรงสองแรงมีการโต้ตอบกับวัตถุหนึ่ง ณ จุดสัมผัส แรงทั้งสองซึ่งมีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้ามกัน แต่ขณะเดียวกันทิศแรงจะต้องตั้งฉากกับผิวสัมผัสด้วย

กรณีที่วัตถุกดผิวสัมผัส แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $\vec{N}$ ) จะต้องมีทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัส แรงนี้จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุกดกับพื้นลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นแสดงไว้ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.9 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) เมื่อวางบนพื้นราบและพื้นเอียง  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 69)

การหาขนาดของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส เนื่องจากแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $\vec{N}$ ) เป็นแรงที่พยายามต้านแรงโน้มถ่วงของโลก (ทิศของแรง  $\vec{N}$  จึงมีทิศที่อยู่ตรงข้ามกับแรง ( $\vec{w}$ ) แต่แรง  $\vec{N}$  จะต้องมีทิศตั้งฉากกับผิวสัมผัสด้วย ดังนั้นในการหาค่าแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $\vec{N}$ ) สามารถหาค่าได้จากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ดังนี้



ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน

วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง  $\Sigma \vec{F} = 0$  (ผลรวมของแรงเป็น 0)

แรงปฏิกิริยา ( $\vec{N}$ ) จะต้องมีขนาดเท่ากับ แรงโน้มถ่วง

ดังนั้นจึงหาค่าแรงปฏิกิริยา ( $\vec{N}$ ) ได้จาก  $\vec{w} = m\vec{g}$

ภาพที่ 2.10 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) เมื่อวางบนพื้นราบ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 69)

**ตัวอย่างที่ 2.3** วัตถุชิ้นหนึ่งมีมวล 30 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส มีขนาดเท่าไร

**โจทย์กำหนด**  $m = 30 \text{ kg}$  ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ,  $N = ?$  (โจทย์ต้องการทราบ)

**แนวคิด** วัตถุหยุดนิ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน  $\sum \vec{F} = 0$  ดังนั้น  $\vec{N} + \vec{W} = 0$   
หรือ  $\vec{N} = -\vec{W}$

**วิธีทำ** จากสมการ  $\vec{N} = m\vec{g}$

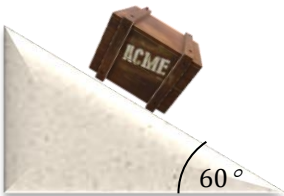
$$N = 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ = 300 \text{ N}$$

$\therefore$  แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส มีขนาด 300 นิวตัน



<https://tinyurl.com/3398jbw3>

**ตัวอย่างที่ 2.4** วัตถุชิ้นหนึ่งมีมวล 30 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นเอียงเส้นทำมุม  $60^\circ$  กับแนวราบ จงหาแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสขณะวัตถุหยุดนิ่งมีขนาดเท่าไร



<https://tinyurl.com/4p7b379w>

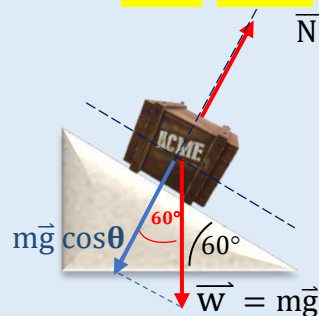
**วิธีทำ**

**โจทย์กำหนด**  $m = 30 \text{ kg}$  ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
 $N = ?$  (โจทย์ต้องการทราบ)

**วิธีทำ**  $N = m \cdot g \cdot \cos 60^\circ$   
 $= 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.5$   
 $= 150 \text{ N}$

$\therefore$  แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสมีขนาด 150 นิวตัน

- เขียนเส้นแรงที่กระทำกับวัตถุ ได้แก่
  - แรงโน้มถ่วงของโลก  $w = mg$
  - แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $N$ ) ตั้งฉากกับผิวสัมผัส
- เขียนแกน  $x$  และ  $y$  ตามแนวพื้นเอียง
- แยกเวกเตอร์ แรงโน้มถ่วงของโลก ( $\vec{w}$ ) ให้อยู่บนแกน  $y$  จะได้  $\vec{N} = m\vec{g} \cos 60^\circ$



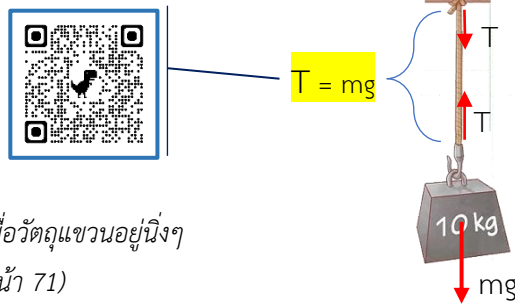


<https://tinyurl.com/49xba69e>

### 2.2.2 แรงดึงในเชือก (Tension)

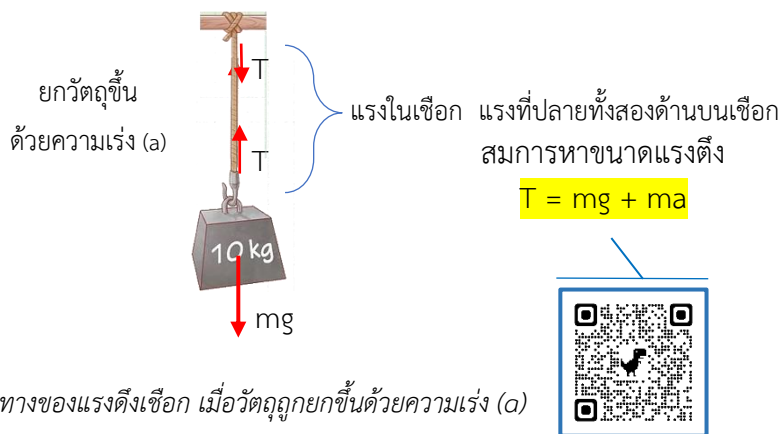
Bess Ruff. (2016). ได้ให้นิยามของแรงดึง (tension) บนปลายทั้งสองด้านของเชือก แรงดึงในเชือกเป็นผลมาจากการใช้แรงดึงเชือกจากปลายด้านใดด้านหนึ่งโดย แรง = มวล  $\times$  ความเร่ง โดยการสันนิษฐานว่าเชือกนั้นยืดตึง ความเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในความเร่งหรือมวลของวัตถุที่เชือกรัดไว้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงในเชือก ดังตัวอย่างดังนี้

1) ขนาดของแรงดึงเชือกเมื่อวัตถุแขวนไว้นิ่งๆ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน  $\Sigma F = 0$  แรงดึงจึงเท่ากับผลคูณมวลวัตถุ ( $m$ ) กับความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง ( $g$ ) ซึ่งเขียนสมการได้ว่า  $T = mg$



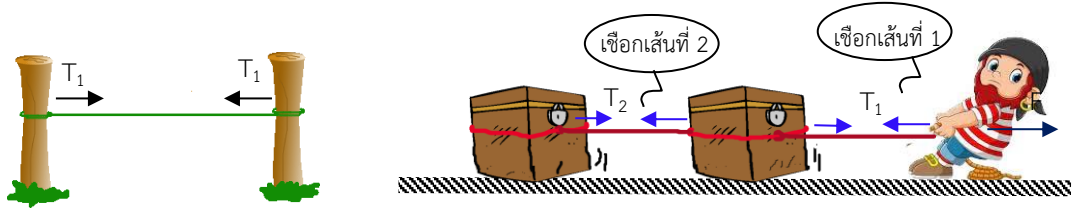
ภาพที่ 2.11 ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อวัตถุแขวนอยู่นิ่งๆ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 71)

2) ในกรณีที่ผูกเชือกกับมวลวัตถุและมีการเคลื่อนที่ วัตถุที่แขวนอยู่ถูกเร่งขึ้นโดยแรงบนเชือก เช่นเมื่อผูกเชือกกับตุ้มน้ำหนักแล้วยกขึ้น ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน  $\Sigma F = ma$  เมื่อเขียนสมการของแรงดึงเชือก  $T = mg + ma$  ในกรณีที่แรงดึงอยู่ในทิศเดียวกับความเร่ง ( $a$ )



ภาพที่ 2.12 ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อวัตถุถูกยกขึ้นด้วยความเร่ง ( $a$ )  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 71)

แรงดึงในเชือกเป็นปริมาณเวกเตอร์ ใช้สัญลักษณ์  $T$  มีหน่วยเป็น นิวตัน ซึ่งเป็นแรงที่เกิดขึ้นเมื่อเชือกถูกขึงให้ตึงจากจุดสองจุด ดังนั้น **แรงดึงในเชือก** จึงเกิดที่ปลายเชือกของทั้งสองด้านมีขนาดเท่ากัน ทิศของแรงดึงในเชือกมีทิศเข้าหากัน กรณีที่เชือกไม่มีมวล หรือไม่มีมวล ความเร่ง เชือกเส้นเดียวกันขนาดแรงเท่ากัน สามารถเขียนเส้นแรงได้ดังตัวอย่างต่อภาพ 2.13



(a) แรงดึงเชือกที่ปลายทั้งสองของเส้นเชือก (b) แรงดึงเชือกที่ปลายทั้งสองของเส้นเชือกเส้นที่ 1 และ 2

ภาพที่ 2.13 ทิศทางของแรงดึงเชือก เมื่อผูกเชือกกับต้นเสา หรือลากวัตถุ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 72)

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 2.1



ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.1 > แรงดึงเชือก > Work sheet หน่วย 2 > หน้า 85-87

<https://tinyurl.com/25u4x33u>



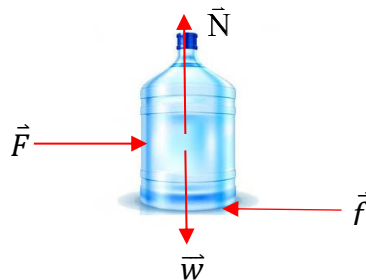
### 2.2.3 แรงเสียดทาน (Force of friction)

นักเรียนคงได้เคยมีประสบการณ์ ในการออกแรงเข็นรถยนต์ ,ตุ้ หรือสิ่งต่างๆ มาแล้วแต่วัตถุนั้น ไม่เคลื่อนที่ หรือต้องออกแรงให้มากพอวัตถุจึงจะเคลื่อนที่ออกไปได้ นักเรียนเคยพิจารณาหรือไม่ว่า เป็นเพราะเหตุใด แม้แต่ในชีวิตประจำวันเราต้องเดิน เราจะรู้สึกว่าร่องเท้าที่สวมใส่มีความฝืดบน ผิวสัมผัส สิ่งเหล่านี้คือแรงเสียดทานซึ่งต้องสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่

แรงเสียดทาน (Force of friction) หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่เกิดขึ้น บริเวณที่วัตถุสัมผัสกับพื้นผิวในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ และพยายามให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ไปบนผิวสัมผัส



(a) ถังน้ำวางนิ่ง ไม่มีแรงเสียดทาน



(b) แรงผลักถังน้ำทำให้มีแรงเสียดทานบริเวณผิวสัมผัส

ภาพที่ 2.14 เปรียบเทียบการเกิดแรงเสียดทานของถังน้ำ

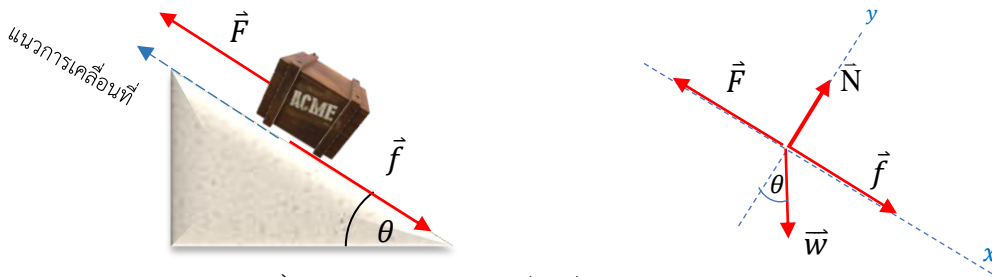
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 73)

ภาพ (a) เมื่อถังน้ำวางไว้นิ่งๆ เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำในทิศลงสู่ศูนย์กลางโลก ถังน้ำไม่เคลื่อนที่ลงตามแรงโน้มถ่วง เนื่องจากแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $\vec{N}$ ) โดดตอบแรงโน้มถ่วงของโลก ( $\vec{w}$ )

ภาพ (b) แรงผลัก ( $\vec{F}$ ) กระทำต่อถังน้ำ พยายามทำให้ถังน้ำเกิดการเคลื่อนที่เป็นผลให้เกิดแรงเสียดทาน ( $\vec{f}$ ) บริเวณผิวสัมผัส โดยทิศของแรงเสียดทานตรงข้ามกับแนวการเคลื่อนที่

#### ทิศทางของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน ( $\vec{f}$ ) มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ เพราะเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ และแรงเสียดทานเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัส



ภาพที่ 2.15 ทิศของแรงเสียดทาน ( $\vec{f}$ ) ตรงข้ามกับแนวการเคลื่อนที่  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 74)

### ขนาดของแรงเสียดทาน

<https://tinyurl.com/y8faw4kp>



**สมการ** ของแรงเสียดทาน  $\vec{f} = \mu N$

ดังนั้น แรงเสียดทานมีค่ามากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับสองสิ่งดังนี้

1.  $\mu$  แทน สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน (อัตราส่วนของแรงเสียดทานกับแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ)  
 $\mu_s$  เป็นสัญลักษณ์ของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต  
 $\mu_k$  เป็นสัญลักษณ์ของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์
2.  $N$  แทน แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก (มีขนาดเท่ากับ ขนาดแรงที่วัตถุกดไปบนพื้นผิวสัมผัส)

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 2.2



ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > แรงเสียดทาน > Work sheet หน่วย 2 หน้า 89-94

### ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน

(ทรูปลูกปัญญา, 2556) ได้กล่าวถึงแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

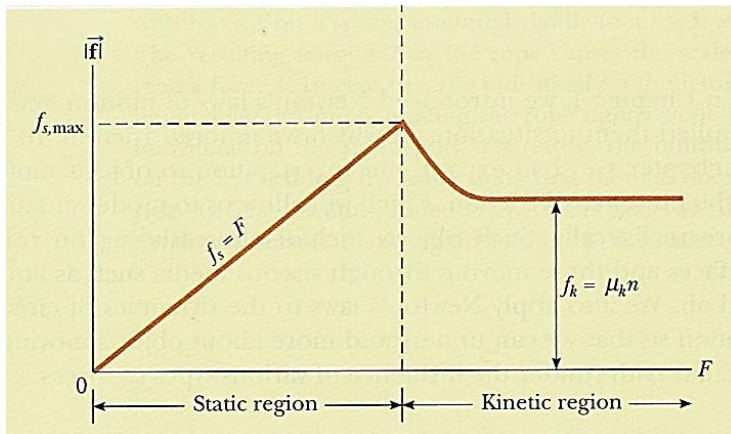
1. แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสมากจะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส น้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย
2. ลักษณะของผิวสัมผัส ถ้าผิวสัมผัสหยาบ ขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมาก
3. ชนิดของผิวสัมผัส เช่น คอนกรีตกับเหล็ก เหล็กกับไม้

แรงเสียดทาน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. **แรงเสียดทานสถิต** (Force of static friction) แทนสัญลักษณ์ด้วย  $f_s$  เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุยัง**ไม่เคลื่อนที่** ด้วยหลักการตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 หรือกฎสมดุลแรง ขนาดของแรงกระทำ ( $\vec{F}$ ) จะต้องมีขนาดเท่ากับ แรงเสียดทาน ( $f_s$ )

แรงเสียดทานสถิต จะมีขนาดน้อย ถ้าแรงกระทำน้อย และแรงเสียดทานสถิตจะเพิ่มขึ้นตามแรงกระทำ และเมื่อวัตถุเริ่มขยับ เรียกว่า **แรงเสียดทานสถิตสูงสุด** ซึ่งเราพบเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเสมอ เช่น การเข็นวัตถุที่มีน้ำหนักมากๆ ก่อนที่วัตถุจะเคลื่อนที่เราจะต้อง**ออกแรงมาก** แต่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปแล้วเราจะออกแรงน้อยลง หรือน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

2. **แรงเสียดทานจลน์** (Force of kinetic friction) แทนสัญลักษณ์ด้วย  $f_k$  เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่**วัตถุเคลื่อนที่** ในกรณีที่วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง หรือกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน เมื่อวัตถุหยุดนิ่งกับที่แรงเสียดทานสถิตมีค่าตั้งแต่ 0 ถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง แต่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) จะเกิดขึ้น ซึ่งขนาดของแรงเสียดทานจลน์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด สามารถเปรียบเทียบขนาดของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้จากภาพด้านล่าง



ภาพที่ 2.16 แสดงปริมาณของแรงเสียดทานสถิตสูงสุด มากกว่าแรงเสียดทานจลน์  
ที่มา (Serway and Jewett 2006, หน้า 126)

เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติสำรวจตรวจสอบแรงเสียดทานสถิต ( $f_s$ ) และแรงเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) ของวัตถุคู่ผิวสัมผัสที่ต่างกัน โดยทดลองภายใต้กฎของความสมดุล โดยให้น้ำหนักวัตถุเท่ากัน ผลการตรวจสอบพบว่าแรงเสียดทานทั้งสองชนิดมีขนาดไม่เท่ากัน

แต่เมื่อตรวจสอบแรงเสียดทานสถิตสูงสุด และแรงเสียดทานจลน์ของผิวสัมผัสชนิดเดียวกัน แรงทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานมีขนาดต่างกันนั่นเอง ดังตารางที่ 2.1



### ตารางที่ 2.1 ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ผิวสัมผัส ระหว่างวัตถุ 2 ชนิด	สัมประสิทธิ์ ของแรง เสียดทานสถิต	สัมประสิทธิ์ ของแรง เสียดทานจลน์	ผิวสัมผัส ระหว่างวัตถุ 2 ชนิด	สัมประสิทธิ์ ของแรง เสียดทานสถิต	สัมประสิทธิ์ ของแรง เสียดทานจลน์
เหล็กกล้าบน เหล็กกล้า	0.74	0.57	แก้ว บนแก้ว	0.94	0.40
อลูมิเนียมบน เหล็กกล้า	0.61	0.47	ทองแดงบนแก้ว	0.68	0.53
ทองแดงบน เหล็กกล้า	0.53	0.36	เทฟลอนบนเทฟลอน	0.04	0.04
ทองเหลืองบนเหล็กกล้า	0.51	0.44	เทฟลอนบนเหล็กกล้า	0.04	0.04
สังกะสีบนเหล็กหล่อ	0.85	0.21	ยาง บน คอนกรีต (แห้ง)	1.0	0.80
ทองแดงบนเหล็กหล่อ	1.05	0.29	ยาง บน คอนกรีต (เปียก)	0.3	0.25

ที่มา (ปิยพงษ์ ลิทธิคง, 2547, หน้า 133)



<https://tinyurl.com/2vy738wz>

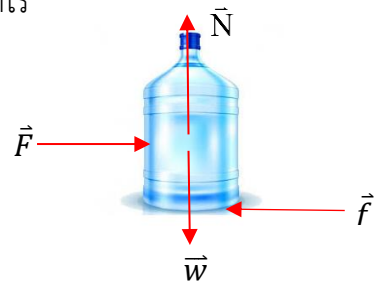
**ตัวอย่างที่ 2.5** เมื่อออกแรงผลักในแนวระดับกับถังน้ำที่มีมวล 15 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตสูงสุดระหว่างผิวสัมผัสเท่ากับ 0.5 จงหาขนาดของแรงเสียดทานสถิตสูงสุดเมื่อวัตถุเริ่มขยับจะมีขนาดเท่าไร

**โจทย์กำหนด**  $m = 15 \text{ kg}$   
 $\mu_s = 0.5$   
 $f_s = ?$  (โจทย์ต้องการทราบ)

**วิธีทำ**

**จากสมการ**  $f_s = \mu_s N$   
 $= 0.5 \times m \cdot g$   
 $= 0.5 \times (15 \times 10)$   
 $= 0.5 \times 150$   
 $f_s = 75 \text{ N}$

∴ แรงเสียดทานสถิตสูงสุดมีขนาด 75 นิวตัน





<https://tinyurl.com/mt7pbmu8>

**ตัวอย่างที่ 2.6** ออกแรงผลักรถเข็นล้ออย่าง รวมมวล 80 kg อยู่บนพื้นคอนกรีตเปียก เมื่อวัตถุเริ่มขยับ เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส 240 N สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต มีขนาดเท่าไร

**โจทย์กำหนด**

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

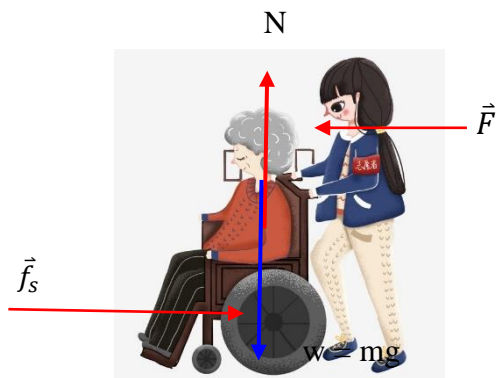
$$f_s = 240 \text{ N}$$

$$\mu_s = ? \quad (\text{โจทย์ต้องการทราบ})$$

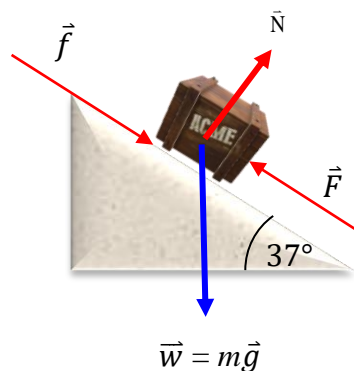
**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \mu_s &= \frac{f_s}{N} \\ &= \frac{240}{mg} \\ &= \frac{240}{80 \times 10} \\ \mu_s &= 0.3 \end{aligned}$$

$\therefore$  สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตมีขนาด 0.3



**ตัวอย่างที่ 2.7** ชายคนหนึ่งออกแรงผลักวัตถุไปด้านบนบนพื้นเอียง ซึ่งวัตถุมีมวล 5 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นเอียงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ระหว่างผิวสัมผัสเท่ากับ 0.4 แรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร (ถ้าวัตถุนี้กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงตัว) ( $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ )



**โจทย์กำหนด**

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\mu_k = 0.4$$

$$f_k = ? \quad (\text{โจทย์ต้องการทราบ})$$


<https://tinyurl.com/mrxxh7xn>

**วิธีทำ** แยกเวกเตอร์ บนแกน  $x$  และ  $y$  ตามแนวพื้นเอียงที่โจทย์กำหนดจากภาพ

**จากสมการ**

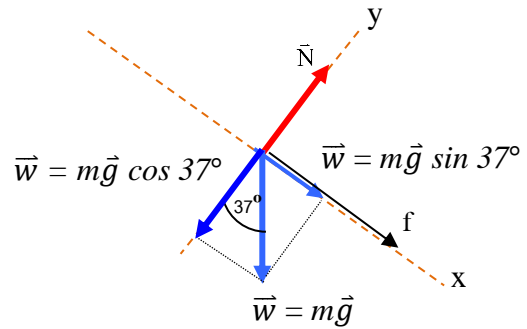
$$f_k = \mu_k N$$

$$= \mu_k \cdot m\vec{g} \cos 37^\circ$$

$$= 0.4 \times (5 \times 10) \times \frac{4}{5}$$

$$f_k = 16 \text{ N}$$

$\therefore$  แรงเสียดทานจลน์มีขนาด 16 นิวตัน



### ประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานในงานอาชีพและในชีวิตประจำวัน

เราสามารถใช้ประโยชน์มากมายเกี่ยวกับแรงชนิดต่างๆ ในบางกรณีเกิดประโยชน์ และในบางกรณีอาจให้ผลเสีย

วัตถุทุกสิ่งทุกอย่างอยู่บนพื้นโลก โดยไม่ล่องลอยไปที่ใดๆ หรือ ต้นไม้เติบโตได้เพราะยึดอยู่ในดิน แต่การถือของหนักๆ เราจะรู้สึกเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นเช่นนี้เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก การหิ้วกระเป๋าเดินทางก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นอาจใช้วิธีการลากไปบนพื้น แต่ก็เกิดแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัส การผลักหรือลากวัตถุจึงต้องใช้แรงมาก จึงคิดล้อกระเป๋าเดินทางเพื่อลดแรงเสียดทาน

การวางแจกันบนโต๊ะอาจตกแตกได้ง่าย เราจึงนำแผ่นยางมาติดที่ก้นแจกัน เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัส



ยางรถช่วยยึดเกาะถนนไม่ให้ลื่นไถล



แฮนด์เร่งเครื่องยนต์ใช้ผิวสัมผัสช่วยยึดเกาะ รอยนิ้วมือเพิ่มแรงเสียดทานในการยึดจับ



แรงเสียดทานเกิดความร้อนและประกายไฟ



แรงเสียดทานของน้ำทำให้สูญเสียพลังงานในการพายเรือ จานเบรกรถสึกกร่อน



ภาพที่ 2.17 ประโยชน์ และโทษของแรงเสียดทาน  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 78)

### ตัวอย่างการประยุกต์แรงเสียดทานในงานอาชีพ และในชีวิตประจำวัน

การออกแบบจักรยานแข่งขัน หลักสำคัญคือการลดแรงเสียดทานในการขับขี่ จึงออกแบบมาให้มีน้ำหนักของตัวรถเบาและลู่ลมถูกสร้างมาเพื่อทำความเร็วในทางราบ ออกแบบแฮนด์ที่ต่ำโค้งลงไปเพื่ออยู่ในตำแหน่งที่ลู่ลมมากที่สุดเพื่อลดแรงต้านจากอากาศ ตัวถังโดยทั่วไปทำจากคาร์บอนไฟเบอร์หรืออลูมิเนียม รูปร่างเพรียวลม (<https://888bike.net>, 2564.)

#### กิจกรรมเรียนรู้ที่ 2.2



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แรง > Work sheet หน่วย 2 > หน้า 83-84

### บทสรุป

**แรง** (Force) หมายถึง สิ่งที่มากระทำต่อวัตถุที่มีมวล (m) อาจส่งผลต่อวัตถุแปรเปลี่ยนสภาพไป หรือพยายามทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (a)

แรง เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาด และทิศทาง แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

- 1) แรงสนาม (Field force) ได้แก่ แรงโน้มถ่วง แรงไฟฟ้า แรงแม่เหล็ก
- 2) แรงกระทำ (Contact force) ได้แก่ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (Normal force) แรงดึงในเชือก (Tension force) แรงเสียดทาน (Friction force)

การหาขนาดของแรงลัพธ์ในระบบ 2 หรือ 3 มิติ สามารถหาได้จากวิธีการ ดังนี้

- 1) การเขียนรูปหลายเหลี่ยม (หางต่อหัว)
- 2) การคำนวณ โดยการใช้ทฤษฎีพิกทาโกรัส(ในกรณีที่มีการรวมเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์)
- 3) การแยกเวกเตอร์องค์ประกอบกับการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีพิกทาโกรัส

\*\* ทบทวนวิธีการหาผลลัพธ์การรวมเวกเตอร์ในหน่วยที่ 1 เรื่อง “เวกเตอร์”

#### แบบฝึกหัดท้ายบท หน่วย 2



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายบท > Work sheet หน่วย 2 > หน้า 97

#### แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 2

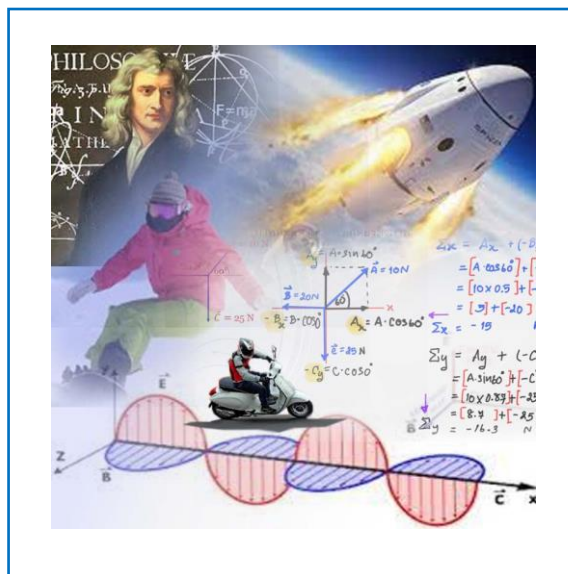


ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 2 > Work sheet หน่วย 2 > หน้า 99

# เอกสารใบงาน

หน่วย 2 1156

## Work Sheet



## กิจกรรมเรียนรู้

### กิจกรรมเรียนรู้ 2.1 ➤ แรงสนาม (Field force)

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม (link Text หน้า 67)

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมายของแรง แรงโน้มถ่วงของโลก แรงไฟฟ้า แรงแม่เหล็กได้
2. นักเรียนสามารถบอกหลักการของแรงดึงดูดระหว่างมวล แรงทางไฟฟ้า และแรงแม่เหล็กไฟฟ้าได้
3. นักเรียนสามารถเปลี่ยนหน่วยกิโลกรัมและหน่วยนิวตันได้
4. นักเรียนสามารถกำหนดทิศทางของแรงสนามชนิดต่างๆ ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. แรง (Force) หมายถึง .....
2. คำกล่าว “มวลสองมวล ( $m_1, m_2$ ) เมื่อวางห่างกันเป็นระยะทาง  $r$  จะมีแรงดึงดูดระหว่างกัน และกัน โดยแรงแปรผกผันกับผลคูณของ  $m_1$  และ  $m_2$  ตรงกับ  $r^2$ ” เป็นหลักการเกี่ยวข้องกับเรื่องใด .....
3. จากหลักการในข้อ 2 ไม่ว่าวัตถุใดที่อยู่บนโลก และมีมวลน้อยกว่ามวลของโลก หากปล่อยวัตถุจากที่สูงจะเคลื่อนที่เข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลกเสมอ เรียกแรงชนิดนี้ว่า.....
4. แรงโน้มถ่วงของโลก หมายถึง .....
5. แรงไฟฟ้า หมายถึง .....
6. แรงแม่เหล็ก หมายถึง .....
7. มวล ( $m$ ) แตกต่างกับ น้ำหนักวัตถุ  $\vec{w}$  อย่างไร .....
8. จงบอกหลักการของแรงไฟฟ้า ตามกฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law) .....
9. ไฟฟ้าสถิต ทิศของสนามไฟฟ้าจากประจุบวกและลบ มีลักษณะอย่างไรจงอธิบาย .....
10. ทิศของแรงแม่เหล็ก เมื่อหันขั้วเดียวกันเข้าหากัน.....  
เมื่อหันขั้วต่างกันเข้าหากัน .....

11. ก้อนแม่เหล็ก ก้อนหนึ่งมีมวล 30 กรัม มีกี่นิวตัน (แสดงวิธีทำ)

.....

.....

.....

12. แขนงตุ้มเหล็กด้วยตาชั่งสปริง อ่านค่าได้ 40 นิวตัน จงแปลงหน่วยให้เป็นกิโลกรัม (แสดงวิธีทำ)

.....

.....

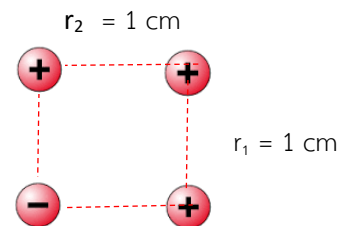
.....

13. ให้นักเรียนเขียนเส้นแรงของต่างๆ ดังนี้

13.1 น้ำหนักวัตถุ 5 นิวตัน แขนงไว้ดงภาพ



13.2 จงเขียนทิศของประจุไฟฟ้าสถิต ดงภาพ





ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 2.1

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.1 > แรงดึงเชือก >

แผ่นที่ 1/4

สำรวจตรวจสอบแรงดึงเชือก > (Link Text หน้า 72)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบขนาดแรงดึงเชือกได้
2. นักเรียนสามารถสรุปขนาดของแรงดึงในเส้นเชือกได้
3. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติการตรวจสอบแรงดึงเชือกด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

การจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง
3. ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง

แรงดึงในเชือก เป็นปริมาณเวกเตอร์ ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงในระบบ SI มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

คำถามก่อนทดลอง ขนาดของแรงดึงเชือกเป็นอย่างไร

สมมติฐานการสำรวจตรวจสอบขนาดและทิศทางของแรงดึงเชือก

.....  
.....

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสปริง จำนวน 3 อัน
2. เชือก 1 เส้น ยาว 30 เซนติเมตร





**สรุปผลการทดลอง**

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

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. การทดลองตอนที่ 1 แรงที่ปลายเชือกมีขนาดเท่ากันหรือไม่ ขณะออกแรงดึงเครื่องชั่งสปริง

.....

2. การทดลองตอนที่ 2 เครื่องชั่งสปริงที่อยู่ตรงกลาง เปรียบได้กับสิ่งใดในการทดลองตอนที่ 1 และเครื่องชั่งสปริงที่ปลายสองด้านต้องการบอกสิ่งใด

.....

3. แรงที่เกิดบริเวณกลางเชือก และปลายเชือก มีขนาดเท่ากันหรือไม่ เมื่อออกแรงแต่ละครั้ง

.....

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.1 > แรงดึงเชือก >

แผ่นที่ 4/4

การประเมินผล > สํารวจตรวจสอบการแรงดึงเชือก >

ระดับคะแนน      4 – ดีมาก                  3 – ดี                  2 – พอใช้                  1 – ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. ความสามารถในการดำเนินกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบของแรงดึงในเชือก	5	-	-
2. แสดงทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบของขนาดในแรงดึงเชือก		5	
4. ระบุทิศทางของแรงดึงในเชือกได้ความถูกต้อง		5	
5. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
6. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
7. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
8. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
9. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	10	10
เฉลี่ย	10 คะแนน		

สมาชิกกลุ่ม

- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....



## ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > Work sheet

แผ่นที่ 1/6

### สำรวจตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน > (link Text หน้า 74)

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถหาขนาดของแรงเสียดทานจากการทดลองได้
2. นักเรียนบอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสได้
3. นักเรียนมีทักษะในการสำรวจตรวจสอบการศึกษาเรื่องแรงเสียดทาน
4. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการสำรวจตรวจสอบแรงเสียดทาน

#### การจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน
3. อ่านวิธีการดำเนินกิจกรรมสร้างความเข้าใจร่วมกันในกลุ่ม

#### ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง

เมื่อออกแรงลากวัตถุให้เคลื่อนที่บนพื้นราบ เกิดแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นผิวสัมผัส

2 ชนิด คือ 1) แรงเสียดทานสถิต ( $f_s$ ) เกิดเมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่

2) แรงเสียดทานจลน์ ( $f_k$ ) เกิดเมื่อวัตถุเคลื่อนที่

กฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลนั้น วัตถุหยุดนิ่งกับที่หรืออาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ดังนั้นผลรวมของแรงที่ทำกับวัตถุจะมีขนาดเท่ากับ 0 ( $\Sigma F = 0$ )

**คำถามก่อนทดลอง** สิ่งใดเป็นปัจจัยต่อขนาดของแรงเสียดทาน

#### ให้นักเรียนตรวจสอบ

1. ขนาดมวลวัตถุมีผลต่อแรงเสียดทานหรือไม่ อย่างไร
2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุที่หยุดนิ่ง และแรงที่กระทำในขณะที่กำลังเคลื่อนที่
3. เมื่อเปลี่ยนผิวสัมผัสวัตถุคู่หนึ่งๆ ขนาดของแรงเป็นอย่างไร

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > Work sheet

แผ่นที่ 2/6

อุปกรณ์

1. แผ่นไม้สี่เหลี่ยมขนาด 15 cm. × 20 cm.
2. เครื่องชั่งสปริง
3. ถูทราย 500 กรัม จำนวน 4 ถู

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาขนาดของแรง เมื่อเพิ่มขนาดมวล ในขณะที่วัตถุเริ่มขยับ และในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

1. นำถูทรายวางบนแผ่นไม้ 1 ถู (500 กรัม)
2. คล้องเครื่องชั่งสปริงกับแผ่นไม้ แล้วค่อยๆ ดึงแผ่นไม้ อ่านค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริง ที่ทำให้แผ่นไม้เริ่มขยับ (หยุดนิ่งก่อนจะขยับ)
3. นำถูทรายมาวางเพิ่มทีละ 1 ถู ออกแรงดึงแผ่นไม้ แล้วขนาดของแรงจากการอ่านค่าบนเครื่องชั่งสปริง จนครบ 4 ถู บันทึกผลลงในตารางที่ 1 นำค่าในตารางมาจัดกระทำข้อมูลด้วยกราฟ
4. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่ออกแรงลากแผ่นไม้ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงตัว แล้วบันทึกค่าของแรงในตารางที่ 2

สมมติฐาน (ตอนที่ 1).....

ตัวแปรต้น คือ.....

ตัวแปรตาม คือ.....

ตัวแปรควบคุม คือ.....

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลอง

จำนวนถูทราย (ถู)		1	2	3	4
มวลถูทราย (g.)					
แรงที่ออก (N)	แผ่นไม้เริ่มขยับ (หยุดนิ่งก่อนจะขยับ)				
	แผ่นไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว				

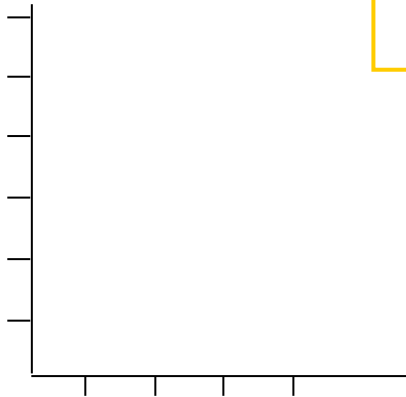
ที่มา (สุเทพ สุขเจริญ, 2550, หน้า 39)

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > work sheet

แผ่นที่ 3/6

นำผลที่ได้ เขียนกราฟ

ขนาดแรงที่อ่านได้ (N)



**หมายเหตุ** การเพิ่มจำนวนถุงทราย  
ที่มีขนาดมวล (m) 500 กรัม /ถุง  
เป็นการเพิ่มขนาดของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (N)



หมายถึง .....

หมายถึง .....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรมตอนที่ 1

1. ในขั้นตอนการทดลองขั้นตอนใดเป็นแรงเสียดทานสถิต

.....

2. จงเปรียบเทียบ ขนาดของแรงเสียดทานสถิต กับแรงเสียดทานจลน์

.....

.....

วิธีทดลอง

**ตอนที่ 2** ศึกษาขนาดของแรง ระหว่างผิวสัมผัสแผ่นไม้กับกับรางไม้ และแผ่นไม้กับรางสั๊กหลอด

- นำถุงทรายวางบนแผ่นไม้ 2 ถุง (ถุงละ 500 กรัม) นำแผ่นไม้วางบนรางไม้
- คล้องเครื่องชั่งสปริงกับแผ่นไม้ แล้วค่อยๆ ดึงแผ่นไม้ สังเกตเมื่อแผ่นไม้เริ่มขยับอ่านค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริง บันทึกค่าของแรงในตารางที่ 2

ดึงแผ่นไม้ไปตามรางไม้ ให้แผ่นไม้เคลื่อนที่บนรางไม้ ด้วยความเร็วคงที่ บันทึกค่าของแรงในตารางที่ 2

- นำถุงทรายวางบนแผ่นไม้ 2 ถุง (ถุงละ 500 กรัม) นำแผ่นไม้วางบนรางผ้าสั๊กหลอด

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > Work sheet

แผ่นที่ 4/6

4. คล้องเครื่องชั่งสปริงกับแผ่นไม้ แล้วค่อยๆ ดึงแผ่นไม้ สังเกตเมื่อแผ่นไม้เริ่มขยับอ่านค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริง บันทึกค่าของแรงในตารางที่ 2
5. ดึงแผ่นไม้ไปตามรางไม้ ให้แผ่นไม้เคลื่อนที่บนรางลื่นด้วยความเร็วคงที่ บันทึกค่าของแรงในตารางที่ 2



สมมติฐาน (ตอนที่ 2).....

ตัวแปรต้น คือ.....

ตัวแปรตาม คือ.....

ตัวแปรควบคุม คือ.....

ตอนที่ 2 : เปลี่ยนพื้นผิวสัมผัส

พื้นผิวที่ 1 .....

พื้นผิวที่ 2 .....

ผิวสัมผัส	รายการตรวจสอบ	มวลคงที่ (g)	อ่านขนาดแรง เริ่มขยับ ( $f_s$ ) (N)	อ่านขนาดแรง เคลื่อนที่ความเร็วคงที่ ( $f_k$ ) (N)
คูที่ 1	แผ่นไม้ / ฟอรัมิกา			
คูที่ 2	แผ่นไม้ / ผ้าสักหลาด			

หมายเหตุ :  $mg = N$  เมื่อวัตถุอยู่ในแนวราบ

ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > Work sheet

แผ่นที่ 5/6

คำนวณหาสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน ระหว่างพื้นผิว

ระหว่างไม้ กับฟอรัมไมกา.

ระหว่างไม้ กับผ้าสักหลาด

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

จาก สมการ :  $\mu_s = \frac{f_s}{N}$

จาก สมการ :  $\mu_s = \frac{f_s}{N}$

.....

.....

.....

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์

จาก สมการ :  $\mu_k = \frac{f_k}{N}$

จาก สมการ :  $\mu_k = \frac{f_k}{N}$

.....

.....

.....

สรุปผล.....

.....

.....

.....

.....



ใบงานกิจกรรมศึกษา 2.2 > Work sheet		แผ่นที่ 6/6				
ประเภทของการวัด	รายการประเมินผล	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
ความรู้ Knowledge	1. แสดงความรู้ของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบคำตอบ					
	2. สรุปความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงเสียดทานได้ถูกต้อง					
	3. สามารถหาขนาดแรงเสียดทาน และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน					
ด้านทักษะ Practice	1. มีความชำนาญ ปฏิบัติได้ตามเวลากำหนด					
	2. มีทักษะในการตั้งสมมติฐาน					
	3. มีทักษะในปฏิบัติการทดลอง และ การใช้วัสดุ อุปกรณ์ถูกต้อง					
	4. แสดงการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างปฏิบัติกิจกรรม					
ด้านเจตคติ ทาง วิทยาศาสตร์ Attitude	1. แสดงถึงความอยากรู้อยากเห็น ร่วมกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น					
	2. มีความเพียรพยายาม เตรียมความพร้อมในการปฏิบัติกิจกรรม					
	3. ร่วมกันอภิปราย ยอมรับความคิดเห็น และทำงานเป็นทีม					
	4. มีความซื่อสัตย์ สุจริต					
	5. มีความละเอียดรอบคอบ ในการปฏิบัติงาน และการตัดสินใจ					
	คะแนนรวม (เต็ม 60 คะแนน)					
คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)						
ระดับคะแนน	หมายถึง	แนวทางการประเมิน				
5	ดีมาก	ถูกต้อง เรียบร้อยสมบูรณ์แบบ มีความคิดสร้างสรรค์ ตรงเวลา สามัคคี มีความเพียร กระตือรือร้นมาก ซื่อสัตย์ ละเอียดรอบคอบทบทวนก่อนตัดสินใจ				
4	ดี	ถูกต้อง เรียบร้อยแต่ขาดความสมบูรณ์ ตรงเวลา ร่วมแรงร่วมใจ มีความเพียร กระตือรือร้น ซื่อสัตย์ ละเอียดรอบคอบ				
3	ปานกลาง	ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ค่อนข้างเรียบร้อย มีข้อบกพร่อง ตรงเวลา ร่วมมือกัน พยายามซื่อสัตย์แต่ขอความช่วยเหลือ ลอกเลียนแบบเป็นบางครั้ง ขาดความละเอียด				
2	น้อย	ถูกต้องบางส่วน ไม่เรียบร้อย มีข้อบกพร่อง เกินกำหนดเวลา ความร่วมมือมักพบ ความขัดแย้ง ขาดความเพียรพยายาม ขาดความรอบคอบ				
1	ปรับปรุง	ไม่ถูกต้อง, ไม่สำเร็จ, เกินกำหนดเวลา, ขาดความร่วมมือ และขาดความรอบคอบ				

## กิจกรรมเรียนรู้ 2.2 ➤ แรงกระทำ (Contract force)

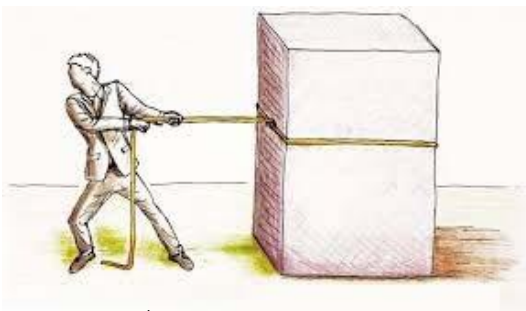
ให้นักเรียนทำตอบคำถาม (link Text หน้า 79)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงกระทำแต่ละชนิดได้
2. นักเรียนสามารถบอกลักษณะของแรงกระทำแต่ละชนิด
3. นักเรียนสามารถเขียนเส้นแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส แรงดึงเชือก และแรงเสียดทานได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส และแรงเสียดทานได้
5. นักเรียนสามารถบอกปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของแรงเสียดทานได้
6. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์และโทษ ของแรงเสียดทานในงานวิชาชีพและในชีวิตประจำวันได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส หมายถึง.....  
สัญลักษณ์ของแรง..... ลักษณะและทิศทางของแรง .....
2. แรงดึงเชือก หมายถึง.....  
สัญลักษณ์ของแรง..... ลักษณะและทิศทางของแรง .....
3. แรงเสียดทาน หมายถึง.....  
สัญลักษณ์ของแรง..... ลักษณะและทิศทางของแรง .....
4. จงเขียนเส้นแรงลงในภาพให้ถูกต้อง



5. นาฬิกาปลุกที่วางอยู่บนโต๊ะ มีแรงเสียดทานกระทำหรือไม่ จงให้เหตุผลประกอบ  
.....
6. แรงเสียดทานมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสิ่งใด.....
7. แรงเสียดทานสถิต หมายถึง .....

8. แรงเสียดทานจลน์ หมายถึง .....
9. เมื่อขี่รถจักรยาน ล้อยางที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นทราย กับพื้นคอนกรีต เราจะออกแรงปั่นไม่เท่ากัน เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น .....
10. มอเตอร์ของรถยนต์ตัวหนึ่ง พยายามลากวัตถุ 6 กิโลกรัม ไปบนพื้นราบ ที่มีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ 0.32 แรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร (แสดงวิธีการคำนวณ)
- .....
- .....
- .....
- .....

## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 2

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมาย และจำแนกชนิดของแรงได้
2. นักเรียนสามารถบอกหลักการของของแรงต่างๆ และใช้สัญลักษณ์แทนแรงได้
3. นักเรียนสามารถหาคำนวนหาขนาดของแรงกระทำ และระบุทิศทางของต่าง ๆ ได้
4. นักเรียนสามารถบอกปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของแรงเสียดทานได้
5. นักเรียนสามารถหาบอกประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานในงานวิชาชีพ และชีวิตประจำวันได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง (คะแนนเต็ม 20)

1. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์เกี่ยวกับหลักการของแรงสนาม (Field force) ให้ถูกต้อง
  - a. แรงโน้มถ่วงระหว่างมวล
  - b. แรงทางไฟฟ้า
  - c. แรงแม่เหล็ก

.....1) ดวงจันทร์เป็นดาวบริวารของโลก เนื่องจากโลกมีมวลขนาดใหญ่ดึงดูดมวลดวงจันทร์

.....2) การเสียดสีกันของวัตถุ 2 ชนิด เช่น เราใส่เสื้อแล้วเดินแกว่งแขนไปมา ก็ทำให้ผิวเราและเสื้อเกิดการเสียดสีกัน ซึ่งการเสียดสีกันระหว่างสสารต่างชนิด

.....3) เป็นแรงในธรรมชาติจากสารแร่โลหะในชั้นแก่นโลก เช่น แร่แมกนีไทต์ ทำให้เกิดแรงบริเวณขั้วโลกทั้งสองขั้ว โดยขั้วต่างกันจะดึงดูดกัน ขั้วเหมือนจะผลักรัน

.....4) แรงแปรผันตามขนาดมวลวัตถุ แต่จะผกผันกับระยะทางของวัตถุ

.....5) แรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุทุกชิ้นบนโลกนี้ จัดเป็นแรงสนามประเภทใด
2. เมื่อวางก้อนหินไว้บนโต๊ะหนึ่ง มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อก้อนหินในทิศลงสู่จุดศูนย์กลางของโลก แต่ก้อนหินยังคงนิ่งและไม่มีที่ท่าจะทำให้โต๊ะหักหรือพัง เป็นเพราะแรงชนิดใด.....
3. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์ ความหมายของแรงกระทำ (Contact force) ให้ถูกต้อง
  - a. แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส
  - b. แรงดึงเชือก
  - c. แรงเสียดทาน

.....1) แรงที่เกิดบริเวณปลายทั้งสองของไม้ค้ำยันหลังคา ขนาดของแรงที่ปลายทั้งสองมีขนาดแรงเท่ากัน

.....2) แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในขณะที่วัตถุยังหยุดนิ่ง หรือในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ แรงที่เกิดขึ้นในบริเวณผิวสัมผัสวัตถุ

.....3) เป็นแรงที่ต้านแรงโน้มถ่วงของโลก ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสวัตถุ ทิศทางของแรงต้านแรงโน้มถ่วงและตั้งฉากกับผิวสัมผัสเสมอ

4. ให้นักเรียนบอกสัญลักษณ์ที่ใช้แทนแรง ต่อไปนี้
- |                          |                 |       |                |
|--------------------------|-----------------|-------|----------------|
| แรงโน้มถ่วงของโลก        | สัญลักษณ์แทนแรง | ..... | ทิศของแรง..... |
| แรงโน้มตึงเชือก          | สัญลักษณ์แทนแรง | ..... | ทิศของแรง..... |
| แรงเสียดทาน              | สัญลักษณ์แทนแรง | ..... | ทิศของแรง..... |
| แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส | สัญลักษณ์แทนแรง | ..... | ทิศของแรง..... |
5. แรงเสียดทานสถิต แทนสัญลักษณ์ด้วย.....หมายถึง.....  
แรงเสียดทานจลน์ แทนสัญลักษณ์ด้วย.....หมายถึง.....
6. ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน ได้แก่.....
7. อัตราส่วน ที่เกิดขึ้นระหว่างแรงเสียดทาน ( $f$ ) ต่อแรงต้านของน้ำหนักวัตถุบริเวณคู่ผิวสัมผัสหนึ่ง ( $N$ ) คือ.....แทนด้วยสัญลักษณ์.....
8. ขนาดวัตถุมวล 0.7 กิโลกรัม นำไปแขวนบนตาชั่งสปริง จะอ่านน้ำหนักของมวลได้กี่นิวตัน และมีทิศทางอย่างไร
- .....
9. ผลักถังขยะให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ ที่มีมวล 35 กิโลกรัม ด้วยความแรงคงที่ ขณะเดียวกันพบว่าเกิดสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ระหว่างผิวสัมผัส 0.65 ของแรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร และทิศของแรงเสียดทานจลน์เป็นอย่างไร
- .....
- .....
- .....
- .....
10. ให้นักเรียนบอกประโยชน์ และโทษของแรงเสียดทานในงานช่าง และในชีวิตประจำวัน อธิบาย ไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง
- |          |       |
|----------|-------|
| ประโยชน์ | โทษ   |
| .....    | ..... |
| .....    | ..... |
| .....    | ..... |
| .....    | ..... |
| .....    | ..... |

## กระดาษคำตอบ

### แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 2 แรง)

เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

โจทย์คำถาม หน้า 54-57

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนสามารถบอกหลักสมดุลแรง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
2. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างเหตุการณ์สมดุลในชีวิตประจำวันที่เป็นไปตามกฎของนิวตันได้
3. นักเรียนสามารถบอกสภาพและเงื่อนไขของการสมดุลได้ และจำแนกสภาพการสมดุลได้
4. นักเรียนสามารถเขียนรูปอิสระ ที่แรงกระทำต่อวัตถุในสภาพสมดุลได้
5. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลของแรงต่อการเลื่อนตำแหน่งได้
6. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลต่อการหมุน ได้
7. นักเรียนสามารถบอกความหมาย และลักษณะของโมเมนต์คู่ควบได้
8. นักเรียนมีทักษะในการตรวจสอบสมดุลแรง มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการปฏิบัติ การตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
9. นักเรียนสามารถนำเอากฎแห่งความสมดุลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

**หัวข้อเรื่อง**

## บทนำ

1. สารสำคัญของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
  - 1.1 สมดุลสถิต (Static Equilibrium)
  - 1.2 สมดุลจลน์ (Kinetic Equilibrium)
2. เงื่อนไขของความสมดุล
  - 2.1 สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (Translational Equilibrium)
    - 2.1.1 สมดุลของแรง 2 แรง
    - 2.1.2 สมดุลของแรง 3 แรง
  - 2.2 สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium)
    - 2.2.1 โมเมนต์ และสมดุลโมเมนต์
    - 2.2.2 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ
3. สมดุลในงานอาชีพ และชีวิตประจำวัน

## บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 3 สมดุล)

เวลา 60 นาที

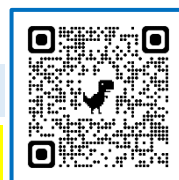
(คะแนนเต็ม 30)

**คำสั่ง** ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ทำเครื่องหมาย **X** ในกระดาษคำตอบ (คะแนนเต็ม 15)

ตอนที่ 2 แสดงวิธีทำ จำนวน 2 ข้อ (คะแนนเต็ม 15)

ทำแบบทดสอบก่อนเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/3vayxzph>



### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกหลักสมดุลแรง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
2. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เป็นไปตามกฎของนิวตันได้
3. นักเรียนสามารถบอกสภาพและเงื่อนไขของการสมดุลได้ และจำแนกสภาพการสมดุลได้
4. นักเรียนสามารถเขียนรูปอิสระ ที่แรงกระทำต่อวัตถุในสภาพสมดุลได้
5. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลของแรงต่อการเลื่อนตำแหน่งได้
6. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลต่อการหมุนได้
7. นักเรียนสามารถนำเอากฎแห่งความสมดุลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ทำแบบทดสอบหลังเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/2p9h85x6>



1. สมดุลของวัตถุ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันในข้อใด

ก. กฎข้อ 1 ของนิวตัน

ค. กฎข้อ 3 ของนิวตัน

ข. กฎข้อ 2 ของนิวตัน

ง. กฎของแรงเสียดทาน

2. ข้อใด **ไม่**จัดเป็นสถานการณ์สมดุลแรง

ก. แขนงโคมไฟไว้นบนเพดาน

ค. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วช้าลง

ข. ชั่งยาจีนด้วยตาชั่ง 2 แขน คานเสมอกัน

ง. ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสม่ำเสมอ

3. ข้อใด เป็นสถานการณ์ของสมดุลจลน์

ก. การใช้กรรไกรตัดกิ่งไม้

ค. รถยนต์เคลื่อนที่เร็วเพิ่มขึ้น

ข. ใช้อุปกรณ์จัดผ้าขนานน้ำอัดลม

ง. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว



4. เงื่อนไข ในข้อใดวัตถุอยู่ในสภาพของสมดุลสถิต

- เมื่อผลรวมของแรงเป็น 0
- วัตถุเคลื่อนที่ในขณะที่มีความเร่ง
- ลากกล่อง ด้วยความเร่ง  $1.75 \text{ m/s}^2$
- แรงที่ให้วัตถุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าบนพื้นราบเท่ากับแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสของถนน ( $F = f_k$ )

ก. a

ค. a - b - d

ข. a - b

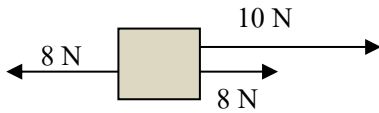
ง. a - b - c และ d

5. ข้อใด ไม่ใช่ เงื่อนไขของสมดุลของแรง 3 แรง กรณีไม่มี 2 แรงใดขนานกัน

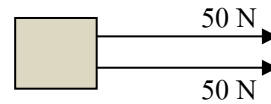
- แรงทั้งสามอยู่บนระนาบเดียวกัน
- ทิศทางของแรงที่ 3 ตรงข้ามกับทิศของ แรงที่มากที่สุด
- แรงทั้ง 3 อยู่พบกันที่จุด ๆ หนึ่ง
- แรงทั้ง 3 รวมแรงแล้วแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 0

6. ข้อใดทำให้วัตถุอยู่ในสภาพสมดุล

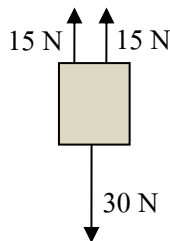
ก.



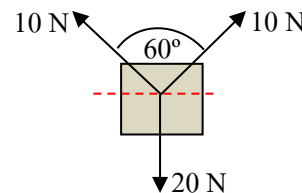
ค.



ข.



ง.



7. 10 N 10 N 30° 30° F

จากภาพ แรง F มีขนาดเท่าไรจึงจะทำให้วัตถุอยู่ในสภาพสมดุล

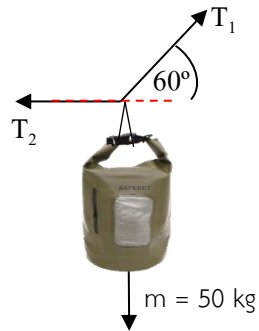
ก.  $F = 5 \text{ N}$

ข.  $F = 10 \text{ N}$

ค.  $F = 15 \text{ N}$

ง.  $F = 20 \text{ N}$

8. เชือกทนแรงสูงสุดได้ 30 kg เมื่อนำมาแขวนถุงทะเลมวล 50 kg บนเชือก  
 $T_1$  และ  $T_2$  ดังรูป ผลของการผูกเชือกนี้วัตถุเป็นไปตามสมดุลสถิต หรือไม่ เพราะเหตุใด

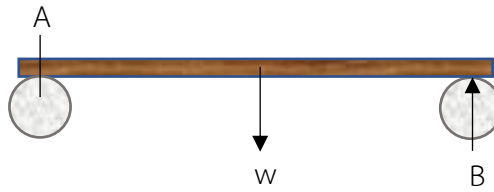


- ก. อยู่ในสภาพสมดุล เชือกทั้งสองเส้นไม่ขาด  
 ข. อยู่ในสภาพสมดุล เชือกทั้งสองออกแรงเท่ากัน  
 ค. ไม่อยู่ในสภาพสมดุล เชือก  $T_1$  ขาด  
 ง. ไม่อยู่ในสภาพสมดุล เชือกทั้ง 2 เส้นขาด
9. จากข้อ 8 ถ้ามวลถุงทะเล ให้มีขนาด 50 kg แรงของเชือก  $T_1$  และ  $T_2$  จะต้องออกแรงเท่าไร จึงจะแขวนถุงทะเลในสภาพสมดุล
- ก.  $T_1 = 230.2 \text{ N}$     ข.  $T_1 = 115 \text{ N}$     ค.  $T_1 = 577 \text{ N}$     ง.  $T_1 = 288.5 \text{ N}$   
 $T_2 = 115 \text{ N}$      $T_2 = 230.2 \text{ N}$      $T_2 = 288.5 \text{ N}$      $T_2 = 577 \text{ N}$

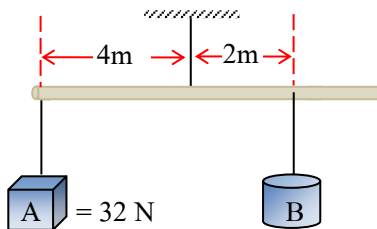
10. จากข้อ 8 ข้อใดถูกต้องเมื่อถุงทะเลอยู่ในสภาพสมดุลสถิต
- ก. เชือกเส้นที่ 1 ( $T_1$ ) ออกแรงน้อยกว่าเชือกเส้นที่ 2 ( $T_2$ )  
 ข. เชือกเส้นที่ 1 ( $T_1$ ) ออกแรงเท่ากันกับเชือกเส้นที่ 2 ( $T_2$ )  
 ค. เชือกเส้นที่ 1 ( $T_1$ ) ออกแรงมากกว่าเชือกเส้นที่ 2 ( $T_2$ )  
 ง. แรงลัพธ์ เป็น 0 ไม่มีแรงบนเส้นเชือก แต่แรงกระทำ ณ จุดเดียวกัน

11. ข้อใด อยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน
- ก. แรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ รวมแรงเท่ากับ 0 ( $\sum \vec{F} = 0$ )  
 ข. แรงหลายแรง ส่งผลให้คานกระดกขึ้นหรือกระดกลง  
 ค. ผลรวมของโมเมนต์ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา กับทิศทางตามเข็มนาฬิกา มีค่าเป็น 0 ( $\sum M = 0$ )  
 ง. แรงกระทำต้องอยู่ในแนวเดียวกับแกนของโมเมนต์

12. แรงใดอยู่ในทิศทวนเข็มนาฬิกา เมื่อให้ต่อหม้อสะพาน A เป็นจุดหมุน และ B เป็นจุดรับแรงของน้ำหนักสะพาน



- ก. จุด A  
ข. จุด B  
ค. จุด W  
ง. จุด A และ จุด B
13. คานอยู่ในสภาพสมดุล ถ้าวัตถุ A มีขนาด 32 นิวตัน วัตถุ B มีขนาดเท่าไร

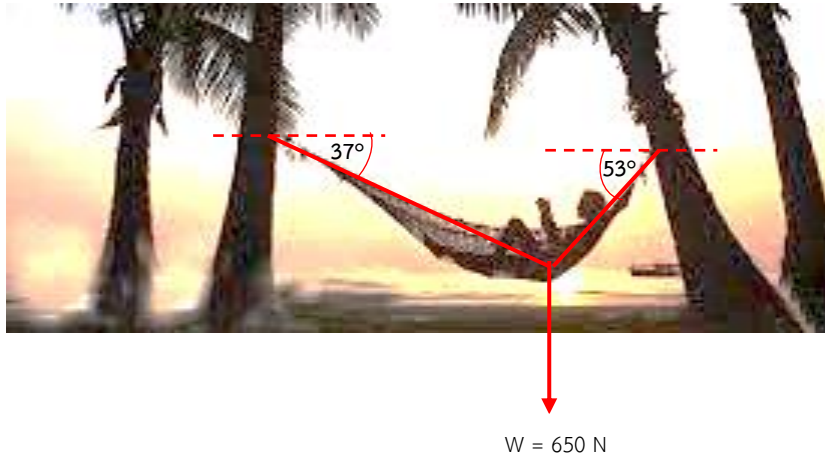


- ก. 16 N  
ข. 24 N  
ค. 32 N  
ง. 64 N
14. ขงเล่นเด็กไทย กำหมุ่น ตรงกับหลักการข้อใด
- 
- The diagram shows a hand holding a spinning top. The top is a wooden object with a pointed bottom and a wider top section. The hand is shown in a position to spin the top.
- ก. สมดุลต่อการหมุน แรงทำให้ใบพัดมีทิศทวนเข็มนาฬิกา และทิศตามเข็มนาฬิกา ด้านแรงซึ่งกันและกัน  
ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบแรงของใบพัดขนานกัน ขนาดแรงเท่ากัน แต่ทิศใบพัดจะหมุนไปทางเดียวกัน  
ค. สมดุลสถิต วัตถุหมุนอยู่กับที่ แต่ใบพัดมีทิศตรงข้ามกัน ทำให้ใบพัดแกว่งกลับไปมา  
ง. สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง ใบพัดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
15. ในการคลายน็อต ถ้าต้องการออกแรงให้น้อยลง นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไรจึงผ่อนแรงที่สุด
- ก. จับตรงกลางประแจ  
ข. จับบริเวณปลายประแจ  
ค. ต่อแขนของประแจให้ยาวขึ้น และจับตรงปลาย  
ง. จับบริเวณจุดใดก็ได้ แต่ให้ถนัดมือที่สุด

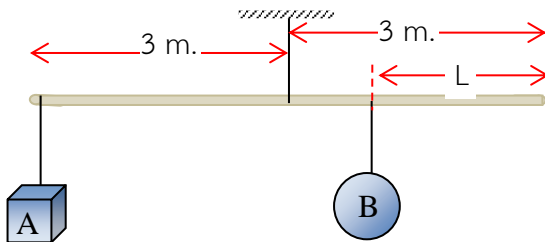
**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำ (คะแนนเต็ม 10)

1. นักท่องเที่ยวคนหนึ่งมีน้ำหนักตัว 650 N นอนอยู่บนเปล ผูกเชือกดั่งภาพ จงหาขนาดของแรงดึงเชือกทั้งสองด้าน

(นักเรียนสามารถคำนวณด้วยสมการกฎสมดุลแรง หรือกฎของ sine )      คะแนนเต็ม 10



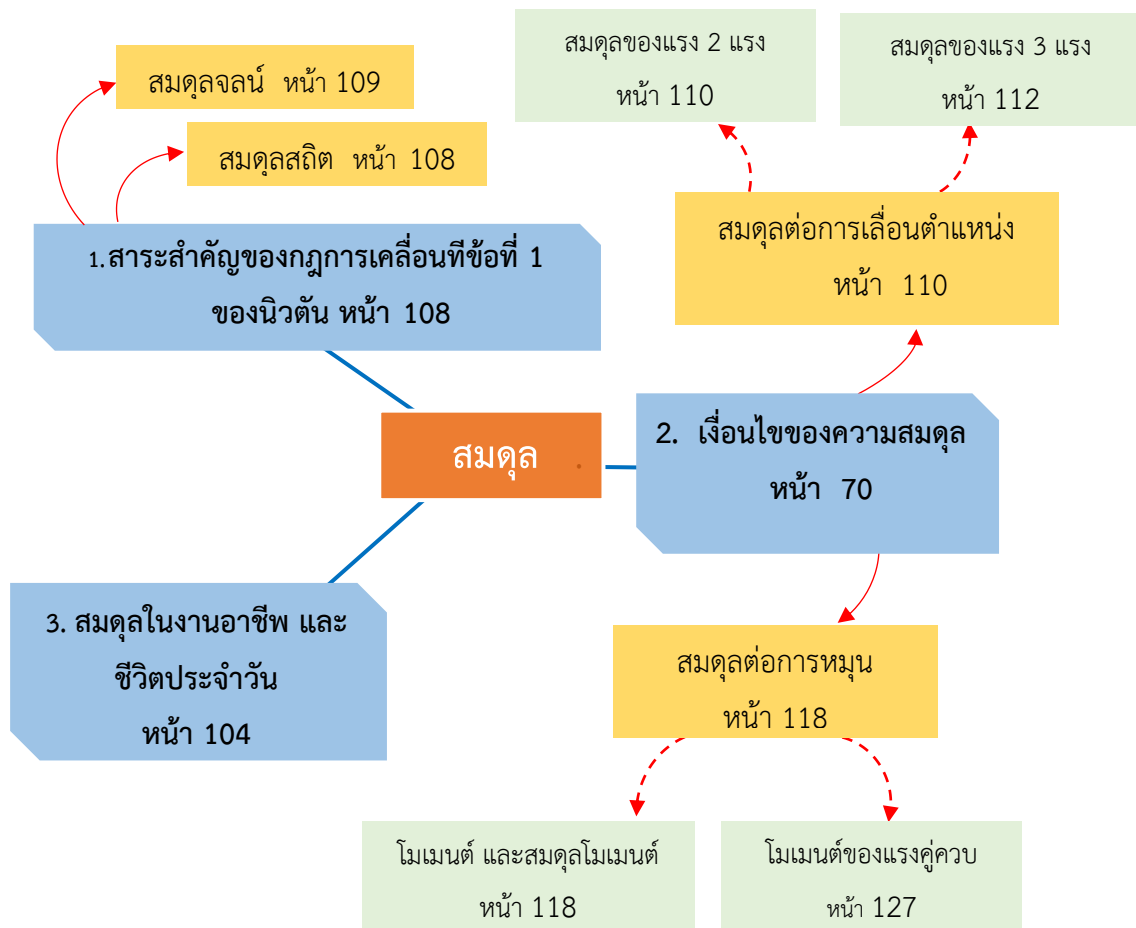
2. มวล A 15 kg แขนงอยู่ตำแหน่งปลายคานยาวเสมอกัน และ มวล B = 20 kg จะต้องวางมวลที่จุดใดจึงจะทำให้คานสมดุล และเขียนรูปอิสระ (Free - body diagrams)      (คะแนนเต็ม 5)

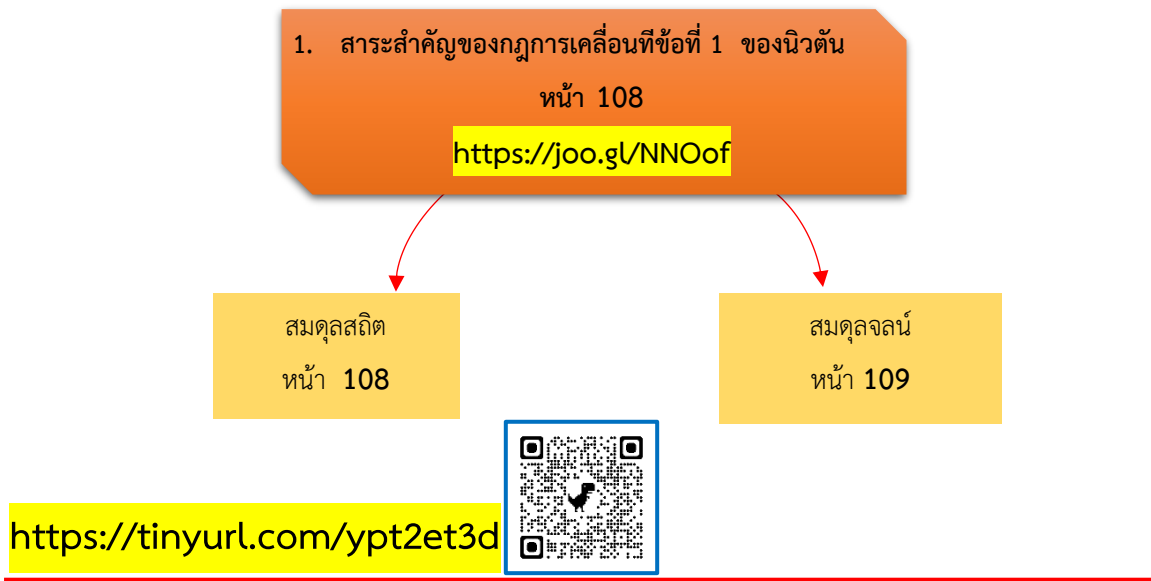


# สมดุล

## บทนำ

ถ้าเราสังเกตสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา จะพบว่า วัตถุต่างๆ อยู่ในสภาพนิ่งได้ โดยไม่ทำความเสียหายให้แก่เรา เช่น พัดลมที่แขวนอยู่บนเพดานไม่หล่นลงมา อาคารขนาดใหญ่ไม่พังลงมา เราสามารถแขวนเสื้อไว้ในตู้ได้ หรือรถกำลังขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงตัว ตัวเรานั่งอยู่ในรถมีความเร็วเท่ากับความเร็วของรถ ในชีวิตประจำวันที่เรามักขนย้ายสิ่งของไว้บนท้ายรถ จึงต้องใช้เข็มขัดมัดวัตถุ เพื่อให้อยู่นิ่ง ไม่เคลื่อนที่ออกไปจากตัวรถทำให้เกิดความเสียหายจากการล่วงหล่น สิ่งเหล่านี้อยู่ในสภาพสมดุลตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน ซึ่งมีสาระสำคัญที่ควรศึกษาดังนี้





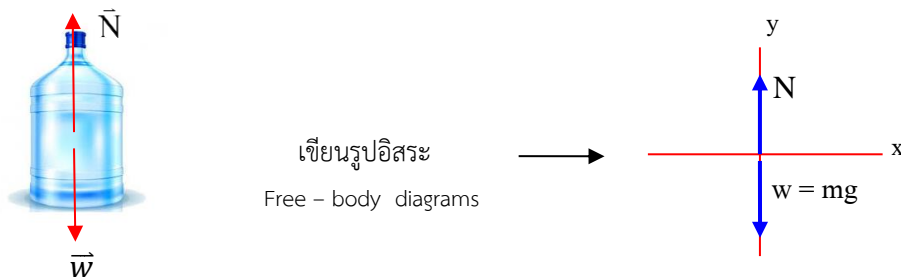
## 1. สารสำคัญของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

นิวตันได้กล่าวถึงรายละเอียดของ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน ไว้ดังนี้

“วัตถุจะยังคงหยุดนิ่งกับที่ หรือเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ” (Tippens P.E. 2007, p.69) วัตถุที่อยู่ในสภาพนิ่ง หรือสภาพสมดุล เขียนสัญลักษณ์ได้ว่า  $\sum \vec{F} = 0$  กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน อาจเรียกว่า **กฎของความเฉื่อย** (Law of Inertia) หรือ**กฎแห่งความสมดุล** เหตุการณ์ตามสภาพสมดุล ของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน เป็นไป 2 กรณี คือ 1) วัตถุหยุดนิ่งกับที่ เรียกว่า **สมดุลสถิต** และ 2) วัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือแบบไม่มีความเร่ง เรียกว่า **สมดุลจลน์**

1.1 สมดุลสถิต (Static Equilibrium) หมายถึง สมดุลวัตถุเมื่ออยู่ในสภาพนิ่ง แรงกระทำต่อวัตถุ รวมแรงจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังตัวอย่างที่ 3.1

### ตัวอย่างที่ 3.1 สมดุลสถิต เมื่อวางวัตถุไว้บนพื้นราบ และหยุดนิ่ง



ภาพที่ 3.1 วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564 หน้า 108)

จากภาพที่ 3.1 วัตถุหยุดนิ่งกับที่ มีแรง 2 แรงกระทำ ได้แก่ น้ำหนักของวัตถุ ( $w=mg$ ) และแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $N$ ) ซึ่งแรงอยู่ในแนวแกน  $y$  และมีทิศตรงข้ามกัน จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันวัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง แสดงสมการได้ดังนี้

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\Sigma \text{ อ่านว่า ซิกม่า หมายถึง ผลรวม})$$

$$N + (-w) = 0 \quad (\text{นำแรง 2 แรงบนแกน } y \text{ นำมารวมกัน})$$

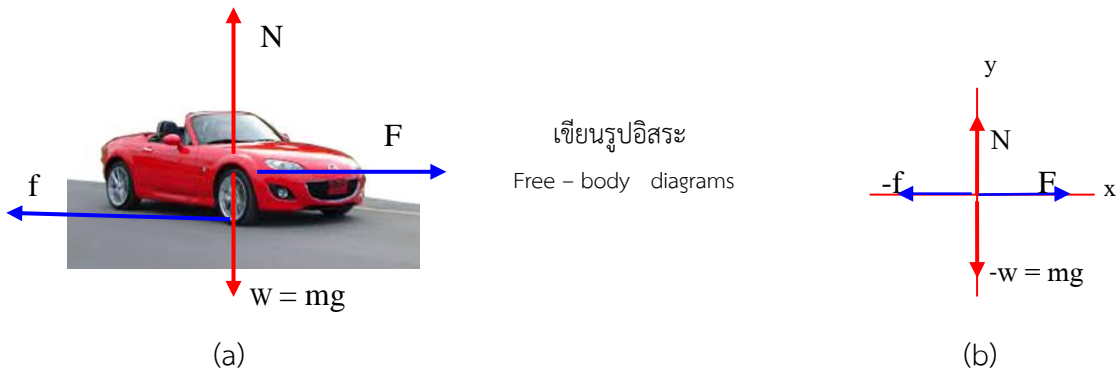
$$N = w \quad (\text{แรงปฏิกิริยาเท่ากับน้ำหนักวัตถุ})$$

ดังนั้น แรงทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน ทิศตรงข้าม เป็นแรงที่ต้านกัน วัตถุจึงอยู่ในสภาพสมดุล

1.2 สมดุลจลน์ (Kinetic Equilibrium) หมายถึง สมดุลวัตถุเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือไม่มีความเร่ง ( $a = 0$ ) หรือไม่มีการเปลี่ยนความเร็ว แรงกระทำต่อวัตถุรวมแรงจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังตัวอย่างที่ 3.2

**ตัวอย่างที่ 3.2** สมดุลจลน์ต่อการเลื่อนตำแหน่ง

เข็นรถยนต์ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว (ความเร็วเท่าเดิมตลอดการเคลื่อนที่ เมื่อ  $a = 0$ )



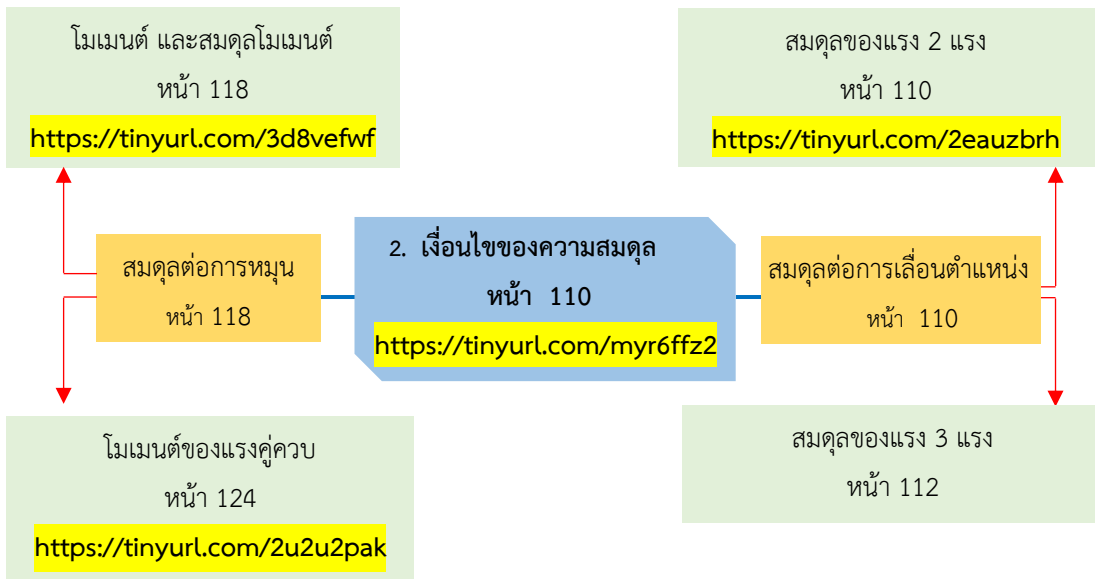
ภาพที่ 3.2 วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลจลน์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒนะ, 2564 หน้า 109)

จากภาพที่ 3.2 รถกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือเคลื่อนที่แบบไม่มีความเร่ง ( $a = 0$ ) มีแรงกระทำต่อวัตถุ ดังนี้

แรงในแนวราบ (แกน  $x$ ) ได้แก่ แรงขับเคลื่อน ( $F$ ) และแรงเสียดทานจลน์ที่พื้นผิวสัมผัส ( $f$ ) แรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน

แรงในแนวตั้ง (แกน  $y$ ) ได้แก่ น้ำหนักของวัตถุ ( $w$ ) และแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ( $N$ ) แรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน



<https://tinyurl.com/myr6ffz2>



## 2. เงื่อนไขของสมดุล

เงื่อนไขของสมดุล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้คือ

### 2.1 สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (Translational Equilibrium)

เงื่อนไขของการสมดุล หมายถึง แรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุ ส่งผลให้วัตถุหยุดนิ่งกับที่ หรืออาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ในแนวเส้นตรง นั่นคือ ผลรวมแรงจะต้องมีค่าเป็นศูนย์ ( $\sum \vec{F} = 0$ ) ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

สมการของการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sum \vec{F} = 0$$

ในกรณีที่แรงไม่ได้อยู่ในเดียวแนวกัน จะต้องแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบในแนวแกน  $x$  และแนวแกน  $y$  จากนั้นหาขนาดของผลรวมแรงในแนวแกน  $x$  และแนวแกน  $y$  ได้ว่า

$$\sum F_x = 0 \text{ (เกิดความสมดุลในแนวแกน } x \text{)}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ (เกิดความสมดุลในแนวแกน } y \text{)}$$



ในที่นี้อธิบายถึงลักษณะสมดุลของแรง ดังนี้

### 2.1.1 สมดุลแรงสองแรง

ในชีวิตประจำวันเราใช้ลักษณะของแรงสองบ่อยครั้ง เช่นการหิ้วถุงอาหาร จะเกิดแรงจากแขนออกแรงต้านถุงอาหารที่มีทิศตามแรงโน้มถ่วง ขณะที่หิ้วถุงอาหารนั้นยังคงนิ่งอยู่บนมือจากแขนที่ออกแรง ในการพิจารณาลักษณะแรงดังนี้

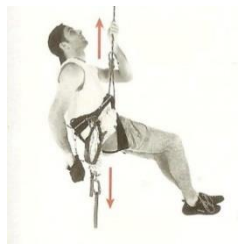
- 1) แรงที่ 1 จะต้องมีความขนาดเท่ากับแรงที่ 2 ( $F_1 = F_2$ )
- 2) ทิศของแรงที่ 1 มีทิศตรงข้ามกับแรงที่ 2



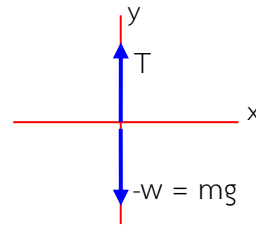
<https://tinyurl.com/2eauzbrh>

**ตัวอย่างที่ 3.3** ชายคนหนึ่งมีมวล 65 กิโลกรัม โหนตัวด้วยเชือกเพื่อปีนเขา ถ้าชายคนนี้นิ่งตัวนิ่งอยู่กับที่ เชือกจะต้องออกแรงเท่าไร ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

วิธีทำ



เขียนรูปอิสระ  
Free - body diagrams



ภาพที่ 3.3 คนโหนเชือก รูปอิสระแรงดึงเชือก ( $T$ ) มีทิศตรงข้ามกับน้ำหนักวัตถุ ( $w$ )  
ที่มา (Tippens P.E. 2007, p.71)

จากสมการ  $\sum \vec{F} = 0$  (วัตถุหยุดนิ่ง)

$\sum F_y = 0$  (มีแรงสองแรง ในแนวแกน  $y$  ไม่มีแรงในแนวแกน  $x$ )

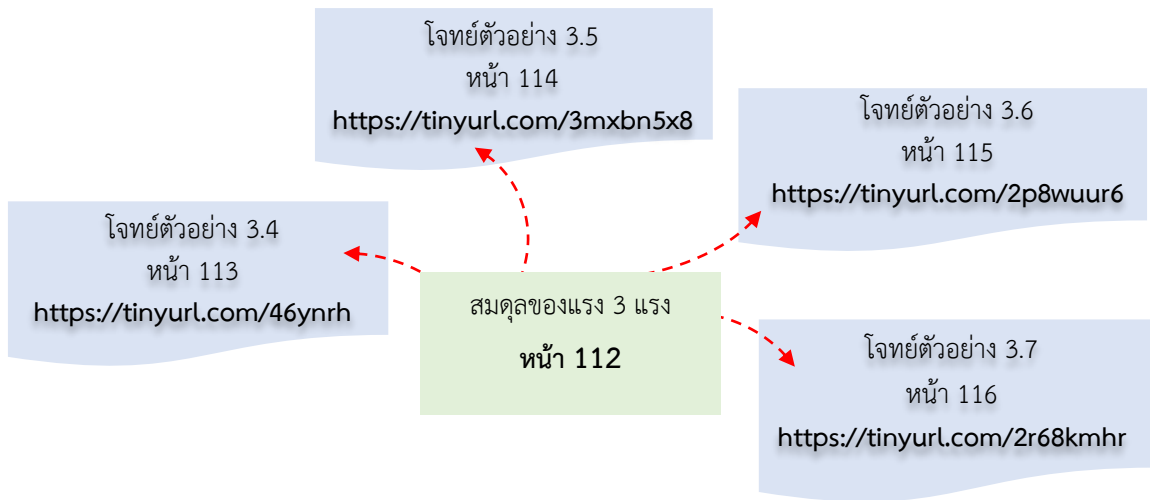
$T + (-mg) = 0$  (ย้ายสมการ  $-mg$  เปลี่ยนค่าลบให้เป็นบวก)

$T = mg$  (สมการสมดุล แรงดึงขนาดเท่ากับขนาดน้ำหนักแต่ทิศตรงข้าม)

$T = 65 \times 10$  (นำตัวเลขมาแทนค่า)

$T = 650 \text{ N}$

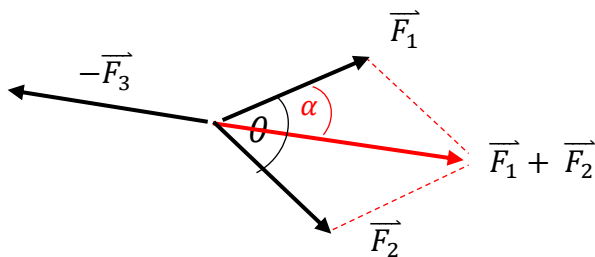
$\therefore$  เชือกต้องออกแรง 650 นิวตัน



### 2.1.2 สมดุลแรงสามแรง

เราอาจผูกเชือกเพื่อแขวนรูปภาพ นักเรียนและเพื่อนช่วยกันขยับตู้หนังสือแต่มีแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสต้านไว้ แม้จะออกแรงมากแต่ตู้ยังไม่ขยับ ยังคงหยุดนิ่งที่พื้นผิวสัมผัส ลักษณะเหล่านี้คือสมดุลของแรงสามแรง ซึ่งมีหลักพิจารณาดังนี้

- 1) ขนาดผลรวมของแรงที่ 1 รวมกับแรงที่ 2 จะมีขนาดเท่ากับแรงที่ 3 เขียนเป็นสมการง่ายๆ ได้ว่า  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$  หรือ  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$
- 2) ทิศของแรงที่ 3 ตรงข้ามกับทิศของผลลัพธ์ของแรงที่ 1 รวมกับแรงที่ 2 ตัวอย่างดังภาพ 3.7 การมัดเชือก แรงทั้งสามพบกันที่จุด ๆ หนึ่ง



ภาพที่ 3.4 ออกแรงดึงเชือก ด้วยแรง 3 แรง  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 112)



<https://tinyurl.com/46ynrhz7>

**ตัวอย่างที่ 3.4** เด็กสองคนช่วยกันลากถังน้ำใบหนึ่ง ดังภาพที่ 3.8 ขณะออกแรงลากถังน้ำ เมื่อวัตถุเริ่มขยับ พบว่ามีแรงเสียดทานสถิตสูงสุด ( $f_s$ ) 32 นิวตัน เด็กคนที่หนึ่งลากด้วยแรง ( $F_1$ ) 15 นิวตัน เด็กคนที่สอง ( $F_2$ ) ต้องออกแรงลากถังน้ำเท่าไร

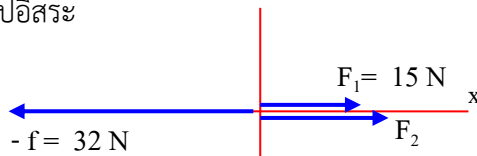


ภาพที่ 3.5 แรงจากการลากถังน้ำ

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 113)

**วิธีทำ** 1. จากโจทย์เข้าใจได้ว่า ขณะที่เด็กทั้งสองออกแรง วัตถุหยุดนิ่งกับที่ จึงเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน

2. วาดรูปรูปอิสระ



$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{วัตถุหยุดนิ่ง})$$

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{มีแรงสามแรง ในแนวแกน x})$$

$$[(F_1 + F_2) + (-f_s)] = 0$$

$$[(F_1 + F_2)] = (f_s) \quad (\text{สมการสมดุล แรงซ้าย = แรงขวา})$$

$$[(15 + F_2)] = (32)$$

$$F_2 = (32) - 15$$

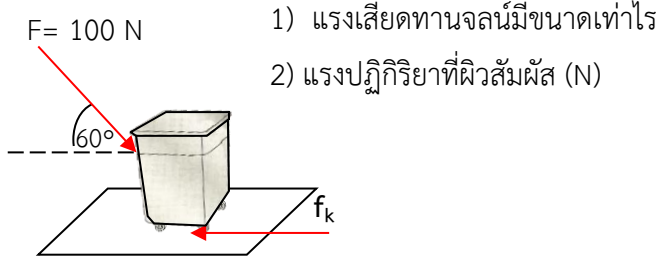
$$F_2 = 17 \quad \text{N}$$

∴ เด็กคนที่สองออกแรงลากขนาด 17 นิวตัน



<https://tinyurl.com/3mxbn5x8>

**ตัวอย่างที่ 3.5** ออกแรงผลักถังด้วยแรง ด้วยแรง 100 นิวตัน เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวมีแรงเสียดทานจลน์ที่ผิวสัมผัส จงตอบคำถามต่อไปนี้

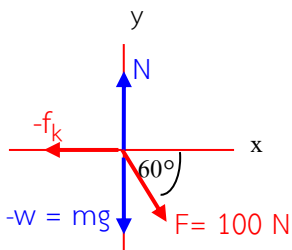


- 1) แรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร
- 2) แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (N)

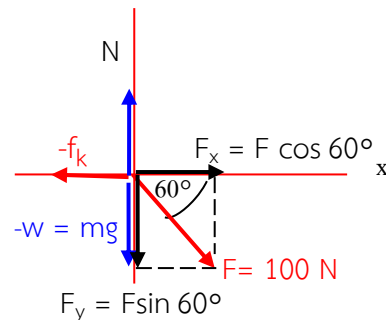
ภาพที่ 3.6 แรงจากการผลักถัง

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 114)

**วิธีทำ** ข้อที่ 1) แรงเสียดทานจลน์มีขนาดเท่าไร



(a) วาดรูปอิสระจากใจ



(b) แยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ

(มีแรงในแนวแกน x และแกน y)

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว) สมดุลแรงตามกฎข้อ 1 ของนิวตัน}$$

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{หาขนาดของแรงเสียดทานจลน์ แรงอยู่ในแนวแกน x})$$

$$F \cos 60^\circ + (-f_k) = 0 \quad (\text{พิจารณาจากภาพที่ 3.10 (b)})$$

$$F \cos 60^\circ = f_k \quad (\text{สมการสมดุล ขนาดแรงด้านซ้าย เท่ากับแรงขนาดด้านขวา})$$

$$100 \times 0.87 = f_k$$

$$f_k = 87 \quad \text{N}$$

แรงเสียดทานจลน์มีขนาด 87 นิวตัน

วิธีทำ ข้อที่ 2) แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (N)

$$\sum \vec{F} = 0 \text{ (วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว) สมดุลแรงตามกฎข้อ 1 ของนิวตัน}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ (หาขนาดของแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส ในแนวแกน y)}$$

$$N + [(- mg) + (- F \sin 60^\circ)] = 0 \text{ (พิจารณาจากภาพที่ 3.10 (b))}$$

$$N = mg + F \sin 60^\circ \text{ (สมการสมดุล แรงบน = แรงล่าง)}$$

$$N = (30 \times 10) + (100 \times 0.87)$$

$$N = 300 + 87 \quad N$$

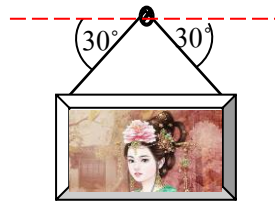
$$N = 387 \quad N$$

∴ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสมีขนาด 387 นิวตัน

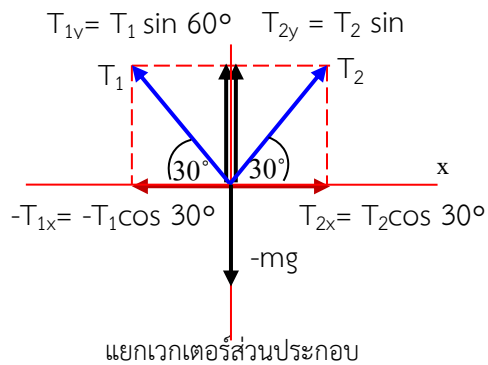
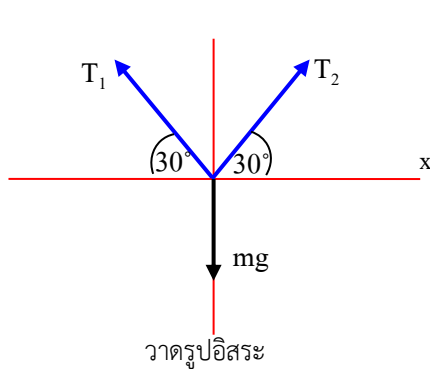


<https://tinyurl.com/2p8wuur6>

ตัวอย่างที่ 3.6 แขนรูปติดกับผนัง ถ้ารูปมีมวล 2 กิโลกรัม แรงดึงเชือกที่แขวนมีขนาดเท่าไร



- วิธีทำ
1. วัตถุหยุดนิ่งกับที่ สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (ตามกฎข้อ 1 ของนิวตัน)
  2. วาดรูปอิสระจากโจทย์ และแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ



$$\sum \vec{F} = 0 \text{ (วัตถุหยุดนิ่ง สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง)}$$

ดังนั้นจะต้องหาผลรวมของ  $\sum F_x = 0$  และ  $\sum F_y = 0$  ดังนั้น

$$\sum F_x = 0$$

$$T_1 \cos 30^\circ + (-T_2 \cos 30^\circ) = 0$$

$$T_1 \times 0.87 + (-T_2 \times 0.87) = 0$$

$$T_1 = T_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$(T_1 \sin 60^\circ) + (T_2 \sin 30^\circ) + (-mg) = 0$$

$$T_1 \times 0.5 + (T_2 \times 0.5) = mg$$

$$T_1 \times 0.5 + (T_2 \times 0.5) = 2 \times 10$$

$$T_1 + T_2 (0.5) = 20$$

$$\text{(จาก (1)) ; } T_1 = T_2 \text{ ดังนั้น } T_1 + T_2 = 2T$$

$$2T (0.5) = 20$$

$$2T = 20/0.5$$

$$T = 20 \text{ N}$$

∴ แรงดึงเชือกที่แขวนกรอบรูปทั้งสองด้านมีขนาด 20 นิวตัน

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 3.1

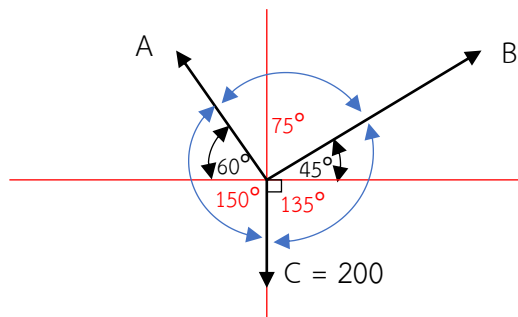
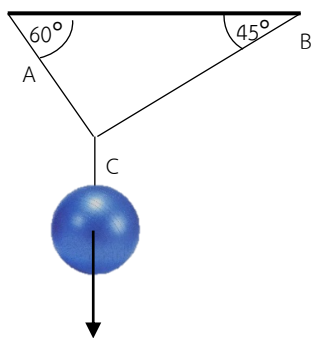


ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > สมดุล : Work sheet หน้า 131



<https://tinyurl.com/2r68kmhr>

ตัวอย่างที่ 3.7 แขนงลูกบอลมีน้ำหนัก 200 N ด้วยเชือก โดยผูกปมเชือกมีแรงดึงเชือก A และ B ไม่ให้หล่นลงมาดังภาพด้านล่าง จงหาขนาดแรงดึงเชือก A และ B ด้วยการคำนวณด้วยทฤษฎีลาเม



ภาพที่ 3.7 สมดุลแรง 3 แรง คำนวณด้วยทฤษฎีลาเม  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 116)

สมการ ทฤษฎีลามี (กฎของ sine )

$$\frac{A}{\sin 135^\circ} = \frac{B}{\sin 150^\circ} = \frac{C}{\sin 75^\circ}$$

1) หาขนาด A แทนค่าสมการดังนี้

$$\frac{A}{\sin 135^\circ} = \frac{C}{\sin 75^\circ}$$

$$\frac{A}{0.71} = \frac{200}{0.97}$$

$$A = \frac{200}{0.97} \times 0.71$$

$$A = 146.40 \text{ N}$$

2) หาขนาด B แทนค่าสมการดังนี้

$$\frac{B}{\sin 150^\circ} = \frac{C}{\sin 75^\circ}$$

$$\frac{B}{0.5} = \frac{200}{0.97}$$

$$B = \frac{200}{0.97} \times 0.5$$

$$B = 103 \text{ N}$$

∴ แขนงลูกบอลน้ำหนัก 200 N แรงดึงในเชือก A = 146.40 N แรงดึงเชือก B = 103 N

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 3.2

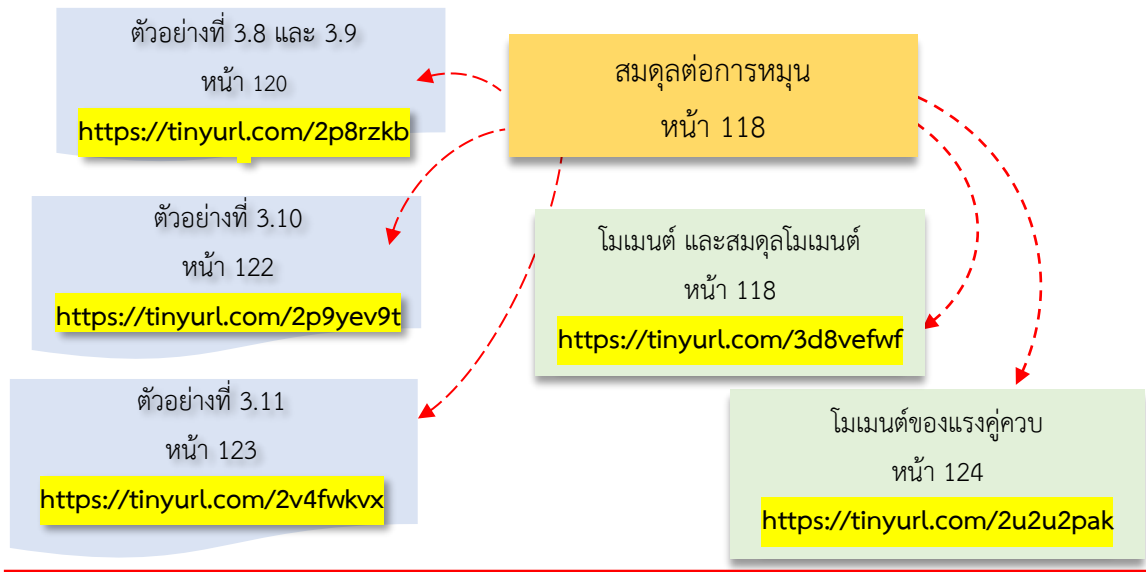


ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > สมดุลทฤษฎีลามี : Work sheet หน้า 133

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 3.1



ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.1 > สมดุลแรง > Work sheet หน่วย 3 หน้า 135



## 2.2 สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium)

วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลตามเงื่อนไขสมดุลคือ แรงที่กระทำบนคานจะส่งผลให้เกิดโมเมนต์รอบจุดหมุน แต่จะไม่ทำให้คานเคลื่อนที่ไปจากที่เดิม เรียกว่า “สมดุลต่อการหมุน” เมื่อผลบวกของโมเมนต์รอบจุดหมุนหนึ่ง ๆ ต้องเป็นศูนย์ เขียนแทนสัญลักษณ์ได้ว่า  $\sum M = 0$

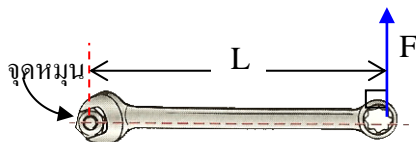
<https://tinyurl.com/3d8vefwf>



### 2.2.1 โมเมนต์ และสมดุลโมเมนต์

โมเมนต์ หมายถึง ความพยายามของแรงที่จะทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพการหมุน หรือผลของแรงที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสภาพการหมุนรอบจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเรียกว่า จุดหมุน โดยมีระยะจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง เรียกว่า แขนของโมเมนต์ ซึ่งขนาดของโมเมนต์ ( $M$ ) สัมพันธ์กับแรงกระทำ ( $F$ ) และแขนโมเมนต์ ( $L$ ) โดยหาขนาดได้จาก  $M = F L$  หน่วย นิวตันเมตร (Nm)

แขนของโมเมนต์ หมายถึง ระยะทางจากจุดหมุน ถึงจุดเส้นแรงกระทำ (Tippens P.E, 2007, หน้า 95) ความยาวแขนของโมเมนต์ แทนด้วยสัญลักษณ์  $L$  ดังตัวอย่างต่อไปนี้

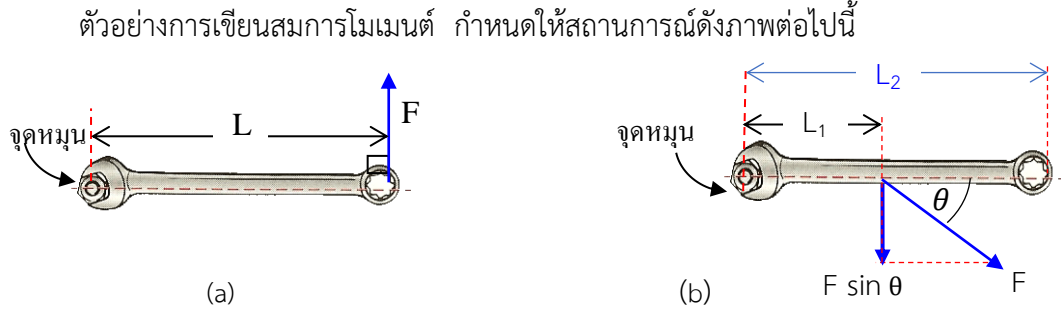


ภาพที่ 3.8 แขนของโมเมนต์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 118)

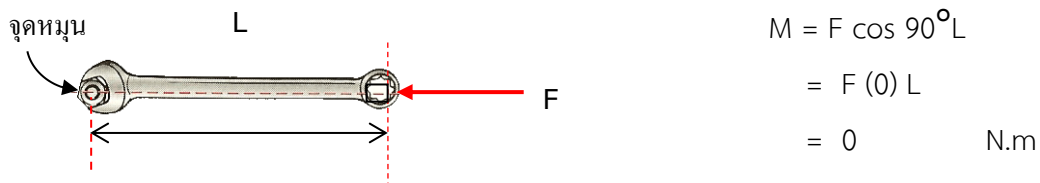


จากภาพ 3.8  $L$  คือ แขนของโมเมนต์ โดยแรง  $F$  ตั้งฉากกับด้ามประแจ (ความยาว  $L$  วัดจากจุดแรงกระทำถึงจุดหมุน)



ภาพที่ 3.9 แขนของโมเมนต์ เมื่อแรงกระทำตั้งฉากกับด้ามประแจ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒนะ, 2564, หน้า 119)

ภาพ 3.9 (a) เขียนสมการโมเมนต์  $M = Fl$  ภาพ (b) เขียนสมการโมเมนต์  $M = F \sin \theta L_1$  ทั้งนี้จะต้องแยกเวกเตอร์ของแรง ( $F$ ) ให้ตั้งฉากกับแขนโมเมนต์ ( $L_1$ )



ภาพที่ 3.10 แขนของโมเมนต์ เมื่อแรงกระทำผ่านจุดหมุน  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒนะ, 2564, หน้า 119)

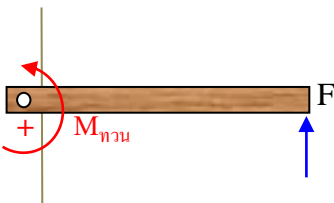
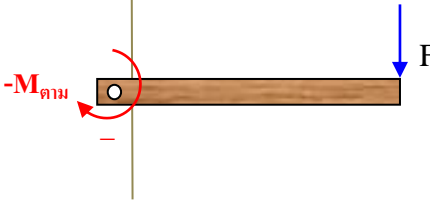
ภาพ 3.10 เมื่อออกแรงผลักประแจไปในแนวเดียวกับแขนโมเมนต์ แนวแรง ( $F$ ) กระทำผ่านจุดหมุน ผลของแรงนี้จะไม่ทำให้เกิดขนาดของโมเมนต์ซึ่งแรงจะไม่สามารถทำให้ประแจหมุนเพื่อคลายนอตได้ จึงเขียนสมการโมเมนต์  $M = F \cos 90^\circ L$  ผลลัพธ์ของโมเมนต์มีค่าเท่ากับ 0

โมเมนต์ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยเขียนทิศทางของโมเมนต์ที่เกิดรอบจุดหมุน การระบุเครื่องหมายบวกหรือลบของโมเมนต์ หมายถึงทิศทางที่ต่างกัน จะกำหนดให้โมเมนต์ทวนเป็นลบ โมเมนต์ตามเป็นบวกก็ได้ ในที่นี้ให้ตัวอย่างดังนี้



ภาพที่ 3.11 ทิศทางของโมเมนต์  
ที่มา (Tippens P.E , 2007, p. 96)

ตารางที่ 3.1 การเขียนทิศทางของโมเมนต์

ทิศทวนเข็มนาฬิกา	ทิศตามเข็มนาฬิกา
	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ออกแรง (F) ดันคาน ในทิศขึ้น</li> <li>2. เกิดโมเมนต์รอบจุดหมุน ในทิศทวนเข็มนาฬิกา</li> <li>3. เขียนสัญลักษณ์ <math>M_{ทวน}</math> ให้ค่าเป็นบวก</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ออกแรง (F) กดคานในทิศลง</li> <li>2. เกิดโมเมนต์รอบจุดหมุน ในทิศตามเข็มนาฬิกา</li> <li>3. เขียนสัญลักษณ์ <math>-M_{ตาม}</math> ให้ค่าเป็นลบ</li> </ol>

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2564, หน้า 120)

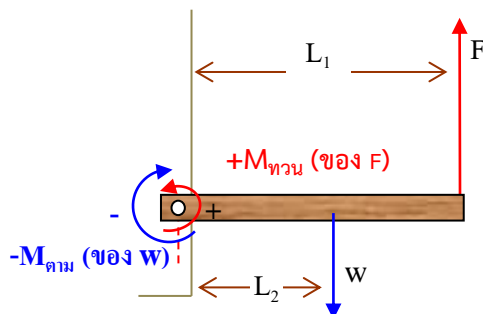
การเขียนสมการสมดุลต่อการหมุน ทำได้ดังนี้

1. เลือกจุดหมุน และเขียนทิศทางของโมเมนต์ ตามที่โจทย์กำหนด
2. สร้างสมการจาก  $\sum M = 0$  (วัตถุสมดุลต่อการหมุน)  
 ดังนั้น  $M_{ทวน} + (-M_{ตาม}) = 0$   
 $M_{ทวน} = M_{ตาม}$

<https://tinyurl.com/2p8rzkbx>



ตัวอย่างที่ 3.8 จงเขียนสมการสมดุลต่อการหมุน ของคานดังภาพที่ 3.12



$$\sum M = 0 \quad (\text{วัตถุสมดุลต่อการหมุน})$$

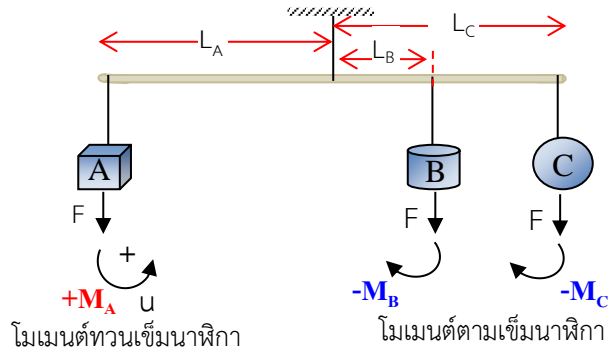
$$M_{ทวน} + (-M_{ตาม}) = 0$$

$$M_{ทวน} = M_{ตาม}$$

$$F L_1 = w L_2$$

ภาพที่ 3.12 แขนของโมเมนต์ ของน้ำหนักคาน  
 ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2564, หน้า 120)

**ตัวอย่างที่ 3.9** จงเขียนสมการสมดุลต่อการหมุน เมื่อแขวนวัตถุไว้ที่คานดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.13 แขวนวัตถุ A, B และ C ไว้บนคาน  
ที่மா (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 121)

$$\begin{aligned}\sum M &= 0 \\ M_{\text{ทวน}} &= M_{\text{ตาม}} \\ M_A &= M_B + M_C \\ F_A \cdot L_A &= (F_B \cdot L_B) + (F_C \cdot L_C)\end{aligned}$$

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 3.2



ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.2 > สมดุลต่อการหมุน > Work sheet หน่วย 3 หน้า 138 - 141

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 3.3

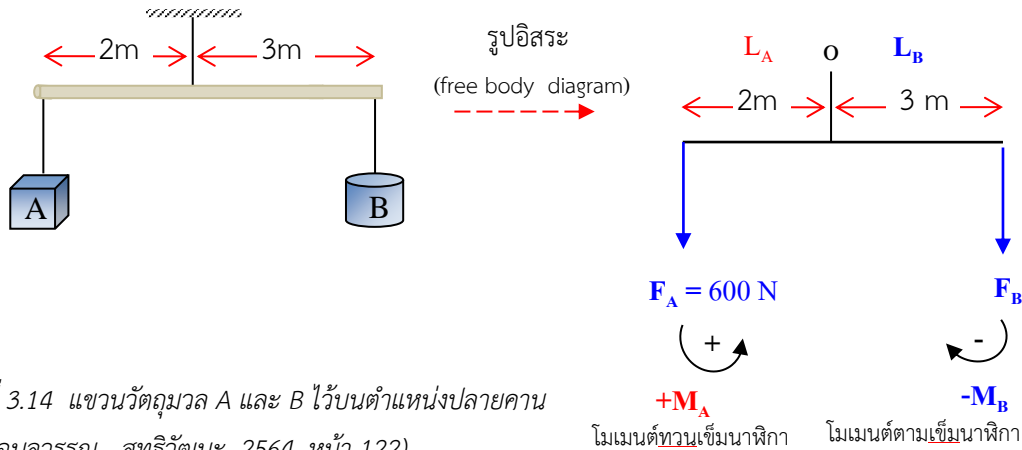


ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > สมดุลต่อการหมุน > Work sheet หน่วย 3 หน้า 134

<https://tinyurl.com/2p9yev9t>



**ตัวอย่างที่ 3.10** คานยาว 5 เมตร ผูกเชือกที่คาน ดังภาพ 3.17 ถ้าแรงวัตถุ A มีขนาด 600 นิวตัน แรงที่วัตถุ B มีขนาดเท่าไร คานจึงจะอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน



ภาพที่ 3.14 แขนงวัตถุมวล A และ B ไว้บนตำแหน่งปลายคาน  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 122)

- วิธีทำ**
1. วาดรูปอิสระ (free body diagram) ดังภาพที่ 3.14
  2. หาทิศทางของโมเมนต์ที่วัตถุ A และ B
  3. สมการสมดุลต่อการหมุน  $\sum M = 0$

เขียนสมการโมเมนต์ได้ว่า

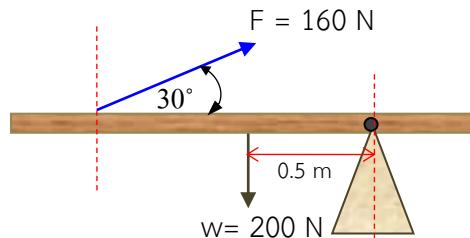
$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \\ M_{\text{ทวน}} &= M_{\text{ตาม}} \\ F_A \cdot L_A &= (F_B \cdot L_B) \\ (600 \times 2) &= (F_B \times 3) \\ \frac{1200}{3} &= (F_B) \\ F_B &= 400 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$\therefore$  แรงของวัตถุ B มีขนาด 400 นิวตัน



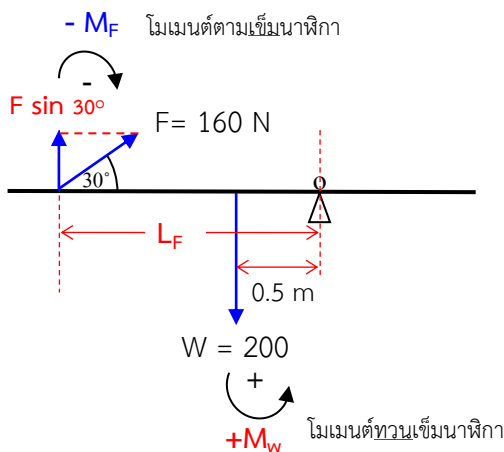
<https://tinyurl.com/2v4fwkvx>

**ตัวอย่างที่ 3.11** คานกระดกมีน้ำหนัก 200 N ยาว 4 เมตร ถ้ามีแรงพุง ผูกเชือก ด้วยแรง 160 นิวตัน แรงพุงนี้จะต้องอยู่ห่างจุดหมุนกี่เมตร จึงจะทำให้สมดุลต่อการหมุน



ภาพที่ 3.15 แขนของโมเมนต์ของแรงกระทำและน้ำหนักคานกระดก  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 123)

**วิธีทำ** 1. วาดรูปอิสระ (free - body diagram)



2. หาทิศทางของโมเมนต์ของแรงทั้งสอง

3. เขียนสมการสมดุลต่อการหมุน  $\sum M = 0$

$$\sum M = 0$$

$$M_{\text{ทวน}} = M_{\text{ตาม}}$$

$$(w \cdot L_w) = (F \sin 30^\circ \cdot L_F)$$

$$(200 \times 0.5) = (160 \times 0.5 \times L_F)$$

$$(L_F) = 100/80$$

$$L_F = 1.25 \text{ m}$$

$\therefore$  แรงพุงที่กระทำบนคาน จะต้องวางห่างจากจุดหมุน 1.25 เมตร

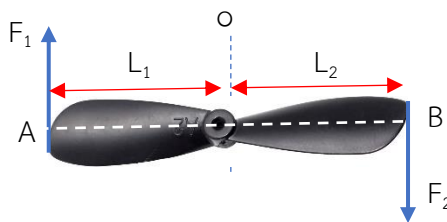
<https://tinyurl.com/2u2u2pak>



### 2.2.1 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

นักเรียนคงเคยเห็นการหมุนของกังหันลม การหมุนของใบพัดพัดลม การหมุนของวงล้อรถยนต์เพื่อบังคับการเลี้ยวของรถ สิ่งเหล่านี้เป็นการใช้ประโยชน์ของโมเมนต์คู่ควบ

แรงคู่ควบ (Couple) หมายถึง แรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีขนาดเท่ากัน แนวแรงขนานกันแต่มีทิศตรงข้ามกัน เช่น แรงคู่ควบของ  $F_1$  และ  $F_2$  กระทำต่อวัตถุที่จุด A และ B รอบจุด O (กิริติ ลีวัจนกุล และวลัยรัตน์ ลีวัจนกุล. จาก <http://www.rmutphysics.com/>)



ภาพที่ 3.16 กังหันใบพัดของแรงคู่ควบ

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒนะ, 2564, หน้า 124)

เมื่อแรงกระทำดังภาพที่ 3.19 ระยะทางตั้งฉากกับแนวแรงทั้งสอง กังหันจะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา และ  $F_1 = F_2 = F$  สามารถเขียนสมการ โมเมนต์ของแรงคู่ควบได้ดังนี้

$$\begin{aligned} F_1 L_1 + F_2 L_2 &= FL_1 + FL_2 \\ &= F(L_1 + L_2) \end{aligned}$$

$$\text{โมเมนต์ของแรงคู่ควบ} = FL$$

ดังนั้นจึงกล่าว โมเมนต์ของแรงคู่ควบ มีขนาดเท่ากับ ผลคูณของแรงใดแรงหนึ่งกับระยะทางตั้งฉากกับแนวแรงทั้งสอง ทิศของการหมุนเป็นไปตามแรงของโมเมนต์คู่ควบนั้นๆ

## 3. การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1, 2, 3 ของนิวตัน เราพบเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเสมอๆ เช่น การแขวนพัดลมบนเพดาน เพื่อให้เกิดความมั่นคงไม่หล่นลงมา เราจะต้องใช้น็อตในการยึดพัดลม แรงของน็อตที่ตรึงไว้จะต้องมีแรงเท่ากับน้ำหนักของพัดลม

การออกแบบความปลอดภัยในรถยนต์ ในกรณีที่รถประสบอุบัติเหตุชนสิ่งใดสิ่งหนึ่งการใช้เข็มขัดนิรภัยจะช่วยรั้งผู้โดยสารไม่ให้กระเด็นออกไปนอกรถ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 “วัตถุพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมไว้” (ถ้าเดิมรถยนต์กำลังเคลื่อนที่อยู่ คนที่อยู่ในรถยนต์มีความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ตามรถยนต์)

การบรรทุกสิ่งของบนกระบะท้ายรถ เมื่อรถห้ามล้ออย่างรวดเร็วและแรง จะทำให้สิ่งของไหลไปกระทบกับส่วนท้องผู้โดยสาร ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน รักษาสมดุลของการเคลื่อนที่ ดังนั้น เราจะต้องมัดสิ่งของเพื่อไม่ให้เกิดกรณีดังกล่าว

การออกแบบเครื่องมือเพื่อผ่อนแรงในการปฏิบัติงานวิชาชีพช่าง และการออกแบบอุปกรณ์ในการทำงานให้มีความสะดวก หลาย ๆ สิ่งเราสามารถใช้ประโยชน์จากโมเมนต์ สมดุลโมเมนต์ และโมเมนต์ของแรงคู่ควบ เราทราบว่าเมื่อโมเมนต์ของแรงมีค่ามาก เราต้องการออกแรงน้อยด้วยการเพิ่มระยะทางของแขนโมเมนต์ แต่หากเราต้องการพกพาวัสดุอุปกรณ์ใช้งานให้สะดวก แขนโมเมนต์อาจมีพื้นที่จำกัด แต่เราสามารถเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุเพื่อเพิ่มแรง เราสามารถใช้งานได้ตามต้องการ ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์ของสมดุลโมเมนต์ เช่น การสร้างสะพานแขวน คานรับน้ำหนัก หรือการหมุนใบพัดของเครื่องยนต์เรือและการหมุนใบพัดเครื่องบินด้วยหลักโมเมนต์ของแรงคู่ควบ



สะพานแขวนรับน้ำหนักโครงสร้างในสภาพสมดุลแรง

ใบพัดเครื่องบิน โมเมนต์ของแรงคู่ควบ



แขนโมเมนต์ของเครนเพื่อยกของหนัก

แขนโมเมนต์และแรงชุดเจาะน้ำมัน



ประแจคลายน็อต

คีมตัดลวด

คานงัดฝาขวด

ภาพที่ 3.17 การใช้ประโยชน์ของโมเมนต์ และสมดุลแรง  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 125)


 แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 3

นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายบท : *Work sheet* หน่วย 3 > หน้า 142-143


 แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 3

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 4 > *Work sheet* หน่วย 4 > หน้า 144

### บทสรุป

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน หรือ กฎแห่งความเฉื่อย เขียนเป็นสมการได้ว่า  $\sum \vec{F} = 0$  เป็นไป 2 กรณี คือ

- 1) วัตถุหยุดนิ่งกับที่ เรียกว่า สมดุลสถิต
- 2) วัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว เรียกว่า สมดุลจลน์

#### เงื่อนไขของความสมดุล

- 1) สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (Translational Equilibrium)

เงื่อนไขของการสมดุล หมายถึง แรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุส่งผลให้วัตถุหยุดนิ่งกับที่ หรืออาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ในแนวเส้นตรง ผลรวมแรงจะต้องมีค่าเป็นศูนย์ ( $\sum \vec{F} = 0$ ) ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

สมการของการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง เขียนได้ว่า  $\sum \vec{F} = 0$  ในกรณีที่แรงไม่ได้อยู่ในเดียวแนวกัน จะต้องแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบในแนวแกน x และแนวแกน y จากนั้นหาขนาดของผลรวมแรงในแนวแกน x และแนวแกน y เขียนเป็นสมการสมดุลได้ว่า

$$\sum F_x = 0 \quad \text{โดยขนาด } F_{ซ้าย} = F_{ขวา} \quad (\text{เกิดความสมดุลในแนวแกน } x)$$

$$\sum F_y = 0 \quad \text{โดยขนาด } F_{บน} = F_{ล่าง} \quad (\text{เกิดความสมดุลในแนวแกน } y)$$

- 2) สมดุลต่อการหมุน

เงื่อนไขของการสมดุล คือ แรงที่กระทำบนคานจะส่งผลให้เกิดโมเมนต์รอบจุดหมุน เรียกว่า “สมดุลต่อการหมุน” ผลบวกของโมเมนต์รอบจุดหมุนหนึ่ง ๆ ต้องเป็นศูนย์ เขียนแทนสัญลักษณ์ได้ว่า  $\sum M = 0$



โมเมนต์ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยเขียนทิศทางของโมเมนต์ที่เกิดรอบจุดหมุนได้ดังนี้



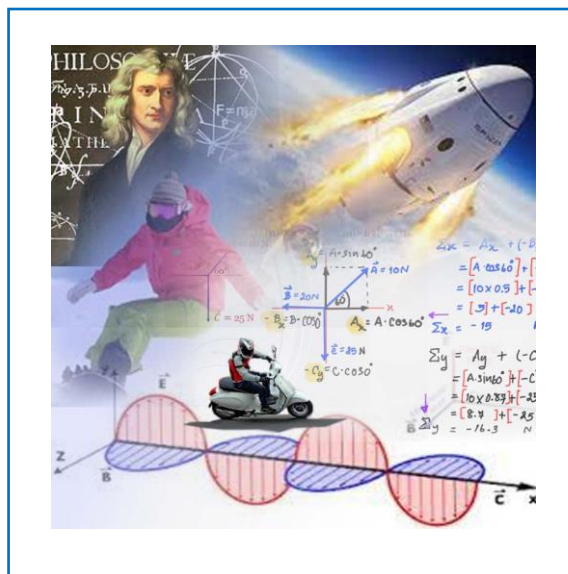
ในกรณีที่โมเมนต์เกิดหลายทิศทาง เขียนสมการสมดุลได้ว่า

$$M_{\text{ทวนเข็มนาฬิกา}} = M_{\text{ตามเข็มนาฬิกา}}$$

# เอกสารใบงาน

หน่วย 3 สมดุล

## Work Sheet



## กิจกรรมเรียนรู้

### กิจกรรมเรียนรู้ 3.1

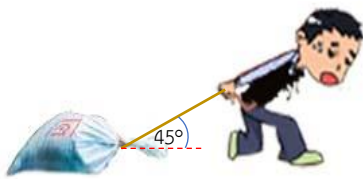
ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (link Text หน้า 116)

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกสภาพและเงื่อนไขของการสมดุลได้ และจำแนกสภาพการสมดุลได้
2. นักเรียนสามารถเขียนรูปอิสระ ที่แรงกระทำต่อวัตถุในสภาพสมดุลได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลของแรงต่อการเลื่อนตำแหน่งได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. สมดุลแรง หมายถึง .....  
 .....  
 ยกตัวอย่างสมดุลแรงในชีวิตประจำวัน.....
2. เงื่อนไขของสมดุลแรง พิจารณาจาก.....  
 .....  
 .....
3. นายอรุณลากกระสอบทราย มวล 30 kg ออกแรง 200 N ทำมุมกับพื้นราบ  $45^\circ$  ด้วยความเร็วคงตัว จะมีแรงเสียดทานจลน์ขนาดเท่าไร ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่



#### 3.1 วาดรูปอิสระประกอบแสดงวิธีทำ

3.2 1) จงเขียนสมการสมดุล (สมดุลแกน x)

2) คำนวณหาขนาดของแรงเสียดทานจลน์

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 1) จงเขียนสมการสมดุล (สมดุลแกน y)

2) จงหาแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส (N)

.....

.....

.....

.....

.....





**กิจกรรมเรียนรู้ 3.3**

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ สมดุลต่อการหมุน (link Text หน้า 121)

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนสามารถเขียนรูปอิสระ ที่แรงกระทำต่อวัตถุในสภาพสมดุลได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมดุลต่อการหมุนได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. สมดุลต่อการหมุน หมายถึง .....

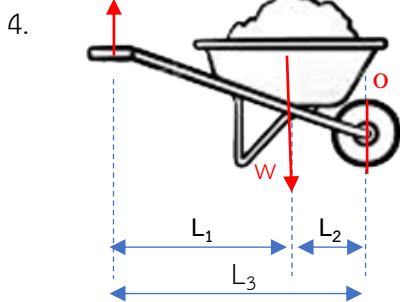
.....  
ยกตัวอย่างสมดุลแรงในชีวิตประจำวัน.....

2. โมเมนต์ หมายถึง.....

.....

3. โมเมนต์ของแรงคู่ควบ หมายถึง.....

.....



4. จากภาพตอบคำถามต่อไปนี้ สอดคล้องกับหมายเลขใด

- 1) จุดหมุน อยู่ ณ ตำแหน่งใด .....
- 2) ทิศโมเมนต์ของแรง F .....
- 3) ทิศโมเมนต์ของแรง w .....
- 4) แขนโมเมนต์ของแรง w .....
- 5) แขนโมเมนต์ของแรง F .....

5. จากข้อ 4 ความยาวรชเ็น ( $L_3$ ) ยาว 1.20 m ความยาวจากล้อถึงน้ำจุดศูนย์ถ่วงหนักวัตถุ ( $w$ ) มีความยาว 0.4 m และ ความยาวจากจุดแรงยกรชเ็น ( $F$ ) ถึงจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักวัตถุ ( $w$ ) มีความยาว 0.8 m ถ้าน้ำหนักบนรชเ็นดินมีขนาด 400 N จะต้องใช้แรงยกเพื่อรชเ็นดินอย่างน้อยกี่นิวตัน

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



ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 3.1

ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.1

แผ่นที่ 1/3 หน้าที่ 1

สำรวจตรวจสอบสมดุลแรง 3 แรง ➤ (link Text หน้า 117)

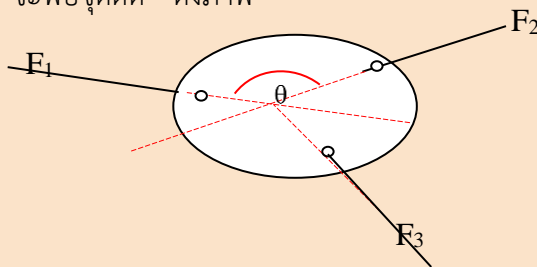
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาขนาดของสมดุลแรง 3 แรงได้
2. มีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบสมดุลแรง 3 แรง
3. นักเรียนมีเจตคติ (กิจนิสัยที่ดี) ในการทำงานเพื่อแสดงหาคำตอบของแรง 3 แรงได้

วิธีการดำเนินกิจกรรม

ตอนที่ 1

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน
2. นำกระดาษแข็งมาเจาะรู 3 รู บริเวณขอบกระดาษในตำแหน่งต่างๆ กัน
3. ผูกเชือกแต่ละเส้น กับกระดาษแข็งที่เจาะรูไว้ทั้ง 3 รู
4. นำเครื่องชั่งสปริงมาคล้องกับเส้นเชือกทั้ง 3 เส้น ให้นักเรียนทั้ง 3 คนออกแรงดึง พยายามอย่าให้กระดาษเคลื่อนที่ อ่านค่าบนเครื่องชั่งสปริงแต่ละอัน บันทึกผลไว้บนรูปของกระดาษแต่ละจุด
5. นำดินสอมาลากเส้นบนกระดาษ เพื่อเชื่อมต่อกันในแนวเส้นตรงของการดึงเชือก จะพบจุดตัด ดังภาพ



6. นำไม้โปรแทรกเตอร์วัดมุม ระหว่าง  $F_1$  กับ  $F_2$
7. เขียนรูปอิสระ ของแรงดึงสปริงจากเส้นเชือกที่กระทำต่อแผ่นกระดาษ

ตอนที่ 2

1. นำเอารูปอิสระ มาแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบบนแกน  $x$  และ  $y$
2. หาขนาดของแรง  $F_1$  กับ  $F_2$
3. พิสูจน์ขนาดของแรง  $F_1, F_2$  และ ด้วยการคำนวณวิธีการแยกเวกเตอร์ส่วนประกอบ หรือ การใช้ทฤษฎีลาไม (กฎของ sine)
4. คำตอบที่ถูกต้องจะมีขนาดที่เท่ากับการอ่านค่าบนเครื่องชั่งสปริง

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.1

แผ่นที่ 2/3 หน้าที่ 2

## วัสดุ - อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสปริง จำนวน 3 อัน
2. เชือกยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 3 เส้น
3. ไม้โปรแทรกเตอร์ จำนวน 1 อัน
4. กระดาษแข็ง ตัวเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร
5. ดินสอ 1 แท่ง

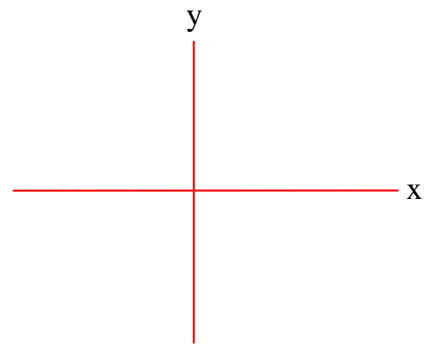
## ผลการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

ประเด็นของการสำรวจตรวจสอบ คือสิ่งใด.....

สมมติฐานของการสำรวจตรวจสอบ.....

ผลการดำเนินการตรวจสอบ เป็นดังนี้

1. วาดภาพการตรวจสอบแรงดึงทั้ง 3 แรง  
ของกระดาษแข็ง ในสถานการณ์สมดุลแรง
2. วาดรูปอิสระของเส้นแรงทั้ง 3 สามแรง



3. คำนวณ หาขนาด แรง  $F_1$  กับ  $F_2$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## สรุปผลการสำรวจตรวจสอบของแรง 3 แรง

.....

.....



## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.1

แผ่นที่ 3/3 หน้าที่ 3

## การประเมินผล ➤ สํารวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ➤

ระดับคะแนน 4 – ดีมาก 3 – ดี 2 – พอใช้ 1 – ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. ความสามารถในการกำหนดวิธีการสำรวจตรวจสอบสมดุลงแรง 3 แรง	5	-	-
2. แสดงความรู้ในการออกแบบ วางแผน เตรียมการดำเนินงาน	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบผลลัพธ์การสำรวจตรวจสอบ		5	
4. แสดงทักษะการหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		5	
5. แสดงความถูกต้องของการคำนวณ การสมดุลงแรง 3 แรง		5	
6. เขียนรูปอิสระเพื่อวิเคราะห์สมการสมดุลงแรงได้ถูกต้อง		5	
7. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
8. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
9. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
10. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
11. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	20	10
เฉลี่ย	20 คะแนน		

## สมาชิกกลุ่ม

- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....



### ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 3.2

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.2

แผ่นที่ 1/3 หน้าที่ 1

สำรวจตรวจสอบสมดุลต่อการหมุน ➤ (link Text หน้า 121)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาขนาดของสมดุลต่อการหมุนได้
2. มีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบสมดุลต่อการหมุนได้
3. นักเรียนมีเจตคติ (กิจนิสัยที่ดี) ในการทำงานเพื่อแสดงหาคำตอบของแรง 3 แรงได้

### วิธีการดำเนินกิจกรรม

#### ตอนที่ 1

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ระดมสมอง เพื่อหาคำตอบในการแขวนตุ้มน้ำหนักที่กำหนดให้ต่อไปนี้
  - 2.1 แขวนตุ้มน้ำหนัก 10 g ที่ตำแหน่ง 10 cm ถ้าแขวน 30 g ที่ตำแหน่งใด
  - 2.2 แขวนตุ้มน้ำหนัก 10 g ที่ตำแหน่ง 20 cm ถ้าแขวน 20 g ที่ตำแหน่งใด
  - 2.2 แขวนตุ้มน้ำหนัก 10 g ที่ตำแหน่ง 30 cm ถ้าแขวน 10 g ที่ตำแหน่งใด
3. เมื่อให้แขวนตุ้มน้ำหนักขนาด 10 g และ 20 g ตุ้มน้ำหนักทั้งสองห่างกันจากปลายคานโมเมนต์ด้านหนึ่ง 5 cm จะต้องแขวนตุ้มน้ำหนักขนาดเท่าไรคานโมเมนต์จะสมดุล เมื่อวางตุ้มน้ำหนัก ณ ตำแหน่งต่อไปนี้ (คานโมเมนต์ยาวทั้งหมด 60)
  - 3.1 แขวนตุ้มน้ำหนักที่ตำแหน่ง ปลายแขนโมเมนต์
  - 3.2 แขวนตุ้มน้ำหนักที่ตำแหน่ง ที่ตำแหน่ง 20 cm
  - 3.3 แขวนตุ้มน้ำหนักที่ตำแหน่ง ที่ตำแหน่ง 10 cm



#### ตอนที่ 2 ประลองความคิด

1. ให้นักเรียนตั้งโจทย์ แขวนวัตถุมวลที่แขนโมเมนต์ (อาจแขวนมากกว่า 1 ตำแหน่ง) สุ่มวาง
  2. ให้นักเรียนร่วมปรึกษาหารือ เพื่อค้นหาน้ำหนักตุ้มเหล็ก ให้แขนที่โมเมนต์ อยู่ในสภาพสมดุล
  3. คำนวณหาขนาดโมเมนต์สมดุล เพื่อสำรวจตรวจสอบคำตอบ
  4. พิสูจน์คำตอบด้วยการนำตุ้มเหล็กมาแขวนไว้บนคานโมเมนต์
- \*\* เงื่อนไข : วางตุ้มเหล็กได้เพียงครั้งเดียว

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.2

แผ่นที่ 2/3 หน้าที่ 2

## วัสดุ - อุปกรณ์

1. คานโมเมนต์
2. ต้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ ดังนี้ 5 g 10 g 20 g 30 g

## ผลการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

ประเด็นของการสำรวจตรวจสอบ คือสิ่งใด.....

สมมติฐานของการสำรวจตรวจสอบ.....

ตอนที่ 1 ผลการดำเนินการตรวจสอบ เป็นดังนี้ (จัดกระทำข้อมูลเพื่อบันทึกผล)

## ตอนที่ 2

วางรูปอิสระ เพื่อวิเคราะห์สมการสมดุลโมเมนต์

คำนวณหาขนาดแรง (ต็มน้ำหนัก) เพื่อวางบนคานสมดุล

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

สรุปผลการสำรวจตรวจสอบสมดุลโมเมนต์

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

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.2

แผ่นที่ 3/3 หน้าที่ 3

## การประเมินผล ➤ สำรวจตรวจสอบการหาสมดุลโมเมนต์ ➤

ระดับคะแนน 4 – ดีมาก 3 – ดี 2 – พอใช้ 1 – ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
12. ความสามารถในการกำหนดวิธีการสำรวจตรวจสอบสมดุลต่อการหมุน	5	-	-
13. แสดงความรู้ในการออกแบบ วางแผน เตรียมการดำเนินงาน	5	-	-
14. ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบผลลัพธ์การสำรวจตรวจสอบ		5	
15. แสดงความถูกต้องของการคำนวณ การสมดุลต่อการหมุน		5	
16. เขียนรูปอิสระเพื่อวิเคราะห์สมการสมดุลต่อการหมุนได้ถูกต้อง		5	
17. แสดงทักษะการหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		5	
18. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
19. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
20. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
21. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
22. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	20	10
เฉลี่ย	20 คะแนน		

## สมาชิกกลุ่ม

1. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
2. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
3. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
4. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
5. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....

## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 3

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกหลักสมมูลแรง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้
2. นักเรียนสามารถบอกสภาพและเงื่อนไขของการสมมูลได้ และจำแนกสภาพการสมมูลได้
3. นักเรียนสามารถเขียนรูปอิสระ ที่แรงกระทำต่อวัตถุในสภาพสมมูลได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมมูลของแรงต่อการเลื่อนตำแหน่งได้
5. นักเรียนสามารถคำนวณแรงตามหลักการสมมูลต่อการหมุนได้
6. นักเรียนสามารถนำเอากฎแห่งความสมมูลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนใส่เครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความต่อไปนี้ให้ถูกต้อง
  - 1) วัตถุรักษาสภาพเดิมของการเคลื่อนที่ไว้ตลอดไป แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ เมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เกิดความสมมูลสถิต
  - 2) วางโทรทัศน์ไว้บนโต๊ะหนึ่ง ๆ เป็นชนิดของสมมูลจลน์
  - 3) สมดุลต่อการหมุน เป็นแรงที่กระทำต่อคานที่มีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และตามเข็มนาฬิกา แรงทั้งสองทิศทางมีขนาดที่เท่ากัน
  - 4) แม่บ้านผลักตู้ให้เคลื่อนที่ แต่ไม่สามารถยัดได้ เพราะแรงเสียดทานมีค่ามากกว่าแรงผลักตู้
  - 5) สมดุลแรง เมื่อผลรวมของแรงมีค่าเป็น 0 เป็นผลให้วัตถุหยุดนิ่งกับที่ หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
2. จงบอกเงื่อนไขสมมูลของ 2 แรง และสมมูลของแรง 3 แรง

สมมูลของ 2 แรง	สมมูลของแรง 3 แรง







## หน่วยที่

# 4

## การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง Motion in 1 Dimension

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกของความหมายของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งได้
3. นักเรียนสามารถบอกรูปแบบของความเร่ง และความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้ และนำไปใช้คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง
4. เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ นักเรียนสามารถคำนวณหา ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้
5. นักเรียนมีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงในชีวิตประจำวัน หรือในงานวิชาชีพได้

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

1. ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง
  - 1.1 การกระจัด (Displacement)
  - 1.2 เวลา (Time)
  - 1.3 ความเร็ว (Velocity)
    - 1.3.1 ความเร็วเฉลี่ย
    - 1.3.2 ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง
2. ความเร่ง (Acceleration)
  - 2.1 ความเร่ง
  - 2.2 ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก
3. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ด้วยความเร่งคงตัว
  - 3.1 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงภายใต้ความเร่งเฉลี่ย ( $a$ )
  - 3.2 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ )
4. การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน หรืองานวิชาชีพ

#### บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 4 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง)

เวลา 60 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย X ในกระดาษคำตอบ

ทำแบบทดสอบก่อนเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/2p83dp9u>



### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกของความหมายของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งได้
3. นักเรียนสามารถบอกรูปแบบของความเร่ง และความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้ และนำไปใช้คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง
4. เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ นักเรียนสามารถคำนวณหา ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้

ทำแบบทดสอบหลังเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/2bjbcykb>



1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปริมาณเวกเตอร์ทั้งหมด
  - ก. อัตราเร็ว , ความเร่ง
  - ข. ความเร็ว , อัตราเร็วเฉลี่ย
  - ค. อัตราเร็ว, ความเร็ว
  - ง. ความเร็วเฉลี่ย, ความเร่ง
2. ข้อใดเป็นความหมายของความเร็ว
  - ก. วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางภายในเวลาหนึ่ง
  - ข. วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางในแนวเส้นตรง
  - ค. การเปลี่ยนความเร็วภายในช่วงเวลาหนึ่ง
  - ง. วัตถุกระจัดได้ภายในช่วงเวลาหนึ่ง
3. วัตถุอันหนึ่ง เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง บันทึกการเคลื่อนที่ได้ ดังตาราง จงหาความเร็วเฉลี่ยในช่วงวินาที ที่ 6-12

เวลา (วินาที)	4	6	8	10	12
ระยะทาง (เมตร)	10	12	15	20	24

- ก. 1 m/s
  - ข. 2 m/s
  - ค. 5 m/s
  - ง. 8 m/s
4. จากโจทย์ข้อ 3 ความเร็วเฉลี่ยมีขนาดเท่าไร
    - ก. 1 m/s
    - ข. 1.5 m/s
    - ค. 1.75 m/s
    - ง. 2 m/s

5. จากโจทย์ข้อ 3 ความเร็ว ณ วินาทีที่ 11 ตรงกับข้อใด

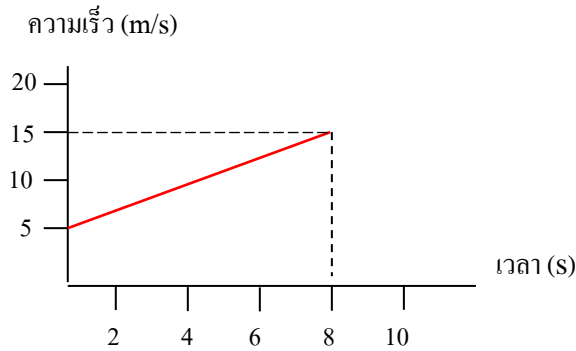
- ก. 1 m/s      ข. 1.5 m/s      ค. 1.75 m/s      ง. 2 m/s

6. ข้อใดเป็นการกล่าวถึงความเร่ง ได้ถูกต้อง

- a) วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว เมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ 1 วินาที วัตถุจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยสัดส่วนเท่า ๆ กัน  
 b) หาค่าความเร่ง ( $\vec{a}$ ) ได้จากผลต่างของความเร็ว ต่อเวลาที่ใช้เปลี่ยนความเร็ว  
 c) วัตถุมีความหน่วง ในขณะที่เคลื่อนที่ แสดงว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ช้าลง  
 d) ถ้าความเร่งเป็น 0 วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เร็วขึ้นเรื่อยๆ

- ก. ข้อ a และ d      ข. ข้อ c และ d      ค. ข้อ a b และ c      ง. ถูกทุกข้อ

7. จากกราฟ ความเร่ง มีขนาดเท่าใด



- ก.  $\vec{a} = 1.25 \text{ m/s}^2$       ข.  $\vec{a} = 1.5 \text{ m/s}^2$       ค.  $\vec{a} = -1.5 \text{ m/s}^2$       ง.  $0 \text{ m/s}^2$

8. จากกราฟข้อ 7 เมื่อพ้นวินาทีที่ 8 พบว่า ถ้าวัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ( $a = 0$ ) วัตถุจะจัดต่อมาในวินาทีที่ 10 ความเร็วกลายเป็นเท่าไร

- ก. 5 m/s      ข. 10 m/s      ค. 15 m/s      ง. 20 m/s

9. ลูกบอล กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น 18 m/s เวลาผ่านไป 50 วินาที ลูกบอลยังคงมีความเร็วเท่าเดิม ความเร่ง มีค่าเท่าไร

- ก.  $0 \text{ m/s}^2$       ข.  $4 \text{ m/s}^2$       ค.  $-4 \text{ m/s}^2$       ง. ยังหาคำตอบไม่ได้

10. เรายืนอยู่บนพื้นราบบนโลก โยนวัตถุขึ้นและตกอิสระ ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงมีขนาดเท่าใด

- ก.  $1.62 \text{ m/s}^2$       ข.  $2 \text{ m/s}^2$       ค.  $9.81 \text{ m/s}^2$       ง.  $25.95 \text{ m/s}^2$

11. รถยนต์เคลื่อนที่แนวเส้นตรงจากจุดหยุดนิ่ง และเปลี่ยนความเร็วเป็น 24 m/s ใช้เวลาในการเปลี่ยนความเร็ว 12 วินาที ความเร่งมีขนาดเท่าไร

ก. 0 m/s<sup>2</sup>      ข. 2 m/s<sup>2</sup>      ค. - 2 m/s<sup>2</sup>      ง. 4 m/s<sup>2</sup>

12. วัตถุอยู่ในสภาพนิ่ง ถูกเร่งให้มีความเร่งคงตัว 3 m/s<sup>2</sup> จงหาความเร็วของวัตถุในวินาทีที่ 13

เวลา (s)	0	2	5	6	8	10	13
ความเร็ว (m/s)	0	5	15	18	24	30	

ก. 25 m/s      ข. 30 m/s      ค. 39 m/s      ง. 42 m/s

13. จงวิเคราะห์โจทย์ เมื่อลูกกระสุนปืน เคลื่อนที่จากจุดระเบิด ด้วยความเร็วต้น 20 m/s และมีความเร็วปลายกระบอกปืน 30 m/s ถ้าลำกล้องของปืนยาว 0.5 m ลูกกระสุนปืนเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

ก. โจทย์ต้องการทราบ a กำหนด  $u = 20 \text{ m/s}$      $v = 30 \text{ m/s}$      $s = 0.5 \text{ m}$

ข. โจทย์ต้องการทราบ a กำหนด  $u = 20 \text{ m/s}$      $v = 30 \text{ m/s}$      $t = 0.5 \text{ m}$

ค. โจทย์ต้องการทราบ s กำหนด  $u = 20 \text{ m/s}$      $v = 30 \text{ m/s}$      $a = 0.5 \text{ m}$

ง. โจทย์ต้องการทราบ s กำหนด  $u = 30 \text{ m/s}$      $v = 20 \text{ m/s}$      $a = 0.5 \text{ m}$

14. ลูกกระสุนปืน เคลื่อนที่จากจุดระเบิด ด้วยความเร็วต้น 20 m/s และมีความเร็วปลายกระบอกปืน 30 m/s ถ้าลำกล้องของปืนยาว 0.5 m ลูกกระสุนปืนเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

ก. 10 m/s<sup>2</sup>      ข. 50 m/s<sup>2</sup>      ค. 100 m/s<sup>2</sup>      ง. 500 m/s<sup>2</sup>

15. วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง ถูกเร่งด้วยความเร่ง 0.5 m/s<sup>2</sup> เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าไร

ก. 3 เมตร      ข. 4.75 เมตร      ค. 5 เมตร      ง. 6.25 เมตร

16. มะลิกำลังเล่นสเก็ตลัมลงบนลานน้ำแข็ง ทำให้ตัวไถลบนพื้นด้วยความเร่ง  $-4 \text{ m/s}^2$  จนกระทั่งหยุดนิ่งวัดระยะทาง 8 m จงหาความเร็วต้น

ก. 3 m/s      ข. 6 m/s      ค. 8 m/s      ง. 10 m/s

17. ยิงธนูขึ้นฟ้า ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วต้น 25 m/s ใช้เวลาเท่าไร ลูกธนูเคลื่อนที่จุดสูงสุด กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$

ก. 1 วินาที      ข. 2.5 วินาที      ค. 5 วินาที      ง. 10 วินาที

18. จากข้อ 17 เขายังธนูได้สูงสุดกี่เมตร  
ก. 25 เมตร      ข. 31.25 เมตร      ค. 42.72 เมตร      ง. 62.5 เมตร
19. ปาก้อนหินลงมาด้วยความเร็ว 15 m/s จากที่สูง 20 m ความเร็วที่จุดตกกระทบพื้นมีขนาดเท่าไร กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
ก. 10 m/s      ข. 15 m/s      ค. 20 m/s      ง. 25 m/s
20. นักกีฬาเสิร์ฟลูกเทนนิส โดยยื่นขึ้นในแนวตั้ง ด้วยความเร็วต้น 6 m/s เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 วินาที ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้สูงกี่เมตร ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )  
ก. 1 เมตร      ข. 1.75 เมตร      ค. 2.5 เมตร      ง. 3 เมตร

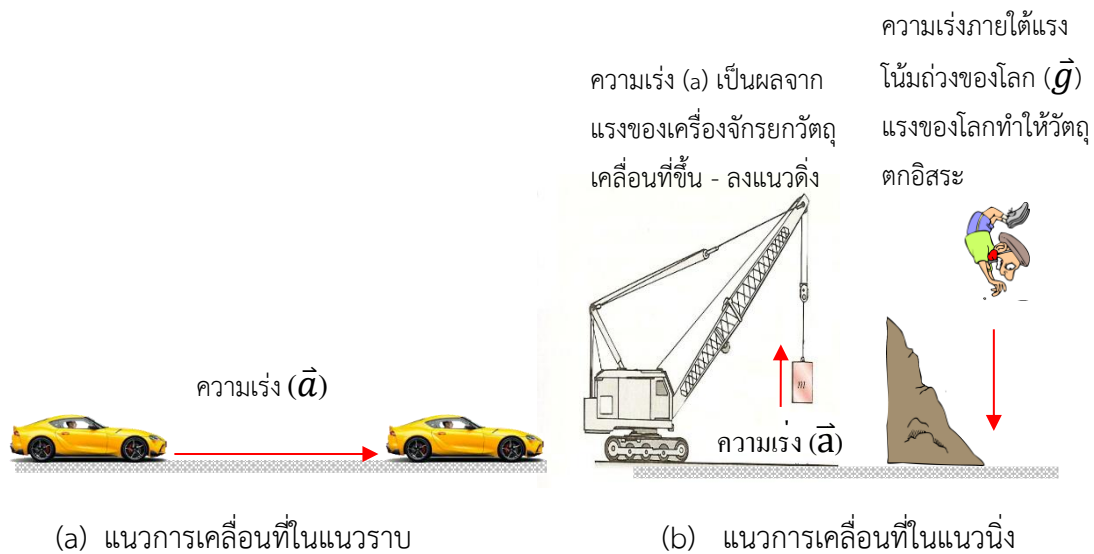
# การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

## บทนำ

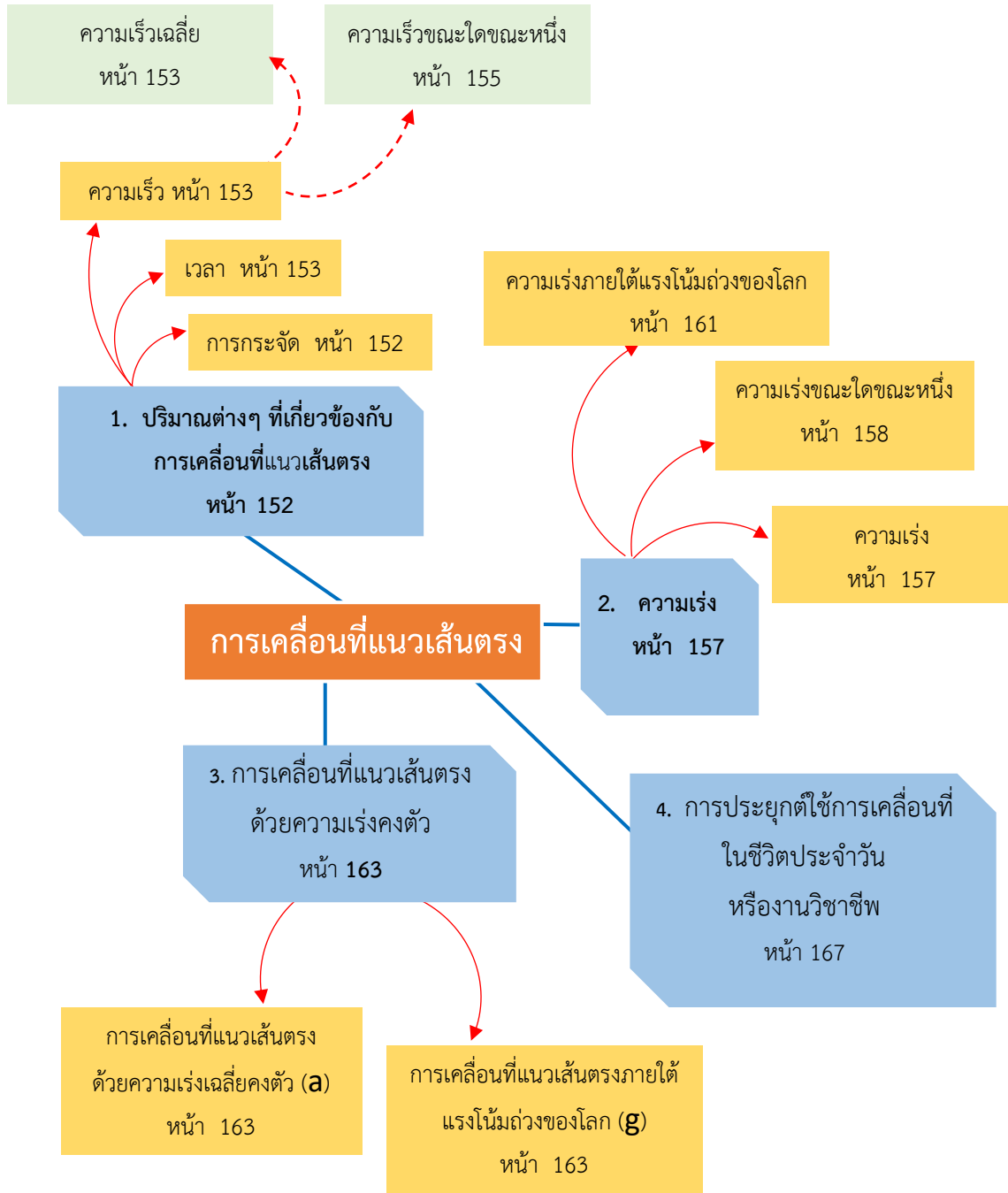
การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง หรือการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ ความรู้ที่จะศึกษาในเรื่องเหล่านี้เป็นเบื้องต้นเกี่ยวกับความเร็วในชีวิตประจำวันหรือในงานวิชาชีพ ในแต่ละวันเราต้องมีการเดินทางเกิดขึ้นเป็นประจำ การคำนวณเวลาที่เหมาะสมกับการเดินทางจึงเป็นสิ่งที่เราต้องใช้งานเสมอ ๆ การคำนวณเวลาที่ถูกต้องทำให้เราสามารถตรงเวลาของการนัดหมายได้ หรือการใช้หลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเร็วจึงเป็นพื้นฐานการทำงานของเครื่องมือกลในวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม

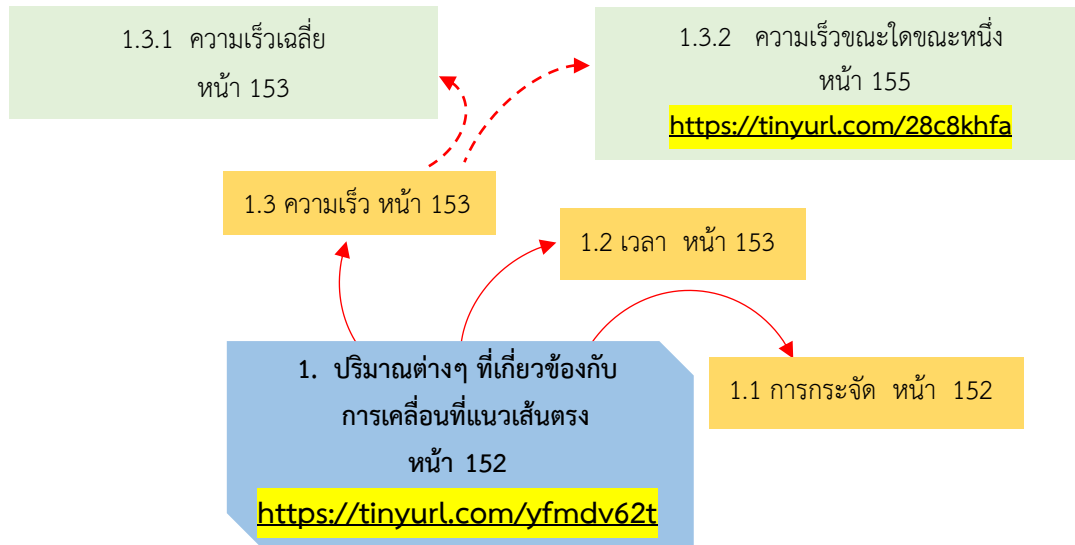
ในหน่วยที่ 4 จึงกล่าวถึงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ซึ่งเป็นการย้ายตำแหน่งของวัตถุจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งโดยวัดเป็นเส้นตรง แบ่งรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น 2 ลักษณะคือ

- 1) การเคลื่อนที่ในแนวราบ หรือแนวระดับกับพื้นโลก ด้วยความเร่ง ( $\vec{a}$ )
- 2) การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง หรือตั้งฉากกับพื้นโลก หรือวัตถุตกอิสระ ด้วยความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $\vec{g}$ )



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวราบ (a) และแนวตั้ง (b) เทียบกับพื้นโลก  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ , 2564, หน้า 150)





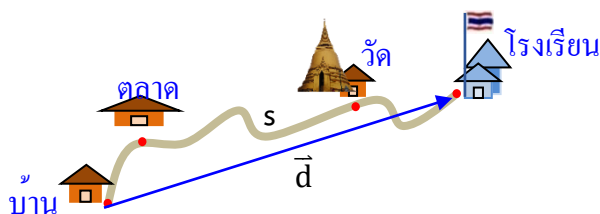
<https://tinyurl.com/yfmdv62t>



## 1. ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

การเคลื่อนที่แต่ละครั้งมีปริมาณต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ วัตถุย้ายตำแหน่งเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ต้องใช้เวลา และมีระยะทางเกิดขึ้น นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่า ในการเคลื่อนที่ที่เราอาจใช้ระยะทางเดียวกัน แต่ใช้เวลาถึงไม่พร้อมกัน เป็นเพราะการเคลื่อนที่แต่ละครั้งอาจมีความเร็วที่ไม่เท่ากัน ซึ่งในหน่วยนี้ได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ปริมาณที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

**1.1 การกระจัด (Displacement)** หมายถึง ปริมาณการย้ายตำแหน่งของวัตถุมีทิศทางจากจุดตั้งต้นไปยังจุดสิ้นสุดและมีขนาดเท่ากับระยะห่างระหว่าง 2 จุดดังกล่าว การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์แทนสัญลักษณ์  $\vec{d}$  หน่วย เมตร (m) ระยะทาง หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุไปตามเส้นทางทุกทิศทางไม่สามารถระบุทิศทางที่แน่นอนได้ ขนาดของระยะทางไปตามการเคลื่อนที่ในทุกๆ ตำแหน่ง ซึ่งหากเปรียบเทียบการกระจัดเปรียบเทียบกับระยะทาง ดังนี้

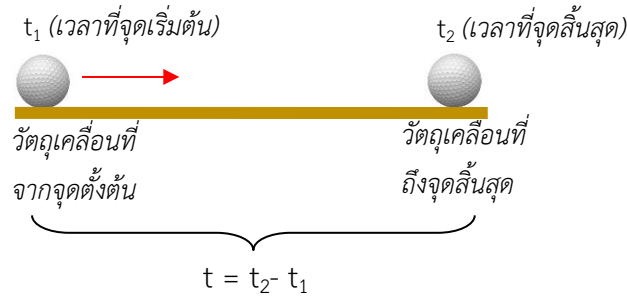


ภาพที่ 4.2 การกระจัด  $\vec{d}$  และ ระยะทาง ( $s$ ) เป็นการเคลื่อนที่จากบ้าน ไปยังโรงเรียน  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 152)



**1.2 เวลา (Time)** หมายถึง การจัดเรียงลำดับการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เป็นปริมาณสเกลาร์ แทนสัญลักษณ์  $t$  หน่วย วินาที (s) ถ้าต้องการหาเวลาที่ใช้เคลื่อนที่ทั้งหมด ให้นำเวลาของจุดสิ้นสุด ( $t_2$ ) ของการเคลื่อนที่เป็นตัวตั้ง แล้วลบด้วยเวลาที่จุดเริ่มต้น ( $t_1$ ) ของวัตถุ

เขียนเป็นสมการได้ว่า  $\Delta t = t_2 - t_1$



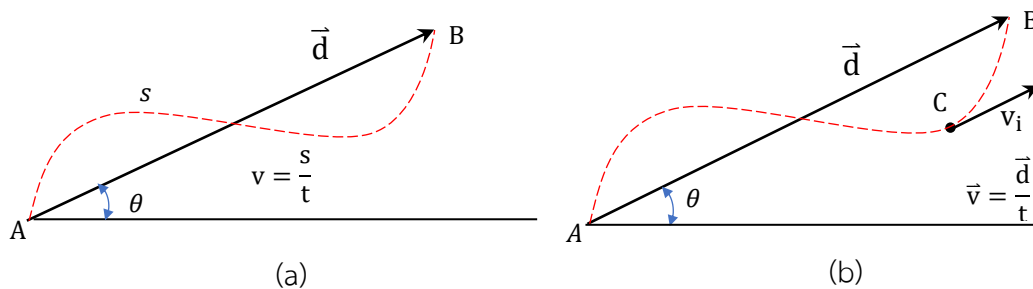
ภาพที่ 4.3 เวลาของการกระจัด

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์ , 2564, หน้า 153)

### 1.3 ความเร็ว (Velocity)

ความเร็ว หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งของการกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาด และมีทิศทาง โดยทิศทางของความเร็วมีทิศทางเดียวกับการกระจัด จากภาพที่ 4.2 (a) เปรียบเทียบอัตราเร็วเป็นระยะทาง (s) ที่วัตถุเคลื่อนที่ไปทุก ๆ ขณะต่อเวลา (t) และไม่ระบุทิศทาง และภาพที่ 4.2 (b) ความเร็วเป็นการกระจัด ( $\vec{d}$ ) เฉพาะตำแหน่งเริ่มต้น กับจุดสิ้นสุดที่มีทิศทางแสดงในแนวเส้นตรงต่อเวลาหนึ่ง ความเร็วสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ดังนี้ คือ

1.3.1 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity) คือการบอกความเร็วของการเคลื่อนที่โดยภาพรวมของการเคลื่อนที่ เมื่อวัตถุกระจัด ( $\vec{d}$ ) เป็นเส้นตรงเป็นอัตราส่วนต่อเวลา (t) ในการเคลื่อนที่



ภาพที่ 4.4 การกระจัด (Displacement) กับความเร็ว (Velocity) เป็นปริมาณเวกเตอร์ ส่วนระยะทางและอัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์ โดย  $s$  แทน ระยะทาง,  $\vec{d}$  แทน การกระจัด,  $v_i$  แทนความเร็ว,  $t$  แทน เวลา  
ที่มา (Tippens P.E. 2007, p.112)

ดังนั้นเขียนเป็นสมการได้ว่า  $\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้กระจัด}}$   
 ความเร็วเฉลี่ยแทนสัญลักษณ์ในระบบเอสไอ (SI) ด้วย  $\vec{V}_{av}$  หน่วย เมตร/วินาที (m/s)

$$\vec{V}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

$$\vec{V}_{av} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}$$

$\vec{V}_{av}$  แทน ความเร็วเฉลี่ย หน่วย เมตร/วินาที (m/s)

$\vec{d}$  แทน การกระจัด หน่วย เมตร (m)

t แทน เวลาที่ใช้เคลื่อนที่ หน่วย วินาที (s)

$\Delta$  อ่านว่า “เดลต้า” แทนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง ซึ่งได้จากค่าสุดท้ายลบด้วยค่าเดิมเสมอ (ปิยพงษ์ สิริคิคง, 2547, หน้า 32)

$\Delta \vec{d}$  เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของการกระจัด ( $\vec{d}$ ) โดยนำการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ไปถึงจุดสิ้นสุดลบกับการกระจัดของวัตถุที่เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ดังนั้น  $\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$

$\Delta t$  เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเวลา (t) โดยนำเวลาสิ้นสุดลบเวลาที่จุดเริ่มต้น ดังนั้น  $\Delta t = t_2 - t_1$

**ตัวอย่างที่ 4.1** ถ้าต้องการหาความเร็วเฉลี่ย ของตีลูกกอล์ฟ กระจัดจากจุดตั้งต้นไปยังเป้าหมาย 80 เมตร เวลาที่ลูกกอล์ฟถึงพื้นที่เป้าหมาย 4 วินาที

โจทย์กำหนด  $V_{av} = ?$  (ต้องการทราบคำตอบ)

$$d = 80 \text{ m}$$

$$t = 4 \text{ s}$$

วิธีทำ จากสมการ  $V_{av} = \frac{d}{t}$  หน่วย m/s

$$= \frac{80}{4}$$

$$= 20 \text{ m/s}$$

$\therefore$  ความเร็วเฉลี่ยในการตีลูกกอล์ฟ 20 เมตร/วินาที



<https://tinyurl.com/28c8khfa>

### 1.3.2 ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Velocity)

เป็นการบอกค่าความเร็วที่ขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง สามารถแทนด้วยสมการ

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ขณะใดขณะหนึ่ง  $\Delta t$  มีค่าเป็นบวกเสมอ ส่วนความเร็ว ( $\vec{v}$ ) ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ เครื่องหมายบวก หรือลบนั้นเป็นการบอกทิศทาง เมื่อใช้กับสัญลักษณ์ปริมาณสเกลาร์ แปลว่า เพิ่มขึ้น ความเร็วเพิ่มขึ้นตามการกระจัด แต่เมื่อความเร็ว เป็นลบ การกระจัดยังคงเพิ่มขึ้นวัตถุยังคงเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแต่ความเร็วลดลง แสดงทิศทางความเร็วดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 (a) ความเร็วที่มีค่าเป็นบวกทิศของความเร็วไปในทางเดียวกับการเคลื่อนที่

(b) ความเร็วที่มีค่าเป็นลบทิศของความเร็วทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์ , 2564, หน้า 155)

### ตัวอย่างที่ 4.2 อนุภาคชนิดหนึ่งเคลื่อนที่ ดังตาราง

การกระจัด (m)	0	5	10	15	20
เวลา (วินาที)	0	2	4	6	8

1) จงหาความเร็ว ณ ช่วงเวลา ต่าง ๆ

โจทย์กำหนด  $\vec{v}_1 = ?$  (ต้องการทราบคำตอบช่วงที่ 1 วินาทีที่ 0-2)

$$\text{วิธีทำ จากสมการ } v_1 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{5 - 0}{2 - 0} = 2.50 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 5}{4 - 2} = 2.50 \text{ m/s}$$

$$v_3 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{15 - 10}{6 - 4} = 2.50 \text{ m/s}$$

$$v_4 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 15}{8 - 6} = 2.50 \text{ m/s}$$

2) จงหาความเร็ว ณ วินาที ที่ 3

$$V_{\text{วินาทีที่ 3}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{15 - 10}{4 - 2} = 2.50 \text{ m/s}$$

3) จงหาความเร็วเฉลี่ย

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{20}{8} = 2.50 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n} = \frac{2.5 + 2.5 + 2.5 + 2.5}{4} = 2.50 \text{ m/s}$$

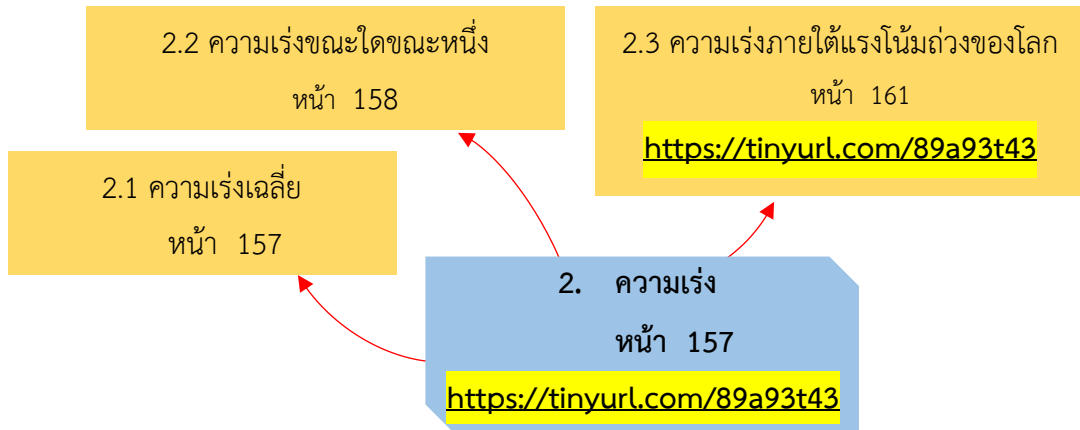
$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{u + v}{2} = \frac{2.5 + 2.5}{2} = 2.50 \text{ m/s}$$

สรุป จะเห็นได้ว่าทุกคำตอบมีค่าเท่ากัน เนื่องจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 4.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > ความเร็ว : Work sheet หน่วย 4 > หน้า 175



<https://tinyurl.com/89a93t43>



## 2. ความเร่ง (Acceleration)

ความเร่ง (a) หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อ 1 หน่วยเวลาเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้เปลี่ยนความเร็ว ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาด และทิศทาง ความเร่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

**2.1 ความเร่งเฉลี่ย** เป็นการบอกความเร่งของการเคลื่อนที่โดยภาพรวมของการเคลื่อนที่ แทนสัญลักษณ์ความเร่งด้วย **a** หน่วย เมตร/วินาที<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)

$$\text{สมการ ความเร่งเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลต่างของการเปลี่ยนความเร็ว}}{\text{ผลต่างเวลาที่เปลี่ยนความเร็ว}}$$

$$\text{แทนด้วยสัญลักษณ์ } a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{หรือ } a_{av} = \frac{v - u}{t}$$

a แทน ความเร่งในระบบ SI หน่วย m/s <sup>2</sup>	u แทน ความเร็วเริ่มต้น หน่วย m/s
t แทน เวลาที่ความเร็วเปลี่ยนไป หน่วย s	v แทน ความเร็วสุดท้าย หน่วย m/s

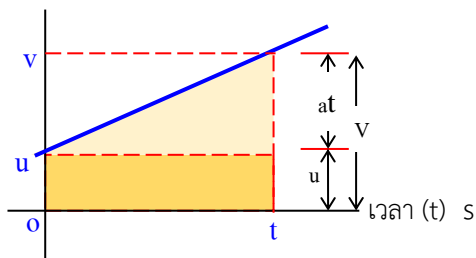
**2.2 ความเร่งขณะหนึ่ง** เป็นความเร่งที่ขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง เป็นการคำนวณในช่วงเวลาสั้นๆ หรือความเร่ง ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่า ความเร่งขณะหนึ่งคือลิมิตของความเร่งเฉลี่ยขณะที่ช่วงเวลามีค่าเข้าหาศูนย์ ((ปิยพงษ์ สิทธิคง, 2547, หน้า 38)

$$\begin{aligned} \text{ถ้า } a &= \text{ความเร่งที่เวลา } t \\ \vec{a} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{aligned}$$

**ทิศทางของความเร่งคงตัว** การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงทิศทางของเวกเตอร์ สามารถใช้เครื่องหมายบวกและลบ ได้มีรายละเอียดดังนี้

1) ความเร่งที่มีค่าเป็นบวก (+ a) เป็นความเร่งที่มีทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น ( $v > u$ ) เมื่อให้ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นบวก

ความเร็ว (v) m/s



ภาพที่ 4.6 กราฟความเร็ว - เวลา (v-t) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว ความเร็วต้นน้อยกว่าความเร็วสุดท้าย

ที่มา (ปิยพงษ์ สิทธิคง, 2547, หน้า 41)



ภาพที่ 4.7 ทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของวัตถุอยู่ในทิศเดียวกับความเร่ง (+ a) ทำให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น เนื่องจากความเร็วปลายมากกว่าความเร็วต้น

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 158)

**ตัวอย่างที่ 4.5** ลูกบอลเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงจากจุดหยุดนิ่ง ใช้เวลา 48 วินาทีในการเคลื่อนที่ ความเร็วมีค่าเป็น 24 m/s จงหาขนาดของความเร่ง

**โจทย์กำหนด**  $a = ?$  (ต้องการทราบคำตอบ)  $u = 0 \text{ m/s}$ ,  $v = 24 \text{ m/s}$ ,  $t = 48 \text{ s}$

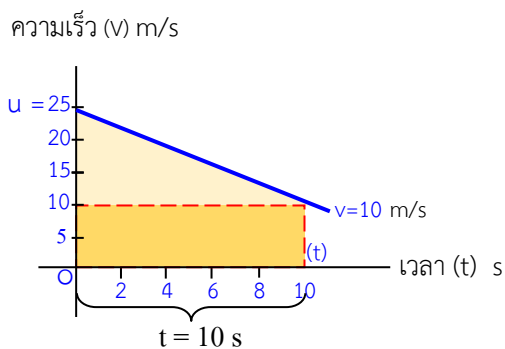
**วิธีทำ** จากสมการ  $a = \frac{v-u}{t}$

$$= \frac{24-0}{48}$$

$$= 0.5 \text{ m/s}^2$$

$\therefore$  ความเร่งของการเคลื่อนที่  $0.5 \text{ m/s}^2$

2) ความเร่งที่มีค่าเป็นลบ ( $-a$ ) เป็นความเร่งที่มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง ( $u > v$ )



จากภาพที่ 4.8 ( $a = ?$ ) ต้องการทราบคำตอบ

**โจทย์กำหนด**  $u = 25 \text{ m/s}$ ,  $v = 10 \text{ m/s}$ ,  $t = 10 \text{ s}$

จากสมการ  $a = \frac{v-u}{t} = \frac{10-25}{10} = \frac{-15}{10}$

$$a = -1.5 \text{ m/s}^2$$

ภาพที่ 4.8 กราฟความเร็ว - เวลา (v-t) สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว และความเร็วเริ่มต้น ( $u$ )

มีค่ามากกว่าความเร็วสุดท้าย ( $v$ )

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 159)

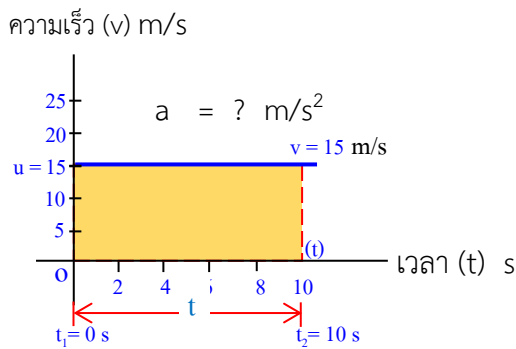


ภาพที่ 4.9 ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุอยู่ในทิศตรงข้ามกับความเร่ง ( $-a$ ) ทำให้เคลื่อนที่ช้าลงหรือเคลื่อนที่แบบมีความหน่วง เนื่องจากความเร็วต้นมากกว่าความเร็วปลาย ( $u > v$ )

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 159)

จากภาพที่ 4.9 ทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ของรถยนต์ที่วิ่งจากทางซ้ายไปทางขวามือ จะมีความเร็วลดลงจากความเร็วเริ่มต้น 25 m/s วิ่งไปทางขวามือ เป็นความเร็วสุดท้ายด้วยความเร็ว 10 m/s จะพบว่า การเคลื่อนที่ของรถยนต์ดังกล่าวเคลื่อนที่ช้าลง หรือ เคลื่อนที่แบบมีความหน่วงส่งผลให้ความเร่งมีค่าเป็นลบ

3) ความเร่งที่มีค่าเป็นศูนย์ ( $a = 0$ ) ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหยุดนิ่ง



จากภาพที่ 6.12 ต้องการทราบคำตอบ ( $a = ?$ )

โจทย์กำหนด  $a = ?$   $u = 15 \text{ m/s}$

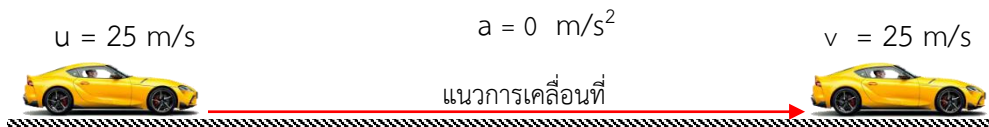
$v = 15 \text{ m/s}$   $t = 10 \text{ s}$

จากสมการ  $a = \frac{v-u}{t}$   
 $= \frac{15-15}{10}$

$a = 0 \text{ m/s}^2$

ภาพที่ 4.10 กราฟความเร็ว - เวลา ( $v-t$ ) สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว ( $a = 0$ ) และความเร็วต้นเท่ากับความเร็วปลาย ( $u = v$ )

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 160)



ภาพที่ 4.11 วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว เนื่องจาก  $u = v$

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒน์, 2564, หน้า 160)

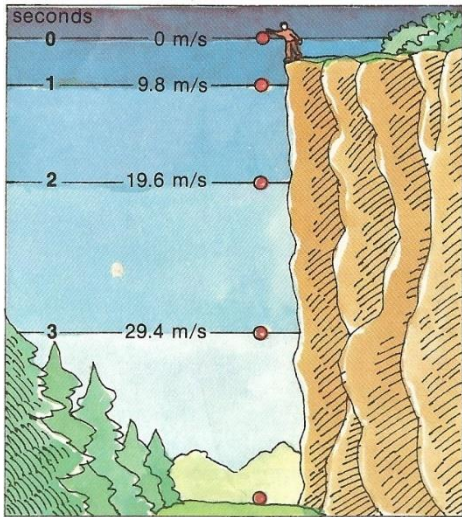
จากภาพที่ 4.11 วัตถุมีความเร็วเริ่มต้น และความเร็วสุดท้ายมีค่าเท่ากัน คือ 25 m/s แม้ว่า จะเคลื่อนที่เป็นเวลานานเท่าใดก็ตาม ความเร่ง ( $a$ ) จะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

### 2.3 ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

กาลิเลโอ (Galileo) ได้ทำการพิสูจน์วัตถุสองชิ้นที่มีน้ำหนักไม่เท่ากัน ปล่อยพร้อมๆ กัน จากที่สูงโดยให้วัตถุทั้งสองชิ้นตกอย่างเสรี พบว่าวัตถุทั้งสองตกถึงพื้นพร้อมๆ กัน เพราะมีความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) เท่ากัน



ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก แทนสัญลักษณ์ด้วย  $g$  มีค่าคงตัวเมื่ออยู่บนผิวโลก หรือใกล้ผิวโลก ซึ่งมีค่าประมาณ  $9.8 \text{ m/s}^2$  และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาด และทิศทาง



<https://tinyurl.com/2p9h8zp6>

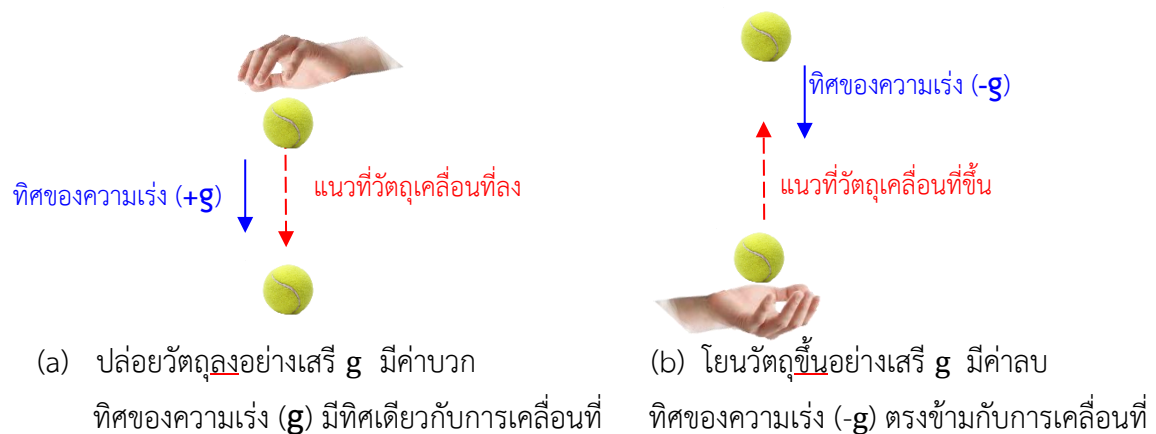
ภาพที่ 4.12 การตกอย่างเสรีของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก  
ที่มา (Nolan & Tucker , 1984, p. 38)

จากภาพที่ 4.12 จากจุดปล่อยเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลงมาทุกๆ 1 วินาที วัตถุจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น  $9.8 \text{ m/s}$  ดังนี้

วินาทีที่ 1 วัตถุมีความเร็วเพิ่มจาก  $0 \text{ m/s}$  เป็น  $9.8 \text{ m/s}$

วินาทีที่ 2 วัตถุมีความเร็วเพิ่ม  $9.8 + 9.8 = 19.6 \text{ m/s}$

วินาทีที่ 3 วัตถุมีความเร็วเพิ่ม  $9.8 + 9.8 + 9.8 = 29.4 \text{ m/s}$



ภาพที่ 4.13 ทิศทางของความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง ( $g$ )  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 161)

ภาพที่ 4.13 วัตถุที่ถูกโยนขึ้นหรือลงตามแนวตั้ง จะมีขนาดความเร่งของการเคลื่อนที่เท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ คือ  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  และมีค่าเป็นบวกเมื่อปล่อยวัตถุตกอย่างเสรี หรือ มีค่าเป็นลบเมื่อโยนวัตถุขึ้น (ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, 2539, หน้า 41)

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 4.2



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > ความเร่ง : *Work sheet* หน่วย 4 > หน้า 176

**3. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ด้วยความเร่งคงตัว**  
หน้า 163

<https://tinyurl.com/5bfesrba>

ตัวอย่างโจทย์ ปริมาณต่างๆ ด้วยความเร่งคงตัว  
<https://tinyurl.com/yy7k9s8j> หน้า 164  
<https://tinyurl.com/mr3fz2rh> หน้า 165  
<https://tinyurl.com/ark7zjph> หน้า 165

ตัวอย่างโจทย์ ปริมาณต่างๆ ด้วยความเร่งคงตัว  
 ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (g)  
<https://tinyurl.com/3vyxcnrr> หน้า 166  
<https://tinyurl.com/592r2djx> หน้า 167



<https://tinyurl.com/5bfesrba>

**3. สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว**

การเดินทางด้วยรถยนต์จากกรุงเทพฯ ถึงเชียงใหม่ใช้เวลาในการเดินทาง 14 ชม. หากเลือกเดินทางด้วยเครื่องบินใช้เวลาเดินทาง 1.20 ชม. เหตุใดจึงใช้เวลาไม่เท่ากัน หรือ การขับรถมาด้วยความเร็วสูงเมื่อต้องการหยุดรถจะต้องใช้ระยะเท่าไร สิ่งเหล่านี้มีสิ่งใดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่บ้าง เราสามารถใช้สมการการเคลื่อนที่ช่วยแก้ปัญหาสิ่งเหล่านี้ได้ ดังต่อไปนี้

**3.1 สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง (a) คงตัว**

จากสมการความเร่ง  $a = \frac{v-u}{t}$  เมื่อ a = ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง

$$at = v - u$$

หรือ  $v = u + at \dots\dots\dots(4.1)$

จากสมการความเร็วเฉลี่ย  $\frac{s}{t} = \frac{u+v}{2}$

$$\frac{s}{t} = \frac{u+u+at}{2}$$

$$\frac{s}{t} = \frac{2u+at}{2}$$

$$\frac{s}{t} = \frac{2u}{2} + \frac{at}{2}$$

$$\frac{s}{t} = u + \frac{at}{2}$$

$$s = \left(u + \frac{at}{2}\right)t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \dots\dots\dots(4.2)$$

จากสมการที่ 6.1

$$v^2 = (u + at)^2$$

$$v^2 = u^2 + 2uat + a^2t^2$$

$$v^2 = u^2 + 2a\left(ut + \frac{1}{2}at^2\right)$$

นำ s ในสมการที่ 6.2 แทนค่าจะได้  $v^2 = u^2 + 2as$  .....(4.3)

สรุป สมการจากสมการความเร่ง (a) ดังนี้

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$s = ut - \frac{at^2}{2}$$

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

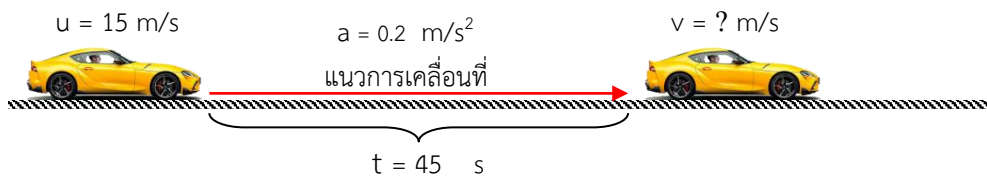


<https://tinyurl.com/yy7k9s8j>

ตัวอย่างที่ 4.6 ขับรถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 m/s ใช้ความเร่งคงตัว 0.2 m/s<sup>2</sup> เป็นเวลานาน 45 วินาที

- จงหา
- 1) ความเร็วปลายมีขนาดเท่าไร
  - 2) เคลื่อนที่ต่อมาอีก 15 วินาที จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางทั้งหมดเท่าไร
  - 3) เมื่อสิ้นสุดระยะทาง 1500 เมตร ความเร็วปลายมีขนาดเท่าไร

วิธีทำ ข้อที่ 1) ความเร็วปลายมีขนาดเท่าไร



ภาพที่ 4.14 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง  $a$  ที่มีค่าเป็นบวก  
 ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 164)

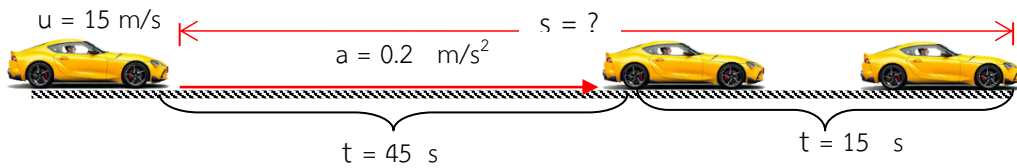
โจทย์กำหนด       $v = ?$        $u = 15 \text{ m/s}$        $a = 0.2 \text{ m/s}^2$        $t = 45 \text{ s}$

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 v &= u + at \\
 &= 15 + (0.2 \times 45) \\
 &= 15 + (9) \\
 &= 24 \quad \text{m/s}
 \end{aligned}$$

∴ ความเร็วปลาย      24      เมตร/วินาที

ข้อที่ 2) เคลื่อนที่ต่อมาอีก 15 วินาที จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางทั้งหมดเท่าไร



ภาพที่ 4.15 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง  $a$  ที่มีค่าเป็นบวก  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 165)

โจทย์กำหนด  $u = 15 \text{ m/s}$ ,  $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ ,  $t = 45+15 = 60 \text{ s}$ ,  $s = ?$

จากสมการ  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= (15 \times 60) + \frac{1}{2}(0.2)(60)(60)$$

$$= 900 + 360$$

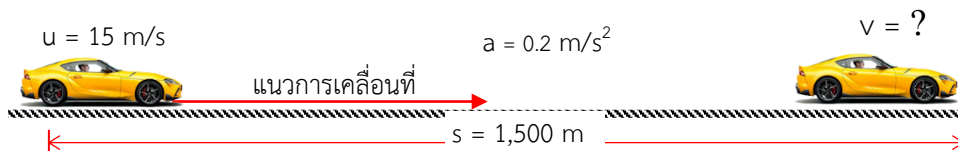
$$= 1,260 \text{ เมตร}$$



<https://tinyurl.com/mr3fz2rh>

$\therefore$  ภายในเวลา  $45 + 15 = 60$  วินาที เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1,260 เมตร

ข้อที่ 3) เมื่อสิ้นสุดระยะทาง 1,500 เมตร ความเร็วปลายมีขนาดเท่าไร



ภาพที่ 4.16 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้ระยะทาง 1,500 เมตร ด้วยความเร่ง ( $a$ )  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 165)

โจทย์กำหนด  $u = 15 \text{ m/s}$ ,  $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ ,  $s = 1500 \text{ m}$ ,  $v = ?$

จากสมการ  $v^2 = u^2 + 2as$

$$= 15^2 + 2(0.2)(1500)$$

$$= 225 + 600$$

$$v = \sqrt{825}$$

$$v = 28.7 \text{ m/s}$$



<https://tinyurl.com/ark7zjph>

$\therefore$  เมื่อสิ้นสุดระยะทาง 1,500 เมตร ความเร็วปลายมีขนาด 28.7 เมตร/วินาที

## กิจกรรมเรียนรู้ที่ 4.3



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > สมการการเคลื่อนที่ : *Work sheet* หน่วย 4 > หน้า 177

### 3.2 สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (g)

เราสามารถประยุกต์สมการการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (a) โดยนำความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง (g) แทนที่ความเร่ง (a) จะได้สมการต่อไปนี้

$$v = u + gt$$

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = u^2 + 2gs$$



<https://tinyurl.com/3vyxcnrr>

**ตัวอย่างที่ 4.7** มะพร้าวลูกหนึ่ง หล่นจากต้นไม้ที่มีความสูง 5 m (กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

จงหา 1) ความเร็วของผลส้มที่จุดตกกระทบพื้นดินเป็นเท่าไร

2) ใช้เวลาเท่าไรจึงตกลงพื้น

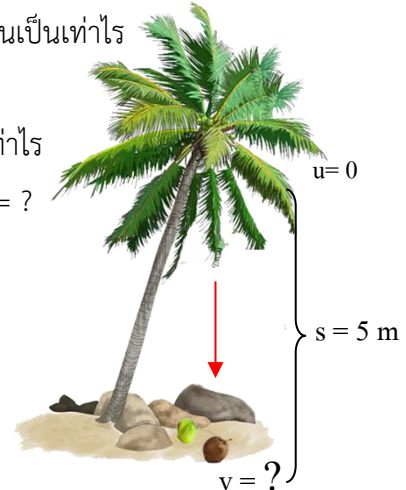
**วิธีทำ** ข้อที่ 1) ความเร็วของลูกมะพร้าวที่จุดตกกระทบพื้นดินเป็นเท่าไร

**โจทย์กำหนด**  $u = 0 \text{ m/s}$ ,  $s = 5 \text{ m}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$   $v = ?$

จากสมการ

$$\begin{aligned} v^2 &= u^2 + 2gs \\ &= 0^2 + 2(10)(5) \\ &= 2(10)(5) \\ &= \sqrt{100} \\ &= 10 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

∴ ความเร็วลูกมะพร้าวที่จุดตกกระทบพื้นดิน 10 m/s



ภาพที่ 4.17 ความเร็วลูกมะพร้าวที่จุดตกกระทบ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 166)

ข้อที่ 2) ใช้เวลาเท่าไรจึงตกถึงพื้น

โจทย์กำหนด  $u = 0 \text{ m/s}$ ,  $v = 10 \text{ m/s}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $t = ?$

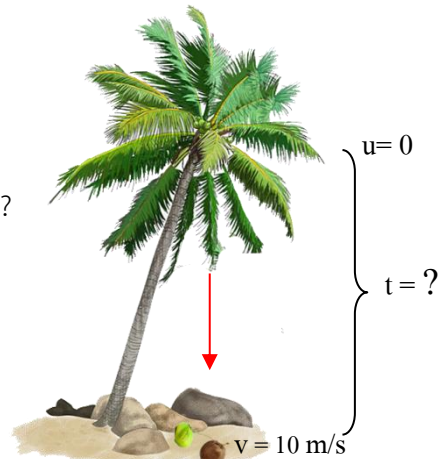
จากสมการ  $v = u + g t$

$$10 = 0 + 10 (t)$$

$$t = \frac{10}{10}$$

$$t = 1 \quad \text{วินาที}$$

∴ ลูกมะพร้าวจากต้นเคลื่อนที่ถึงพื้นดินใช้เวลา 1 วินาที



ภาพที่ 4.18 เวลาที่ลูกมะพร้าวตกสู่พื้นดิน  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 167)



<https://tinyurl.com/592r2djx>

ตัวอย่างที่ 4.8 ถ้าโยนลูกเทนนิสขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็ว 5 m/s

จงหา 1) ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดใช้เวลาเท่าไร (กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

2) ระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด มีขนาดเท่าไร

วิธีทำ ข้อที่ 1) ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดใช้เวลาเท่าไร

โจทย์กำหนด  $u = 5 \text{ m/s}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,

$v = 0$  (จุดสูงสุด),  $t = ?$

จากสมการ  $v = u + g t$

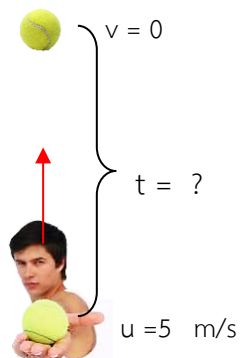
$$= 5 + (-10) (t)$$

$$(0) (t) = 5$$

$$t = \frac{5}{10}$$

$$= 0.5 \quad \text{วินาที}$$

∴ ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดใช้เวลา 0.5 วินาที



ภาพที่ 4.19 โยนลูกเทนนิสขึ้นในแนวตั้ง  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 167)

วิธีทำ ข้อที่ 2) ระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้ถึงจุดสูงสุด มีขนาดเท่าไร

โจทย์กำหนด  $u = 5 \text{ m/s}$ ,  $g = -10 \text{ m/s}^2$ ,  $v = 0$ ,  $t = 0.2 \text{ s}$ ,  $s = ?$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } s &= ut + \frac{1}{2}gt^2 \\ &= 5(0.5) + \frac{1}{2}(-10)(0.5)(0.5) \\ &= 2.5 + (-1.25) \\ &= 1.25 \quad \text{m} \end{aligned}$$

∴ ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้สูงสุด 1.25 เมตร

#### กิจกรรมเรียนรู้ที่ 4.4

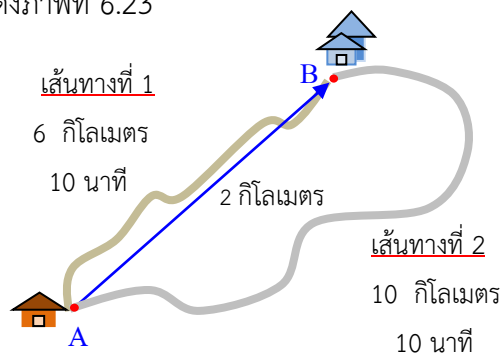


ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > สมการการเคลื่อนที่ : *work sheet* หน่วย 4 > หน้า 178

#### 4. การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน หรืองานวิชาชีพ

เราสามารถนำเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่พบเห็นบ่อยครั้ง มาวิเคราะห์ผลของปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ โดยเฉพาะเกี่ยวกับการเดินทาง เราต้องคาดเดาเวลาเพื่อการนัดหมายให้ตรงเวลา ดังเช่น ตัวอย่างเปรียบเทียบอัตราเร็วและความเร็วเพื่อนำไปตัดสินใจในการวางแผนเดินทาง หรือในชีวิตประจำวัน การขับซีรรถจักรยานยนต์ในช่วงเวลาที่ฝนตก แรงของฝนอันเกิดความแรงของฝนที่ตกลงมาไม่ทำอันตรายต่อมนุษย์ทำให้เราสามารถขับขี่ในช่วงเวลาฝนตกได้เป็นต้น รายละเอียดสามารถอธิบายได้ ดังนี้

พนักงานบริษัทคนหนึ่งต้องการเดินทางไปทำงาน จากที่พัก (A) ถึงที่ทำงาน (B) ซึ่งเขาสามารถเดินทางได้ 2 เส้นทาง ดังภาพที่ 6.23



ภาพที่ 4.20 การเดินทางจากที่พัก (A) ถึง ที่งาน (B)

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 168)



จากภาพที่ 4. 20 อธิบายข้อมูลการเดินทางของเส้นทางทั้งสอง ดังนี้

- 1) เดินทางด้วยเส้นทางที่ 1 ระยะทาง 6 กิโลเมตร เวลาที่ใช้ 10 นาที
  - 2) เดินทางด้วยเส้นทางที่ 2 ระยะทาง 10 กิโลเมตร เวลาที่ใช้ 10 นาที
  - 3) การกระจัด (จุดห่าง) จาก A ถึง B มีขนาด 2 กิโลเมตร เวลาที่ใช้ 10 นาที
- เราสามารถพิจารณาอัตราเร็ว จากที่พัก (A) ถึง ที่ทำงาน (B) ได้ดังนี้

1.1 จงหาอัตราเร็วของเส้นทางที่ 1 และอัตราเร็วของเส้นทางที่ 2

<u>อัตราเร็วของเส้นทางที่ 1</u>	<u>อัตราเร็วของเส้นทางที่ 2</u>
<u>โจทย์กำหนด</u>	<u>โจทย์กำหนด</u>
$s = 6 \text{ กม.} \times 1,000 \text{ ม.} = 6,000 \text{ เมตร}$	$s = 10 \text{ กม.} \times 1,000 \text{ ม.} = 10,000 \text{ เมตร}$
$t = 10 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที} = 600 \text{ วินาที}$	$t = 10 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที} = 600 \text{ วินาที}$
<u>จากสมการ</u> $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ หน่วย m/s	<u>จากสมการ</u> $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ หน่วย m/s
$= \frac{6,000}{600}$	$= \frac{10,000}{600}$
$= 10 \text{ m/s}$	$= 16.67 \text{ m/s}$
∴ เส้นทางที่ 1 อัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที	∴ เส้นทางที่ 2 อัตราเร็ว 16.67 เมตร/วินาที

ถ้าเปรียบเทียบอัตราเร็ว จะพบว่า เส้นทางที่ 2 เคลื่อนที่ได้มากกว่าเส้นทางที่ 1 หรือกล่าวได้ว่าเส้นทางที่ 2 การจราจรคล่องตัวกว่าเส้นทางที่ 1

1.2 จงหา ความเร็วของเส้นทางที่ 1 และความเร็วของเส้นทางที่ 2

<u>ความเร็วของเส้นทางที่ 1</u>	<u>ความเร็วของเส้นทางที่ 2</u>
<u>โจทย์กำหนด</u>	<u>โจทย์กำหนด</u>
$d = 2 \text{ กม.} \times 1,000 \text{ ม.} = 2,000 \text{ เมตร}$	$d = 2 \text{ กม.} \times 1,000 \text{ ม.} = 2,000 \text{ เมตร}$
$t = 10 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที} = 600 \text{ วินาที}$	$t = 10 \text{ นาที} \times 60 \text{ วินาที} = 600 \text{ วินาที}$
<u>จากสมการ</u> $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ หน่วย m/s	<u>จากสมการ</u> $V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ หน่วย m/s
$= \frac{2,000}{600}$	$= \frac{2,000}{600}$
$= 3.3 \text{ m/s}$	$= 3.3 \text{ m/s}$
∴ เส้นทางที่ 1 ความเร็ว 3.3 เมตร/วินาที	∴ เส้นทางที่ 2 ความเร็ว 3.3 เมตร/วินาที

จะเห็นได้ว่า ความเร็วของการเดินทางจาก บ้านพัก (A) ถึง ที่ทำงาน (B) ด้วยเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2 มีความเร็วเท่ากัน ดังนั้น ในชีวิตประจำวัน การเดินทางจะใช้เส้นทางใดก็ได้ แต่หากพิจารณาถึงสภาพคลองของการจราจร โดยใช้ข้อมูลของการหาอัตราเร็วพบว่าเส้นทางที่ 2 ใน 1 วินาที เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 16.67 เมตร ซึ่งมากกว่าเส้นทางที่ 1 และถ้าใช้พาหนะที่ใช้พลังงาน เช่น รถจักรยานยนต์ หรือรถยนต์ จะช่วยประหยัดน้ำมันได้มากกว่า เพราะสภาพการจราจรคลอง ตัวกว่า สามารถควบคุมการขับด้วยความเร็วคงตัวได้ง่ายกว่า เส้นทางที่ 1

ตัวอย่างข้างต้น สามารถนำมาพิจารณาการเลือกเส้นทางเดินทางได้ แต่ไม่ได้เป็นกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจ เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะเกี่ยวข้องด้วยและส่งผลกระทบต่อตัดสินใจ เช่น สภาพพื้นถนน ความกว้างของถนน ฯลฯ

### ความเร่งของฝน

ฝนที่ตกลงมา เป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและตกอย่างเสรีภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ความเร็วของเม็ดฝนจะเพิ่มขึ้น  $9.8 \text{ m/s}$  ทุกๆ 1 วินาที ( $g$  มีค่าเท่ากับ  $9.8 \text{ m/s}^2$ ) จึงมีผลต่อแรงของเม็ดฝน แต่ทำไมเราจึงไม่ได้รับอันตรายจากแรงของฝน สามารถอธิบายได้ดังนี้

เมื่อไอน้ำลอยขึ้นไปบนท้องฟ้า และสัมผัสกับอนุภาคน้ำเล็กๆ จะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำกลายเป็นฝน ที่ตกลงมาจากท้องฟ้ามีระยะของความสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นดิน

แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) ทำให้วัตถุที่ตกลงมามีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หรือมีความเร่งขณะเดียวกัน แรงต้านของอากาศก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน หากมีความสูงมากพอ และแรงที่ตกลงเท่ากับแรงต้านของอากาศ ความเร็วในการตกจะไม่เพิ่มขึ้น นั่นคือ ความเร่งเป็นศูนย์ มันจะรักษาความเร็วให้คงตัว ความเร็วนี้เรียกความเร็วสุดท้าย หากไม่มีแรงต้านของอากาศ ความเร็วของเม็ดฝนจะเพิ่มขึ้นตามความสูงทำให้มีแรงตกมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อตกสู่พื้นจะเป็นอันตรายต่อวัตถุ และสิ่งมีชีวิต (ฮอง แจชอย, 2550 หน้า 59)



ภาพที่ 4.21 ความเร่งของฝน

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 170)

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 4



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายบท : Work sheet หน่วย 4 > หน้า 180



ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 4.1

ใบงานกิจกรรมศึกษา 4.1 > การเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน > Work sheet หน่วย 4 หน้า 180

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 4



ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 4 > Work sheet หน่วย 4 > หน้า 182

**บทสรุป**

ระยะทาง (s) หมายถึง ความยาวของการเคลื่อนที่ ที่วัดได้ตลอดเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไป เป็นปริมาณสเกลาร์

การกระจัด ( $\vec{d}$ ) หมายถึง ความยาวที่วัตถุเคลื่อนที่จากจุดตั้งต้น ไปยังจุดสิ้นสุดในแนวเส้นตรง เป็นปริมาณเวกเตอร์

อัตราเร็ว (V) หมายถึง การเคลื่อนที่ได้ระยะทางภายในหน่วยเวลาหนึ่ง เป็นปริมาณสเกลาร์

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad \text{หน่วย m/s}$$

ความเร็ว ( $\vec{v}$ ) หมายถึง การกระจัดจากจุดตั้งต้นจนถึงจุดสิ้นสุดในแนวเส้นตรง ภายในหน่วยเวลาหนึ่ง

$$\vec{v} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1} \quad \text{หน่วย m/s}$$

ความเร่ง ( $\vec{a}$ ) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วจากช่วงหนึ่งถึงช่วงหนึ่ง เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้เปลี่ยนความเร็ว

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t} \quad \text{หน่วย m/s}^2$$

**ตารางที่ 4.1** สรุปลักษณะของความเร่ง (a) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ค่าของความเร่ง ( $\vec{a}$ )	ความเร็วต้น (u) กับความเร็วปลาย (V)	ลักษณะของการเคลื่อนที่
+ a	$v > u$	เร็วขึ้น
- a	$u > v$	ช้าลง
a = 0	$u = v$	ความเร็วเท่าเดิม

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 171)

สรุป สมการจากการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง (a) คงตัว ดังนี้

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

ความเร่ง (g) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วภายใต้แรงโน้มถ่วง จากการเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง อย่างอิสระ มีค่าเฉลี่ยคงตัว  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

สรุป สมการการเคลื่อนที่อย่างอิสระของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วง (g) ดังนี้

$$v = u + gt$$

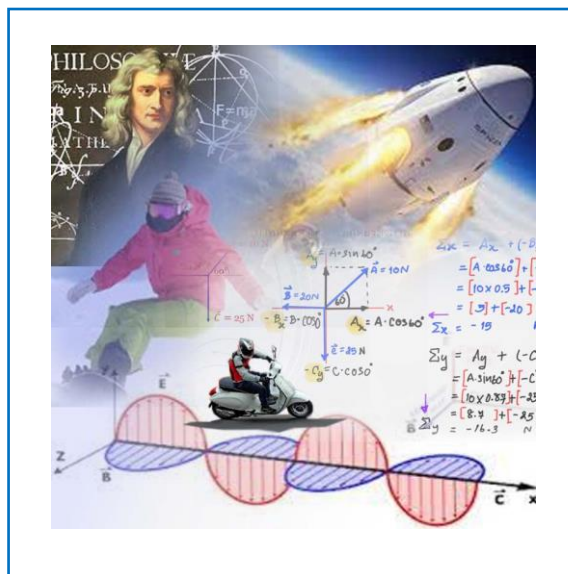
$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = u^2 + 2gs$$

# เอกสารใบงาน

หน่วย 4 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

## Work Sheet





## กิจกรรมเรียนรู้

## กิจกรรมเรียนรู้ 4.2

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ ความเร่ง (link Text หน้า 162)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของความเร่งวัตถุได้
2. นักเรียนสามารถระบุทิศทาง และหน่วยของความเร่งได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแสดงวิธีคำนวณ จากคำถามให้ถูกต้อง

1. รถยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที ผ่านไป 60 วินาที ใกล้เคียงทางแยกชะลอความเร็วเป็น 5 เมตร/วินาที จงหาขนาดของความหน่วงที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สิ่งโตเข้าแข่งขันความเร็วรถยนต์ เขาสตาร์ทรถจากจุดหยุดนิ่ง ใช้เวลา 6 วินาที เพื่อเร่งเครื่องยนต์จนกระทั่งรถมีความเร็วเป็น 33 เมตร/วินาที สิ่งโตใช้ความเร่งเท่าไรในการออกตัวจากจุดสตาร์ท

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมเรียนรู้

## กิจกรรมเรียนรู้ 4.3

ให้นักเรียนตอบคำถาม ➤ สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง (a) คงตัว  
(link Text หน้า 166)

## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของความเร็ว, ความเร่ง, เวลา, ระยะทางในการเคลื่อนที่ได้
2. นักเรียนสามารถระบุทิศทาง และหน่วยของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแสดงวิธีคำนวณ จากคำถามให้ถูกต้อง

1. วัตถุเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงตัว 4 เมตร/วินาที<sup>2</sup> เมื่อเวลาผ่านไป 15 วินาที

1.1 ความเร็วเป็นเท่าไร      1.2 เคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าไร

1.1.....	1.2.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

2. ลูกมะพร้าวกลิ้งไปกับพื้นราบด้วยความเร็ว 12 เมตร/วินาที ขณะกลิ้งมีความเร่ง - 0.3 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

2.1 ลูกมะพร้าวกลิ้งไปนานเท่าไรจึงหยุด      2.2 ระยะทางทั้งหมดของการกลิ้งกี่เมตร

2.1.....	2.2.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....





2. ปล่อยกระป๋องโพงน้ำลงบ่อ ให้ตกอย่างเสรี จับเวลาได้ 0.7 วินาที เมื่อกระป๋องสัมผัสผิวน้ำ  
2.1 ความลึกของบ่อเป็นเท่าไร 2.2 จงหาความเร็วที่กระป๋องสัมผัสผิวน้ำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## ใบงานกิจกรรมศึกษา 4.1

แผ่นที่ 1/2 หน้าที่ 1

สำรวจตรวจสอบนำความรู้ การเคลื่อนที่ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ➤ (link Text หน้า 172)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณการเคลื่อนที่ตามสถานการณ์
2. มีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบการค้นหาคำตอบ
3. นักเรียนมีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงในชีวิตประจำวัน หรือในงานวิชาชีพได้

### วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน
2. นักเรียนร่วมกันระดมสมอง เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ด้านล่าง
3. ตัวแทนกลุ่มนำเสนอวิธีการคำนวณ อธิบายหน้าชั้นเรียน

### สถานการณ์ที่ 1

บ้านนักเรียน ห่างจากวิทยาลัย 32 กิโลเมตร สภาพท้องถนนการจราจรทำให้นักเรียนใช้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นักเรียนจะต้องเข้าเรียนให้ทันเวลา 8.00 น. นักเรียนควรออกจากบ้านในเวลาใดจึงจะเหมาะสม

.....

.....

.....

.....

.....

### สถานการณ์ที่ 2

เพื่อนมาเยี่ยมบ้าน และลืมกระเป๋าไว้ โดยเพื่อนขี่มอเตอร์ไซด์ออกจากบ้านล่งหน้า 60 วินาที เดินทางได้ 540 เมตร นักเรียนจะนำกระเป๋าไปคืนเพื่อน จะต้องใช้ความเร่งเท่าไรจึงจะทันเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 3.1

แผ่นที่ 2/2 หน้าที่ 2

## การประเมินผล ➤ สำรองตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ ➤

ระดับคะแนน 4 – ดีมาก 3 – ดี 2 – พอใช้ 1 – ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. ความสามารถในการกำหนดวิธีการสำรองตรวจสอบสถานการณ์	5	-	-
2. แสดงความรู้ในการออกแบบ วางแผน เตรียมการดำเนินงาน	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบผลลัพธ์การสำรองตรวจสอบ		5	
4. แสดงทักษะการหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		5	
5. แสดงความถูกต้องของการคำนวณ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง		5	
6. ทักษะการนำเสนอ ผลการสำรองตรวจสอบตามสถานการณ์โจทย์กำหนด		5	
7. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
8. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติร่วมกัน)			2
9. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
10. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
11. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	20	10
เฉลี่ย	20 คะแนน		

## สมาชิกกลุ่ม

- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....

## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 4

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกของความหมายของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งได้
3. นักเรียนสามารถบอกรูปแบบของความเร่ง และความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้ และนำไปใช้คำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง
4. เมื่อกำหนดสถานการณ์มาให้ นักเรียนสามารถคำนวณหา ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้
5. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงในชีวิตประจำวัน หรือในงานวิชาชีพได้

**คำสั่ง** ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง (คะแนนเต็ม 20)

1. ให้นักเรียนบอกความหมายของปริมาณดังต่อไปนี้  
 การกระจัด (Displacement) หมายถึง.....  
 ความเร็ว Velocity หมายถึง.....  
 ความเร่ง (Acceleration) หมายถึง.....
2. ระยะทาง และการกระจัด แตกต่างกันอย่างใด.....
3. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง หมายถึง.....  
 ตัวอย่างการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง.....
4. ด.ญ. ณิชชา แข่งขันจักรยานทางไกล ในช่วงขณะหนึ่งปั่นด้วยความเร่งคงตัว  $0.4 \text{ m/s}^2$   
 จงหาความเร็วปลาย ณ วินาทีที่ 30 และ 40 และความเร็วเฉลี่ยทั้งหมด

ความเร็วปลาย (m/s)	8	12			24
เวลา (s)	10	20	30	40	50

.....

.....

.....

.....

.....

5. รถคันหนึ่งกำลังวิ่งด้วยความเร็ว 8 m/s พบสิ่งกีดขวางต้องหยุดรถให้ทัน จึงเบรกด้วยความเร่ง  $-2 \text{ m/s}^2$  จะต้องใช้ระยะทางเท่าไรรถจึงจะหยุดได้พอดี

.....

.....

.....

.....

.....

6. โยนลูกโบว์ลิ่ง ด้วยความเร็วต้น 10 m/s กลิ้งได้ระยะทาง 10 m มีความเร็วเป็น 50 m/s ความเร่งมีขนาดเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

7. ดันก้อนหินให้ตกลงจากหน้าผา ด้วยความเร็ว 2 m/s ใช้เวลา 6 วินาที ก้อนหินตกถึงพื้น ความเร็วที่จุดตกกระทบพื้น เป็นเท่าไร หน้าผาสูงกี่เมตร

.....

.....

.....

.....

.....

8. ประธานกีฬาจะต้องวางกำหนดการ งานเปิดกีฬาประจำปี เพื่อให้ขบวนพาเหรด เดินทางเข้าสู่สนาม เวลา 9.00 น. ขบวนพาเหรด เดินทางใช้ความเร็ว 30 เมตร/นาที กำหนดเวลาเริ่มต้นออกเดินทาง 8.00 น. หัวขบวนพาเหรด ควรอยู่ห่างสนามกีฬากี่เมตร

.....

.....

.....

.....

.....

## กระดาษคำตอบ

### แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 4 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง) เวลา 60 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

โจทย์คำถาม หน้า 146 - 149

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

## หน่วยที่

# 5

## การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ Motion in two Dimensions

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
2. นักเรียนสามารถบอกเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
4. นักเรียนมีทักษะในการตรวจสอบทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการปฏิบัติ
5. นักเรียนสามารถบอกนำเอาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพ และในชีวิตประจำวันได้

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. เงื่อนไขการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
3. สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
4. การนำรูปแบบโพรเจกไทล์ไปใช้ประโยชน์และชีวิตประจำวัน

#### บทสรุป



## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์) เวลา 60 นาที

(คะแนนเต็ม 30)

**คำสั่ง** ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย X ลงใน

กระดาษคำตอบ (คะแนนเต็ม 15) [ทำแบบทดสอบก่อนเรียนGoogle Form](#)

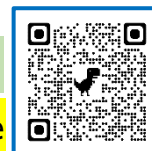


ตอนที่ 2 แสดงวิธีทำ (คะแนนเต็ม 15) <https://tinyurl.com/yres2922>

### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
2. นักเรียนสามารถบอกเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
4. นักเรียนสามารถบอกถึงประโยชน์ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปประยุกต์ใช้  
ในงานอาชีพ และในชีวิตประจำวันได้

[ทำแบบทดสอบหลังเรียนGoogle Form](#)



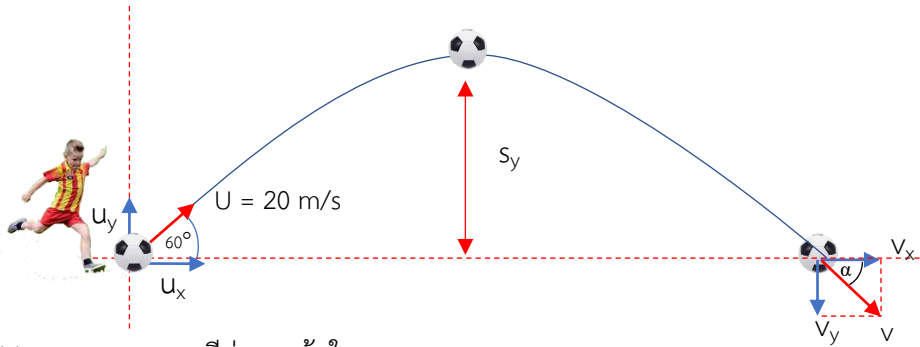
<https://tinyurl.com/24hj837e>

1. ข้อใด เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
  - ก. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
  - ข. การเคลื่อนที่ที่มีการหมุนและย้ายตำแหน่งไปพร้อมกัน
  - ค. การเคลื่อนที่แบบกลับไป - มา
  - ง. การเคลื่อนที่วิถีโค้งใน 2 มิติ แนวระดับ และแนวตั้งพร้อมกัน
2. ข้อใด **ไม่ใช่** ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
  - ก. การเคลื่อนที่โค้งพาราโบลา
  - ข. การเคลื่อนที่แบบสั้น กลับไปกลับมา
  - ค. ยิงอนุภาคที่มีประจุเข้าไปในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ
  - ง. การเคลื่อนที่ในแนวราบและแนวตั้งพร้อมกัน
3. ข้อใด เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
  - ก. ค่อยหย่อนกระป๋องโพงน้ำลงบ่อ
  - ข. ยิงปืนอัตลมน ในงานวัด
  - ค. เตาะลูกวอลเลย์บอลขึ้นตรงๆ ในแนวตั้ง
  - ง. รถไฟฟ้าวิ่งไปบนราง
4. เหตุผลในข้อใด เหยี่ยุตกลงถึงตกพื้นพร้อมกัน เมื่อทำการทดลองการเคลื่อนที่ของเหยี่ยวระหว่างเหยี่ยวที่อยู่บนโต๊ะเคลื่อนที่ด้วยแรงเคาะไม้บรรทัด กับเหยี่ยวที่อยู่บนไม้บรรทัด
  - ก. เคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเดียวกัน
  - ข. ความเร่งแนวราบ เท่ากับความเร่งแนวตั้ง
  - ค. ทั้งสองเหยี่ยวใช้เวลาเท่ากัน
  - ง. ความเร็วเริ่มต้นเท่ากัน

5. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- ก. ความเร็วในแนวแกน  $x$  เท่ากันทุกจุด                      ค. ความเร็วเมื่อเคลื่อนที่สูงที่สุด  $v_y = 0$   
 ข. ความเร่งในแนวแกน  $x$  คงตัว ( $a = 0$ )                      ง. ความเร่งในแนวตั้งไม่คงตัว
6. ความเร็วที่เกิดขึ้นแนวราบ (แกน  $x$ ) เท่ากันทุกจุด เพราะเหตุใด
- ก. ความเร็วเริ่มต้นในแนวตั้ง (แกน  $y$ ) มากกว่าความเร็วต้นตามแนวแกน  $x$   
 ข. แรงลัพธ์แนวแกน  $x$  มีค่าเป็นศูนย์  
 ค. ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงมีค่าคงตัว  
 ง. มวลเท่าทุกจุดที่วัตถุเคลื่อนที่
7. เงื่อนไขในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ข้อใดไม่ถูกต้อง
- ก.  $u_x = v_x$  (ความเร็วในแนวระดับ ความเร็วต้น เท่ากับความเร็วปลาย)  
 ข.  $s_y$  สูงสุดมีค่าเป็น 0 (ระยะทางในแนวตั้ง)  
 ค. ความเร็วปลาย มีค่าเป็น 0 ถ้าวัตถุอยู่ในระดับเดียวกัน  
 ง. การกระจัดในแนวราบ ( $s_x = 0$ ) เสมอเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ลอยในอากาศที่ตำแหน่งใด ๆ
8. การเคลื่อนที่ในแนวราบ และแนวตั้งพร้อมกัน มีสิ่งใดสัมพันธ์ร่วมกันขณะเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- ก. เวลา  
 ข. ความเร่งคงที่เท่ากัน  
 ค. ระดับความสูง ที่วัตถุเคลื่อนที่ในแต่ละตำแหน่งเท่ากัน  
 ง. มุมในการเคลื่อนที่กับแนวราบ ในแต่ละตำแหน่งเท่ากัน
9. นักเรียนคิดว่า ต้องการยิงลูกฟุตบอลให้ไปไกลสุด จะต้องยิงด้วยมุมใด
- ก. มุม  $15^\circ$                       ค. มุม  $45^\circ$   
 ข. มุม  $30^\circ$                       ง. มุม  $60^\circ$
10. ในการยิงลูกฟุตบอล ยิงมุมใดที่ได้ระยะทางเท่ากับมุม  $25^\circ$
- ก. มุม  $15^\circ$                       ค. มุม  $45^\circ$   
 ข. มุม  $35^\circ$                       ง. มุม  $65^\circ$

จากภาพ ตอบคำถามข้อ 11-15

เด็กเตะบอลจากพื้นสนามด้วยความเร็วต้น 20 m/s เคลื่อนที่ไปตกลงบนพื้นสนามอีกฝั่งหนึ่ง



11. ขนาดของ  $u_x$  มีค่าตามข้อใด
 

ก. 5 m/s	ค. 17.4 m/s
ข. 10 m/s	ง. มุม $65^\circ$
  
12. ขนาดของ  $u_y$  มีค่าตามข้อใด
 

ก. $u \sin 60^\circ$	ค. $u \sin 30^\circ$
ข. $u \cos 60^\circ$	ง. $u \cos 0^\circ$
  
13. เวลาที่ลูกฟุตบอลลอยอยู่ในอากาศ
 

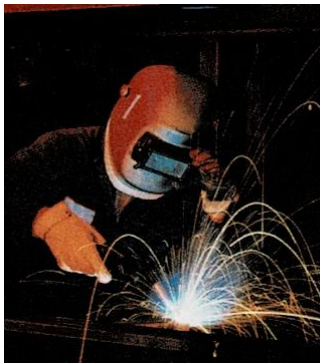
ก. 1.414 วินาที	ค. 3.464 วินาที
ข. 2 วินาที	ง. 4 วินาที
  
14. ระยะทางที่ลูกฟุตบอล เคลื่อนที่ได้ไกลสุด
 

ก. 10 m	ค. 34.6 m
ข. 14.14 m	ง. 70.7 m
  
15. ข้อใดเป็นการใช้ประโยชน์ จากการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์
  - ก. วางท่อน้ำทิ้ง ลงบ่อบำบัดน้ำเสีย
  - ข. ใช้เกียร์ต่ำ เพื่อขับรถขึ้นเขาที่มีความชัน
  - ค. ขุดคลองเพื่อปรับลำน้ำที่คดเคี้ยวให้เป็นลำคลองตรง
  - ง. ตั้งหัวฉีดน้ำให้มีมุม  $75^\circ$  ขณะดับเพลิงไฟไหม้ตึกสูง 10 ชั้น

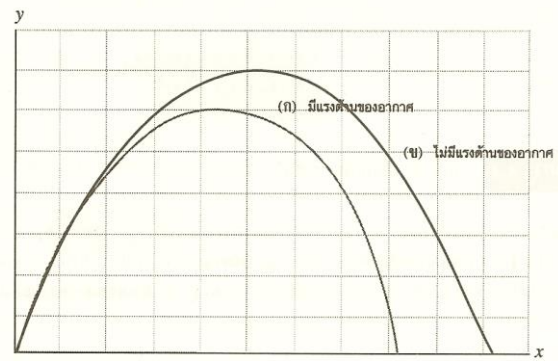
# การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

## บทนำ

การเคลื่อนที่แบบวิถีโค้งที่เราพบเห็นได้ง่าย เช่น น้ำไหลจากหลังคา น้ำไหลจากท่อน้ำทิ้ง การกระโดดไกล การปาก้อนหินไปข้างหน้า สะเก็ดไฟจากการการหลอมละลายลวดเชื่อมโลหะ ดังภาพที่ 5.1 ลักษณะเหล่านี้ เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในการทดสอบการเคลื่อนที่นี้ เมื่อนำมาจัดกระทำข้อมูลลงกราฟ จะมีลักษณะแบบโค้งพาราโบลา ดังภาพที่ 5.2

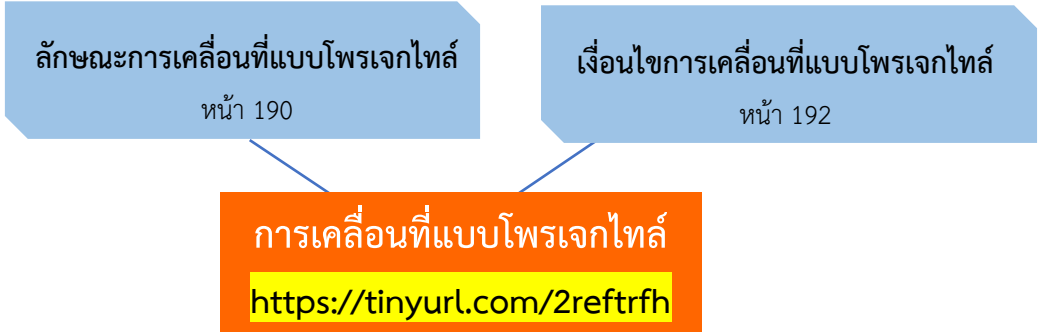


ภาพที่ 5.1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์  
ที่มา (Serway & Jewett , 2006, p 74, 76)



ภาพที่ 5.2 เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีลักษณะโค้งพาราโบลา  
ที่มา (ประเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, 2539, หน้า 52)



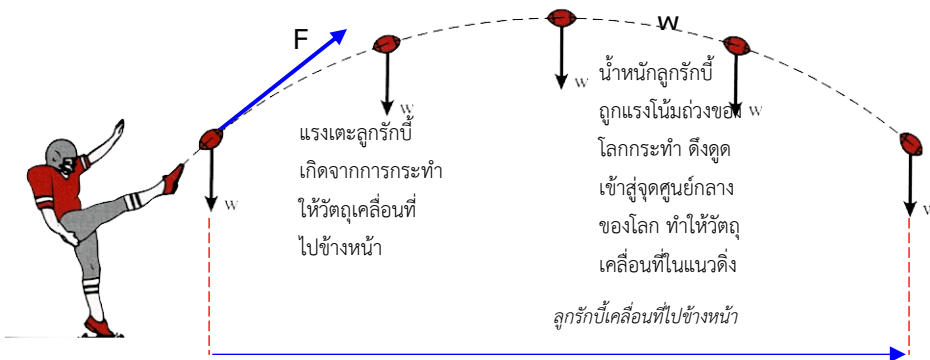


<https://tinyurl.com/2reftrfh>



1. ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

เป็นการเคลื่อนที่ภายใต้สนามแรงคงตัวและความเร็วต้นของวัตถุไม่อยู่ในแนวแรง แรงกระทำพยายามให้วัตถุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและลอยในอากาศพร้อม ๆ กัน ดังนั้นจึงเกิดการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ คือในแนวระดับ และแนวตั้งในการเคลื่อนที่ลักษณะนี้มีพลังงานจลน์ในวัตถุนั้นด้วยเสมอ



ภาพที่ 5.3 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์  
ที่มา (Tippens P.E , 2007, p 126)

จากภาพที่ 5.3 การเคลื่อนที่วิถีโค้งการเคลื่อนที่ของลูกรักบี้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นทั้งในแนวระดับ และแนวตั้ง ความเร็วในแนวตั้งเปลี่ยนแปลงขนาดแต่ตำแหน่งไม่เท่ากัน ส่วนความเร็วในแนวระดับมีค่าคงตัว นักเรียนสามารถพิสูจน์ด้วยการสำรวจตรวจสอบจากกิจกรรมเรียนรู้ที่ 5.3 การตกของเหรียญ

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 5.1



### สรุปกิจกรรมศึกษาที่ 5.1 เคลื่อนที่ของเหรียญ (<https://www.youtube.com/watch?v=olqXbqldwYw>)

#### 1. ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่

เมื่อเหรียญที่ 2 ขอบโต๊ะถูกตีด้วยแรงไม้บรรทัด (ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน) มีความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวราบกับพื้นโต๊ะ ดังนั้นเหรียญเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นที่ไม่เป็นศูนย์ ( $u \neq 0$ )

เหรียญที่ 1 บนไม้บรรทัด เหรียญร่วงลงแนวตั้งกับตำแหน่งเดิม ไม่มีความเร่งเกิดขึ้น หรือความเร็วต้นเป็นศูนย์ ( $u = 0$ ) (ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน) พยายามรักษาสภาพหยุดนิ่งบนไม้บรรทัดไว้นั่นเอง หรืออาจกล่าวได้ว่า เหรียญบนไม้บรรทัดเกิดความเร่งต้นจากจุดหยุดนิ่ง

เปรียบเทียบความเร็วต้นของเหรียญทั้งสอง เป็นดังนี้

1.1 ความเร็วต้นในแนวตั้ง เหรียญที่ 2 เท่ากับ เหรียญที่ 1

1.2 ความเร็วต้นในแนวระดับ เหรียญที่ 2 มากกว่า เหรียญที่ 1

ซึ่งเหรียญที่ 1  $u = 0$  และ เหรียญที่ 2  $u \neq 0$

#### 2. เวลาที่เหรียญเคลื่อนที่จนกระทั่งกระทบพื้น เหรียญที่ 1 และเหรียญที่ 2 ใช้เวลาเท่ากัน

2.1 เวลาในแนวตั้ง กำหนดเวลาในการลอยในอากาศ

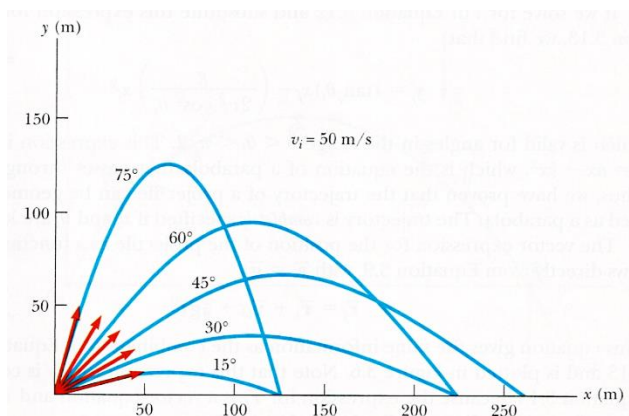
2.2 เวลาในแนวราบ ปรากฏระยะใกล้ไกลในการตกของเหรียญ ที่เป็นผลจากความเร่งต้น และมุมมอง

### ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 5.2



### ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.2 > การยิงเหรียญ > work sheet หน่วย 5 หน้า 204

สรุปกิจกรรมการยิงเหรียญจากการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แสดงให้เห็นว่า การปรับระยะองศาในการยิงเหรียญ ส่งผลต่อระยะทาง และจุดสูงสุดของการเคลื่อนที่แบบโค้งพาราโบลา ขณะเดียวกันถ้าออกแรงมาก ระยะยิงเคลื่อนที่ได้ไกล วิถีโค้งเกิดได้มากเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 5.3



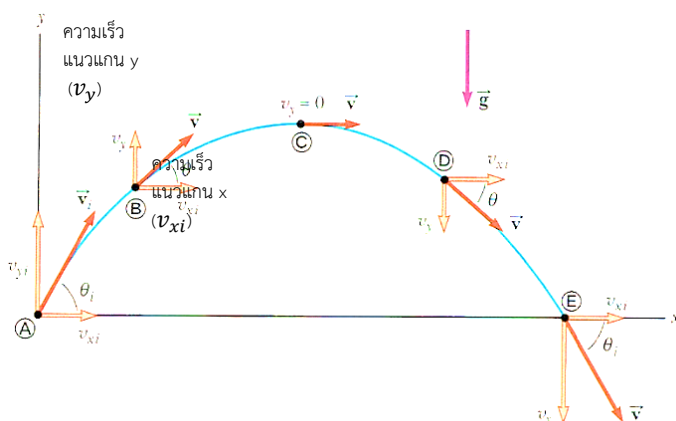
ภาพที่ 5.4 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ปรับองศาในการให้ความเร็วต้น สัมพันธ์กับระยะทางที่จุดตกกระทบพื้น ที่มา (Serway & Jewett , 2006, p 76)

ภาพที่ 5.3 ใช้ความเร็วเริ่มต้นที่ 50 m/s โดยแกน  $x$  เป็นการเคลื่อนที่แนวราบ เมื่อยิงด้วยมุม  $45^\circ$  ระยะทางจะเคลื่อนที่ได้ไกลกว่ามุมมองศาอื่นๆ เมื่อระยะยิงทำมุมกับแกน  $y$  มาก ส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่ได้สูงสุดตามแนวแกน  $y$  เช่น การยิงด้วยมุม  $75^\circ$  วัตถุเคลื่อนแนวตั้งมีความสูงมากกว่ามุม  $60^\circ$  และ  $45^\circ$  เป็นต้น และมุมมองศาของการยิงส่งผลให้เกิดระยะทางในแนวราบเท่ากัน ได้แก่ มุม  $2$  มุม ที่รวมกันแล้วได้  $90^\circ$  เช่น มุมยิงที่  $75^\circ$  กับมุมยิงที่  $15^\circ$  ได้ระยะทางในแนวราบ (แกน  $x$ ) ในระยะ 125 เมตร เท่ากัน

## 2. เงื่อนไขการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งพาราโบลา ความเร็วต้นทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในอากาศ ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เคลื่อนที่ขึ้นไป ณ จุดสูงสุดและตกลงในแนวระดับ มีผลให้ขนาดและทิศทางของความเร็วเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งมีเงื่อนไขต่อการเคลื่อนที่ ดังนี้

- 2.1 การเคลื่อนที่มี 2 มิติ คือมิติตามแนวราบ (แนวแกน  $x$ ) และแนวตั้ง (แนวแกน  $y$ ) โดยเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กัน
- 2.2 จุดตั้งต้นของความเร็ว ทำให้เกิดความเร็วตามแนวราบ (แนวแกน  $x$ ) เท่ากันทุกตำแหน่งที่เคลื่อนที่ เนื่องจากความเร่งในแนวราบ (แนวแกน  $x$ ) เป็นความเร่งคงตัว หรือมีค่าเป็น 0 ( $a = 0$ ) ดังนั้นขนาดความเร็วต้นเท่ากับความเร็วปลายปลาย ( $u_x = v_x$ )
- 2.3 ความเร็วตามแนวตั้ง (แนวแกน  $y$ ) ทุกๆ ตำแหน่งที่วัตถุเนื่องจากวัตถุลอยในอากาศจะมีความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) กระทำต่อวัตถุไว้ ดังนั้นความเร็วในแนวตั้ง ( $v_y$ ) จึงเปลี่ยนแปลงตลอดการเคลื่อนที่ และถ้าโยนขึ้น  $g$  มีค่าเป็นลบ เคลื่อนที่ลง  $g$  มีค่าเป็นบวก
- 2.4 ความเร็วตามแนวตั้ง (แนวแกน  $y$ ) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จุดสูงสุด ความเร็วมีค่าเป็น 0 ( $v_y = 0$ )
- 2.5 เวลาของวัตถุ เคลื่อนที่แนวราบ (แกน  $x$ ) และแนวตั้ง (แกน  $y$ ) มีเวลาร่วมกัน



ภาพที่ 5.5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ความเร็วในแนวตั้ง (แกน  $y$ ) ถูกดึงดูดด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

ความเร็วในแนวแกน  $x$  เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ( $a = 0$ ) ทุก ๆ ตำแหน่งความเร็วแกน  $x$  เท่ากัน

ที่มา (Serway & Jewett, 2006, p 74)

ตัวอย่าง 5.1 การคำนวณปริมาณ  
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์  
หน้า 195  
<https://tinyurl.com/2k3m3xz2>

ตัวอย่าง 5.2 การคำนวณปริมาณ  
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์  
หน้า 196  
<https://tinyurl.com/535vydzh>

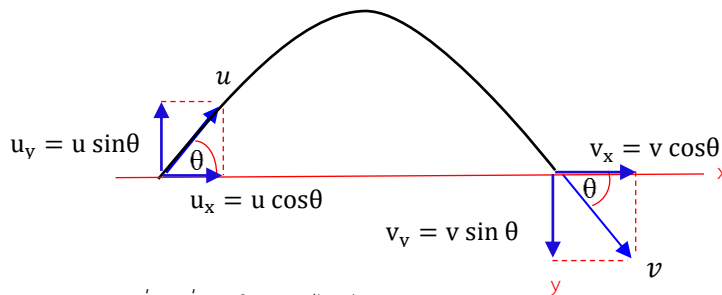
สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์  
<https://tinyurl.com/2p8zz8ts>

3. สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

<https://tinyurl.com/2p8zz8ts>



เป็นการเคลื่อนที่ 2 มิติ คือแนวแกน x และ y



ภาพที่ 5.6 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 193)

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกับแบบโพรเจกไทล์

สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
<u>การเคลื่อนที่ในแนวระดับ (แกน x)</u>	
u แทนความเร็วต้น	$u_x = u \cos\theta$ (ความเร็วต้นในแนวแกน x)
v แทนความเร็วปลาย	$v_x = v \cos\theta$ (ความเร็วปลายในแนวแกน x)
$v = u + at$	$v_x = u_x + at$ $v_x = u_x + (0)t$ เนื่องจาก $a_x = 0$ $v_x = u_x$
$s_x = u_x t + \frac{1}{2}at^2$	$s_x = u_x t + \frac{1}{2}at^2$ $s_x = u_x t + \frac{1}{2}(0)t^2$ เนื่องจาก $a_x = 0$ $s_x = u_x t$ $s_x = (u \cos\theta) t$

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 193)



ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกับแบบโพรเจกไทล์ (ต่อ)

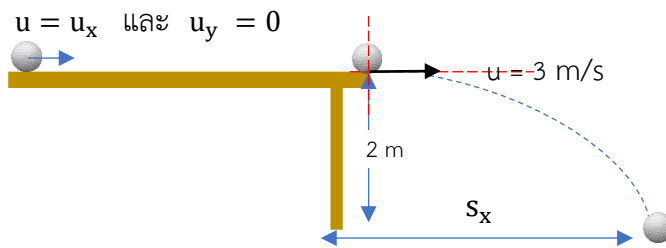
สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
<u>การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (แกน y)</u>	
u แทนความเร็วต้น	$u_y = u \sin \theta$ (ความเร็วต้นในแนวแกน y)
v แทนความเร็วปลาย	$v_y = v \sin \theta$ (ความเร็วปลายในแนวแกน y)
$v = u + gt$	$v_y = u_y + gt$ $t = \frac{u \sin \theta}{g}$ (หาเวลาเมื่อเคลื่อนที่จากความเร็วต้น ขึ้นถึงจุดสูงสุด)
$s = ut + \frac{1}{2}gt^2$	$s_y = u_y t + \frac{1}{2}gt^2$ $s_y = (u \sin \theta)t + \frac{1}{2}gt^2$ (เมื่อ $s_y$ จุดเริ่มต้นกับจุดตกบนระนาบ $0 = (u \sin \theta)t + \frac{1}{2}gt^2$ เดียวกัน การกระจัดทั้งหมด $s_y = 0$ ) $t = \frac{2u \sin \theta}{g}$ ต้องการหา t ทั้งหมด
$v^2 = u^2 + 2gs$	$v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$ $s_y = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$ หา $s_y$ ความสูงของการเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุด

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2564, หน้า 194)



<https://tinyurl.com/2k3m3xz2>

ตัวอย่างที่ 5.1 ลูกกอล์ฟกำลังในแนวราบตกจากที่สูง 2 m ขณะตกมีความเร็ว 3 m/s ลูกบอลตกห่างจากระเบียงบ้านกี่เมตร



ภาพที่ 5.6 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกอล์ฟเคลื่อนจากแนวระดับที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 195)

วิธีทำ โจทย์ต้องการทราบระยะทางในแนวแกน x ( $s_x = ?$ ) วัตถุเคลื่อนมาแนวราบ ( $u = u_x$ )

ดังนั้น 1) ใช้สูตร  $s_x = (u_x) t$

2) ใช้สูตร  $s_y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$  (เพื่อหาค่า t และเคลื่อนลง +g)

โจทย์กำหนด  $u = 3 \text{ m/s}$  ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ,  $s_y = 2 \text{ m}$  ,  $s_x = ?$

จากสมการ  $s_x = (u_x) t$   
 $= (3) t$   
 $= (3) t \dots\dots\dots(1)$  (ต้องการทราบค่า t = ?)

จากสมการ  $s_y = u_y t + \frac{1}{2} g t^2$  ( $u_y = 0$  เนื่องจากจุดตกอยู่ในแนวราบ)  
 $s_y = (0 \times t) + \frac{1}{2} (10) t^2$   
 $2 = (0 \times t) + \frac{1}{2} (10) t^2$   
 $2 = 5 t^2$   
 $t^2 = \frac{2}{5}$   
 $\sqrt{t^2} = \sqrt{0.4}$   
 $t = 0.63 \text{ s} \dots\dots\dots(2)$

นำ (2) t = 0.63 แทนค่าในสมการที่ (1)

$s_x = (3) t$   
 $s_x = (3) 0.63$   
 $= 1.89 \text{ m}$

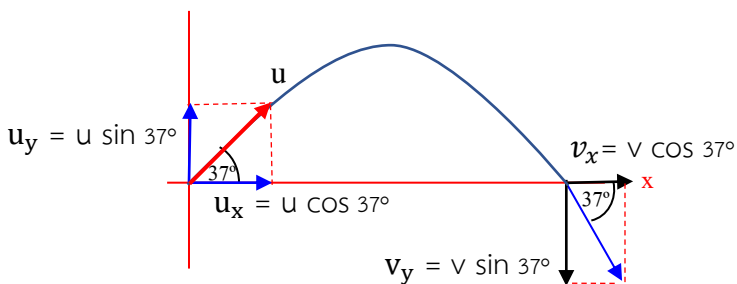
∴ ลูกบอลตกห่างจากระเบียงบ้าน 1.89 เมตร



<https://tinyurl.com/535vydzh>

**ตัวอย่างที่ 5.2** เตะลูกวอลเลย์ ด้วยความเร็วต้น 10 m/s แนวการเคลื่อนที่ของลูกวอลเลย์ทำมุม  $37^\circ$  กับแนวระดับ

- จงหา 1) เวลาที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่ในอากาศถึงจุดตก
- 2) ลูกวอลเลย์ตกไกลเท่าไร
- 3) ความสูงที่ลูกวอลเลย์ เคลื่อนที่ขึ้นได้สูงสุด



ภาพที่ 5.7 แนวการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของการเตะลูกวอลเลย์  $s_x = (u_x) t$  ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, หน้า 196)

**วิธีทำ ข้อที่ 1** หาค่า  $t = ?$  ( $s_y = 0$ )

**โจทย์กำหนด**  $u = 10 \text{ m/s}$ ,  $g = -10 \text{ m/s}^2$  (เตะลูกวอลเลย์ขึ้น),

**ขั้นที่ 1** (หาขนาดของ  $u_x$  กับ  $u_y$ )

$$\begin{aligned} u_x &= u \cos 37^\circ \\ &= 10 \times 0.8 \\ u_x &= 8 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_y &= u \sin 37^\circ \\ &= 10 \times 0.6 \\ u_y &= 6 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

$s_y = 0$   
ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่จาก  
แนวราบ และตกลงมาบนพื้น  
การกระจัดแกน  $y$  เท่ากับ 0

**จากสมการ**

$$\begin{aligned} s_y &= u_y t + \frac{1}{2} g t^2 \\ 0 &= (6)t + \frac{1}{2}(-10)t^2 \\ 0 &= (6)t + (-5)t^2 \\ 5t^2 &= (6)t \\ t &= \frac{(6)t}{5t} \\ t &= 1.2 \end{aligned}$$

วินาที

$\therefore$  เวลาที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่ในอากาศถึงจุดตก 1.2 วินาที

วิธีทำ ข้อที่ 2 ลูกวอลเลย์ตกลูกเท่าไร

โจทย์กำหนด  $u = 5 \text{ m/s}$ ,  $g = -10 \text{ m/s}^2$  (ตะลึงวอลเลย์ขึ้น),  $s_x = ?$

ขั้นที่ 2 จากสมการ  $s_x = u_x t$   
 $= (8) t$  ..... (1)

ขั้นที่ 3 นำ  $t = 1.2$  วินาที แทนค่าในสมการที่ (1)

จากสมการที่ 1  $s_x = u_x t$   
 $= (8) (1.2)$

$\therefore$  ลูกวอลเลย์ตกลูก  $= 9.6$  เมตร

วิธีทำ ข้อที่ 3 ความสูงที่ลูกวอลเลย์ เคลื่อนที่ขึ้นได้สูงสุด ( $v_y = 0$ ) หา  $s_y = ?$

ขั้นที่ 1 จากสมการ  $v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$   
 $0 = 6^2 + 2(-10)s_y$   
 $20s_y = 36$   
 $s_y = 1.8$  เมตร

$\therefore$  ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่ได้สูงสุด  $1.8$  เมตร

### กิจกรรมเรียนรู้ 5.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ : Work sheet หน้า 207

#### 4. การนำรูปแบบโพรเจกไทล์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ในชีวิตประจำวันหรือในงานอาชีพ เราพบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เสมอ ๆ เช่น ในการขว้างปาเชือกไปยังต้นไม้เพื่อให้เชือกคล้องกิ่งไม้ เราเห็นน้ำตกไหลลงจากหน้าผาสายน้ำมีความโค้งไหลลงกระแทกหิน การรดน้ำด้วยสายยาง เราอาจต้องใช้มือปิดสายยางเพื่อเพิ่มความเร็วต้นในการฉีดน้ำ หรือการปรับมุม  $45^\circ$  ของสายยางเพื่อให้ฉีดน้ำได้ไกลที่สุด หรือในงานอาชีพพนักงานดับเพลิงจะต้องปรับมุมหัวฉีดน้ำเพื่อดับไฟบนตึกสูงได้ นักกีฬาอาชีพจะต้องวางแผนการใช้ความเร็ว การคิดระยะมุมเพื่อพุ่งแหลนให้ไกลที่สุด ความแม่นยำในการชู้ตลูกบาสเก็ตบอล การยิงชิปนาวุธของทหารให้ตรงเป้าหมาย และแม่นยำ สิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทั้งสิ้น ดังนั้นเมื่อเราเข้าใจเงื่อนไขของการเคลื่อนที่จะทำให้เราใช้งานได้ง่ายขึ้น ลดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน

## บทสรุป

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งแบบสนามแรงคงตัว เช่น สนามแรงโน้มถ่วง สนามไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุไปในอากาศภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนที่มีเงื่อนไขดังนี้

1. การเคลื่อนที่แนวระดับ (แกน x) ความเร่งคงตัว ( $a = 0$ ) ทำให้  $u_x = v_x$
2. การเคลื่อนที่แนวตั้ง (แกน y) ความเร็วไม่คงตัว แต่ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วงคงตัว
3. ความเร็วตามแนวโค้งโพรเจกไทล์ มีความเร็วไม่คงตัว ดังนั้นในการคำนวณต้องนำความเร็วในแนวระดับ + ความเร็วในแนวตั้ง (แบบเวกเตอร์)
4. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากัน ทั้งการเคลื่อนที่ในแนวระดับ และแนวตั้ง
5. ความเร็วในแนวตั้งที่วัตถุเคลื่อนที่จุดสูงสุดมีค่าเท่ากับศูนย์

สมการการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สรุปนำไปใช้งานได้ดังต่อไปนี้

$$u_x = u \cos\theta \text{ (ความเร็วต้นในแนวแกน x)} \quad u_y = u \sin\theta \text{ (ความเร็วต้นในแนวแกน y)}$$

$$v_x = v \cos\theta \text{ (ความเร็วปลายในแนวแกน x)} \quad u_y = v \sin\theta \text{ (ความเร็วปลายในแนวแกน y)}$$

$$v_x = u_x \text{ (ความเร่ง } a=0 \text{)}$$

$$v_y = u_y + gt$$

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \frac{2u_y}{g}$$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$$

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 5



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายหน่วย : *Work sheet* หน่วย 5 > หน้า 209

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 5

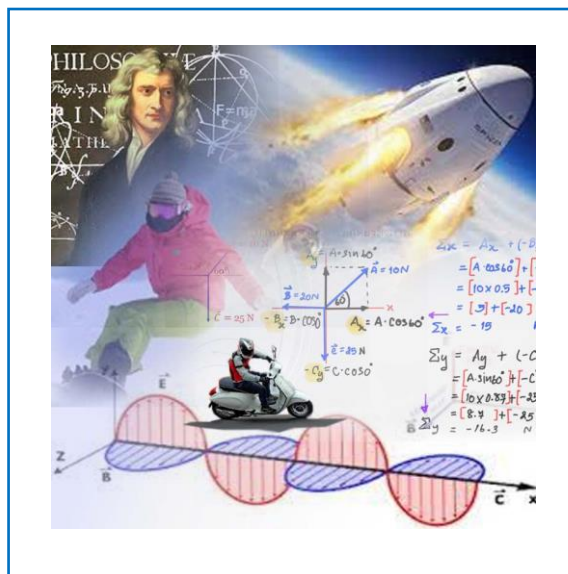


ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 5 > *Work sheet* หน่วย 5 > หน้า 212

# เอกสารใบงาน

หน่วย 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

## Work Sheet



## กิจกรรมศึกษา



## ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.1 &gt; การเคลื่อนที่ของเหรียญ &gt;

แผ่นที่ 1/3

## สำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญ &gt; (Link Text หน้า 190)

## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญได้
2. นักเรียนสรุปลักษณะและความสัมพันธ์ของระยะทาง เวลาในการเคลื่อนที่ของเหรียญได้
3. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

## การจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง
3. ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

## ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง

การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ในแนวราบ และในแนวตั้งวัตถุขึ้นและตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

## คำถามก่อนทดลอง

การตกของเหรียญ มีลักษณะอย่างไร

## สมมติฐานการสำรวจตรวจสอบการตกของเหรียญ

.....  
 .....

## อุปกรณ์

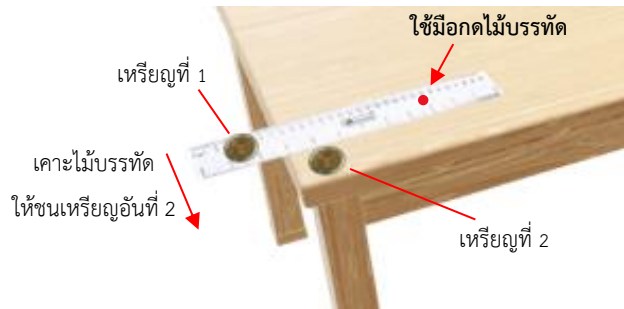
1. ไม้บรรทัดความยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 1 อัน
2. เหรียญ 10 บาท จำนวน 2 เหรียญ
3. โต๊ะสูง

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.1 > การเคลื่อนที่ของเหรียญ >

แผ่นที่ 2/3

### วิธีทดลอง

- วางเหรียญที่ 1 ไว้บนไม้บรรทัดให้ไม้บรรทัดยื่นออกมาจากขอบโต๊ะประมาณ 10 ซม. ดังภาพ
- วางตำแหน่งเหรียญที่ 2 ไว้ตรงขอบโต๊ะ และวางไม้บรรทัดขนานไปกับเหรียญและขอบโต๊ะ



- ใช้มือกดไม้บรรทัดที่ตำแหน่ง 25 ซม.
- ทดสอบการตกของเหรียญ ให้คนหนึ่งกดไม้บรรทัดบนโต๊ะ และนักเรียนอีกคนหนึ่งใช้ปากกาเคาะไม้บรรทัดที่ยื่นออกมาจากขอบโต๊ะ โดยเคาะให้ไม้บรรทัดเคลื่อนที่ในแนวระดับกับพื้นโต๊ะ ให้ไม้บรรทัดชนเหรียญ ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพิ่มแรงในการเคาะ สังเกตการตกของเหรียญ และฟังเสียงเหรียญทั้งสอง ตกลงบนพื้น และบันทึกผลในตาราง

### บันทึกผลการทดลอง

รายการสังเกต	เหรียญที่ 1 (วางบนไม้บรรทัด)	เหรียญที่ 2 (วางขอบโต๊ะ)
ลักษณะการเคลื่อนที่ของเหรียญ		
เหรียญทั้งสองเคลื่อนที่พร้อมกันหรือไม่		
เสียงเหรียญกระทบพื้นพร้อมกันหรือไม่		
ดีดแรง ๆ ลักษณะการเคลื่อนที่ของเหรียญเป็นอย่างไร		

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=OLRcort3nhw> (ห้องเรียน DLIT ครูอาทิตย์ พงศ์สุพัฒน์)

### สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....



## ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.1 &gt; การเคลื่อนที่ของเหรียญ&gt;

แผ่นที่ 3/3

## การประเมินผล &gt; สำรวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ &gt;

ระดับคะแนน 5 - ดีมาก 4 - ดี 3 - ปานกลาง 2 - น้อย 1 - น้อยมาก, ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญ	5	-	-
2. แสดงทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของผลการสำรวจตรวจสอบ		5	
4. ผลสรุปของการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญ		5	
5. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
6. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
7. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
8. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
9. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	10	10
เฉลี่ย	10 คะแนน		

สมาชิกกลุ่ม

- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....



สำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากการยิงเหรียญ > (Link Text หน้า 123)

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบการเคลื่อนที่โพรเจกไทล์จากการยิงเหรียญได้
2. นักเรียนเปรียบเทียบมุมในการยิงเหรียญ สัมพันธ์กับความสูงและระยะทางในการเคลื่อนที่ได้
3. นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ของแรง มุม และระยะทาง ในการเคลื่อนที่ของเหรียญได้
4. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตรวจสอบการเคลื่อนที่โพรเจกไทล์จากการยิงเหรียญด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

#### การจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง
3. ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

#### ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง

การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ในแนวราบ และในแนวตั้งวัตถุขึ้นและตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

#### คำถามก่อนทดลอง

แรง มุมองศาการยิง มีผลอย่างไรต่อความสูงเมื่อเหรียญลอยในอากาศ และระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในแนวราบ

#### สมมติฐานการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากการยิงเหรียญ

.....

.....

.....

#### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การยิงเหรียญ สามารถปรับองศา และเพิ่มแรงในการยิงเหรียญได้
2. เหรียญ 1 บาท จำนวน 1 เหรียญ
3. ตลับเมตร ความยาว 20 เมตร และไม้เมตร 1 อัน
4. เทปแถบขาว

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.2 > การยิงเหรียญ >

แผ่นที่ 2/3

### วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษามุมมองศาในการยิงเหรียญ เมื่อแรงเท่ากัน

1. จัดวางอุปกรณ์การยิงบนพื้นราบ ใช้หนังยาง 1 เส้น เพื่อติดเหรียญ
2. ทดลองยิงเหรียญที่องศาต่าง ๆ ตั้งแต่ 10 องศา กับพื้นราบ
3. ทดสอบการยิงหลายๆ ครั้งก่อนบันทึกผล เพื่อสังเกตความสูง และความไกลที่เหรียญตก
4. ในการตรวจสอบการยิงให้ตั้งไม้เมตรที่จุดกึ่งกลางระยะทาง จากการทดลองยิงครั้งแรก ๆ ก่อนเก็บข้อมูล สังเกตทำเครื่องหมายจุดสูงสุดของการยิง บันทึกผล
5. วัดระยะทางที่เหรียญตก บันทึกผล
6. ทดลองซ้ำ โดยเพิ่มองศาในการยิงที่มุม  $15^\circ$   $30^\circ$   $45^\circ$   $60^\circ$  และ  $75^\circ$  บันทึกจุดสูงสุด และระยะทางที่เหรียญตกกระทบบนพื้นในแต่ละครั้ง

ตอนที่ 2 ศึกษามุมมองศาในการยิงเหรียญ เมื่อแรงไม่เท่ากัน

1. จัดวางอุปกรณ์การยิงบนพื้นราบ เพิ่มหนังยาง 2 เส้น และ 3 เส้น เพื่อติดเหรียญ
2. วิธีการทดลองให้ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1
3. บันทึกผลสำรวจมุมยิง การเคลื่อนที่ขึ้น ณ จุดสูงสุด และระยะทางที่เหรียญตกกระทบบนพื้น
4. นำผลการทดลองเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมยิง ความสูง และระยะทาง

### ผลการสำรวจตรวจสอบ

มุมยิง	หนังยาง 1 เส้น		หนังยาง 2 เส้น		หนังยาง 3 เส้น	
	จุดสูงสุด	ระยะทาง	จุดสูงสุด	ระยะทาง	จุดสูงสุด	จุดสูงสุด
$15^\circ$						
$30^\circ$						
$45^\circ$						
$60^\circ$						
$75^\circ$						

### สรุปผลการสำรวจตรวจสอบ

.....

.....

.....

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 5.2 &gt; การยิงเหรียญ&gt;

แผ่นที่ 3/3

## การประเมินผล &gt; สํารวจตรวจสอบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จากการยิงเหรียญ

ระดับคะแนน 5 – ดีมาก 4 – ดี 3 – ปานกลาง 2 – น้อย 1 – น้อยมาก, ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบการยิงเหรียญด้วยมุมต่าง ๆ	5	-	-
2. แสดงทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของผลการสำรวจตรวจสอบ		5	
4. ผลสรุปของการสำรวจตรวจสอบการยิงเหรียญด้วยมุมต่าง ๆ		5	
5. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
6. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
7. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
8. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
9. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	10	10
เฉลี่ย	10 คะแนน		

## สมาชิกกลุ่ม

- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
- .....เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....





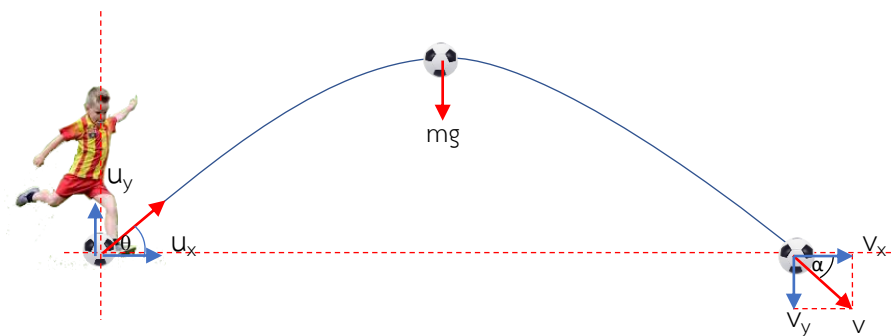
## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 5

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
2. นักเรียนสามารถบอกเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
3. นักเรียนสามารถบอกสมการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
5. นักเรียนสามารถนำเอารูปแบบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพ และในชีวิตประจำวันได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีลักษณะอย่างไร.....  
ยกตัวอย่างประกอบ.....
2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเตะบอลด้วยความเร็วต้น เป็นไปดังภาพด้านล่าง



สรุปเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ได้ดังนี้

- 2.1 การเคลื่อนที่มีทิศทางอย่างไร (.....)
- 2.2 ความเร่งที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ได้แก่.....
- 2.3 ความเร่ง (a) และความเร่ง (g) ต่างกันอย่างไร.....  
.....  
.....
- 2.4 ความเร่ง เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด เป็นอย่างไร.....

2.5 การเคลื่อนที่โพรเจกไทล์ เมื่อแบ่งการเคลื่อนที่เป็นแนวราบ และแนวตั้ง มีปริมาณใดที่สัมพันธ์กันระหว่างการเคลื่อนที่ไปจนกระทั่งกระทบพื้น.....

2.6 ความเร็วเริ่มต้นแนวราบ ( $u_x$ ) และความเร็วสุดท้ายแนวราบ( $v_x$ ) มีเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด.....

3. จากภาพ ข้อ 2 สมการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็นดังนี้

3.1  $u_x$  หมายถึง.....

$s_x$  หมายถึง.....

$s_y$  หมายถึง.....

$t$  หมายถึง.....

3.2  $u_x =$  .....  $u_y =$  .....

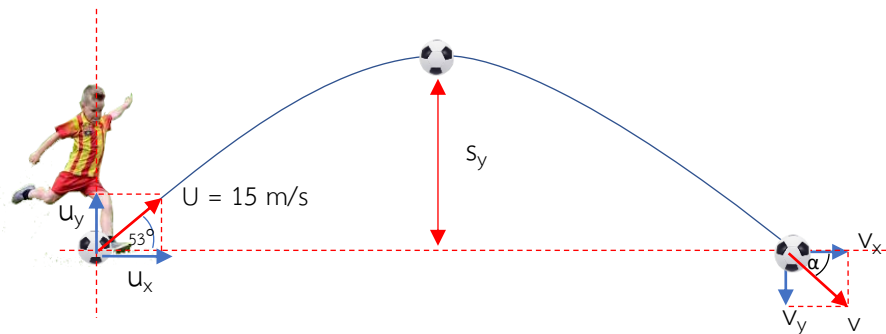
3.3  $v_x =$  .....  $v_y =$  .....

3.4 หาความเร็วสุดท้ายที่จะตกกระทบ หาขนาดได้จากสมการใด.....

3.5 ทหาระยะทางในแนวราบ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....

4. เตะบอล ด้วยความเร็วต้น 15 m/s แนวการเคลื่อนที่ของลูกบอลเลยทำมุม  $53^\circ$  กับแนวระดับ

- จงหา 1) ลูกฟุตบอลลอยอยู่ในอากาศนานกี่วินาที
- 2) ลูกฟุตบอลตกไกลกี่เมตร
- 3) ลูกฟุตบอลเคลื่อนที่ขึ้นได้สูงสุดกี่เมตร



.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. เมื่อเราฉีดสายยางรดน้ำ ที่อยู่ไกลที่สุด นักเรียนมีวิธีการอย่างไรให้รดน้ำถึงเป้าหมายได้  
ให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

## กระดาษคำตอบ

## แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 5 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์) เวลา 60 นาที

(คะแนนเต็ม 15)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

(คะแนนเต็ม 15)

โจทย์คำถาม หน้า 186-188

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

## หน่วยที่

## 6

## งาน พลังงาน และกำลัง

**Work Energy & Power****จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและหลักการของงาน พลังงาน กำลังได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของงาน
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และพลังงานจลน์ได้
4. นักเรียนสามารถบอกความหลักการอนุรักษ์พลังงานได้
5. นักเรียนสามารถบอกความหมายและคำนวณหาขนาดของกำลังได้
6. นักเรียนสามารถนำเอางาน พลังงาน และกำลังไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

**หัวข้อเรื่อง****บทนำ**

1. งาน
2. พลังงาน
  - 2.1 พลังงานศักย์ (Translational Equilibrium)
    - 2.1.1 พลังศักย์โน้มถ่วง
    - 2.1.2 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น
  - 2.2 พลังงานจลน์ (Rotational Equilibrium)
3. การอนุรักษ์พลังงาน
4. กำลัง
5. การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและงานวิชาชีพ

**บทสรุป**

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (งาน พลังงาน กำลังงาน)

เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ

[shorturl.at/iCUV0](https://shorturl.at/iCUV0)


ทำแบบทดสอบก่อนเรียน Google Form

### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและหลักการของงาน พลังงาน กำลังได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของงาน
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานกลได้
4. นักเรียนสามารถบอกหลักการของการอนุรักษ์พลังงานได้
5. นักเรียนสามารถบอกความหมายและคำนวณหาขนาดของกำลังของเครื่องจักรกลได้

[shorturl.at/imwS6](https://shorturl.at/imwS6)


ทำแบบทดสอบหลังเรียน Google Form

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย ✕ ลงในกระดาษคำตอบ  
(คะแนนเต็ม 20)

#### 1. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. งานเกิดจากแรงตั้งฉากกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไป

ค. พลังงานมีขนาดมากกว่างานที่เกิดขึ้น

ข. งานเกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่ตามแนวแรง

ง. งานเป็นอัตราส่วนที่ทำได้อ่อนหน่วยเวลาหนึ่ง

#### 2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. งานเป็นปริมาณสเกลาร์

ค. งานมีค่าเป็นลบ เมื่อออกแรงไม่พอต่อการทำให้วัตถุเคลื่อนที่

ข. วัตถุไม่เกิดงานถ้าแนวแรงตั้งฉากกับทิศของการเคลื่อนที่

ง. งานมีค่ามากที่สุดเมื่อแนวแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

#### 3. ข้อใดไม่เกิดงาน

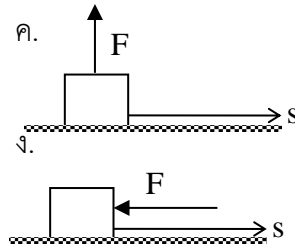
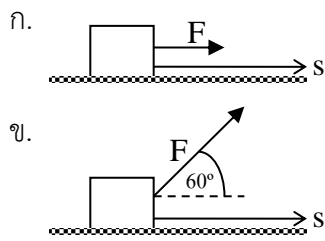
ก. คนถือถุงข้าวสารเดินบนพื้นราบ

ค. คนยกถุงข้าวสารลงจากชั้นวางของ

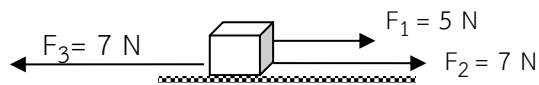
ข. คนถือถุงข้าวสาร เดินขึ้นบันได

ง. คนลากถุงข้าวสารไปกับพื้นราบ

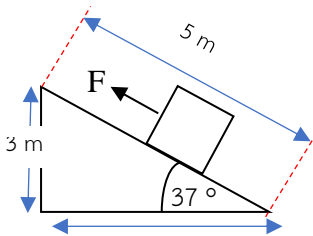
4. ถ้าใช้แรง 45 N ลากกล่องหนังสือ ได้ระยะทาง 2 เมตร ด้วยการออกแรงในแนวต่างๆ ข้อใดเกิดงานมากที่สุด



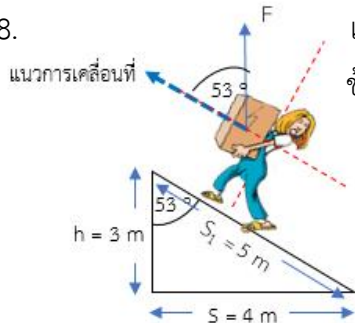
5. ต้องการเคลื่อนตุ้เยื่อให้เคลื่อนที่ 3 m ถ้ามีแรง 2 แรงช่วยกันเพื่อให้เคลื่อนที่ แต่มีแรงต้าน 7 N งานสุทธิมีขนาดเท่าไร



- ก. 15 J
- ข. 21 J
- ค. 36 J
- ง. ไม่เกิดงาน ( $W = 0$ )
6. จากข้อ 5 งานของ  $F_3$  มีขนาดเท่าไร
- ก. 15 J
- ข. - 21 J
- ค. 36 J
- ง. 67 J
7. ลากวัตถุ 40 kg ขึ้นบนพื้นเอียงได้ระยะทาง 5 m แนวแรงขนานกับพื้นผิวสัมผัส จงหางาน



- ก.  $W = 0$  J
- ข.  $W = 400 \times 5$  J
- ค.  $W = 400 \times \sin 37^\circ \times 5$  J
- ง.  $W = 400 \times \cos 37^\circ \times 5$  J
8. เคนยกลง มวล 4 kg ขึ้นบนพื้นเอียงที่มีความสูงจากพื้นราบ 3 เมตร ข้อใดแสดงสมการของงานเมื่อยกวัตถุขึ้นที่สูง



- ก.  $W = mgh$
- ข.  $W = F s_1$
- ค.  $W = F \sin 53^\circ s_1$
- ง.  $W = F \cos 53^\circ h$





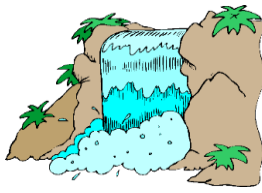
## งาน พลังงาน และกำลังงาน

### บทนำ

เมื่อเราสังเกตสิ่งต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนย้ายตู้ รถเข็นยกคานเหล็กในงานก่อสร้าง การโยนลูกโบว์ลิ่ง การยกกล่องไว้บนชั้น น้ำตกไหลลงกระทบกับก้อนหิน สิ่งเหล่านี้ในทางวิทยาศาสตร์หมายถึง การเกิดงาน งานทุกงานที่เกิดขึ้นจะต้องมีแรงกระทำ และจะต้องใช้พลังงานเท่าที่งานที่เกิดขึ้น เครื่องจักรกลจะทำงานได้ต้องมีกำลังมากพอต่อการเกิดงานนั้น ๆ ดังภาพที่ 6.1



เหยี่ยวคันธนู  
(ลูกธนูเกิดงาน)

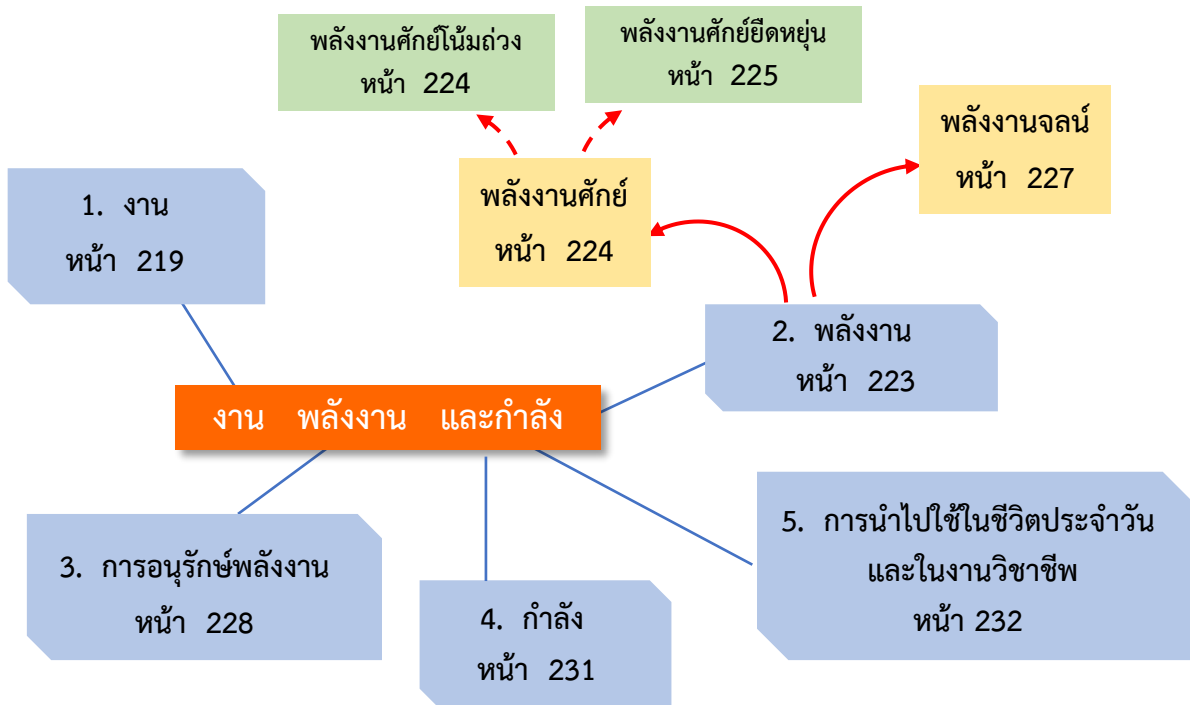


น้ำตก  
(น้ำที่ตกลงด้านล่าง เกิดงาน)

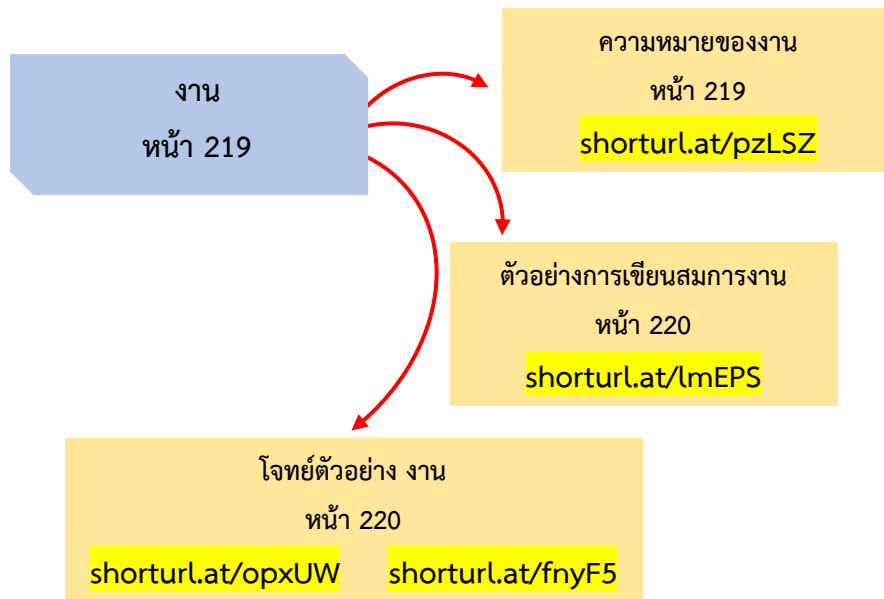


ปั่นจักรยาน  
(เกิดงาน)

ภาพที่ 6.1 การเกิดงาน ในลักษณะต่าง ๆ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 218)







[shorturl.at/pzLSZ](https://shorturl.at/pzLSZ)

## 1. งาน

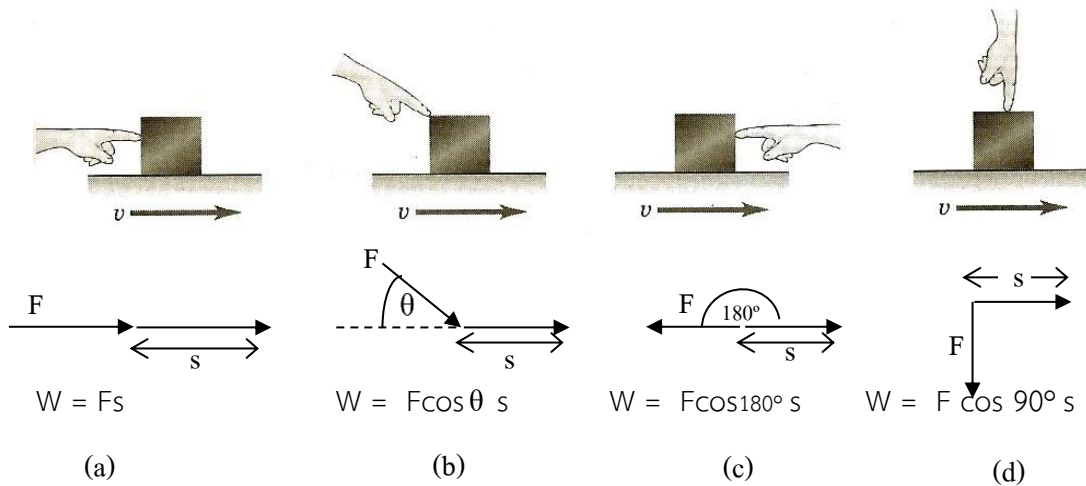
งาน หมายถึง ผลของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ได้ระยะอยู่ในแนวเดียวกับแรง งานเป็น ปริมาณสเกลาร์ กำหนดให้มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะตามแนวแรง เขียนเป็น สมการได้ว่า หน่วย  $W = Fs$  (N·m) หรือ จูล (J)

W	แทน	งาน	หน่วย	นิวตัน เมตร (N·m)
F	แทน	แรง	หน่วย	นิวตัน (N)
s	แทน	ระยะทางตามแนวแรง	หน่วย	เมตร (m)

การพิจารณาการเกิดงาน มีหลักการดังนี้

- 1) มีแรงกระทำต่อวัตถุ
- 2) วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางอยู่ในแนวเดียวกับแรง

การเกิดงานจากแรงกระทำในลักษณะต่าง ๆ แสดงดังตัวอย่างภาพที่ 6.2



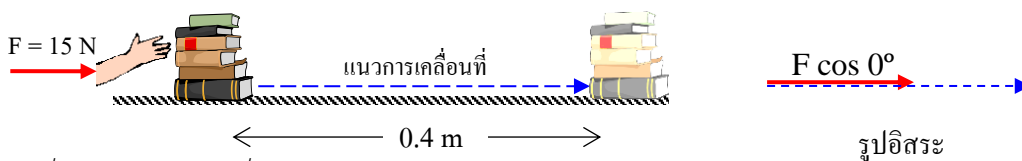
ภาพที่ 6.2 ตัวอย่างการเกิดงาน ด้วยการออกแรงในลักษณะต่างๆ  
 ที่มา (ปิยพงษ์ ลีทิตติง, 2547, หน้า 169)

- จากภาพที่ 6.2 (a) ผลักวัตถุไปข้างหน้า แรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ (F ทำมุม  $0^\circ$  กับ  $s$ ) เป็นผลให้ วัตถุเกิดงาน
- (b) ผลักวัตถุไปข้างหน้าตามพื้นราบ ขณะเคลื่อนที่แนวแรงทำมุมกับพื้นผิวสัมผัส (F ทำมุมกับ  $s$  ด้วยมุม  $\theta$ ) ทำให้เกิดงาน
- (c) วัตถุเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ออกแรงต้านการเคลื่อนที่ (F ทำมุมกับ  $180^\circ$  กับ  $s$ ) ทำให้เกิดงาน และงานมีค่าเป็นลบ
- (d) วัตถุเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ออกแรงกดวัตถุ (F ทำมุม  $90^\circ$  กับ  $s$ ) ไม่ทำให้เกิดงาน



[shorturl.at/lmEPS](https://shorturl.at/lmEPS) ตัวอย่างการเขียนสมการงาน

ตัวอย่างที่ 6.1 ออกแรง 15 N เลื่อนหนังสือให้เคลื่อนที่ไปบนโต๊ะ ห่างจากจุดเดิม 0.4 m ต้องใช้งานเท่าไร



ภาพที่ 6.3 งานจากการเลื่อนหนังสือไปบนโต๊ะ  
 ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 220)

โจทย์กำหนด  $F = 15 \text{ N}$ ,  $s = 0.4 \text{ m}$

วิธีทำ

$$W = F s$$

$$= 15 \times 0.4 \text{ N}\cdot\text{m}$$

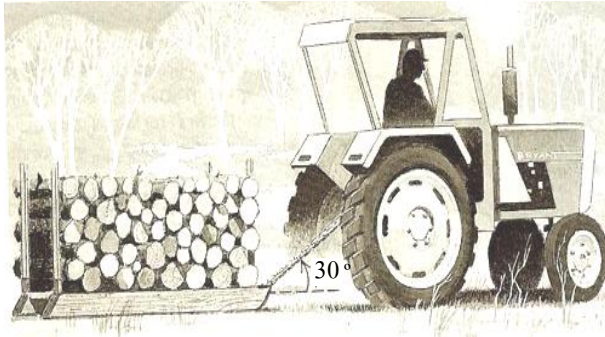
$$= 6 \text{ N}\cdot\text{m}$$

[shorturl.at/opxUW](https://shorturl.at/opxUW)



$\therefore$  งานที่เกิดจากการเลื่อนหนังสือ 6 นิวตันเมตร

**ตัวอย่างที่ 6.2** จงหางานสุทธิของรถแทรกเตอร์ ออกแรงลาก 5,000 N ลากแท่งฟืน ทำมุมกับพื้นราบ  $30^\circ$  มีแรงเสียดทาน 3,500 N ถ้าเคลื่อนที่ได้ 30 m



[shorturl.at/fnyF5](https://shorturl.at/fnyF5)

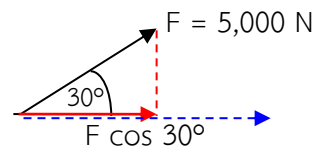
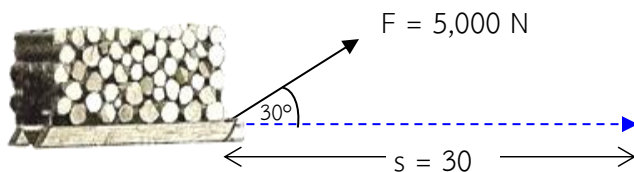


ภาพที่ 6.4 รถแทรกเตอร์ลากแท่งฟืน

ที่มา (ปิยพงษ์ ลีทริคิง, 2547, หน้า 168)

โจทย์กำหนด  $F = 5,000 \text{ N}$ ,  $s = 30 \text{ m}$ ,  $f = 3,500 \text{ N}$

วิธีทำ 1) หาจาก แรงของรถแทรกเตอร์



รูปอิสระ

จากสูตร

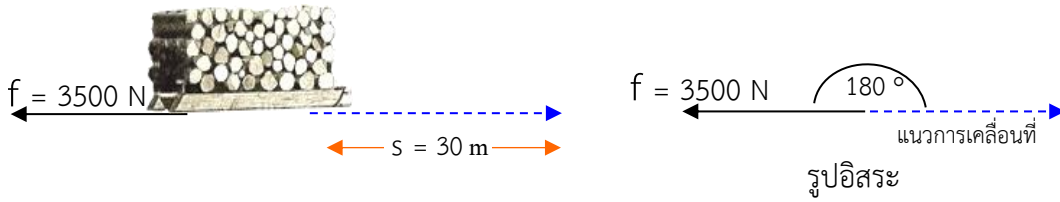
$$W_F = F \cos 30^\circ s$$

$$= 5,000 \times 0.87 \times 30 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$= 130,500 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$\therefore$  งานที่เกิดจากรถแทรกเตอร์ลากแท่งฟืน 130,500 นิวตันเมตร

วิธีทำ 2) หางานจาก แรงเสียดทานของแท่งฟืน



จากสูตร

$$\begin{aligned}
 W_f &= f \cos 180^\circ s \\
 &= 3,500 \times (-1) \times 30 \text{ N}\cdot\text{m} \\
 &= -104,970 \text{ N}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

(เครื่องหมายลบ หมายถึง งานของแรงต้านการเคลื่อนที่ ทิศทางแรงสวนทางกับระยะทางที่เคลื่อนที่)

∴ งานที่เกิดจากแรงเสียดทานลากแท่งฟืน 104,970 นิวตันเมตร

วิธีทำ 3) หางานจาก แรงสุทธิ

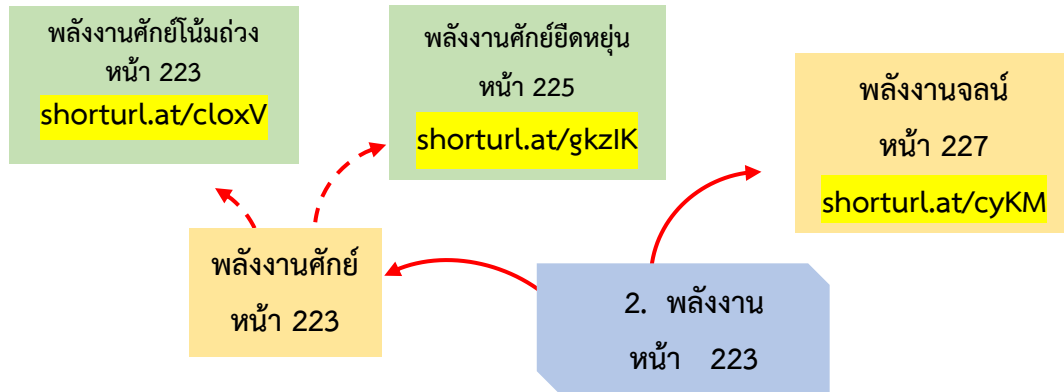
$$\begin{aligned}
 W &= W_f - W_f \\
 &= 130,500 - 104,970 \\
 &= 25,530 \text{ N}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

∴ งานที่เกิดจากแรงสุทธิ 25,530 นิวตันเมตร หรือ 25.53 กิโลจูล

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 6.1



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > งาน : Work sheet หน่วย 6 > หน้า 237



## 2. พลังงาน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถที่อยู่ในตัวของสิ่งนี้อาจให้แรงได้ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2542, หน้า 771)

พลังงานมีหลายรูป พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นหรืองานได้ เช่น เปลี่ยนจากพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเปลี่ยนจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ ถ้ากล่าวว่ “วัตถุชนิดหนึ่งมีพลังงาน” หมายความว่า “วัตถุนั้นสามารถทำงานได้” และถ้าวัตถุนั้นๆ เกิดงานจะต้องใช้พลังงานเท่ากับงานที่ทำ เช่น วัตถุที่วางอยู่บนโต๊ะ เมื่อตกลงมาถูกเท้าของเรา จะรู้สึกเจ็บ เพราะ วัตถุนั้นมีพลังงานแฝงไว้ในรูปพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อวัตถุที่มีน้ำหนักเคลื่อนที่ลงมาจึงเกิดงาน พลังงาน เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น จูล ( J ) หรือ นิวตันเมตร (N.m ) ในทางกลศาสตร์ แบ่งพลังงานเป็น 2 ชนิด คือ พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ รวมเรียกว่า พลังงานกล มีสาระสำคัญ ดังนี้



shorturl.at/cloxV

### 2.1 พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่มีค่าขึ้นอยู่กับตำแหน่ง และมีอยู่ในวัตถุซึ่งอยู่ในสนามของแรงอนุรักษ์ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงยืดหยุ่น น้ำกักเก็บไว้ในเขื่อน ลูกมะพร้าวที่อยู่บนต้น หนูที่ขึ้นสายไว้เตรียมยิง พลังงานศักย์แบ่งตามชนิดของแรงอนุรักษ์ ได้แก่

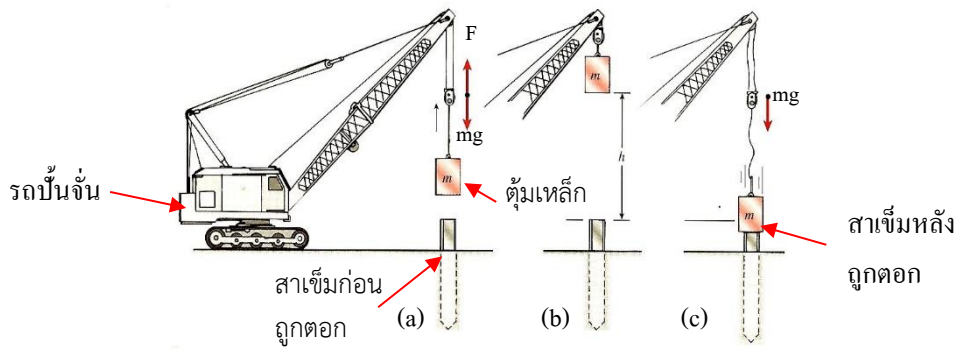
**2.1.1 พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitation Potential Energy)** เป็นพลังงานที่อยู่ในวัตถุและอยู่ภายใต้ แรงโน้มถ่วงของโลก ค่าของพลังงานขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากระดับอ้างอิงกับน้ำหนักของวัตถุ ดังภาพที่ 8.5 รถปั่นจั่นตอกเสาเข็ม ในการยกตุ้มเหล็กมวล  $m$  ขึ้นสูง  $h$  จากระดับอ้างอิง ต้องใช้แรงหรือทำงานเท่ากับ  $mgh$  งานนี้จะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานสะสมในวัตถุเรียกว่า

“ พลังงานศักย์โน้มถ่วง ” เพราะเมื่อปล่อยให้ตุ้มเหล็กเคลื่อนอย่างเสรีแรงโน้มถ่วงจะทำให้ตุ้มเหล็กตกลงสู่ระดับอ้างอิงและเกิดงานจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ  $mgh$  พลังงานศักย์โน้มถ่วง แทนด้วยสัญลักษณ์  $E_p$

จากสมการของงาน

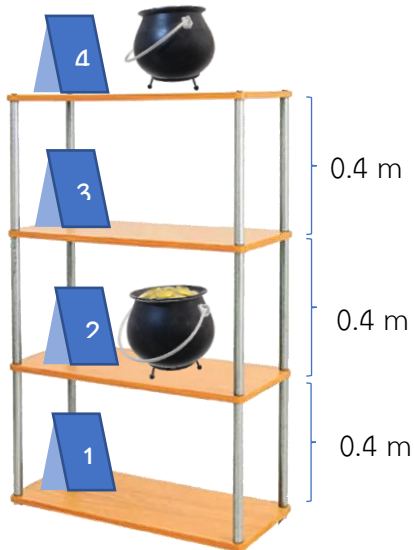
$$W = F s$$

เขียนเป็นสมการพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้ว่า  $E_p = mgh$



ภาพที่ 6.5 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลูกตุ้มเหล็ก  
ที่มา (Tippens P.E, 2007, p. 283)

พลังงานศักย์โน้มถ่วง ของวัตถุ มวล 2 kg วางอยู่บนชั้นด้านบนแต่ละชั้นมีความสูง 0.4 เมตร  
ดังภาพ 6.6 ขนาดของพลังงานศักย์แต่ละชั้น เมื่อใช้พื้นล่างเป็นจุดอ้างอิง



จากสมการ  $W = F s$

งานชั้น 4 บนสุด  $W = mgh$   
 $= (2)(10)(1.2)$   
 $= 24 \quad \text{Nm}$

งานชั้น 3  $W = mgh$   
 $= (2)(10)(0.8)$   
 $= 16 \quad \text{Nm}$

งานชั้น 2  $W = mgh$   
 $= (2)(10)(0.4)$   
 $= 8 \quad \text{Nm}$

งานชั้น 1 (พื้นล่างสุด)  $W = mgh$   
 $= (2)(10)(0)$   
 $= 0 \quad \text{Nm}$

ภาพที่ 6.6 พลังงานศักย์โน้มถ่วงของหม้อ  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2564, หน้า 224)

ตัวอย่างที่ 6.3 กระดาษต้นไม้มีมวล 28 kg อยู่บนตึกสูง 20 m พลังงานศักย์โน้มถ่วง มีขนาดเท่าไร เมื่อใช้พื้นล่างเป็นจุดอ้างอิง

โจทย์กำหนด  $m = 28 \text{ kg}$  ,  $h = 20 \text{ m}$ .

วิธีทำ จากสมการ  $E_p = mgh$

$$= (28)(10)(20)$$

$$= 5,600 \text{ J}$$

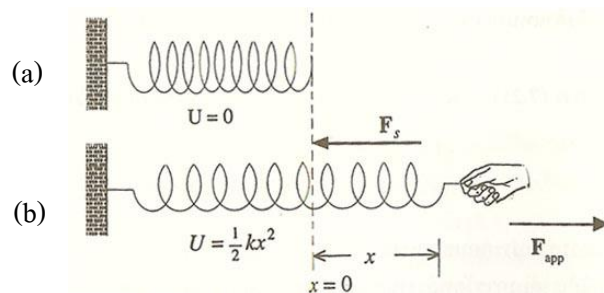
∴ พลังงานศักย์โน้มถ่วง มีขนาด 5,600 จูล (J) หรือ 5.6 กิโลจูล (kJ)



[shorturl.at/gkzIK](https://shorturl.at/gkzIK)

### 2.1.2 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy) เป็นพลังงานที่แฝง

อยู่ในวัตถุที่มีความยืดหยุ่นซึ่งถูกดึงให้ยืดออก หรือ ถูกบีบอัดให้หดสั้นลง เช่น นายพรานขึ้นสายธนู การยืดสปริงเมื่อปล่อยสายธนู หรือ ปล่อยสปริงกลับคืนตำแหน่งเดิม แรงยืดหยุ่นในสายธนูทำงาน ส่งผลให้ลูกธนูเคลื่อนที่ออกไป ขณะที่แรงยืดหยุ่นของสปริงทำงานสามารถทำให้วัตถุที่ติดปลายสปริงเคลื่อนที่ไปได้เช่นกัน พลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่ากับงานที่ใช้ทำให้วัตถุที่มีความยืดหยุ่นนั้นเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิม หรือเท่ากับงานที่แรงยืดหยุ่นทำเพื่อกลับคืนสู่รูปร่างเดิม



ภาพที่ 6.7 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น จากการออกแรงดึงสปริงให้ยืดออก  
ที่มา (ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก, 2539, หน้า 126)

ภาพที่ 6.6 (a) สปริงอยู่ในตำแหน่งปกติ ระยะยืดสปริงมีค่าเป็น 0 ดังนั้นเมื่อไม่มีการดึงสปริง จึงไม่มีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ( $E_p = 0$ ) ส่วนภาพ (b) ออกแรงดึงสปริง ทำให้สปริงยืดออก มีระยะ  $x$  เมตร แรงที่ดึงสปริงมีค่าไม่คงตัวซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ค่าหนึ่งๆ จึงต้องหาแรงเฉลี่ย ( $\frac{0+F}{2}$ )

$$E_p = \frac{Fs}{2} \dots\dots\dots (6.1)$$

นอกจากนี้แล้วขนาดของแรงที่ใช้ในการยืดสปริงแต่ละตัว มีผลต่อระยะยืดของสปริงที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความแข็งของสปริง จึงจำเป็นต้องหาค่าคงตัวของสปริงแต่ละตัวด้วย เรียกว่า **ค่านิจสปริง (k)**

ค่านิจสปริง คืออัตราส่วนของแรง ต่อระยะที่สปริงยืดออก เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$k = \frac{F}{s} \text{ หน่วย N/m} \dots\dots\dots (6.2)$$

หรือ  $F = ks \dots\dots\dots (6.3)$

นำค่า F ในสมการที่ (6.3) แทนลงในสมการ (6.1) ได้

$$E_p = \frac{1}{2} ks^2 \dots\dots\dots (6.4)$$

$E_p$  แทน พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง หน่วย นิวตัน เมตร (N•m )

F แทน แรง หน่วย นิวตัน (N)

s แทน ระยะยืดหรือระยะหดของสปริง หน่วย เมตร (m)

k แทน ค่านิจสปริง หน่วย นิวตันต่อเมตร (N/m)

**ตัวอย่างที่ 6.4** สปริงอันหนึ่งใช้แรงดึงสปริงยืดออก 20 cm ถ้าออกแรงใช้ยืด 40 N พลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีขนาดเท่าไร

โจทย์กำหนด  $E_p = ?$

$$s = 20 \text{ cm.} = \frac{20}{100} \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

$$F = 40 \text{ N}$$

$$k = ?$$

วิธีทำ 1 หาค่านิจสปริง (k) จากสมการ (6.2)

$$k = \frac{F}{s} \text{ หน่วย N/m}$$

$$\text{แทนค่าได้ } k = \frac{40}{0.2}$$

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

วิธีทำ 2 หาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ( $E_p$ ) จากสมการ (6.4)

$$E_p = \frac{1}{2} ks^2$$

$$\text{แทนค่าได้ } E_p = \frac{1}{2} (200)(0.2)(0.2)$$

$$= 4 \text{ J}$$

∴ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น มีขนาด 4 จูล (J)



shorturl.at/cyKMZ



## 2.2 พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) คือ พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่ เช่น รถที่กำลังเคลื่อนที่ ลูกบอลที่ขว้างออกไป เม็ดฝนที่ตกสู่พื้น วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\text{เขียนสมการได้ว่า} \quad F = ma \quad \dots\dots\dots (6.5)$$

$$\text{จากสมการของงาน} \quad W = F s \quad \dots\dots\dots (6.6)$$

นำค่า  $F$  ในสมการ (8.5) แทนลงในสมการ (6.6) จะได้

$$W = ma s \quad (\text{เมื่อ } s \text{ หาขนาดจาก } v^2 - u^2 = 2as)$$

$$= m \frac{v^2 - u^2}{2}$$

$$= m \frac{v^2}{2} - \frac{mu^2}{2}$$

ดังนั้น

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots\dots\dots (6.7)$$

$E_k$  แทน พลังงานจลน์ หน่วย จูล (J) หรือ นิวตัน เมตร (N·m)

$m$  แทน มวล หน่วย กิโลกรัม (kg)

$v$  แทน อัตราเร็ว หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

**ตัวอย่างที่ 6.5** รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 2,000 kg วิ่งด้วยความเร็ว 108 km/h มีพลังงานจลน์เท่าไร  
โจทย์กำหนด  $E_k = ?$

$$v = 108 \text{ km/h} = \frac{108 \text{ km} \times 1000 \text{ m}}{1 \text{ h} \times 60 \text{ m} \times 60 \text{ s}} = 30 \text{ m/s}$$

$$m = 2,000 \text{ kg}$$

วิธีทำ หาพลังงานจลน์ จากสมการ (8.7)

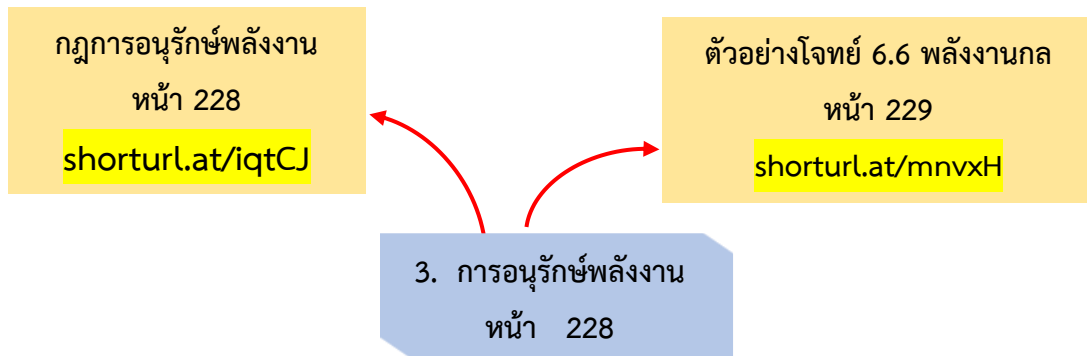
$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} (2,000)(30)^2 \\ &= 900,000 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ พลังงานจลน์ของรถยนต์ 900,000 จูล หรือ 900 กิโลจูล

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 6.2



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > งาน : Work sheet หน่วย 6 > หน้า 237



shorturl.at/iqtCJ

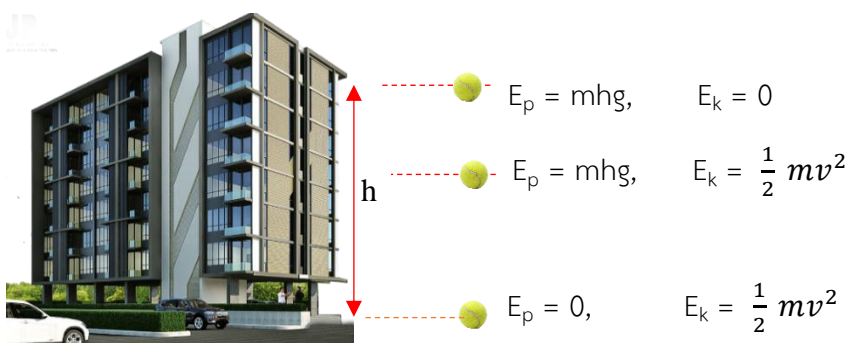


### 3. การอนุรักษ์พลังงาน

พลังงานเป็นสิ่งที่เปลี่ยนรูปได้ จากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่ง เช่น พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี พลังงานเคมีเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (<https://www.youtube.com/watch?v=PPIrZHKmWUI>) รวมทั้งพลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์

ความหมายของกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy) เป็นสถานะของพลังงานที่ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ หรือถูกทำลายได้ แต่มันเปลี่ยนรูปจากพลังงานรูปแบบหนึ่งเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ (J.M.K.C. Donev et al., 2021). ซึ่งอธิบายได้ว่า พลังงานของระบบจะมีค่าเท่าเดิมเสมอเมื่อพลังงานป้อนเข้าจะมีค่าเท่ากับพลังงานที่ส่งออก เว้นแต่ว่าพลังงานอาจจะถูกเพิ่มจากภายนอกเข้ามาสู่ระบบ

ตัวอย่างของการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งสูงสุดพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่าสูงสุด ในขณะที่พลังงานจลน์มีค่าเป็น 0 แต่เมื่อปล่อยวัตถุให้เคลื่อนที่ลงภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก พลังงานศักย์โน้มถ่วงลดลงแต่พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ผลรวมของพลังงานทั้งสองในทุก ๆ ตำแหน่งที่เคลื่อนจะมีผลให้พลังงานกลเท่ากันในระบบของการทำงานนั้น ซึ่งเป็นหลักการทรงพลังงานกล



ภาพที่ 6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วง กับพลังงานจลน์  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2564, หน้า 228)

ภาพที่ 6.8 ปล่อยวัตถุที่มีน้ำหนัก ให้ตกลงจากอาคารที่มีความสูง  $h$  เมตร พลังงานศักย์โน้มถ่วงสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ดังนี้

จุดบนสุด  $E_p$  มีค่าสูงสุด ขณะที่  $E_k = 0$

เมื่อเคลื่อนที่ลงมา ทำให้  $E_p$  ลดลง และ  $E_k$  เพิ่มขึ้น

เมื่อเคลื่อนที่ถึงจุดสัมผัสพื้น ทำให้  $E_p = 0$  และ  $E_k$  มีค่าสูงสุด

ถ้านำ  $E_p$  รวมกับ  $E_k$  ผลลัพธ์จะมีค่าเท่ากันทุก ๆ จุดที่เคลื่อนที่ ซึ่งพลังงานกล เขียนเป็นสมการได้ว่า  $E = E_p + E_k$  ดังนั้นพลังงานกล หมายถึง การรวมพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ซึ่งพลังงานศักย์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ได้

กฎการอนุรักษ์พลังงานกล หรือ การทรงพลังงานกล (Conservation of Mechanical Energy) กล่าวได้ว่า “พลังงานกลของระบบย่อมมีค่าคงตัวเสมอ เมื่อพลังงานจลน์ของระบบเพิ่มขึ้น (หรือลดลงเท่าใด) พลังงานศักย์ของระบบจะลดลง (หรือ เพิ่มขึ้น) เท่านั้น ” (ปรเมษฐ์ ปัญญา เหล็ก, 2539, หน้า 129)

**ตัวอย่างที่ 6.6** ลูกตุ้มน้ำหนัก 3 kg ตกจากต้น ที่สูง 3.2 m

- จงหา 1) พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูงสุด
- 2) พลังงานกลที่จุดสูงสุด
- 3) ความเร็วที่ตกถึงพื้น

ตัวอย่างที่ 6.6

[shorturl.at/mnvxH](https://shorturl.at/mnvxH)



**วิธีทำ** ข้อที่ 1) หาขนาดของพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่ออยู่บนต้นมะพร้าว

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad E_p &= mgh \\ &= 3 (10) (3.2) \\ &= 96 \quad \text{J} \end{aligned}$$

∴ พลังงานศักย์โน้มถ่วง 96 จูล

ข้อที่ 2) หาขนาดของพลังงานกล

$$\begin{aligned} E &= E_p + E_k \\ &= 96 + 0 && (E_k \text{ จุดสูงสุดมีค่าเป็น } 0) \\ &= 96 \quad \text{J} \end{aligned}$$

∴ พลังงานกล 96 จูล

ข้อที่ 3) หาความเร็วที่ตกถึงพื้น

เมื่อเลือกพื้นเป็นระดับอ้างอิง จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน

$$E_p = E_k \quad (\text{พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูงสุด} = \text{พลังงานจลน์ที่จุดกระทบพื้น})$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$3(10)(3.2) = \frac{1}{2}(1)(v^2)$$

$$184 = v^2$$

$$v = 13.6 \quad \text{m/s}$$

ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 6.1



ใบงานกิจกรรมศึกษา 6.1 > ผลของพลังงานศักย์ > Work sheet หน่วย 6 หน้า 240

ศึกษาเพิ่มเติม  
งาน และพลังงานจลน์



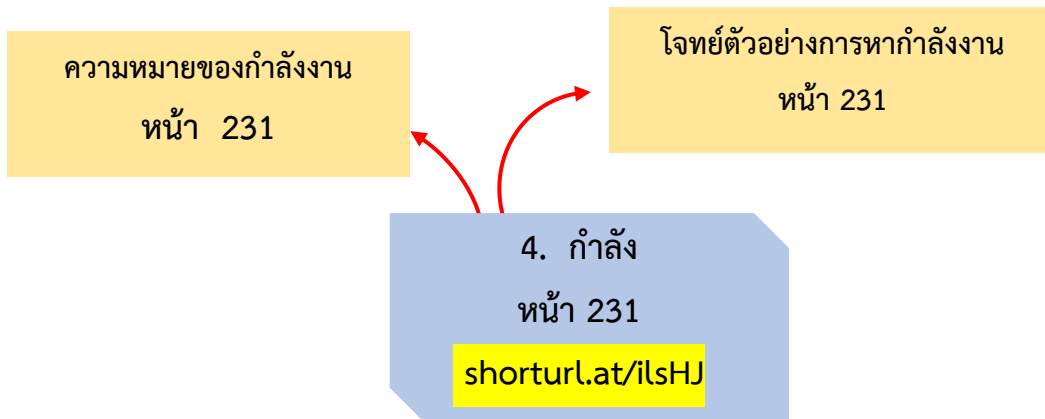
<https://www.youtube.com/watch?v=bZPG-AvDrSY>

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 6.3



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > การอนุรักษ์พลังงาน : Work sheet หน่วย 6 > หน้า 243



[shorturl.at/ilsHJ](https://shorturl.at/ilsHJ)



#### 4. กำลัง

การทำงานของเครื่องยนต์ต้องใช้พลังงาน และต้องมีกำลังเพียงพอที่เครื่องยนต์จะทำงานได้ตามเวลาที่ต้องการ

กำลัง (Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานภายในหน่วยเวลาหนึ่ง

เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{หน่วย } \frac{J}{s} \text{ หรือ วัตต์ (w)}$$

$$P = \frac{Fs}{t} \quad (\text{เมื่อ } w = Fs)$$

$$P = Fv \quad (\text{เมื่อ } v = \frac{s}{t})$$

กำลัง หน่วย วัตต์ เปรียบเทียบกับหน่วย hp (กำลังม้า)

$$1 \text{ kw} = 1,000 \text{ w}$$

$$1 \text{ hp (กำลังม้า) } = 550 \text{ ft. lb/s}$$

$$1 \text{ hp (กำลังม้า) } = 746 \text{ watt (w)}$$

**ตัวอย่างที่ 6.7** เครื่องยนต์ของรถยนต์เครื่องหนึ่งบอกกำลังไว้ 1 กำลังม้า บรรทุกของ 120 kg ให้เคลื่อนที่ได้ 100 m ในเวลา 5 นาที กำลังของเครื่องยนต์พอเพียงต่อการทำงานหรือไม่ (1 hp (กำลังม้า) = 746 w)

โจทย์กำหนด  $P = ?$

$$F = mg = (120)(10) = 1,200 \text{ N (เป็นน้ำหนักของสัมภาระ)}$$

$$t = 5 \text{ min} \times 60 \text{ s} = 300 \text{ s}$$

วิธีทำ  $P = \frac{W}{t}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Fs}{t} \\
 &= \frac{1,200(100)}{300} \\
 &= 400 \text{ w}
 \end{aligned}$$

∴ กำลังงาน 400 วัตต์

กำลังเครื่องยนต์พอเพียงต่อการทำงาน เนื่องจากกำลังที่ใช้ทำงานจริง (บรรทุกัมภาระ 1200 N เมื่อเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 100 เมตร ในเวลา 5 นาที) ต้องใช้กำลัง 400 w ซึ่งกำลังของเครื่องยนต์ระบุไว้ 1 กำลังม้า หรือ 746 w

### กิจกรรมเรียนรู้ที่ 6.4



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > การอนุรักษ์พลังงาน : work sheet หน่วย 6 > หน้า 244

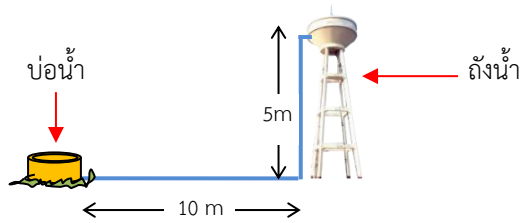
## 5. การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การยิงลูกหินด้วยหนังสายสามารถทำให้ลูกหินเคลื่อนที่ได้ไกลเนื่องจากหนังสายมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นสะสมไว้มาก พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้น เมื่อปล่อยลูกหิน จึงมีพลังงานมากตามไปด้วย พลังงานเกิดจากแรงคูณด้วยระยะทาง ( $W = Fs$ ) โดยใช้แรงเฉลี่ยดึงสายให้ยืดออก ยางมีค่าคงตัวของการยืดหยุ่น (ค่านิจ) ถ้ายางกว้างและหนา ทำให้ค่านิจแตกต่างจากขนาดของหนังสายที่บาง และเล็ก ถ้าออกแรงยืดหนังสายมาก และยืดได้ไกล จะทำให้ลูกหินมีพลังงานสูง

พลังงานศักย์ยืดหยุ่นบนหนังสาย (หนังสติ๊ก) มีค่าเท่ากับงานที่มีทำให้หนังสายยืดออก ดังนั้น ถ้าต้องการให้หนังสายมีพลังงานสูง จะต้องหาทางเพิ่มงานในการดึงยาง (จำพรณ รักษศรีอักษร, 2545, หน้า 14)

เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นจำเป็นสำหรับทุกบ้านเรือน แต่การพิจารณาซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าเรามักตัดสินใจเลือกซื้อตามที่คุณขายแนะนำ ในบางครั้ง จึงทำให้เราซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟมากเกินไป การใช้งาน จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งเราไม่เคยคำนวณหาค่ากำลังงานที่ใช้ เช่น การพิจารณาซื้อเครื่องสูบน้ำ ควรซื้อให้ตรงกับขนาดกำลังงานที่ใช้ เราสามารถอ่านค่ากำลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบนตัวเครื่องระบุด้วยหน่วยวัตต์ หรือ กำลังม้า

**ตัวอย่างที่ 6.8** ต้องการสูบน้ำจากบ่อที่ห่างจากถังเก็บน้ำในระยะ 10 m และสูบขึ้นถังเก็บน้ำที่ระยะความสูง 5 m และถังน้ำสามารถบรรจุน้ำได้ 2,000 kg ถ้าต้องการใช้เวลาในการปั้มน้ำนาน 10 นาที อยากทราบว่ากำลังของปั้มน้ำควรใช้กี่วัตต์ กำหนดให้เครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพ 70 %



ภาพที่ 6.9 สูบน้ำจากบ่อ ขึ้นบนถังน้ำ

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวิวัฒนะ, 2554, หน้า 233)

โจทย์กำหนด  $s = 10 \text{ m}$  ,  $h = 5 \text{ m}$  ,  $m = 2,000 \text{ kg}$  ,

$t = 10 \text{ นาที} = 10 \times 60 \text{ วินาที}$

$F = 2,000 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 20,000 \text{ N}$

วิธีทำ จากสมการ 
$$P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{(2,000)(10)(5)}{(10)(60)}$$

$$= \frac{500}{3} \text{ w}$$

$\therefore$  กำลังงานจากการสูบน้ำ 166.67 วัตต์

ในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ จะมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งในรูปของความร้อน ดังนั้นจึงต้องหาประสิทธิภาพของกำลังงาน โดยคิดว่าถ้าเครื่องสูบน้ำทำงานได้เพียง 70 % จะต้องใช้กำลังที่ป้อนเข้าของเครื่องกี่วัตต์ เมื่อกำลังที่เครื่องสามารถป้อนงานออกมาได้ 500 w

วิธีทำ จากสมการ 
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100$$

$$70 \% = \frac{500/3}{P_i} \times 100$$

$$P_i = \frac{500/3}{70} \times 100$$

$$P_i = 238 \text{ w}$$

$\therefore$  จะต้องซื้อเครื่องสูบน้ำกำลังงาน 238 วัตต์ (ในท้องตลาดมีจำหน่ายขนาด 238 วัตต์ หรือ 1 กำลังม้า นำมาใช้ในการสูบน้ำ)

## บทสรุป

งาน หมายถึง ผลของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับแรง งานเป็นปริมาณสเกลาร์ เขียนเป็นสมการได้ว่า  $W = F s$  หน่วย จูล (J)

การพิจารณาการเกิดงาน มีหลักการดังนี้

- 1) มีแรงกระทำต่อวัตถุ
- 2) วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง โดยระยะทางอยู่ในแนวเดียวกับแรง

พลังงาน หมายถึง ความสามารถที่อยู่ในตัวของสิ่งนี้อาจให้แรงได้ ทางกลศาสตร์พลังงานแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ รวมเรียกว่า พลังงานกล เขียนสมการได้ดังนี้

$$E_p = mgh \quad (\text{พลังงานศักย์โน้มถ่วง})$$

$$E_p = \frac{1}{2} k s^2 \quad (\text{พลังงานศักย์ยืดหยุ่น})$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (\text{พลังงานจลน์})$$

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง พลังงานเป็นสิ่งที่เปลี่ยนรูปได้ จากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่ง เช่น พลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานไม่สูญหายแต่เปลี่ยนรูปได้ ถ้านำพลังงาน ศักย์โน้มถ่วงรวมกับพลังงานจลน์ ผลลัพธ์จะมีค่าเท่ากันทุกๆ จุดที่เคลื่อนที่ ซึ่งพลังงานกลเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$E = E_p + E_k$$

กำลัง (Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ภายในหน่วยเวลาหนึ่ง เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{หน่วย } \frac{J}{s} \text{ หรือ วัตต์ (w)}$$

$$P = \frac{Fs}{t} \quad (\text{เมื่อ } w = Fs)$$

$$P = Fv \quad (\text{เมื่อ } v = \frac{s}{t})$$

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 6



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายหน่วย : Work sheet หน่วย 6 > หน้า 245

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 6



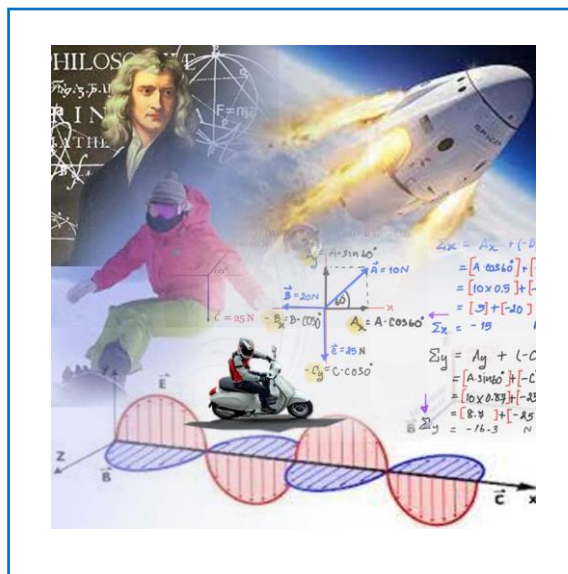
ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 6 > Work sheet หน่วย 6 > หน้า 247



# เอกสารใบงาน

หน่วย 6 งาน พลังงาน และกำลัง

## Work Sheet



## กิจกรรมเรียนรู้

## กิจกรรมเรียนรู้ 6.1

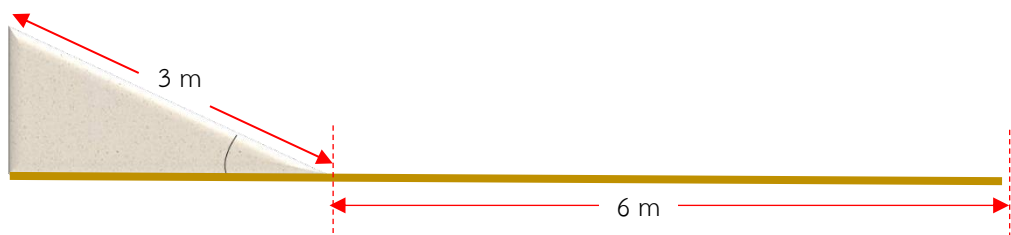
ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ งาน (Link Text หน้า 222)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมายของงานได้
2. นักเรียนสามารถหาขนาดของงานได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. งาน หมายถึง.....
2. จงพิจารณาว่า เหตุการณ์ใดทำให้เกิดงาน
  - 2.1 ) แม่ลากรรถเข็นเด็กให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ.....
  - 2.2 ) ออกแรง เตะลูกวอลเลย์ ในแนวดิ่ง.....
  - 2.3 ) การเร่งความเร็วของรถให้เร็วขึ้น.....
  - 2.4 ) แบกถุงข้าวสารเดินไปบนพื้นราบ.....
  - 2.5) ออกแรงปั่นจักรยานได้ระยะทาง 200 เมตร.....
3. แบกถุงข้าวสารที่มีน้ำหนัก 50 N เดินไปบนพื้นราบ 6 m และเดินขึ้นบันไดที่มีพื้นเอียง  $30^\circ$  ได้ระยะทางบนพื้นเอียง 3 เมตร จงหางานสุทธิ



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมเรียนรู้

## กิจกรรมเรียนรู้ 6.2

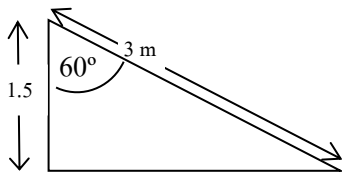
ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ พลังงาน (Link Text หน้า 227)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมายของพลังงานแต่ละรูปแบบได้
2. นักเรียนสามารถหาขนาดของพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น พลังงานจลน์ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. พลังงาน หมายถึง.....
  - 1.1 พลังงานศักย์โน้มถ่วง หมายถึง.....
  - 1.2 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น หมายถึง.....
  - 1.3 พลังงานจลน์ หมายถึง.....
  
2. จงจำแนกชนิดของพลังงาน จากเหตุการณ์ที่กำหนดให้
  - 2.1 ) เครื่องบินมีระดับเพดานบิน 25,000 ฟุต จากพื้นโลก.....
  - 2.2 ) ปาก้อนหินไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 3 m/s.....
  - 2.3 ) เล็งวัตถุ ด้วยหนังยางยืด โดยใช้ก้อนหินเพื่อยิงวัตถุ.....
  
3. แบบลูกข่าวสารที่มีมวล 20 kg เดินขึ้นพื้นเอียงที่มีความสูง 1.5 m พลังงานศักย์ มีขนาดเท่าไร



.....

.....

.....

.....

.....

4. หนังสยางรัดถุงอาหาร รับแรง 0.2 N ยืดออก 3 cm

จงหา 1) ค่านิจสปริง (k) ของหนังสยาง

2) พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของหนังสยาง

.....

.....

.....

.....

.....

5. รถจักรยานยนต์ มีมวล 200 kg วิ่งมาด้วยความเร็ว 32 m/s จงหาพลังงานจลน์

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมศึกษา


**ใบงานกิจกรรมศึกษา 6.1 > ผลของพลังงานศักย์โน้มถ่วง > แผ่นที่ 1/3**
**สำรวจตรวจสอบพลังงานศักย์โน้มถ่วง > (Link Text หน้า 230)**
**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบการเกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้
2. นักเรียนสรุปลักษณะและความสัมพันธ์ของมวล ระยะทาง และพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้
3. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบพลังงานศักย์โน้มถ่วงด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

**การจัดการเรียนรู้**

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง
3. ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

**ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง**

“ พลังงานศักย์โน้มถ่วง ” เพราะเมื่อปล่อยให้ตุ้มเหล็กเคลื่อนอย่างเสรีแรงโน้มถ่วงจะทำให้ตุ้มเหล็กตกลงสู่ระดับอ้างอิงและเกิดงานจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ  $mgh$  พลังงานศักย์โน้มถ่วง แทนด้วยสัญลักษณ์ด้วย  $E_p$  จากสมการของงาน  $W = Fs$

เขียนเป็นสมการพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้ว่า  $E_p = mgh$

**คำถามก่อนทดลอง**

1. สิ่งใดส่งผลต่อการระยะทางที่เคลื่อนที่ลง
2. เมื่อนักเรียนคำนวณหาขนาดของพลังงานศักย์โน้มถ่วง ผลลัพธ์ไม่เท่ากันเป็นเพราะสิ่งใด

**สมมติฐานการสำรวจตรวจสอบพลังงานศักย์โน้มถ่วง**

.....  
 .....

**อุปกรณ์**

1. ไม้บรรทัดความยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 1 อัน เจาะรูด้านบนไม้บรรทัดเพื่อคล้อง  
 หนึ่งยาง
2. หนึ่งยางวงใหญ่ 2 - 3 เส้น

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 6.1 &gt; ผลของพลังงานศักย์โน้มถ่วง &gt;

แผ่นที่ 2/3

3. นี้อต มวล 2 กรัม จำนวน 20 ตัว
4. ลูกพลาสติก ขนาดเล็ก บรรจุนอต 5 ตัว จำนวน 3 ลูก ผู้เชื่อกให้สามารถคล้องตะขอ  
เกี่ยวได้ (ซึ่งมวลแต่ละลูก ซึ่งควรมีมวลที่เท่ากันทั้ง 3 ลูก)
5. ตะขอเกี่ยวหนึ่งยาง จำนวน 1 อัน

## วิธีทดลอง

1. ปลายด้านล่างของหนึ่งยาง คล้องขอเกี่ยว เพื่อนำมวลวัตถุคล้องขอเกี่ยว
2. สังเกตระยะเริ่มต้นของหนึ่งยางก่อนใส่มวลวัตถุ บันทึกระยะทางเริ่มต้น
3. เพิ่มขนาดมวลนอตให้เพิ่มขึ้น ครั้งละ 5 ตัว ใส่ลงในลูกพลาสติกใส นำลูกพลาสติกคล้องที่  
ตะขอเกี่ยว สังเกตหนึ่งยางที่ยืดออกของจุดคล้องลูกมวลนอต บันทึกระยะทางที่ยืดออก
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 แต่เพิ่มลูกพลาสติกบรรจุนอต (ลูกละ 5 ตัว) สังเกตระยะทางที่หนึ่งยางยืดออก
5. ทำซ้ำ ข้อ 1-3 แต่เพิ่มลูกพลาสติกบรรจุนอต เป็นลูกที่ 3 สังเกตระยะทางที่หนึ่งยางยืดออก
6. บันทึกผลลงในตาราง คำนวณหาขนาดพลังงานศักย์ในแต่ละขั้นตอนการทดลอง
7. สรุปผล และตอบคำถามก่อนการทดลอง

## บันทึกผลการทดลอง

	m	$h_1$	$h_2$	$h_2-h_1$	mgh
จำนวนลูกบรรจุนอต	มวล (g)	ระยะทาง เริ่มต้น (cm)	ระยะทาง ยืดออก (cm)	ผลต่างของ ระยะทาง (cm)	
1 ลูก					
2 ลูก					
3 ลูก					

\*\* กำหนด  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

**ใบงานกิจกรรมศึกษา 6.1 > ผลของพลังงานศักย์โน้มถ่วง >**
**แผ่นที่ 3/3**
**การประเมินผล > สำรวจตรวจสอบพลังงานศักย์โน้มถ่วง >**

ระดับคะแนน 5 – ดีมาก 4 – ดี 3 – ปานกลาง 2 – น้อย 1 – น้อยมาก, ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบผลของพลังงานศักย์โน้มถ่วง	5	-	-
2. แสดงทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของผลการสำรวจตรวจสอบ		5	
4. ผลสรุปของการสำรวจตรวจสอบผลของพลังงานศักย์โน้มถ่วง		5	
5. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
6. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
7. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
8. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
9. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย รอบคอบ และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	10	10
เฉลี่ย	10 คะแนน		

สมาชิกกลุ่ม

1. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
2. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
3. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
4. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
5. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ต้องปรับปรุง : .....

.....

### กิจกรรมเรียนรู้

#### กิจกรรมเรียนรู้ 6.3

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ การอนุรักษ์พลังงาน (Link Text หน้า 230)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมาย และหลักการของการอนุรักษ์พลังงานได้
2. นักเรียนสามารถหาขนาดของพลังงานกลได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. กฎการอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง.....

2. จงอธิบายหลักการอนุรักษ์พลังงาน ของการเปลี่ยนรูปพลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงาน  
จลน์ในขณะที่ลูกบอลเคลื่อนที่ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก.....

3. เมื่อผลแดงโม มีมวล 2 kg ตกจากจุดหยุดนิ่งริมระเบียงตึกที่อยู่สูงจากพื้น 15 เมตร

- จงหา
- 1) พลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูงสุด
  - 2) พลังงานกลที่จุดสูงสุด
  - 3) ความเร็วที่ตกถึงพื้น



## กิจกรรมเรียนรู้

## กิจกรรมเรียนรู้ 6.4

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ กำลัง (Link Text หน้า 232)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถ บอกความหมายของกำลังงานได้
2. นักเรียนสามารถหาขนาดของกำลังงานได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. กำลังงาน หมายถึง.....  
หน่วยของกำลังงาน ได้แก่.....  
กำลังม้า มีค่าเท่ากับกี่วัตต์.....

2. หม้อหุงข้าวไฟฟ้ามีกำลัง 500 วัตต์ ถ้าใช้หุงข้าวในเวลา 20 นาที ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไร

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

3. เด็กคนหนึ่งออกแรง 25 N ผลักเก้าอี้ให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบ แนวนแรงทำมุม  $37^\circ$  กับพื้นราบ สามารถทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 12 m ใช้เวลา 1 นาที กำลังงานของเด็กมีค่าเท่าไร

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

## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 6

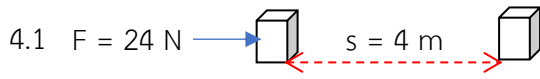
### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายและหลักการของงาน พลังงาน กำลังงานได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของงาน
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของพลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และพลังงานจลน์ได้
4. นักเรียนสามารถบอกหลักการอนุรักษ์พลังงานได้
5. นักเรียนสามารถคำนวณขนาดของกำลังงานได้

### คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. งาน หมายถึง.....
2. พลังงาน หมายถึง .....
3. แยกกระสอบทรายเดินบนพื้นราบ มีงานเกิดขึ้นหรือไม่ จงอธิบาย

### 4. จงหาขนาดงาน จากโจทย์ต่อไปนี้

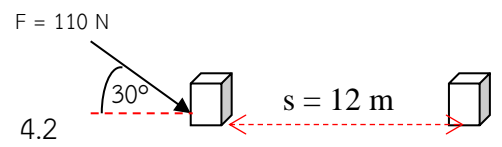


.....

.....

.....

.....

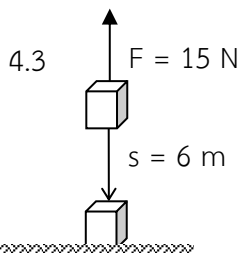


.....

.....

.....

.....

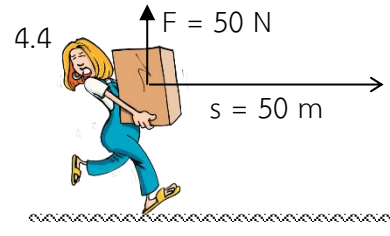


.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

5. การอนุรักษ์พลังงาน มีหลักการอย่างไร จงอธิบาย

.....  
.....

6. ถ้าต้องการเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุที่อยู่บนยอดตึก มาอยู่บนพื้นราบ จะมีพลังงานใดแฝงไว้ สามารถหาพลังงานได้จากสูตรใด

.....  
.....

7. ความเร็วของก้อนหินที่ถูกขว้าง 4 m/s ถ้าก้อนหินมีมวล 20 g พลังงานจลน์ขณะนั้นเป็นเท่าไร

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

8. พลังงานกล ที่อยู่ในระดับต่ำสุด สัมพันธ์กับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานจลน์อย่างไร

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

9. พัดลมตัวหนึ่งมีกำลัง 30 วัตต์ หมายความว่าอย่างไร

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

10. ถ้าใช้พลังงานในการรีดผ้า 45 กิโลจูล ทำงานได้ 5 นาที กำลังของเตารีดมีกี่วัตต์

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

## กระดาษคำตอบ

## แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 6 งาน พลังงาน และกำลังงาน) เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 30)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ  
(คะแนนเต็ม 20)

โจทย์คำถาม หน้า 214 – 217

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคลื่นได้
2. นักเรียนสามารถบอกชนิดของคลื่นได้
3. นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบของคลื่นได้
4. นักเรียนสามารถบอกสมบัติต่างๆ ของคลื่นได้
5. นักเรียนมีทักษะในการตรวจสอบการสะท้อนและการหักเหของคลื่น มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการปฏิบัติการตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. นักเรียนสามารถนำเอาหลักการ และสมบัติของคลื่นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และวิชาชีพได้

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

1. ความหมาย และลักษณะของคลื่น
2. ชนิดของคลื่น
3. องค์ประกอบของคลื่น
4. สมบัติของคลื่น
5. การนำเอาคลื่นไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และงานวิชาชีพ

#### บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 7 คลื่นกล)

เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 30)

คำสั่ง ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย X ลงใน

กระดาษคำตอบ (คะแนนเต็ม 20)

ทำแบบทดสอบก่อนเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/mpzbhxx>



### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคลื่นได้
2. นักเรียนสามารถบอกชนิดของคลื่นได้
3. นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบของคลื่นได้
4. นักเรียนสามารถบอกสมบัติต่างๆ ของคลื่นได้
5. นักเรียนสามารถนำเอาหลักการ และสมบัติของคลื่นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและวิชาชีพได้

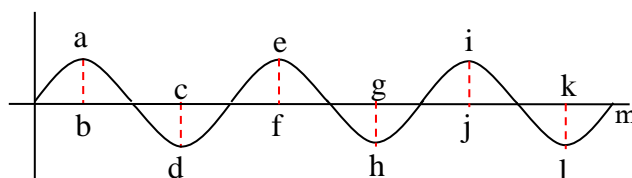
ทำแบบทดสอบหลังเรียนGoogle Form

<https://tinyurl.com/37udp3zp>



1. ข้อใด กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคลื่น
  - ก. คลื่นกล ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่
  - ข. คลื่นดล แม่พลังงานออกทุกทิศทุกทาง
  - ค. คลื่นทุกชนิดจัดเป็นคลื่นต่อเนื่อง
  - ง. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต้องใช้ตัวกลางเคลื่อนที่
2. การสับัดเชิงอกจัดเป็นคลื่นชนิดใด
  - ก. คลื่นตามยาว
  - ข. เคลื่อนตามขวาง
  - ค. คลื่นดล
  - ง. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากภาพใช้ตอบคำถาม ข้อ 3-7



3. จากภาพมีที่แลมบ์ดา ( $\lambda$ )

ก. 2  $\lambda$

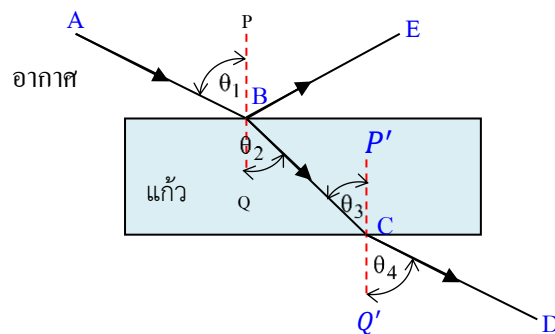
ค. 2.5  $\lambda$

ข. 3  $\lambda$

ง. 6  $\lambda$

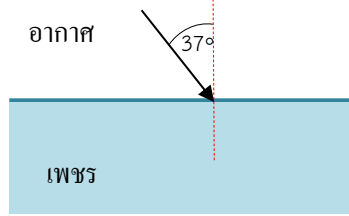
4. ความยาวคลื่น หมายถึงจุดใด  
 ก. a b                      ข. a e                      ค. d h                      ง. ข้อ ข และ ค ถูก
5. แอมพลิจูดของคลื่น คือข้อใด  
 ก. a b                      ข. a e                      ค. d h                      ง. ข้อ ข และ ค ถูก
6. สันคลื่น คือจุดใด  
 ก. c                      ข. d                      ค. e                      ง. f
7. จุด a - b มีเฟส ตรงกับค่าใด  
 ก.  $\frac{\lambda}{4} \pi$                       ข.  $\frac{2\lambda}{4} \pi$                       ค.  $\frac{3\lambda}{4} \pi$                       ง.  $\frac{4\lambda}{4} \pi$
8. ขนาดการกระจัดสูงสุดของคลื่น หมายถึงส่วนใดของคลื่น  
 ก. คาบของคลื่น                      ข. ความถี่คลื่น                      ค. เฟสของคลื่น                      ง. แอมพลิจูดของคลื่น
9. คลื่นน้ำมีความยาวคลื่น 80 cm เคลื่อนที่ด้วยความถี่ 3 รอบ/วินาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำมีขนาดกี่เมตร/วินาที  
 ก. 2 m/s                      ข. 15 m/s                      ค. 2.4 m/s                      ง. 30 m/s

ใช้ตอบคำถาม ข้อ 10-12



10. หมายเลขใด เป็นมุมสะท้อนกลับ  
 ก. ABP                      ข. PBE                      ค. Q'CD                      ง. QBC
11. มุมใดเป็นมุมหักเห  
 ก.  $\theta_1$  และ  $\theta_4$                       ข.  $\theta_2$  และ  $\theta_4$                       ค.  $\theta_1$  และ  $\theta_3$                       ง.  $\theta_2$  และ  $\theta_3$
12. ข้อใดถูกต้อง เกี่ยวกับสมบัติการหักเหของคลื่น  
 ก. มุมตกกระทบในอากาศเท่ากับมุมหักเหในแก้ว  
 ค. มุมตกกระทบโตกว่ากับมุมหักเหในตัวกลางทุกชนิด  
 ข. มุมตกกระทบในแก้วเท่ากับมุมสะท้อนกลับ  
 ง. มุมหักเหในแก้ว เท่ากับมุมตกกระทบในแก้ว

13. คลื่นแสงผ่านอากาศไปตกกระทบกับเพชรที่มีค่าดัชนีหักเห 2.42 โดยมุมตกกระทบในอากาศกับแนวปกติทำมุมกัน  $37^\circ$  มุมหักเหในเพชรมีค่าเท่าไร



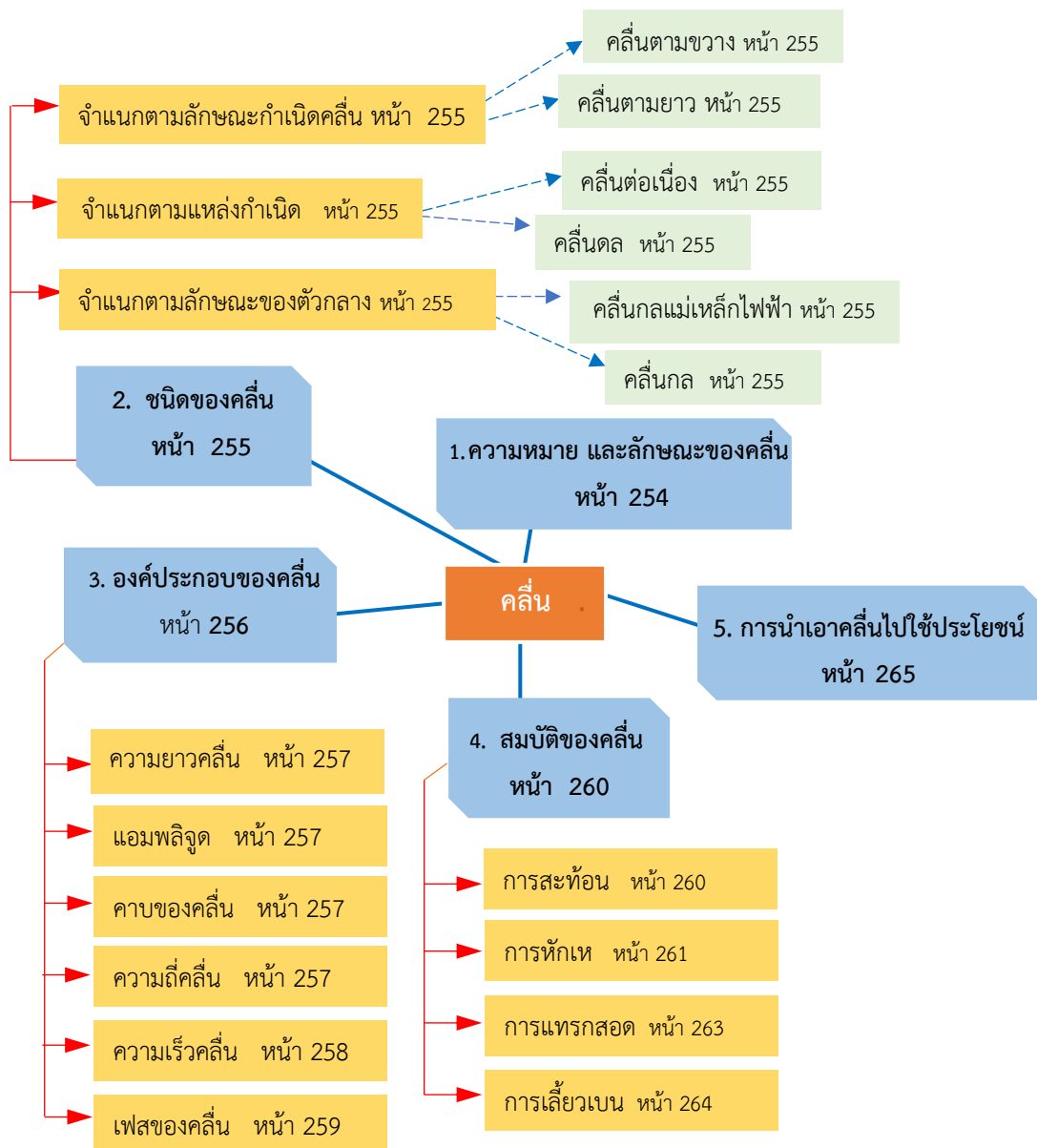
- ก. มุม  $14.5^\circ$       ข. มุม  $25^\circ$       ค. มุม  $37^\circ$       ง.  $\sin 54.5^\circ$
14. คลื่นเสียงจากแหล่งเสียง 2 จุด มีความถี่เท่ากัน ทำให้เกิดเสียงดัง และเบา เป็นสมบัติของคลื่นเสียงในข้อใด
- ก. แทรกสอด      ข. เลี้ยวเบน      ค. การหักเห      ง. เกิดเสียงบีตส์
15. เมื่อคลื่นเสียง ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า สิ่งกีดขวาง จะเกิดเหตุการณ์ใด
- ก. แทรกสอด      ข. เลี้ยวเบน      ค. การหักเห      ง. เกิดเสียงบีตส์
16. ข้อใดเป็นหลักการของการ แทรกสอด
- ก. การรวมกันของคลื่น 2 ขบวน      ค. การเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านสลิต
- ข. คลื่นพบสิ่งกีดขวาง      ง. คลื่นผ่านรอยต่อหนึ่งเข้าสู่อีกรอยต่อหนึ่ง
17. ปัจจัยใดส่งผลให้คลื่นเสียง เดินทางได้เร็ว
- ก. ความหนาแน่นสูงของตัวกลาง และอุณหภูมิต่ำ      ค. อุณหภูมิต่ำ และ ความดันสูง
- ข. ความหนาแน่นสูงของตัวกลาง และอุณหภูมิสูง      ง. อุณหภูมิสูง และ ความดันต่ำ
18. เสียงเดินทางได้เร็วที่สุดในตัวกลางใด
- ก. น้ำ      ข. อากาศ      ค. ไม้      ง. เหล็ก
19. ข้อใด เป็นการนำหลักการหักเหของคลื่นมาใช้ประโยชน์
- ก. แว่นสายตา      ข. เส้นใยนำแสง      ค. โซนาร์      ง. ชาว์นนำ
20. ข้อใด **ไม่ใช่** การใช้ประโยชน์สมบัติของคลื่น ในชีวิตประจำวัน
- ก. ออกแบบวัสดุจะช่วยลดการสะท้อนของเสียงลงทำให้เสียงไม่ก้อง
- ข. การสร้างสิ่งกีดขวางป้องกันคลื่นลมให้กับชาวประมง
- ค. การเหวของแสง แล้วเกิดการรวมแสง ของแว่นตา
- ง. การเติมน้ำเย็นผสมกับน้ำร้อน เพื่อลดอุณหภูมิ



# คลื่น

## บทนำ

เราสามารถสังเกตคลื่นได้จากคลื่นทะเล หรือ การโยนก้อนหินลงไปในน้ำ ทำให้เห็นการกระเพื่อมของน้ำเป็นวงหลายวง การดีดสายกีตาร์ทำให้เกิดการสั่นและได้ยินเสียง คลื่นที่กล่าวมานี้เรียกว่า “คลื่นกล” ซึ่งคลื่นที่เกิดขึ้นจะต้องอาศัยตัวกลางเป็นสิ่งพาไป เช่น คลื่นทะเลใช้น้ำเป็นตัวพา คลื่นไปจากแหล่งกำเนิด นอกจากนี้ยังมีคลื่นอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” เป็นคลื่นที่ไม่ต้อง ใช้ตัวกลางนำพาก็สามารถเคลื่อนที่ไปจากแหล่งกำเนิดได้ ซึ่งในหน่วยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะคลื่นกล

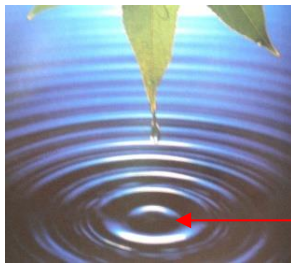


เริ่มเวลา 0:59/1:39


<https://tinyurl.com/y5h4nsun>

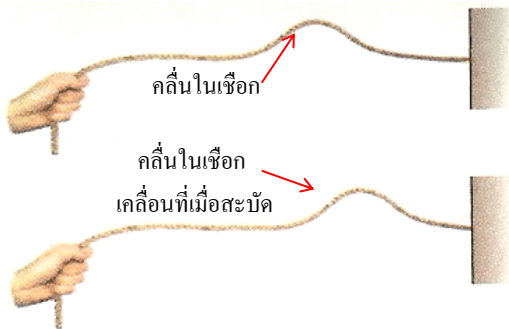
## 1. คลื่น

คลื่น เกิดจากแรงที่กระทำต่อตัวกลาง ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระเพื่อมอย่างต่อเนื่อง คลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังอีกจุดหนึ่งจึงเกิดการถ่ายโอนพลังงาน หรืออาจกล่าวได้ว่า คลื่นเป็นการถ่ายทอดพลังงานจากจุดกำเนิดแผ่ออกไปทุกทิศทุกทาง นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดที่เล็กกว่าขนาดอะตอม มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่น



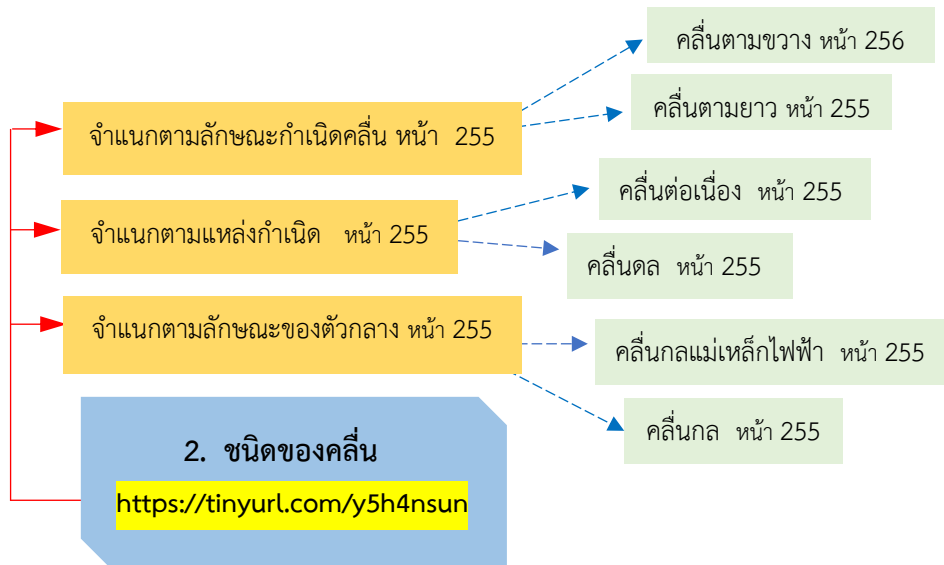
แหล่งกำเนิดคลื่น

ภาพที่ 7.1 การกระเพื่อมของน้ำ เป็นคลื่นชนิดหนึ่ง  
ที่มา (Serway R.A & Jewett. J.w. , 2007, p. 400)



ถ้าเรานำเชือกมาสะบัด เราสามารถสังเกตเห็น  
ลักษณะของคลื่นได้ ดังภาพที่ 7.2

ภาพที่ 7.2 การเกิดคลื่นในเชือก  
ที่มา (Serway R.A & Jewett. J.w. , 2007, p. 401)



เริ่มเวลา 1:40/3:44

<https://tinyurl.com/y5h4nsun>



## 2. ชนิดของคลื่น

คลื่นมีลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกชนิดของคลื่นได้จากสิ่งเหล่านี้

### 2.1 จำแนกตามลักษณะต้องอาศัยหรือไม่อาศัยตัวกลาง

- 1) คลื่นกล เป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของวัตถุ หรือ อนุภาคจากแหล่งกำเนิดคลื่น แล้วมีตัวกลางนำพาให้คลื่นเคลื่อนที่ไป
- 2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นคลื่นที่ไม่ต้องมีตัวกลางในการนำพาคลื่นให้เคลื่อนที่ที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศ

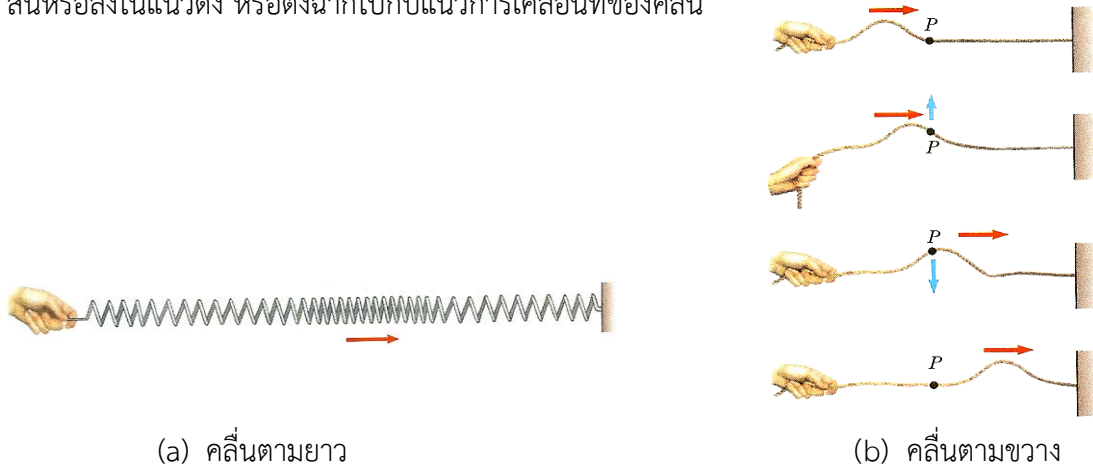
### 2.2 จำแนกตามจำนวนครั้งในการรบกวนตัวกลาง

- 1) คลื่นดล เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวจากแหล่งกำเนิด เช่น การเคาะระฆังเพียง 1 ครั้ง
- 2) คลื่นต่อเนื่อง เป็นคลื่นที่เกิดต่อเนื่องกันหลายลูกคลื่น จากแหล่งกำเนิดเดียวกัน เช่น คลื่นทะเลซัดเข้าหาฝั่งอย่างต่อเนื่อง

### 2.3 จำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลางขณะเคลื่อนผ่าน

- 1) คลื่นตามยาว เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปกับตัวกลาง โดยมีแนวการสั่นไปในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น หรือ อาจกล่าวได้ว่า “ คลื่นมีทิศทางการเคลื่อนที่ขนานกับทิศทางการขยับตัวของตัวกลาง ” (นุกูล กระจาย, 2521, หน้า 16)

2) คลื่นตามขวาง เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางขึ้นแล้วทำให้อนุภาคตัวกลางสั่นหรือลงในแนวตั้ง หรือตั้งฉากไปกับแนวการเคลื่อนที่ของคลื่น



(a) คลื่นตามยาว

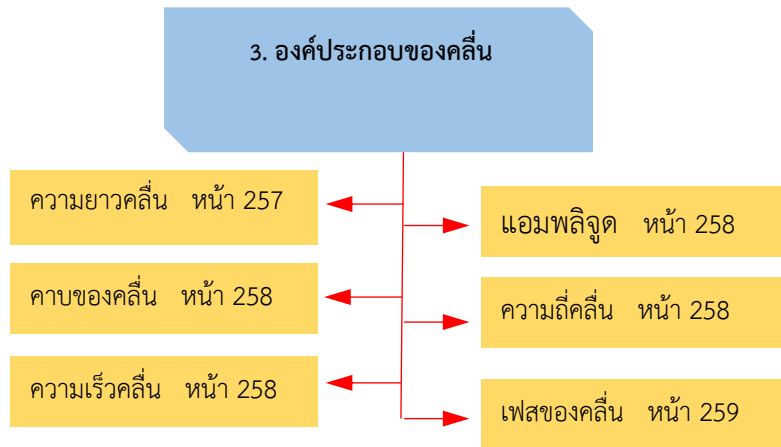
(b) คลื่นตามขวาง

ภาพที่ 7.3 ชนิดของคลื่นที่แบ่งตามลักษณะกำเนิดคลื่น  
ที่มา (Serway R.A & Jewett. J.w. , 2007, p. 401)

ภาพที่ 7.3 (a) การกด หรือดึงยืดสปริง การกระจัด (แอมพลิจูดของสปริง) มีการบีบอัดตัวของสปริง อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนตัวของเส้นเชือก ภาพ (b) เป็นคลื่นตามขวางที่มีแนวการกระจัดของเชือก (แอมพลิจูดของคลื่น) ตั้งฉากกับการเคลื่อนตัวของคลื่นบนเส้นเชือก

#### 2.4 จำแนกตามลักษณะการรบกวนตัวกลาง

- 1) คลื่นวงกลมหรือทรงกลม เกิดจากการรบกวนตัวกลางเป็นจุด เช่น ใช้นิ้วแตะผิวน้ำ
- 2) คลื่นเส้นตรง เกิดจากการรบกวนตัวกลางเป็นแนวยาว เช่น ไม้บรรทัดแตะผิวน้ำ



เริ่มเวลา 3:44/22:18

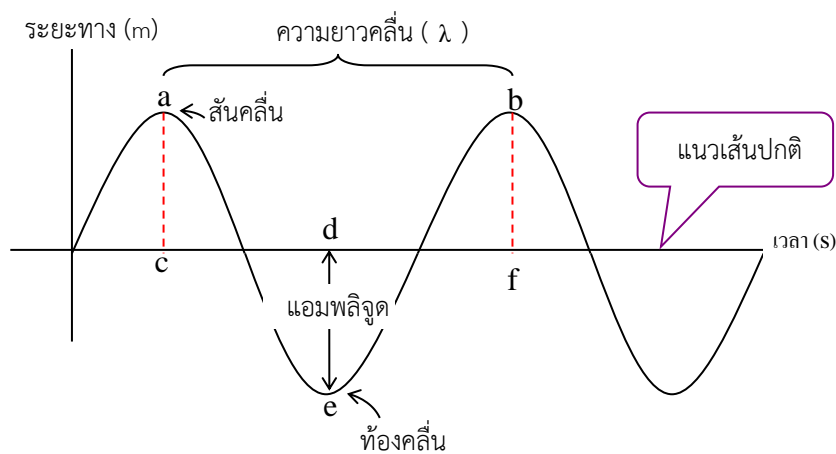


<https://tinyurl.com/y5h4nsun>

### 3. องค์ประกอบของคลื่น

การเกิดคลื่น เมื่อคลื่นมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง จากแหล่งกำเนิดหนึ่งไปสู่จุด ๆ หนึ่ง จะมีเวลาในการเคลื่อนที่ต่อระยะทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป จึงแสดงองค์ประกอบของคลื่นได้ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

**3.1 ความยาวคลื่น** แทนสัญลักษณ์ด้วย  $\lambda$  (อ่านว่า แลมบ์ดา) ความยาวคลื่น เริ่มจากส่วนที่เกิดการกระจัดสูงสุดของคลื่น เรียกว่า สันคลื่น ผ่านส่วนที่ต่ำสุดบริเวณท้องคลื่น และกลับมา ยัง การกระจัดสูงสุดอีกครั้ง



ภาพที่ 7.4 องค์ประกอบของคลื่น

ที่มา (บุญกุล กระจาย, 2521, หน้า19)

จากภาพที่ 7.4 จุด a ถึง b เริ่มจากสันคลื่นสูงสุด กระเพื่อมลงต่ำสุด และกระจัดไปสู่สันคลื่นสูงสุดอีกครั้ง การกระจัดครบ 1 รอบ เท่ากับ 1 ความยาวคลื่น เขียนแทนว่า  $1 \lambda$

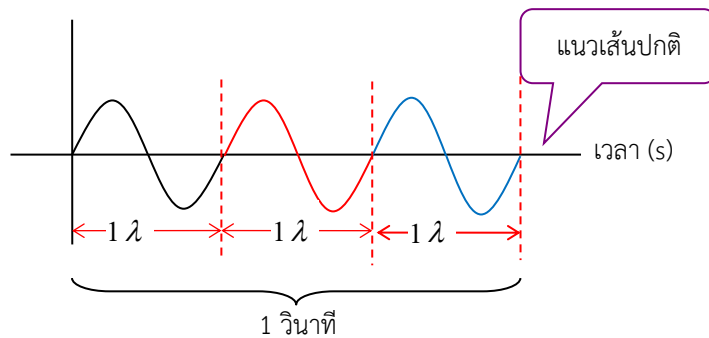
**3.2 แอมพลิจูด** คือ ขนาดการกระจัดสูงสุดของคลื่น คลื่นที่มีการกระเพื่อมสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งวัดจากเส้นปกติถึงสันคลื่น หรือ เส้นปกติถึงท้องคลื่นจากภาพที่ 7.4 จุด a ถึง c หรือ จุด b ถึง f หรือ จุด d ถึง e คือ แอมพลิจูดของคลื่น

**3.3 คาบของคลื่น** คือ ช่วงเวลาที่คลื่นใช้เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งไปได้ 1 ความยาวคลื่น หรือ ช่วงเวลาที่อนุภาคตัวกลางใช้เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ แทนด้วยสัญลักษณ์ T หน่วย วินาที คาบของคลื่น คือ คลื่นที่มีการที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ทำให้คลื่นเคลื่อนที่กลับมาจุดเดิม (ตามแนวเส้นปกติ) ครบ 1 รอบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1 \lambda$  และในแต่ละรอบใช้เวลาเท่ากัน

**3.4 ความถี่ของคลื่น** แทนด้วยสัญลักษณ์ f หน่วย รอบ/วินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz) ความถี่ของคลื่น คือ จำนวนรอบของคลื่นที่เคลื่อนที่ใน 1 วินาที เช่น คลื่นของน้ำทะเลมีความถี่ 3 รอบ/วินาที หรือ 3 เฮิรตซ์

**\*\* 3 Hz หมายถึง ภายใน 1 วินาที คลื่นน้ำกระเพื่อม 3 ลูก หรือ 3  $\lambda$**

การกระจัด (m)



ภาพที่ 7.5 แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วยความถี่ 3 เฮิรตซ์

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 258)

**3.5 ความเร็วของคลื่น** แทนด้วยสัญลักษณ์ V หน่วย m/s ความเร็วของคลื่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างการเคลื่อนที่ของคลื่นได้ 1 รอบหรือ  $1 \lambda$  ต่อเวลา ในที่ใช้การเคลื่อนที่ครบ 1 ความยาวคลื่น

จากสมการ  $V = \frac{s}{t}$  (การหาความเร็วจากการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง)

$V = \frac{\lambda}{T}$  (T แทน เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่  $1 \lambda$  ซึ่ง  $T = \frac{1}{f}$ )

$$v = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}} \quad \left( \text{นำ } \frac{1}{f} \text{ แทนค่า } T \right)$$

ดังนั้น  $v = \lambda f$

**ตัวอย่างที่ 7.1** คลื่นชนิดหนึ่ง มีความถี่ 0.5 รอบ/วินาที ถ้าคลื่นมีความยาวคลื่น 2 เมตร จงหา  
ความเร็วของคลื่นทะเล

**โจทย์กำหนด**  $v = ?$        $f = 0.5$  รอบ/วินาที       $\lambda = 2$  m

**วิธีทำ**       $v = \lambda f$

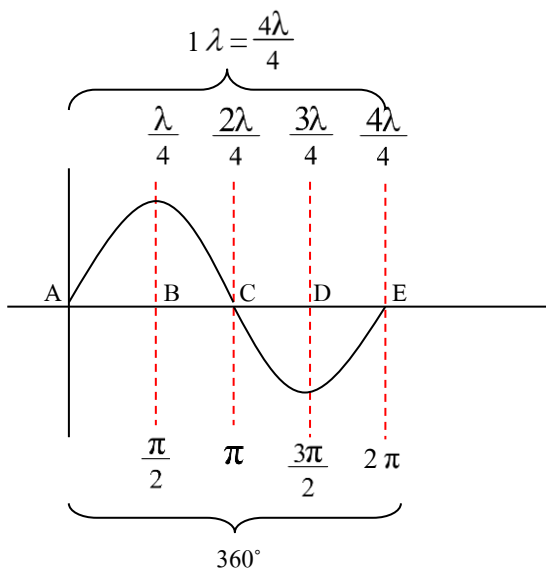
$$= 2 \times 0.5$$

$$= 1 \quad \text{m/s}$$

$\therefore$  คลื่นมีความเร็ว 1 เมตร / วินาที

**3.6 เฟสของคลื่น** คือ การบอกตำแหน่งบนคลื่นด้วยขนาดของมุม (องศา)

ณ เวลาหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบความยาวคลื่น 1 รอบ ( $1\lambda$ ) เท่ากับ  $360^\circ$  ดังนั้น  $1\lambda = 360^\circ = 2\pi$



จากภาพที่ 9.6  $1\lambda$  แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนั้น

$$A-E = 1\lambda \text{ หรือ } 360^\circ$$

$$A-D = \frac{3\lambda}{4} = \frac{3(360^\circ)}{4} = 270^\circ$$

$$A-C = \frac{2\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2} = \frac{360^\circ}{2} = 180^\circ$$

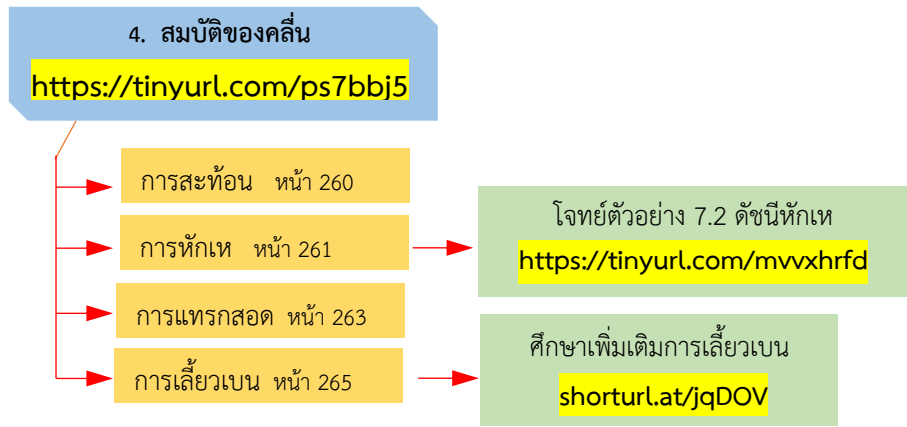
$$A-B = \frac{\lambda}{4} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

ภาพที่ 7.6 เฟสของคลื่น

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 259)

กิจกรรมเรียนรู้ 7.1

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > คลื่น และองค์ประกอบคลื่น : Work sheet หน้า 271



เริ่มเวลา 0:44/2:43

<https://tinyurl.com/ps7bbj5>

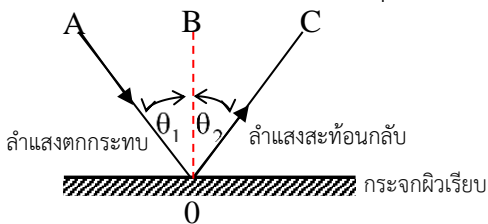
4. สมบัติของคลื่น

ถ้าเราสังเกตคลื่นทะเลที่พัดเข้ามาหาฝั่ง คลื่นที่อยู่ในทะเลจะมีลักษณะต่อเนื่องกันไปจะมีความสูง หรือแนวระจัดเดียวกัน แต่เมื่อคลื่นทะเลกระทบกับโขดหินจะทำให้ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นหรือเกิดเสียงก้องในห้องว่างที่ไม่มีเฟอร์นิเจอร์ สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เกิดจากสมบัติของคลื่นที่สามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1 การสะท้อน

เมื่อคลื่นแผ่ออกจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลางตกกระทบวัตถุจะทำให้คลื่นเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิมและย้อนกลับมาในตัวกลางเดิม เช่น การให้แสงไฟส่องผ่านไปยังกระจกเงาจะเกิดการสะท้อนกลับมา และถ้าเปลี่ยนมุมของไฟฉายที่ตกกระทบกระจกเงาด้วยมุมต่างกัน แสงจะมีการสะท้อนกลับในทิศต่างกันโดยสามารถนำฉากมารับแสงที่สะท้อนจากแหล่งกำเนิดได้ การสะท้อนของคลื่นสามารถสรุปกฎเกณฑ์ได้ดังนี้

- 1) แนวการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบ คลื่นสะท้อนและเส้นแนวฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน
- 2) มุมตกกระทบ เท่ากับมุมสะท้อน (มุม  $\theta_1 = \theta_2$ ) จุดของคลื่นตกกระทบ กับจุดสะท้อนกลับเป็นจุดเดียวกัน (แสดงดังภาพที่ 9.7)



**การสะท้อน** คือ ปรากฏการณ์ที่เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปพบกับสิ่งกีดขวาง หรือเคลื่อนที่ไปถึงปลายสุดของตัวกลางแล้วคลื่นเคลื่อนที่ ย้อนกลับมาในตัวกลางเดิม

ภาพที่ 7.7 การสะท้อนกลับของคลื่นแสงบน กระจกผิวเรียบ  
 ที่มา (อาภรณ์ ล้อสังวาลย์, 2549, หน้า 149)



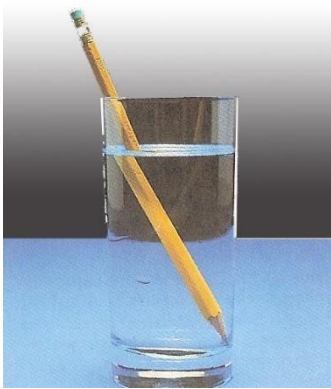
เริ่มเวลา 2:44/5:13


<https://tinyurl.com/ps7bbj5y>

#### 4.2 การหักเห

การหักเหของคลื่นเกิดเมื่อ คลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อจากตัวกลางหนึ่งไปสู่ตัวกลางใหม่ ทำให้ทิศทางของการเคลื่อนที่เบนไปจากแนวเดิมโดยมีความเร็ว และความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลง

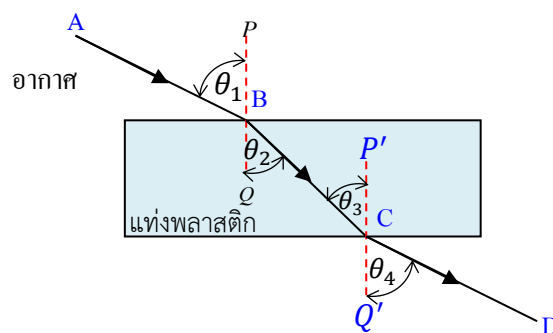
ภาพที่ 7.8 ดินสอที่อยู่ในแก้วน้ำ เราจะเห็นตำแหน่งของดินสอผิดไปจากความเป็นจริง เนื่องจากคลื่นแสงผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน



กรณีคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อตัวกลางในแนวตั้งฉากกับแนวรอยต่อคลื่นจะไม่เปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ แต่ก็ถือว่าการหักเหด้วยเช่นกัน เพราะคลื่นมีความเร็วเปลี่ยนไป

ภาพที่ 7.8 การหักเหของแสงในแก้วน้ำ

ที่มา (Nolan L.M. & Tucker W, 1984, P.426)



ภาพที่ 7.9 แสงผ่านตัวกลางอากาศ และเกิดการหักเหในแท่งพลาสติก

ที่มา (อนันต์ วงศ์กระจำจ และวิสูตรพีงเย็น, ม.ป.ป., หน้า 148)

จากภาพที่ 7.9 แสงผ่านตัวกลางอากาศ เข้าสู่แท่งพลาสติก เกิดรังสีตกกระทบ ( $\overrightarrow{AB}$ ) เกิดการหักเหในแท่งแก้ว เกิดรังสีหักเห ( $\overrightarrow{BC}$ ) เกิดการหักเหจากตัวกลางแท่งพลาสติกสู่อากาศเกิดรังสีหักเห ( $\overrightarrow{CD}$ )

## ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมศึกษา 7.1



ใบงานกิจกรรมศึกษา 7.1 > การสะท้อน และการหักเห > Work sheet หน่วย 7 หน้า 273

เมื่อรังสีตกกระทบบริเวณรอยต่อตัวกลางทำให้เกิดมุม เมื่อใช้เส้นปกติ (PQ และ P'Q') เป็นแนวเปรียบเทียบดังนี้

- 1) มุมตกกระทบ  $\theta_1$  (จากอากาศสู่แท่งพลาสติก)
- 2) มุมตกกระทบ  $\theta_3$  (จากแท่งพลาสติกสู่อากาศ)
- 3) มุมหักเห  $\theta_2$  (การหักเหจากอากาศสู่แท่งพลาสติก)
- 4) มุมหักเห  $\theta_4$  (การหักเหจากพลาสติกสู่อากาศ)

พิจารณามุมที่เกิดจากตัวกลางเดียวกัน จากอากาศสู่แท่งพลาสติก หรือ พลาสติกสู่อากาศ พบว่า  $\theta_1 = \theta_4$  และพิจารณาลำแสงหักเหในตัวกลางเดียวกันคือพลาสติก  $\theta_2 = \theta_3$  จากเหตุการณ์นี้

$$n_{2,1} = \frac{\sin \text{ของมุมตกกระทบในตัวกลาง 1}}{\sin \text{ของมุมหักเหในตัวกลาง 2}} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$n_2$  แทน ดัชนีหักเหของตัวกลาง 2 เทียบตัวกลาง 1

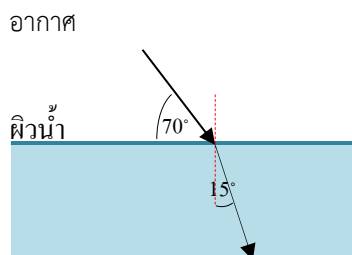
$\sin \theta_1$  แทน มุมตกกระทบในตัวกลาง 1 ( อากาศ )

$\sin \theta_2$  แทน มุมหักเหในตัวกลาง 2 ( พลาสติก )



<https://tinyurl.com/mvvxhrfd>

ตัวอย่างที่ 7.2 คลื่นแสงผ่านอากาศไปตกกระทบกับผิวน้ำ ทำมุม  $70^\circ$  กับผิวน้ำ จงหาดัชนีหักเห เมื่อมุมหักเหเท่ากับ  $15^\circ$



โจทย์กำหนด  $n_{\text{น้ำ, อากาศ}} = ?$

$$\sin \theta_{\text{อากาศ}} (\text{มุมตกกระทบในอากาศ}) = \theta_1 = 20^\circ = 0.342$$

$$\sin \theta_{\text{น้ำ}} (\text{มุมหักเหในน้ำ}) = \theta_2 = 15^\circ = 0.26$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} n_{\text{น้ำ, อากาศ}} &= \frac{\sin \text{ของมุมตกกระทบในอากาศ}}{\sin \text{ของมุมหักเหในน้ำ}} \\ &= \frac{\sin \theta_{\text{อากาศ}}}{\sin \theta_{\text{น้ำ}}} \\ &= \frac{0.342}{0.26} \\ &= 1.31 \end{aligned}$$

$\therefore$  ดัชนีหักเหของน้ำเทียบกับอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.31

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน จะส่งผลดังนี้

- 1) ความเร็วของการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลง
- 2) ความยาวคลื่น เปลี่ยนแปลง
- 3) ความถี่ คงที่

การที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน จะเกิดการหักเหบริเวณรอยต่อของตัวกลางค่าดัชนีหักเหที่เกิดขึ้นเป็นอัตราส่วนคงที่ของไซน์ของมุมตกกระทบ ต่อค่าไซน์ของมุมหักเห เขียนเป็นสมการ

ได้ดังนี้

$$n_{2,1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

## กิจกรรมเรียนรู้ 7.2

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > การสะท้อน และการหักเห: *Work sheet* หน้า 277

เริ่มเวลา 5:15/6:57



<https://tinyurl.com/ps7bbj5y>

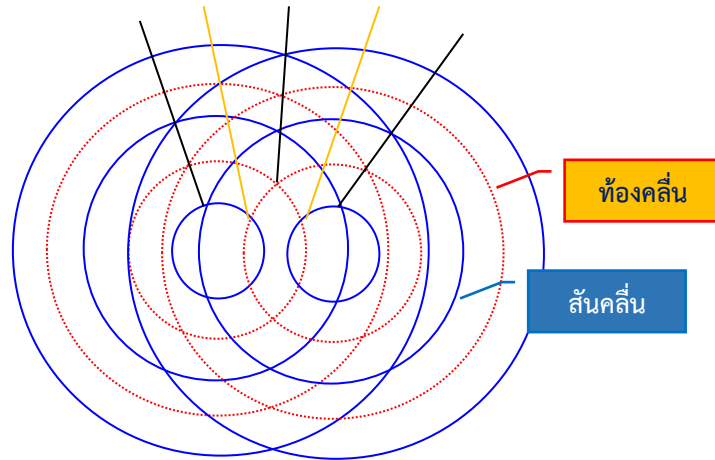
### 4.3 การแทรกสอด

การแทรกสอดของคลื่นเกิดจากคลื่นต่อเนื่องตั้งแต่ 2 ขบวนขึ้นไป เคลื่อนที่มาพบกัน มีลักษณะการแทรกสอด 2 ลักษณะคือ

**4.3.1 การแทรกสอดแบบเสริมกัน** เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันทำให้มีการกระจัด (แอมพลิจูด) สูงขึ้น และมีพลังงานสูงขึ้นด้วย โดยบริเวณสันคลื่นพบสันคลื่น หรือท้องคลื่นพบท้องคลื่น (จากภาพที่ 9.10) เรียกการแทรกสอดบริเวณนี้ว่า “**แนวปฏิบัพ**”

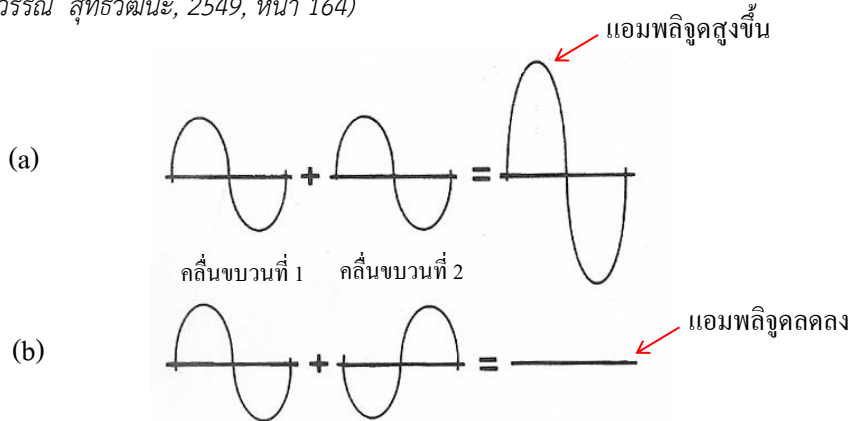
**4.3.2 การแทรกสอดแบบหักล้าง** เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันบริเวณท้องคลื่น พบ

คลื่นทำให้การกระจัดอยู่ในแนวปกติ (ภาพที่ 9.10) ถ้าเป็นคลื่นน้ำ จะไม่เกิดการกระเพื่อม เรียกรวมการแทรกสอดบริเวณนี้ว่า “**แนวบัพ**”



- สีดำคือ แนวปฏิบัติ (แนวสันคลื่น พบสันคลื่น หรือ แนวท้องคลื่น พบท้องคลื่น)
- สีเหลืองคือ แนวบัพ (แนวสันคลื่น พบท้องคลื่น)
- ท้องคลื่น
- ..... สันคลื่น

ภาพที่ 7.10 คลื่นจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งเคลื่อนที่มาพบกันเกิดการแทรกสอด  
ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ, 2549, หน้า 164)



ภาพที่ 7.11 คลื่น 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน  
ที่มา (Nolan L.M & Tucker W, 1984, p. 428)

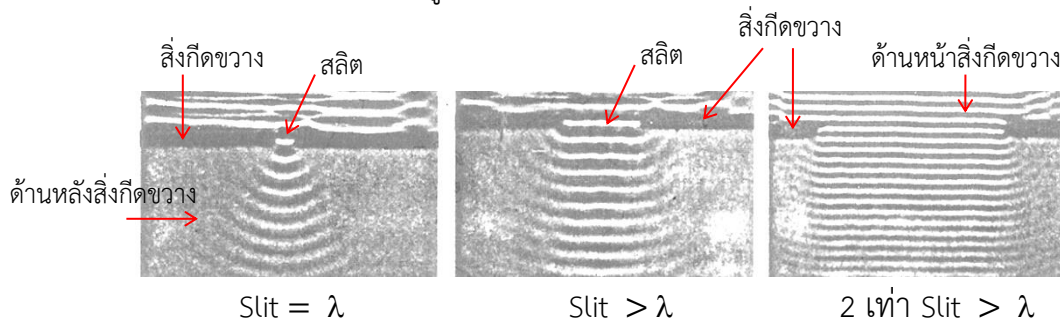
ภาพที่ 7.11 (a) คลื่น 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน โดยบริเวณสันคลื่นพบสันคลื่น หรือท้องคลื่นพบท้องคลื่นให้เกิดการรวมกันของคลื่น 2 ขบวน มีแอมพลิจูดสูงขึ้น (แนวปฏิบัติ) เมื่อพิจารณาที่ภาพที่ 7.11 (b) และบริเวณที่สันคลื่นพบท้องคลื่นทำให้แอมพลิจูดลดลง (แนวบัพ)

เริ่มเวลา 6:59/11:11


<https://tinyurl.com/ps7bbj5y>

#### 4.4 การเลี้ยวเบน

คลื่นสามารถเลี้ยวเบนไปจากทิศทางเดิมได้ถ้าพบสิ่งกีดขวาง โดยจะเกิดขึ้นด้านหลังของสิ่งกีดขวาง ถ้าคลื่นผ่านช่องทางเล็ก เรียกว่า สลิต (Slit) จะเกิดการเลี้ยวเบน ผ่านช่องออกมาจะเหมือนจุดกำเนิดคลื่นใหม่ ภายหลังการเลี้ยวเบนของคลื่นมีผลให้ ความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) และความถี่คลื่นคงเดิม ( $f$ ) แต่แอมพลิจูดลดลง



ภาพที่ 7.12 การเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อผ่านช่องเล็กๆ ที่เรียกว่า สลิต  
ที่มา (อนันต์ วงศ์กระจ่าง และวิสูตรพิงเย็น, 2549, หน้า 24)

ศึกษาเพิ่มเติม  
เว็บเพจ



การเลี้ยวเบนของคลื่น (Paul Andersen. YouTube. 2015, MAY 15.)  
ที่มา <https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33737>

#### 5. การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ปัจจุบันคลื่นเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตที่อำนวยความสะดวกต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะในด้านของการสื่อสารโทรคมนาคม และจะมีบทบาทสำคัญมากขึ้นเมื่อโลกกำลังประสบกับวิกฤตพลังงาน การนำประโยชน์ของคลื่นมาใช้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

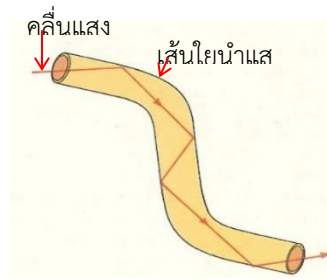
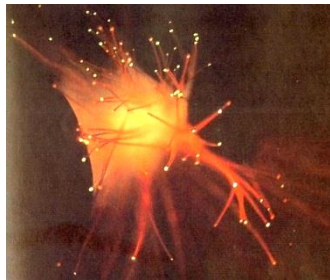
**5.1 เส้นใยนำแสง** ใช้หลักการสะท้อนของคลื่นแสง ใช้ส่งคลื่นโทรคมนาคม เช่น สัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ภาพที่ 7.13)

**5.2 เครื่องโซนาร์** ส่งคลื่นกลที่มีความถี่สูง ไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับสู่เครื่องรับเพื่อใช้ค้นหาวัตถุในท้องทะเล

**5.3 การใช้งานรับสัญญาณดาวเทียม** ใช้หลักการสะท้อนของคลื่น ทำให้รับสัญญาณให้ชัดเจนขึ้น (ภาพที่ 7.14)

**5.4 กล้องเพอริสโคป** เป็นกล้องที่ใช้ในเรือดำน้ำ อาศัยหลักการการสะท้อนแสงจากกระจกเงาสองอัน

## 5.5 เลนส์แว่นตา ใช้แก้ไขผู้มีสายตาสั้นหรือสายตามยาว โดยอาศัยหลักการหักเหของคลื่น



ภาพที่ 7.13 เส้นใยนำแสง ใช้หลักการสะท้อนของคลื่น  
ที่มา (ประมวล คิริพันธ์แก้ว และวิสูตรพึ้งเย็น, 2547, หน้า 447)



ภาพที่ 7.14 คลื่นไมโครเวฟ หาตำแหน่งวัตถุด้วยหลักการสะท้อนของคลื่น  
ที่มา (ประมวล คิริพันธ์แก้ว และวิสูตรพึ้งเย็น, 2547, หน้า 447)

### บทสรุป

**คลื่น** หมายถึง สิ่งเกิดจากแรงที่กระทำต่อตัวกลาง ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระเพื่อมอย่างต่อเนื่อง คลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังอีกจุดหนึ่งจึงเกิดพลังงาน

#### ชนิดของคลื่น

คลื่นมีลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. จำแนกตามลักษณะของตัวกลาง
  - 1.1 คลื่นกล ต้องอาศัยตัวกลาง
  - 1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง
2. จำแนกตามลักษณะกำเนิดคลื่น

2.1 คลื่นตามยาว คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางมีแนวการสั่นของคลื่นไปในแนวเดียวกับ  
การเคลื่อนที่ เช่น คลื่นเกิดจากการสั่นสะเทือนของสปริง

2.2 คลื่นตามขวาง คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางขึ้น หรือลงในแนวตั้ง หรือตั้งฉากไปกับแนวการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นจากการสะบัดเชือก

#### องค์ประกอบของคลื่น

1. ความยาวคลื่น คือ ระยะจากสันคลื่นถึงสันคลื่นถัดไป
2. แอมพลิจูด คือระยะจากแนวปกติถึงสันคลื่นหรือท้องคลื่น
3. ความถี่คลื่น คือ จำนวนรอบของคลื่นที่เคลื่อนที่ต่อวินาที
4. ความเร็วคลื่น คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วเคลื่อนที่ของคลื่นได้ 1 รอบหรือ 1  $\lambda$  ต่อเวลาในการเคลื่อนที่
5. เฟสของคลื่น คือ ตำแหน่งบนคลื่น ที่เวลาหนึ่งๆ โดยกำหนดตำแหน่งด้วยมุม

#### สมบัติของคลื่น

1. การสะท้อน เมื่อคลื่นแผ่ออกจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลางตกกระทบวัตถุจะทำให้ลำแสงเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิม และย้อนกลับมาในตัวกลางเดิม
2. การหักเห เป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านรอยต่อ จากตัวกลางหนึ่งไปสู่ตัวกลางใหม่ ทำให้ทิศทางของการเคลื่อนที่เบนไปจากแนวเดิม
3. การแทรกสอด ของคลื่นเกิดจากคลื่นชนิดเดียวกันตั้งแต่ 2 คลื่นขึ้นไป เคลื่อนที่มาพบกัน
4. การเลี้ยวเบนคลื่น สามารถเลี้ยวเบนไปจากทิศทางเดิมได้ถ้าพบสิ่งกีดขวาง

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 7



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายหน่วย : *work sheet* หน่วย 7 > หน้า 279

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 7

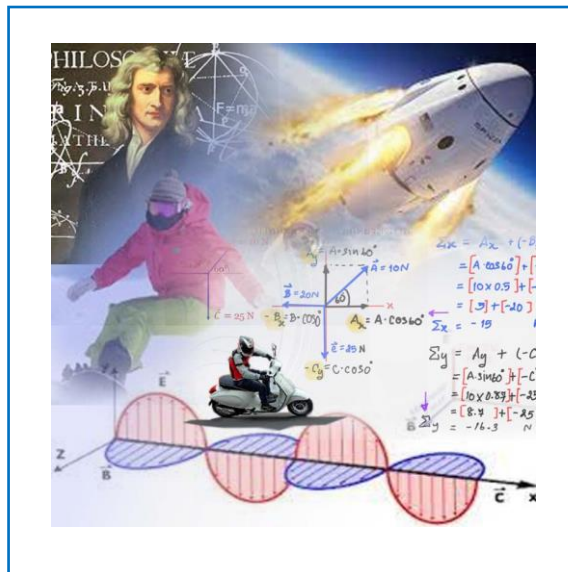


ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 7 > *work sheet* หน่วย 7 > หน้า 281

# เอกสารใบงาน

หน่วย 7 ทศนิยม

## Work Sheet





## กิจกรรมเรียนรู้



## 1. กิจกรรมเรียนรู้ 7.1

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > องค์ประกอบของคลื่น (link Text หน้า 259)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

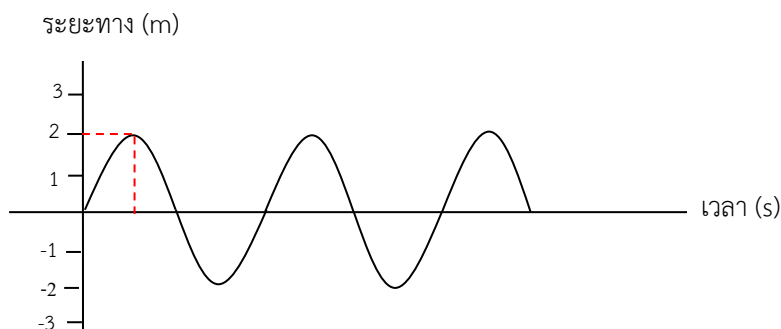
1. นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของคลื่นได้
2. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบของคลื่นได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนจำแนกชนิดของคลื่น โดยระบุลงในตารางให้ถูกต้องตามลักษณะของคลื่นแต่ละชนิด ดังนี้  
คลื่นตล คลื่นต่อนื่อง คลื่นตามขวาง คลื่นตามยาว คลื่นกล คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ลักษณะของคลื่น	ชนิดของคลื่น
1) เป็นคลื่นที่เกิดจากการสั่นวัตถุ อนุภาคเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิด ต้องมีตัวกลางนำพาไป	
2) คลื่นที่เคลื่อนที่โดยไม่ต้องมีตัวกลาง สามารถเคลื่อนที่ผ่าน สุญญากาศได้	
3) คลื่นที่เคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดหลายลูกตามมาอย่างต่อเนื่อง	
4) เมื่อจำแนกจากแหล่งกำเนิด คลื่นจะเกิดเพียงครั้งเดียว	
5) คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางขึ้น หรือลงในแนวตั้ง และตั้งฉากกับ แนวการเคลื่อนที่	
6) คลื่นที่เคลื่อนที่ไปกับตัวกลาง โดยมีแนวการสั่นไปใน แนวเดียวกับการเคลื่อนที่	

จากภาพด้านล่าง ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับองค์ประกอบของคลื่น



2. จากภาพ ตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ความยาวคลื่น มีกี่ความยาวคลื่น.....

2.2 แอมพลิจูด ของคลื่นมีกี่เมตร.....

2.3 สันคลื่น กระจัดกี่เมตร.....

3 ถ้าคลื่นทะเล เคลื่อนที่ได้ 5 รอบ ใช้เวลา 10 วินาที คาบของคลื่นมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

4 คลื่นชนิดหนึ่งมีความยาวคลื่น 3 เมตร มีคาบของการเคลื่อนที่ 2 วินาที

จงหา 3.1 ความถี่

3.2 ความเร็วของคลื่น

.....

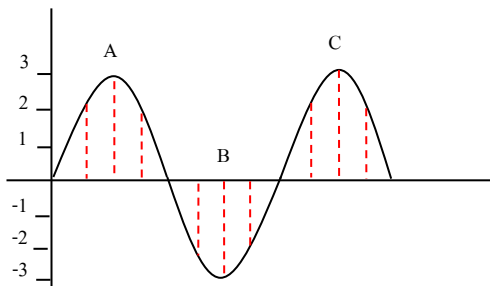
.....

.....

.....

.....

5.



จากภาพ ที่จุด A มีเฟสกี่องศา

.....

.....

.....

.....

6. จากภาพ ข้อ 4 คลื่นจุดใดมีเฟสเป็น  $\frac{\lambda}{4}$  .....

.....

.....

.....

## กิจกรรมศึกษา


**ใบงานกิจกรรมศึกษา 7.1 > การสะท้อน และการหักเห >**

แผน ๗.๑.๑

**สำรวจตรวจสอบการสะท้อน และการหักเห > (Link Text หน้า 262)**
**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการตรวจสอบการสะท้อน และหักเหของคลื่นได้
2. นักเรียนสรุปหลักการสะท้อน และการหักเหของคลื่นได้
3. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเหรียญด้วย  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

**การจัดการเรียนรู้**

1. นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 4 - 5 คน
2. ศึกษาความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง
3. ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

**ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง**

คลื่นมีคุณสมบัติหลายประการที่เกี่ยวข้องกับการทดลองนี้ สรุปได้ดังนี้

1. การสะท้อน เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่และพบสิ่งกีดขวางไม่สามารถเคลื่อนต่อไปได้จะเกิดการสะท้อนกลับ

2. การหักเห คลื่นที่ผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งเข้าสู่ตัวกลางอีกชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นของตัวกลาง ไม่เท่ากันจะเกิดการหักเหบริเวณรอยต่อของตัวกลาง โดยเบนไปจากทิศทางเดิม

**คำถามก่อนทดลอง**

1. การสะท้อนกลับของคลื่น เกิดขึ้นเมื่อใด
2. รังสีตกกระทบตัวกลางมีลักษณะอย่างไร และมีมุมสะท้อนกลับในลักษณะใด
3. การหักเหของแสง เกิดในตัวกลางโปร่งแสง การหักเหมีลักษณะใด

**สมมติฐานการสำรวจตรวจสอบการสะท้อนและการหักเหของคลื่นแสง**

.....

.....

**อุปกรณ์**

1. กล่องแสง พร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด
2. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 1 ชุด
3. พลาสติกสีเหลือง 1 อัน
4. กระดาษขาว ดินสอ ไม้โปรแทรกเตอร์

**วิธีทดลอง**

1. จัดอุปกรณ์ โดยต่อหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำกับกล่องแสง
2. จัดให้แสงผ่านแผ่นอะลูมิเนียม ตกกระทบด้วยมุม  $30^\circ$  สังเกตรังสีแสงที่เข้าสู่แท่งพลาสติก และออกจากแท่งพลาสติก
3. ลากเส้นรอบพลาสติก และเส้นรังสีแสงที่เข้าสู่แท่งพลาสติกและออกจากแท่งพลาสติก
4. ที่จุดรังสีตกกระทบลากเส้นปกติ กำหนดชื่อ มุมตกกระทบ มุมสะท้อน และมุมหักเหวัดค่ามุมในตาราง
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 – 4 แต่เปลี่ยนมุมลำแสงเป็นมุม  $60^\circ$  และ  $90^\circ$

**ผลการทดลอง**

ให้นักเรียนวาดภาพพลาสติก และลำแสงที่เข้าสู่แท่งพลาสติก และออกจากพลาสติก

## บันทึกผลการทดลอง

รังสีแสงตก กระทบทำมุม	มุมตกกระทบ ในอากาศ $\theta_1$	มุมสะท้อน ในอากาศ	มุมหักเหใน พลาสติก $\theta_2$	มุมตกกระทบ ในพลาสติก $\theta_3$	มุมสะท้อน ในพลาสติก $\theta_4$	มุมหักเห ในอากาศ	$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$	$\frac{\sin\theta_3}{\sin\theta_4}$
90 องศา								
60 องศา								
30 องศา								

## การอภิปรายผล

.....

.....

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

## ใบงานกิจกรรมศึกษา 7.1 &gt; การสะท้อน และการหักเห &gt;

แผ่นที่ 4/4

## การประเมินผล &gt; สํารวจตรวจสอบการหาผลลัพธ์ของการรวมเวกเตอร์ &gt;

ระดับคะแนน 5 – ดีมาก 4 – ดี 3 – ปานกลาง 2 – น้อย 1 – น้อยมาก, ปรับปรุง

รายการประเมินผล	ความรู้	ทักษะ	เจตคติ
	น้ำหนักคะแนน		
1. การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบการสะท้อน และการหักเห	5	-	-
2. แสดงทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	-	-
3. ความถูกต้องแม่นยำของผลการสำรวจตรวจสอบ		5	
4. ผลสรุปของการสำรวจตรวจสอบการสะท้อน และการหักเห		5	
5. ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน			2
6. ความซื่อสัตย์ทำใบงาน (ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง)			2
7. มีความสามัคคีและ ใช้หลักประชาธิปไตยในการทำงานของสมาชิกกลุ่ม			2
8. แสดงความเต็มใจ และพึงพอใจในการปฏิบัติใบงาน			2
9. ผลงานแสดงถึงความประณีต เรียบร้อย และตั้งใจในการปฏิบัติ			2
คะแนนรวม	10	10	10
เฉลี่ย	10 คะแนน		

สมาชิกกลุ่ม

1. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
2. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
3. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
4. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....
5. .... เลขที่..... ชั้น/แผนก.....

สิ่งที่ควรปรับปรุง : .....

.....

### กิจกรรมเรียนรู้



## กิจกรรมเรียนรู้ 7.2

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ การสะท้อนและการหักเห (link Text หน้า 263)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณดัชนีหักเหได้
2. นักเรียนสามารถคำนวณหา ค่าดัชนีหักเหของแสงได้

1. เติมความหมายให้ถูกต้อง

1.1  $n_{\text{เพชร, อากาศ}}$  หมายความว่า.....

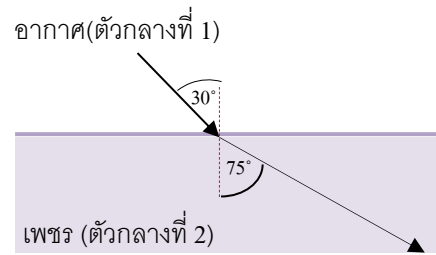
.....

1.2  $\sin \theta_{\text{อากาศ}}$  หมายความว่า.....

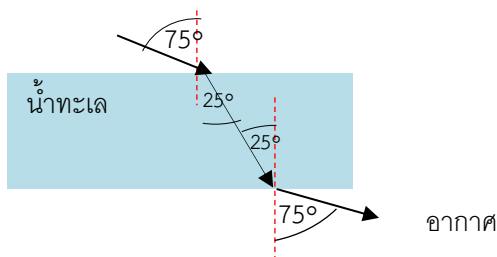
.....

1.3  $\sin \theta_{\text{เพชร}}$  หมายความว่า.....

.....



2. คลื่นแสงผ่านอากาศไปตกกระทบกับกระจกตั้งปลา ซึ่งทำมุมกัน  $75^\circ$  จงหาดัชนีหักเห เมื่อมุมหักเห ทำมุมกับแนวปกติ  $25^\circ$  ดังภาพ กำหนด  $\sin 75^\circ = 0.966$  ,  $\sin 25^\circ = 0.423$



.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สิ่งใดที่ส่งผลต่อการสะท้อน และการหักเหของคลื่น

.....

.....

.....

.....



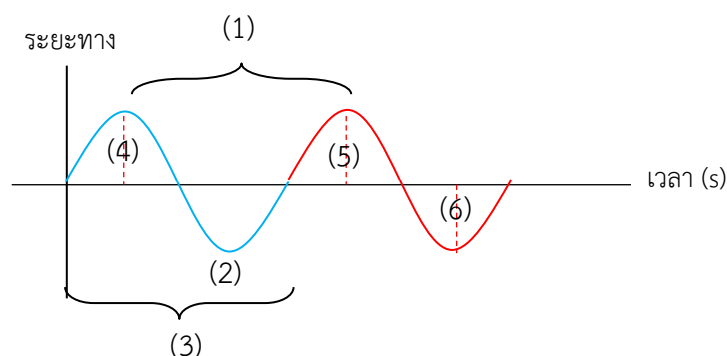
## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 7

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคลื่นได้
2. นักเรียนสามารถบอกชนิดของคลื่นได้
3. นักเรียนสามารถบอกองค์ประกอบของคลื่นได้
4. นักเรียนสามารถบอกสมบัติต่างๆ ของคลื่นได้
5. นักเรียนสามารถนำเอาหลักการ และสมบัติของคลื่นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และวิชาชีพได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. คลื่น หมายถึง.....
2. คลื่นตามยาว หมายถึง .....
3. คลื่นตามขวาง หมายถึง .....
4. คลื่นกล ต่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างไร.....
5. คลื่นมีคุณสมบัติอย่างไร.....
6. หมายเลขในภาพ ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง



- 6.1 หมายเลขใดหมายถึง ความยาวคลื่น .....
- 6.2 หมายเลขใดหมายถึง ท้องคลื่น.....

6.3 แอมพิจูดของคลื่น คือหมายเลขใด.....

6.4 สันคลื่น คือหมายเลขใด .....

6.5 เฟสของคลื่นที่มีขนาด  $\frac{3\lambda}{4}$  ตรงกับหมายเลขใด.....

7. คลื่นน้ำ ในเวลา 0.5 วินาที เคลื่อนที่ได้ 1 รอบ จงหาความถี่ของคลื่น และความเร็วของคลื่น

.....

.....

.....

.....

8. คลื่นแสงเคลื่อนที่จากอากาศเข้าสู่ น้ำ โดยทำมุม  $45^\circ$  ซึ่งน้ำมีดัชนีหักเห 1.33 จงหามุมหักเหในน้ำ

.....

.....

.....

.....

.....

9. การเกิดแนวปฏิบัพของคลื่นน้ำ มีลักษณะอย่างไร และมีผลอย่างไรต่อลักษณะคลื่นน้ำ

.....

.....

10. จงบอกประโยชน์ของสมบัติของคลื่นที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

10.1 การสะท้อนของคลื่น.....

10.2 การหักเหของคลื่น.....

10.3 การแทรกสอดของคลื่น.....

10.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น.....

## กระดาษคำตอบ

### แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 7 คลื่นกล) เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

(คะแนนเต็ม 20)

โจทย์คำถาม หน้า 250 - 252

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## Electromagnetic waves (EM)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมาย ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเรียงลำดับชนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามความถี่คลื่นได้
3. นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
4. นักเรียนสามารถบอกคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดได้
5. นักเรียนมีคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

### หัวข้อเรื่อง

#### บทนำ

1. ความหมายและลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
4. ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
5. การประยุกต์ใช้คลื่นในชีวิตประจำวัน หรืองานวิชาชีพ

#### บทสรุป

## แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)

เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

**คำสั่ง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

ทำแบบทดสอบก่อนเรียนGoogle Form

[shorturl.at/entCK](https://shorturl.at/entCK)

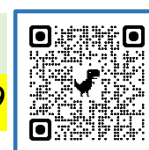


### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมาย ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเรียงลำดับชนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามความถี่คลื่นได้
3. นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
4. นักเรียนสามารถบอกคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดได้
5. นักเรียนสามารถบอกใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และวิชาชีพได้

ทำแบบทดสอบหลังเรียนGoogle Form

[shorturl.at/txC89](https://shorturl.at/txC89)



1. ข้อใดเป็นความหมายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักการของแมกซ์เวลล์
  - ก. คลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ แต่มีลักษณะเป็นคลื่นตามขวาง
  - ข. คลื่นที่เกิดเองตามธรรมชาติจากแสงอาทิตย์
  - ค. คลื่นที่เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง
  - ง. คลื่นที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
  - จ. คลื่นที่มีความเร็วเท่าแสง  $3 \times 10^8 \text{ m/s}^2$  มีลักษณะเป็นคลื่นตามยาวและตามขวาง
2. ข้อใด กล่าวผิดไปจากความเป็นจริงเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
  - ก. มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ สร้างขึ้นเองไม่ได้
  - ข. ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเท่ากันทุกชนิดเมื่อเคลื่อนที่ในสุญญากาศ
  - ค. มีความถี่หลายช่วงและคุณสมบัติต่างกัน
  - ง. หาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้จาก  $v = \lambda f$

3. ไฮน์ริช รูดอล์ฟ เฮอร์ตซ์ (Heinrich Rudolf Hertz) สำคัญอย่างไรต่อการศึกษาเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ก. ประดิษฐ์เครื่องกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า      ค. ประดิษฐ์เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ และเพื่อทดสอบหลักการของแมกซ์เวลล์      โทรเลข
- ข. เป็นคิดค้นทฤษฎีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า      ง. ประดิษฐ์เครื่องขยายสัญญาณวิทยุ
4. ข้อใดเป็นลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 1) เป็นคลื่นตามยาว      2) เป็นคลื่นตามขวาง      3) เคลื่อนที่โดยไม่อาศัยตัวกลาง
- 4) การแผ่ของคลื่นประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
- 5) เคลื่อนที่ในสุญญากาศมีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง
- ก. 1 - 3 - 4      ข. 2 - 3 - 4      ค. 2 - 3 - 4 - 5      ง. 1 - 2 - 3 - 4 - 5
5. ข้อใดเป็นสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง
- ก. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกดูดกลืน จะมีผลให้      ค. มีสมบัติการสะท้อน หักเห เลี้ยวเบน และวัตถุที่รับคลื่นร้อนขึ้น      แทรกสอดได้เช่นเดียวกับคลื่นกล
- ข. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงมาก เป็น      ง. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิด ความเร็วอันตรายต่อการใช้งานไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์      ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป
6. การจำแนกชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใช้ขนาดความถี่คลื่นแต่ละช่วง ในการจำแนกคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ เป็นความหมายของสิ่งใด
- ก. ความของคลื่นวิทยุ      ค. ความหมายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. การจำแนกประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า      ง. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
7. ข้อใดต่อไปนี้ เรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง เมื่อเรียงจากความถี่ต่ำสุด ไปสูงสุด
- 1) รังสีอัลตราไวโอเล็ต      3) รังสีแกมมา      5) คลื่นแสง      7) รังสีอินฟราเรด
- 2) คลื่นโทรทัศน์และไมโครเวฟ      4) คลื่นวิทยุ      6) รังสีเอกซ์
- ก. 1-2-3-4-5-6-7      ข. 2-5-4-7-3-6-1      ค. 3-6-1-5-7-2-4      ง. 4-2-7-5-1-6-3
8. ดาวเทียม ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใดในการสื่อสาร
- ก. คลื่นอินฟราเรด      ข. คลื่นจากแสงเลเซอร์      ค. คลื่นไมโครเวฟ      ง. คลื่นวิทยุ

ข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 9-11

- |                           |                   |                        |               |
|---------------------------|-------------------|------------------------|---------------|
| 1. คลื่นวิทยุ             | 3. ริงส์อินฟราเรด | 5. ริงส์อัลตราไวโอเล็ต | 7. ริงส์แกมมา |
| 2. คลื่นโทรทัศน์ ไมโครเวฟ | 4. คลื่นแสง       | 6. ริงส์เอกซ์          |               |

9. การใช้ประโยชน์ของคลื่นจะต้องผสมสัญญาณไฟฟ้ากับคลื่นพาหะ  
 ก. ข้อ 1 และ 2      ข. ข้อ 2 และ 3      ค. ข้อ 1 และ 5      ง. ข้อ 2 และ 4
10. เป็นคลื่นที่ผลิตได้จากหลอดสุญญากาศ ปล่องอิเล็กตรอนที่มีความต่างศักย์สูงไปยังขั้วไฟฟ้าทำจากโลหะหนัก  
 ก. ข้อ 1                      ข. ข้อ 2                      ค. ข้อ 5                      ง. ข้อ 6
11. คลื่นที่มีความถี่ระหว่างริงส์เหนือม่วงกับริงส์ใต้แดง  
 ก. ข้อ 3                      ข. ข้อ 4                      ค. ข้อ 5                      ง. ข้อ 6
12. สมาร์ทโฟนใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใด  
 ก. คลื่นวิทยุ      ข. คลื่นไมโครเวฟ      ค. คลื่นอัลตราไวโอเล็ต      ง. ริงส์อินฟราเรด
13. คลื่นความร้อน หมายถึง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใด  
 ก. คลื่นแสง      ข. อินฟราเรด      ค. อัลตราไวโอเล็ต      ง. ไมโครเวฟ
14. เลเซอร์ เป็นการใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใด  
 ก. คลื่นแสง      ข. อินฟราเรด      ค. อัลตราไวโอเล็ต      ง. ไมโครเวฟ
15. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดที่สายตามนุษย์มองเห็นได้  
 ก. ริงส์อินฟราเรด      ข. คลื่นเสียง      ค. คลื่นแสง                      ง. คลื่นวิทยุ
16. คลื่นแสง สีใดมีความถี่สูงสุด  
 ก. แสงสีแดง      ข. แสงสีน้ำเงิน      ค. แสงสีม่วง                      ง. แสงเหนือม่วง

17. คลื่นแสง มีความยาวคลื่นในช่วงใด

ก. 100 – 1000 เมตร

ค. 1 มิลลิเมตร – 1 เมตร

ข. 0.76 -1000 ไมโครเมตร

ง. 400 – 700 นาโนเมตร

18. รังสีชนิดใด ที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสของอะตอมที่ไม่เสถียรนั้น

ก. รังสีอัลตราไวโอเล็ต

ข. รังสีอินฟราเรด

ค. รังสีแกมมา

ง. รังสีเอกซ์

19. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีพลังงานสูงสัมพันธ์กับข้อใด

ก. แอมพลิจูดสูง ความยาวคลื่นยาว

ค. ความยาวคลื่นยาว ความถี่ต่ำ

ข. แอมพลิจูดสูง ความถี่ต่ำ

ง. ความยาวคลื่นสั้น ความถี่สูง

20. ข้อใด **ไม่ใช่** ประโยชน์ของการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ก. คลื่นอัลตราซาวด์ ใช้วินิจฉัยทางการแพทย์

ข. รังสีแกมมา ใช้รักษาโรคมะเร็ง และต่อมไร้ท่อ

ค. เรดาร์ ใช้คลื่นอินฟราเรด สะท้อนวัตถุเพื่อหาตำแหน่ง

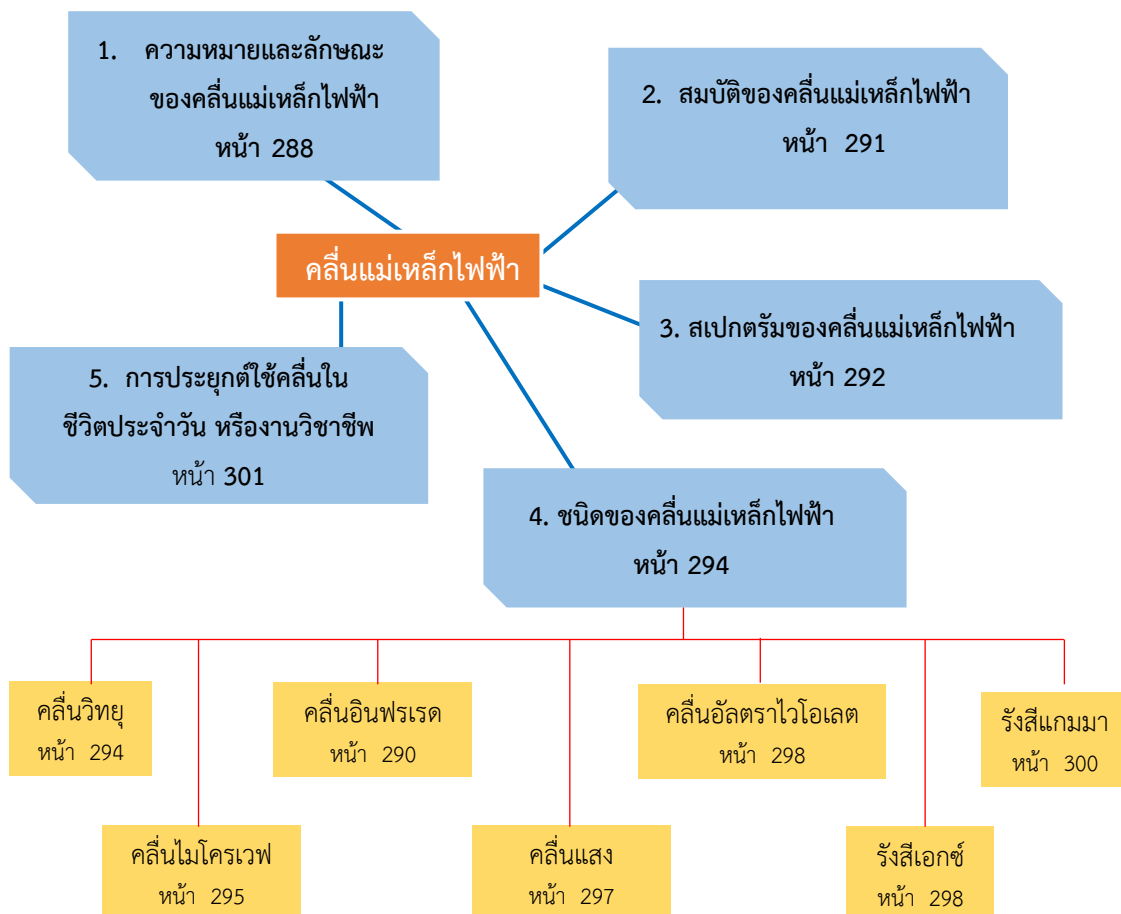
ง. คลื่นโทรทัศน์ สะท้อนคลื่นบรรยากาศในชั้นไอโอโนสเฟียร์กลับสู่ผิวโลก



# คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## บทนำ

แสงสว่างที่เรามองเห็น เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงค่าหนึ่ง จากหลายช่วงความถี่ของสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และแหล่งกำเนิดที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์ และดาวฤกษ์ต่างๆ นอกจากนี้มนุษย์ยังสามารถสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาได้ เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ ริงส์เอกซ์



## 2. ความหมายและลักษณะ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

<https://tinyurl.com/35x2dmyu>

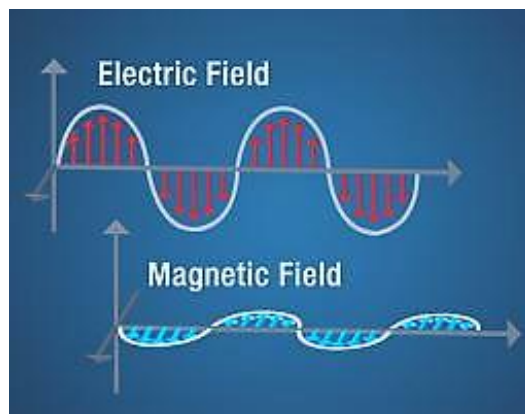


<https://tinyurl.com/35x2dmyu>

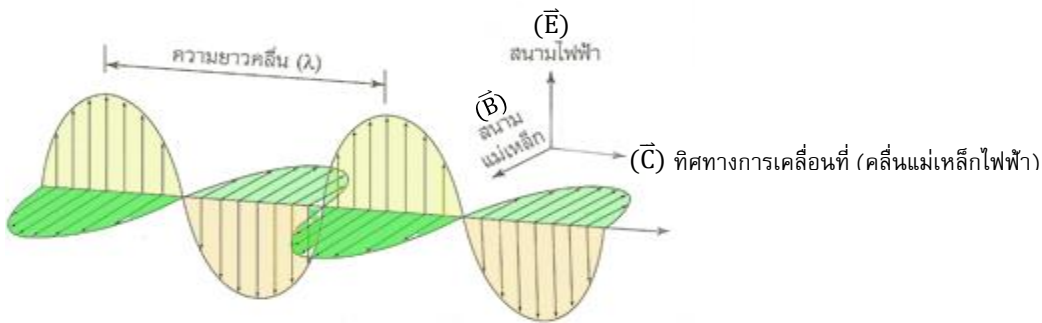
### 1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แมกซ์เวลล์ (Jame Clark Max Well) เป็นนักฟิสิกส์ชาวสกอตแลนด์ ได้ทำการศึกษาปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก ผลการศึกษาพบว่า เมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วงจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเกิดจากการเหนี่ยวนำระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในสามมิติและเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน กล่าวคือสนามทั้งสองจะมีค่าสูงสุดพร้อมกันและต่ำสุดพร้อมกัน นั่นคือทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีเฟสตรงกัน โดยทิศของสนามไฟฟ้าจะตั้งฉากกับทิศของสนามแม่เหล็ก และสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่น (กัญญา เกื้อกุล, 2564).

นอกจากนี้ แมกซ์เวลล์ ได้อธิบายเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเป็นความสัมพันธ์ของคลื่นสนามไฟฟ้า (E) กับคลื่นแม่เหล็ก (B) ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่พร้อมกันทั้งสองคลื่น



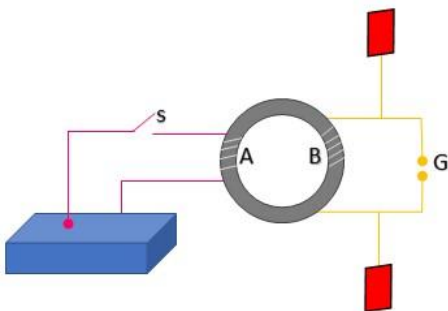
ภาพที่ 8.1 การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉากบนระนาบระหว่างกัน  
ที่มา [http://science.nasa.gov/ems/02\\_anatomy](http://science.nasa.gov/ems/02_anatomy)



ภาพที่ 8.2 การแผ่ของคลื่นแสงโพลาไรซ์ มีทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่  
ที่มา (นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ, 2547, หน้า 36)

สรุปได้ว่า “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกันของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก” ผลของการเหนี่ยวนำนี้ทำให้เกิดการแผ่คลื่นออกไปทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องมีตัวกลางในการนำพาหรือสามารถเคลื่อนที่ได้ในสุญญากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ในสุญญากาศ การเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีความเร็วเท่ากับแสง คือ  $3 \times 10^8$  m/s สามารถหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้จาก ผลคูณของความยาวคลื่นกับความถี่คลื่น ( $V = \lambda f$ )

ในเวลาต่อมา ไฮน์ริช รูตอล์ฟ เฮิร์ตซ์ (Heinrich Rudolf Hertz) ได้นำหลักการของแมกซ์เวลล์สร้างอุปกรณ์ทดลองการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยขั้วไฟฟ้ารูปทรงกลม 2 ขั้ว ต่อกับแหล่งโวลเตจสลับ ซึ่งทำให้ประจุแกว่งกวัดไปมาได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ และทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ประมาณ  $10^9$  เฮิร์ตซ์ (Hz) (กัญญา เกื้อกุล, 2563). ผลของการประดิษฐ์เครื่องส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ในเวลาต่อมาจึงทำให้เกิดเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ และโทรเลข



ภาพที่ 8.3 ภาพขดลวดเหนี่ยวนำในการทดลองของเฮิร์ตซ์

ที่มา (<https://www.scimath.org/lesson-physics/item/11529-2020-05-01-03-02-13>)

ศึกษาเพิ่มเติม  
สื่อวีดิทัศน์



Understanding Electromagnetic Radiation

ที่มา : [https://www.youtube.com/watch?v=FWCN\\_ul5ygY](https://www.youtube.com/watch?v=FWCN_ul5ygY)

## 2. สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

<https://tinyurl.com/cjzs7xwr>

เริ่มเวลา 6.57

<https://tinyurl.com/cjzs7xwr>



## 2. สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปที่เหมือนกัน ดังนี้

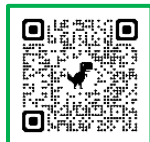
2.1 คุณสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด การเลี้ยวเบน และมีสมบัติเป็นโพลาไรเซชัน การโพลาไรเซชัน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีเวกเตอร์สนามไฟฟ้า สันอยู่ในทิศทางเดียว ทิศของสนามไฟฟ้านี้เรียกว่าเป็นทิศ โพลาไรเซชันของคลื่น (Tuemaster.com, 2021).

2.2 มีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง คือ  $3 \times 10^8$  m/s ( ในสุญญากาศ )

2.3 คลื่นมีพลังงานเกิดขึ้น เมื่อเคลื่อนที่ โดยพลังงานจะไปพร้อมกับคลื่น ซึ่งพลังงานนี้จะขึ้นอยู่กับความถี่ และความยาวคลื่น

2.4 เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกดูดกลืน จะมีผลให้วัตถุที่รับคลื่นร้อนขึ้น

ศึกษาเพิ่มเติม  
สื่อวีดิทัศน์



คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (กวดวิชาพี่สาย ชลบุรี. YouTube. 6 พ.ค. 2019).

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=GK0jd0xzk0s>

<https://tinyurl.com/2mefd3jf>

## 3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

shorturl.at/vyFJ1

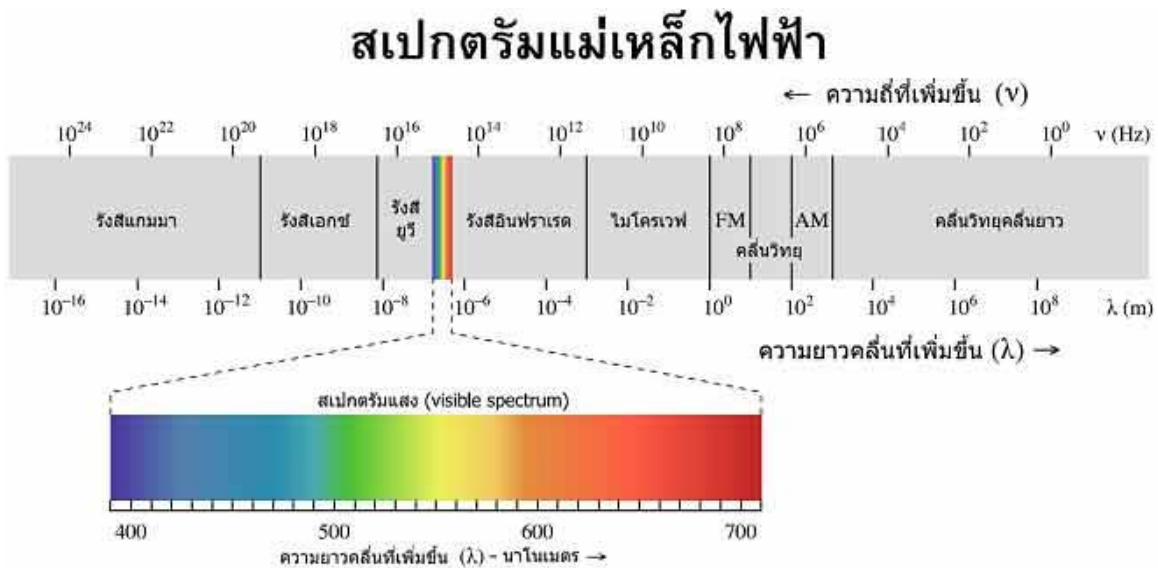
เริ่มเวลา 0:3/3:10

shorturl.at/vyFJ1



## 3. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

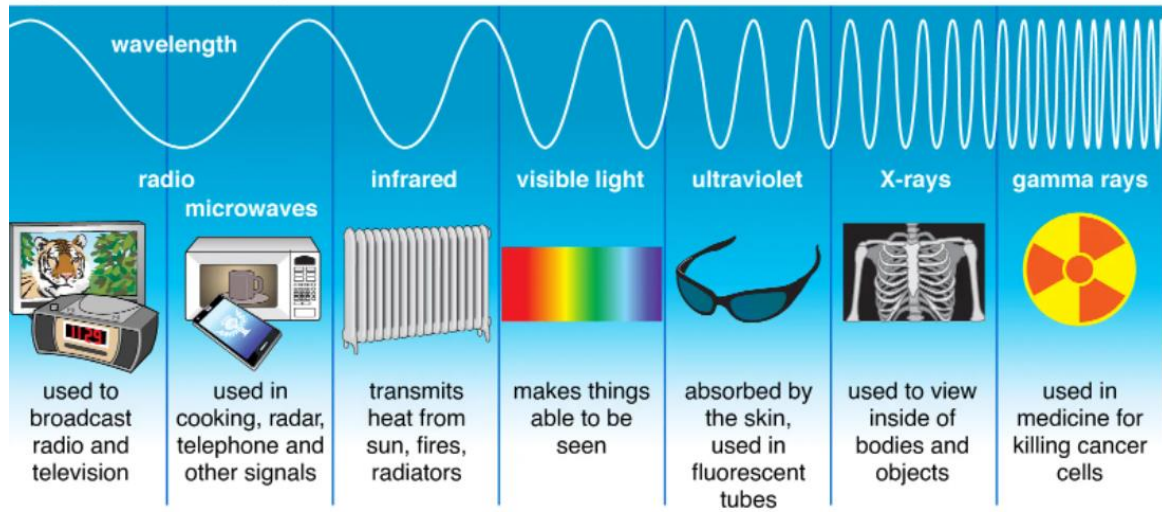
สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึง การแบ่งช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการจำแนกด้วยความถี่ และความยาวคลื่น ดังภาพที่ 8.4 ได้แก่ คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด คลื่นแสงที่ตามองเห็น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา คลื่นในแต่ละช่วงของสเปกตรัมมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพที่ 8.4 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จำแนกชนิดของคลื่นตามความถี่ และความยาวคลื่น ที่มา ([https://wavelength101.files.wordpress.com/2016/07/2887c-spectroscopy\\_03.jpg](https://wavelength101.files.wordpress.com/2016/07/2887c-spectroscopy_03.jpg)).

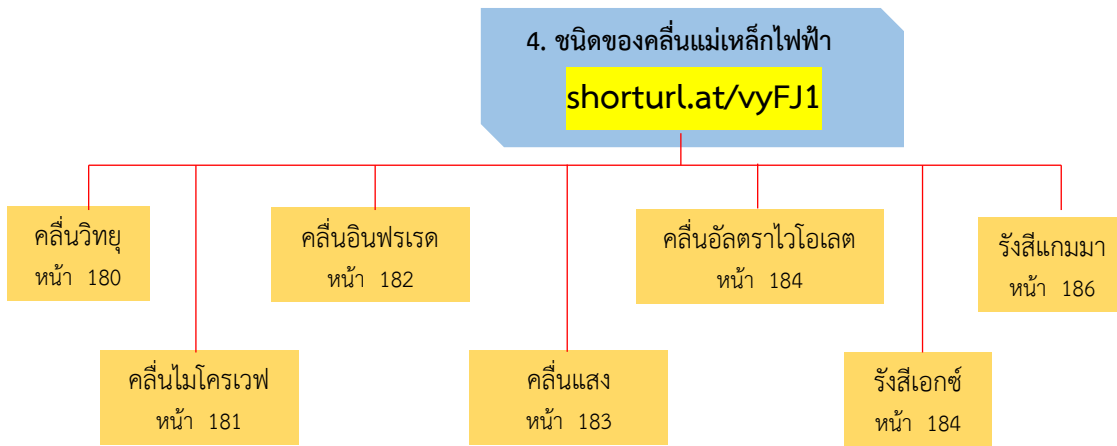
ภาพที่ 8.4 สเปกตรัมของของแสงอยู่ในช่วงความถี่แคบ หรือในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร

### Types of Electromagnetic Radiation



ภาพที่ 8.5 ชนิดของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งตามขนาดความยาวคลื่น และการใช้งาน  
ที่มา [http://science.nasa.gov/ems/02\\_anatomy](http://science.nasa.gov/ems/02_anatomy)

ภาพที่ 8.5 คลื่นที่มีความยาวคลื่นยาว แต่ความถี่ต่ำ ได้แก่คลื่นวิทยุ เป็นคลื่นที่มีพลังงานต่ำสุด ในสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะเพิ่มขึ้นไปทางขวาของภาพ คลื่นที่มีพลังงานมากที่สุดได้แก่ รังสีแกมมา ซึ่งรังสีแกมมามีความยาวคลื่นสั้น แต่ความถี่สูงสุด



เริ่มเวลา 3:11/5:42

[shorturl.at/vyFJ1](https://shorturl.at/vyFJ1)



#### 4. ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การจำแนกชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ความถี่ของคลื่น และความยาวคลื่น โดยกำหนดช่วงความถี่ตามสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในที่นี้กล่าวถึงความถี่ต่ำสุด ไปยังความถี่สูงสุด ดังนี้

##### 4.1 คลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุเป็นคลื่นที่มีความถี่  $10^4 - 10^9$  เฮิร์ตซ์ (Hz) มีความยาวคลื่น 100 – 1000 เมตร ภายในช่วงความถี่นี้ยังสามารถแบ่งแยกความถี่ของ 2 ช่วง เพื่อนำไปใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคม

##### 4.1.1 คลื่นในระบบเอเอ็ม

คลื่นเอเอ็ม (A.M) มีช่วงความถี่ 530-1600 เฮิร์ตซ์ (Hz) นำมาใช้งานด้านการสื่อสารเป็นการรวมสัญญาณไฟฟ้าจากคลื่นเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นพาหะ และปรับให้แอมพลิจูดของคลื่นวิทยุเปลี่ยนแปลง ขยายสัญญาณให้มีกำลังสูง แล้วส่งออกจากสายอากาศสถานีส่ง ไปยังเครื่องรับวิทยุในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุเป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำ ความยาวคลื่นมาก และมีพลังงานต่ำเมื่อแผ่กระจายสัญญาณในอากาศ คลื่นเอเอ็มจะสะท้อนในบรรยากาศได้ดี จึงเรียกคลื่นในระบบเอเอ็มว่า **คลื่นฟ้า** สามารถส่งไปได้ไกล แต่อาจมีคลื่นรบกวน เช่น ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ทำให้ได้ยินเสียงไม่ชัดเจน

##### 4.1.2 คลื่นในระบบเอฟเอ็ม

คลื่นในระบบเอฟเอ็ม (F.M) มีช่วงความถี่ 88-108 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) เป็นการผสมสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากคลื่นเสียง เข้ากับกับคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นพาหะโดยให้ความถี่ของคลื่นวิทยุเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่แอมพลิจูดคงที่ จากนั้นทำการขยายสัญญาณให้มีกำลังสูง ส่งกระจายคลื่นด้วยเสาอากาศซึ่งคลื่นจะส่งไปในระดับใกล้พื้นดิน จึงเรียกว่า **คลื่นดิน** ซึ่งมีเสียงรบกวนน้อยทำให้รับฟังได้ชัดเจน แต่ส่งไปได้ไม่ไกลเนื่องจากติดความโค้งของโลก จึงต้องใช้เสาอากาศถ่ายทอดเป็นช่วงๆ



ภาพที่ 8.6 การส่งสัญญาณของคลื่นวิทยุในระบบเอเอ็ม และเอฟเอ็ม  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 215)

คลื่นวิทยุมีประโยชน์ในด้านการสื่อสารโทรคมนาคม เช่น ใช้ในการกระจายเสียงวิทยุในท้องถิ่น ใช้เป็นวิทยุสื่อสารของตำรวจ และทหาร

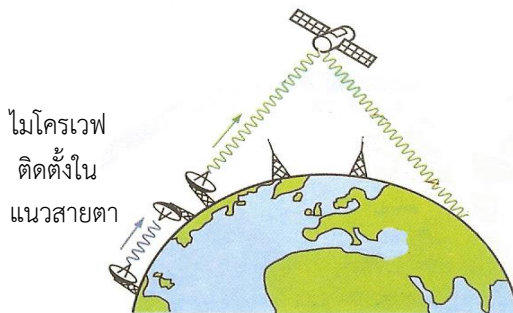
เริ่มเวลา 5:43/8:08



#### 4.2 คลื่นโทรทัศน์ และไมโครเวฟ

[shorturl.at/vyFJ1](https://shorturl.at/vyFJ1)

คลื่นโทรทัศน์และไมโครเวฟเป็นคลื่นที่มีความถี่  $10^8 - 10^{12}$  เฮิรตซ์ (Hz) ความยาวคลื่นตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร - 1 เมตร มีพลังงานมากที่คลื่นจะทะลุบรรยากาศของโลก จึงใช้ดาวเทียมช่วยสะท้อนสัญญาณกลับมายังโลก โดยที่พื้นผิวโลกจะต้องมีจานรับสัญญาณดาวเทียมทำหน้าที่รวมสัญญาณ ให้มีความเข้มเพียงพอเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ฯลฯ แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ ผลิตได้จากเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งสัญญาณภาพและเสียงโดยแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าผสมคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นพาหะ



ภาพที่ 8.7 การส่งสัญญาณไมโครเวฟผ่านดาวเทียม  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 215)

ศึกษาเพิ่มเติม  
เว็บเพจ



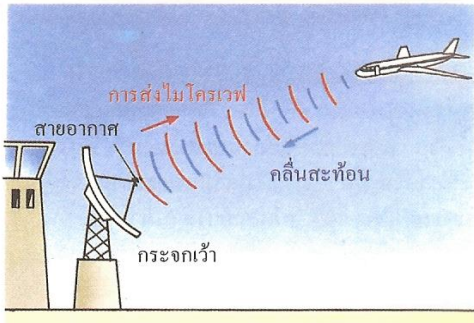
รังสีจากเตาไมโครเวฟ (สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย)

ที่มา: <https://www.nst.or.th/article/article494/article49401.html>

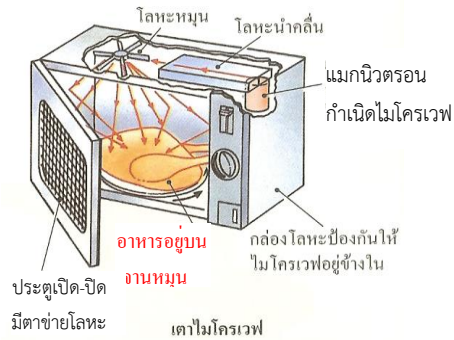
[shorturl.at/nHUZ5](https://shorturl.at/nHUZ5)



สมบัติอีกประการหนึ่งของคลื่นไมโครเวฟ คือสามารถสะท้อนผิวโลหะได้ดี จึงนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น เป็นเครื่องมือตรวจหาตำแหน่งของเครื่องบินของท่าอากาศยาน เรียกว่า เรดาร์ (ภาพที่ 8.8 a) หรือใช้เป็นเตาไมโครเวฟ (ภาพที่ 8.8 b)



(a) การใช้เรดาร์หาตำแหน่งของเครื่องบิน เพื่อติดต่อการขอลอดลงบนสนามบิน



(b) เตอบออาหารด้วยการใช้ไมโครเวฟ

ภาพที่ 8.8 ประโยชน์ของการใช้ไมโครเวฟ  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 221)

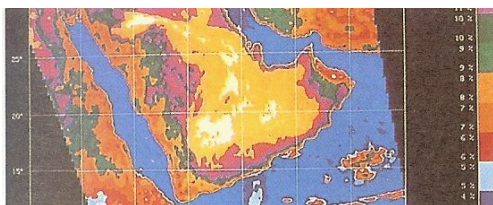
เริ่มเวลา 8:09/8:59  
shorturl.at/vyFJ1



#### 4.3 รังสีอินฟราเรด

รังสีอินฟราเรด (รังสีใต้แดง) เป็นคลื่นที่มีความถี่  $10^{11} - 10^{14}$  เฮิร์ตซ์ (Hz) มีขนาดความยาวคลื่น 0.76-1000 ไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ ) เกิดจากวัตถุร้อน เช่น ดวงอาทิตย์ เต้าไฟ วัสดุที่สามารถดูดกลืนความร้อนได้ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตและมนุษย์มีอัตราเมตาบอลิซึมตลอดเวลา ทำให้เกิดความอบอุ่นของร่างกายสามารถแผ่รังสีอินฟราเรดได้เช่นกัน

รังสีอินฟราเรดนำมาใช้ประโยชน์ ด้านต่างๆ เช่น การถ่ายภาพในเวลากลางคืนเห็นภาพได้ด้วยหลักการของการดูดกลืนความร้อนไม่เท่ากัน การใช้รีโมทคอนโทรลต่างๆ โดยปล่อยรังสีอินฟราเรดไปยังตัวรับโทรทัศน์ หรือการใช้ข้อสรีรยนต์ให้แห้งเร็ว หรือการตรวจวัดอุณหภูมิของร่างกาย เพื่อหาผู้ที่เป็นไข้ ที่มีโอกาสติดเชื้อไวรัสอุบัติใหม่ได้



ภาพที่ 8.9 ประโยชน์ของการใช้รังสีอินฟราเรดในการทำแผนที่  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 221)

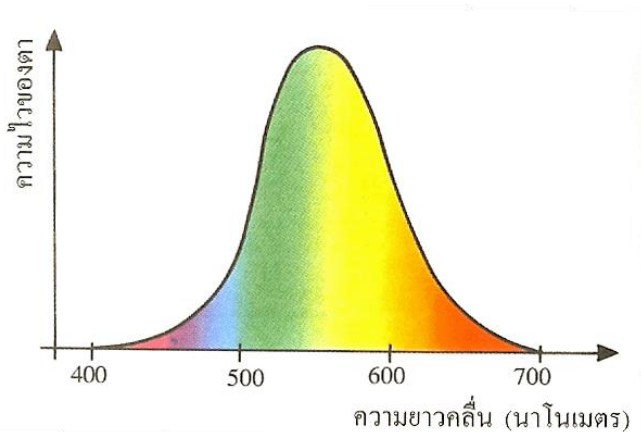
เริ่มเวลา 9:00/10:55



shorturl.at/vyFJ1

#### 4.4 คลื่นแสง

คลื่นแสงเป็นคลื่นชนิดเดียวที่สายตามนุษย์รับได้ มีช่วงความถี่แคบ ๆ ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า คือความถี่  $3.48 \times 10^{14} - 7.69 \times 10^{14}$  เฮิรตซ์ (Hz) ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ในช่วงความถี่นี้แยกความถี่แต่ละช่วงเป็นแสงสีต่าง ๆ ด้วยความถี่และความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน (ดังภาพที่ 8.10) และมีความเร็วแสง  $3 \times 10^8$  m/s



ภาพที่ 8.10 คลื่นแสงประกอบด้วยแสงสีต่างๆ ที่มีความยาวคลื่น 400 – 700 nm  
ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 214)

สเปกตรัมของคลื่นแสง ประกอบด้วย แสงสีต่างๆ ดังนี้คือ ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง หรืออาจเห็นได้จากปรากฏการณ์การเกิดรุ้งกินน้ำ แสงสีน้ำเงินเป็นแสงสีที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีชนิดอื่นๆ และแสงสีแดงมีความถี่ต่ำสุดและมีพลังงานน้อยกว่าแสงสีอื่นๆ อีกด้วย รายละเอียดการแสดงความถี่คลื่นแสงสีต่างๆ เรียงตามลำดับของความถี่ลดลง ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ความยาวคลื่นและความถี่ของสเปกตรัมของคลื่นแสง

สี	ความยาวคลื่น (เมตร $\times 10^{-7}$ )	ความถี่ (เฮิรตซ์ $\times 10^{14}$ )	สี	ความยาวคลื่น (เมตร $\times 10^{-7}$ )	ความถี่ (เฮิรตซ์ $\times 10^{14}$ )
ม่วง	3.90-4.55	6.59-7.69	เหลือง	5.77-5.79	5.03-5.20
น้ำเงิน	4.55-4.92	6.10-6.59	ส้ม	5.79-6.22	4.82-5.03
เขียว	4.92-5.77	5.20-6.10	แดง	6.22-7.80	3.48-4.82

ที่มา (สุเทพ สุขเจริญ, 2547, หน้า 2550)

ประโยชน์ของคลื่นแสง ทำให้มนุษย์มองเห็นวัตถุต่างๆได้ชัดเจน สามารถแยกแสงสีต่างๆได้ดี  
คลื่นแสงเมื่อใช้เลนส์รวมแสงให้ความเข้มสูงได้แสงเลเซอร์ นำมาใช้ในการผ่าตัด ทำให้บาดแผลมีขนาด  
เล็ก ลดการเสียเลือด

เริ่มเวลา 10:56/12:17

[shorturl.at/vyFJ1](https://shorturl.at/vyFJ1)



#### 4.5 รังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือเรียกว่า **รังสีเหนือม่วง** เนื่องจากมีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง  
มีความถี่  $10^{14} - 10^{17}$  เฮิร์ตซ์ (Hz) ความยาวคลื่น 100 – 400 นาโนเมตร มีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ  
จากดวงอาทิตย์ และเกิดจากการสร้างขึ้นมาจากมนุษย์ได้แก่ หลอดไฟ หรือหน้าจอโทรทัศน์

รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศของโลกทำให้เกิดการแตกตัวของ  
ไอออนสะสมจนเป็นชั้นไอโอโนสเฟียร์ เมื่อแสงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ประกอบด้วย  
ก๊าซโอโซน ( $O_3$ ) จะดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตไว้มาก ทำให้รังสีตกมายังผิวโลกได้น้อย

ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต สามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคได้ด้วยหลอด UVC หรือรังสี UV  
ที่มากับแสงแดดสามารถสร้างวิตามินดีให้แก่ร่างกายมนุษย์ แต่อาจเกิดโทษได้ถ้าอยู่ภายใต้รังสีนี้เป็น  
เวลานาน ทำให้ผิวหนังไหม้เกรียมได้ หรือรับปริมาณสูงและสะสมในร่างกายก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนัง

เริ่มเวลา 12:18/13:56

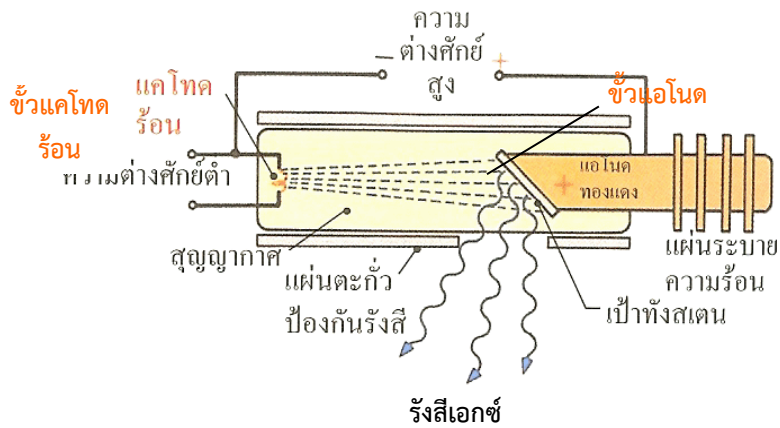
[shorturl.at/vyFJ1](https://shorturl.at/vyFJ1)



#### 4.6 รังสีเอกซ์

รังสีเอกซ์ คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ในช่วง  $10^{17} - 10^{19}$  เฮิร์ตซ์ (Hz) ความยาวคลื่น  
10 ถึง 0.01 นาโนเมตร ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ วิลเฮล์ม เรินต์เกน ในปี ค.ศ. 1895

รังสีเอกซ์ เป็นรังสีที่ได้จากการผลิตขึ้นจากหลอดรังสีเอกซ์ มีลักษณะเป็นหลอด  
สุญญากาศภายในหลอดมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วที่มีความต่างศักย์สูง โดยขั้วแคโทดร้อนปล่อยอิเล็กตรอน ที่มี  
ความเร่ง และอัตราเร็วสูง ไปยังขั้วแอโนด เคลื่อนที่เร็วชนโลหะหนัก เช่น ทังสแตน ทำให้เกิด  
การแผ่รังสีเอกซ์ออกมา



ภาพที่ 8.11 ภายในหลอดรังสีเอกซ์

ที่มา (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2547, หน้า 214)

รังสีเอกซ์มีคุณสมบัติ มีดังนี้

- 1) ทะลุทะลวงวัตถุบางชนิดได้ แต่ถูกดูดกลืนด้วยวัตถุบางชนิดที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่วแผ่นบางสามารถป้องกันรังสีเอกซ์ได้
- 2) รังสีเอกซ์ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- 3) รังสีเอกซ์เป็นคลื่นที่สามารถเลี้ยวเบนได้
- 4) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต เช่น เซลล์ของร่างกายถูกทำลาย ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (Mutation) ถ้าได้รับรังสีเป็นจำนวนมาก และเป็นเวลานาน

รังสีเอกซ์มีประโยชน์หลายประการ เช่น ใช้ในเครื่องฉายเอกซเรย์ เพื่อวินิจฉัยโรค ด้วยการถ่ายภาพกระดูกภายในร่างกาย ใช้หาถ่ายภาพเพื่อรอยร้าวของท่อโลหะ หรือ ใช้ในงานรักษาความปลอดภัยในสนามบิน โดยการถ่ายภาพกระเป๋าเดินทางเพื่อตรวจสอบวัตถุระเบิด

รังสีเอกซ์เป็นรังสีอันตราย ในการใช้จึงต้องมีความรู้เพียงพอ โทษที่อาจได้รับ เช่น ทำให้เป็นมะเร็งได้

เริ่มเวลา 13:57/16:51

shorturl.at/vyFJ1



## 2.7 รังสีแกมมา

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่มากกว่า  $3 \times 10^{18}$  เฮิร์ตซ์ (Hz) มีความถี่สูงกว่าคลื่นชนิดอื่นๆ และมีพลังงานสูง ความยาวคลื่น 0.1 ถึงน้อยกว่า  $10^{-5}$  นาโนเมตร รังสีแกมมามีแหล่งกำเนิดจากการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี เช่น ธาตุยูเรเนียม เรเดียม ทอเรียม ซึ่งเกิดโดยธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ นอกอวกาศ หรือ อาจพบในทะเล ในดินและในอาคารบ้านเรือน (พงศาล มีคุณสมบัติ, 2550 หน้า 24) หรือ อาจเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ทำให้นิวเคลียสอะตอมของธาตุนั้นสลายตัวให้รังสี 3 ชนิด คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา

คุณสมบัติของรังสีแกมมา มีดังนี้

- 1) มีพลังงานสูงมาก มีอำนาจทะลุทะลวงสูง
- 2) ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ประโยชน์ของการฉายรังสีแกมมา

- 1) ด้านการเกษตร ปรับปรุงพันธุ์พืช ผลผลิตทางการเกษตร เช่น ใช้ปรับปรุงพันธุ์ข้าว การใช้โคโตซานฉายรังสีในแปลงข้าวโพด เปรียบเทียบผลผลิตฝักข้าวโพดจากโคโตซานอบรังสีดีกว่าไม่ใช้
- 2) ด้านการแพทย์ ใช้รักษาโรคมะเร็ง และศึกษาการทำงานของต่อมไทรอยด์
- 3) การถนอมอาหารใช้รังสีเพื่อฆ่าเชื้อโรคในอาหาร เช่น เชื้อสโตนเนลล่า หรือเชื้อราครอสติเดียม ซึ่งการฉายรังสีนี้ยังสามารถรักษาความสดของอาหารไว้ได้ แต่ปลอดเชื้อโรค ตัวอย่างเช่น แหนม อาหารสดแช่แข็ง เครื่องเทศ
- 4) ใช้เปลี่ยนสีอัญมณี ด้วยการฉายรังสีแกมมา จากโคบอลต์ -60 เปลี่ยนสีเพชรเป็นสีน้ำเงิน เขียว หรือสีเหลือง เพื่อเพิ่มมูลค่า

### กิจกรรมเรียนรู้ 8.1

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า: Work sheet หน่วย 8 หน้า 305

### กิจกรรมเรียนรู้ 8.2

ให้นักเรียนค้นหาความรู้ > ประโยชน์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า: Work sheet หน่วย 8 หน้า 306

## 5. การประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน หรืองานวิชาชีพ

ตารางที่ 8.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

ชนิดของคลื่น	ประโยชน์
คลื่นวิทยุ $10^4 - 10^9$ Hz	<p>ความถี่ต่ำกว่า 50 Hz ไฟฟ้ากระแสสลับ</p> <p>AM ความถี่ต่ำกว่า 540 Hz (Long wave) คลื่นดิน ติดต่อสื่อสารกับเรือดำน้ำ</p> <p>AM ความถี่ 530-1600 Hz (Medium wave) นำมาใช้งานด้านวิทยุกระจายเสียง</p> <p>SW ความถี่ 108 – 30 MHz (Short wave) รับสัญญาณทางไกลได้ดี ใช้งานด้านส่งกระจายเสียง</p> <p>SW/FM ความถี่ระหว่าง Short wave กับ Very high Frequency ใช้เป็นสัญญาณรถบังคับวิทยุเด็กเล่น</p> <p>FM ความถี่ 87.5 – 108 MHz (Very high Frequency) หรือ VHF ใช้งานด้านส่งวิทยุกระจายเสียง คุณภาพเสียงดี ชัดเจน แต่ส่งได้ไม่ไกล</p> <p>ความถี่ช่วง FM (87.5 – 108 MHz) ถึงช่วง 470 MHz ใช้กับวิทยุสื่อสาร</p> <p>โทรศัพท์เคลื่อนที่ ความถี่ 470, 800, 900, และ 1880-1900 MHz</p> <p>โทรศัพท์บ้าน ความถี่ 2 – 2.4 GHz</p> <p>**ที่มา (<a href="http://tamagozilla.blogspot.com/2011/08/mo-memoir-tuesday-30-august-2554.html">http://tamagozilla.blogspot.com/2011/08/mo-memoir-tuesday-30-august-2554.html</a>)</p>
คลื่นโทรทัศน์และคลื่นไมโครเวฟ $10^8 - 10^{12}$ Hz	<p>สมาร์ทโฟน โทรศัพท์เพื่อการติดต่อสื่อสาร ไร้สาย</p> <p>เตาไมโครเวฟ สะท้อนโลหะให้อาหารร้อน</p> <p>เรดาร์ ตรวจจับหาตำแหน่งวัตถุในอากาศ ในน้ำ</p>
รังสีอินฟราเรด $10^{11} - 10^{14}$ Hz	<p>ถ่ายภาพในเวลากลางคืน</p> <p>รีโมทคอนโทรลต่างๆ</p> <p>อบสีรถยนต์ให้แห้งเร็ว</p>
คลื่นแสง $3.48 \times 10^{14} - 7.69 \times 10^{14}$ Hz	<p>รับภาพต่างๆ ของมนุษย์</p> <p>แสงเลเซอร์ เพื่อใช้ผ่าตัด</p>

ตารางที่ 8.2 สรุปลคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ (ต่อ)

ชนิดของคลื่น	ประโยชน์
รังสีอัลตราไวโอเล็ต $10^{14} - 10^{17}$ (Hz)	ดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ สร้างวิตามินดีให้แก่ร่างกาย ฆ่าเชื้อโรคได้
รังสีเอกซ์ $10^{17} - 10^{19}$ Hz	ใช้ในเครื่องฉายเอกซเรย์ ถ่ายภาพเพื่อบริการของท่อโลหะ รักษาความปลอดภัยในสนามบิน ตรวจสอบวัตถุระเบิด
รังสีแกมมา มากกว่า $3 \times 10^{18}$ Hz	ผู้ป่วยโรคมะเร็ง รักษาโรคต่อมไทรอยด์ ใช้เปลี่ยนสีของอัญมณีเพื่อเพิ่มมูลค่า

ที่มา (อุบลวรรณ สุทธิวัฒน์, 2564, หน้า 301-302 )

## บทสรุป

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก กับสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่าง ต่อเนื่อง พร้อมกันตรงเฟสกัน ในเวลาเดียวกัน การเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดมีความเร็ว เท่ากับแสง คือ  $3 \times 10^8$  เมตร/วินาที เป็นคลื่นตามขวาง สามารถหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้จาก ผลคูณของความยาวคลื่นกับความถี่คลื่น ( $V = \lambda f$ )

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน คือ เป็นคลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์และคลื่น ไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรดที่นำมาถ่ายภาพในเวลากลางคืน รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคได้

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 8



ให้นักเรียนทำตอบคำถาม > แบบฝึกหัดท้ายหน่วย 8 : Work sheet หน่วย 8 > หน้า 307

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 8

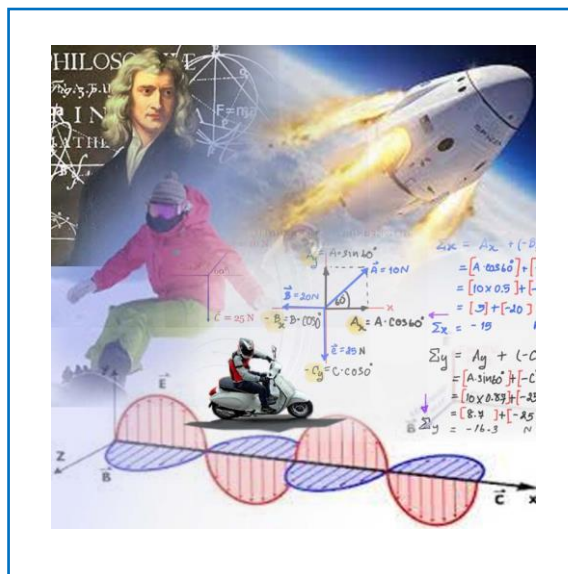


ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วย 8 > Work sheet หน่วย 8 > หน้า 309

# เอกสารใบงาน

หน่วย 8 ทศนิยมแม่เหล็กไฟฟ้า

## Work Sheet





## กิจกรรมเรียนรู้



## กิจกรรมเรียนรู้ 8.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ให้นักเรียนทำตอบคำถาม ➤ (link Text หน้า 300)

## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกหลักการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถบอกลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
3. นักเรียนสามารถระบุ ประโยชน์ของใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง

1. หลักทฤษฎีของแมกซ์เวลล์ (Jame Clark Max Well) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร อธิบายและวาดภาพประกอบ

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนค้นคว้า ประโยชน์ของใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ มาใช้ในชีวิตประจำวันได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมเรียนรู้



## กิจกรรมเรียนรู้ 8.2 ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ให้นักเรียนค้นหาความรู้ จากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ➤ (link Text หน้า 300)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถค้นหาความรู้ เกี่ยวกับ ประโยชน์ของใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ ได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนค้นหาความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ  
ระบุแหล่งที่มาของการค้นคว้า

ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ประโยชน์การใช้งาน
ที่มา:	
ชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ประโยชน์การใช้งาน
ที่มา:	

## แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 8

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถบอกความหมาย ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดได้
2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเรียงลำดับชนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามความถี่คลื่นได้
3. นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
4. นักเรียนสามารถบอกคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดได้
5. นักเรียนสามารถบอกใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และวิชาชีพได้

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึง.....  
.....
2. จงบอกลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า .....  
.....  
.....
3. จงเรียงลำดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากความถี่ต่ำ ไปความถี่สูง .....  
.....  
.....
4. คลื่นแสง หมายถึง .....  
.....
5. คลื่นแสง สีใดที่มีพลังงานสูงสุด.....  
เพราะเหตุใด.....
6. รังสีเหนือม่วง หมายถึง รังสีชนิดใด..... และขนาดความถี่.....  
.....

7. คลื่นชนิดใดที่ใช้ในการสื่อสาร .....

8. คลื่น F.M มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากคลื่น A.M อย่างไร

.....  
.....

9. เลเซอร์ เป็นการใช้ประโยชน์ของคลื่นชนิดใด และมีหลักการทำงานอย่างไร

.....  
.....

10. เส้นใยนำแสง และเรดาร์ เป็นการใช้ประโยชน์ของคลื่นชนิดใด และมีหลักการอย่างไร

.....  
.....

11. รีโมทคอนโทรล เปิดปิดสวิตซ์อัตโนมัติ เป็นการใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใด.....

.....

12. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ได้จากแหล่งใด .....

13. รังสีเอกซ์ หมายถึง.....

แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ คือ.....

.....  
.....

14. แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา .....

คุณสมบัติของรังสีแกมมา ได้แก่ .....

.....  
.....

15. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในชีวิตประจำวัน หรืองานวิชาชีพ

ไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง พร้อมทั้งระบุชนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดนั้นๆ ให้ถูกต้อง

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

## กระดาษคำตอบ

## แบบทดสอบหลังเรียน

รหัสวิชา 20000 - 1302

ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่ออาชีพช่างอุตสาหกรรม

ระดับชั้น ปวช.

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม (หน่วยที่ 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) เวลา 30 นาที

(คะแนนเต็ม 20)

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ

โจทย์คำถาม หน้า 284 - 287

ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

## บรรณานุกรม

- กวดวิชาพี่สาย ชลบุรี. แม่เหล็กไฟฟ้า. <https://www.youtube.com>. 2019. แหล่งที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=YTSGO1Q88Aw> ค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์, 2564.
- กัญญา เกื้อกุล. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า. 2564. แหล่งที่มา : <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/11529-2020-05-01-03-02-13> ค้นเมื่อ 3 มิถุนายน, 2564.
- กิริติ ลีวัจนกุล และวลัยรัตน์ ลีวัจนกุล. ฟิสิกส์ 1. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2564. จาก <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/balance/index8-4.html>.
- คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์. ฟิสิกส์ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ : 2532. จอห์นสัน, คีธ. (2547). ฟิสิกส์. แปลจาก Physic for you โดย ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์.
- นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. (2547). ผลงานงานนิเวศวิทยาร่วมมนุษย์ชาติ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. (2543). ฟิสิกส์พื้นฐานกลศาสตร์. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- บูเกี เจ. เพรเตอร์. (2547). ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์ฟิสิกส์พื้นฐาน. แปลจาก Schaum's Outline Series; Theory and Problems of College Physics, 8/Ed. โดย ปิยพงษ์ สิทธิคง). กรุงเทพฯ: แมคกรอ – ฮิล อินเตอร์เนชันแนล เอ็นเตอร์ไพรส์, อิงค์.
- ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก. (2539). ฟิสิกส์ 1. นนทบุรี : ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ปรารธนา คิ้วสุวรรณ. (2559). การใช้เทคโนโลยีรังสีทางเพื่อการเกษตร. เข้าถึงเมื่อ (8 กุมภาพันธ์ 2564). เข้าถึงได้จาก (<http://www.clinictech.ops.go.th/online/filemanager/fileclinic/F1/files/kitosan-tint.pdf>).
- ปิตุพร พิมพ์เพชร. (2564). การสะท้อนแสง. เข้าถึงเมื่อ (5 กันยายน 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.truelookpanya.com/learning/detail/33737>).
- \_\_\_\_\_. (2564). สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า. เข้าถึงเมื่อ (29 สิงหาคม, 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.truelookpanya.com/learning/detail/34129>).
- ยัง ดี. อักซ์. และ ฟรีดแมน เอ. โรเจอร์. (2547). ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา 1. (แปลจาก University Physics with Modern Physic โดย ปิยพงษ์ สิทธิคง) พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชันอินโดไชน่า.
- รำพรรณ รักศรีอักษร. (2545). ฟิสิกส์ในชีวิตประจำวัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์,

- วีระพงษ์ ฉายอรุณ. (2545). **ฟิสิกส์พื้นฐาน**. นครปฐม : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครปฐม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2021). **การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต**. เข้าถึงเมื่อ (2 พฤศจิกายน 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.youtube.com/watch?v=CdjrbXANzWY>).
- \_\_\_\_\_. (2020). **แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ตอนที่ 1**. เข้าถึงเมื่อ (2 พฤษภาคม 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.youtube.com/watch?v=FEALUPwdUio>).
- สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. (2564). **รังสีจากเตาไมโครเวฟ**. เข้าถึงเมื่อ (16 สิงหาคม 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.nst.or.th/article/article494/article49401.html>).
- สยามเคมีดอทคอม. (2565). **รังสีเอกซ์ (x-ray) คุณสมบัติ และประโยชน์รังสีเอกซ์**. เข้าถึงเมื่อ (25 มีนาคม 2565). เข้าถึงได้จาก (<https://www.siamchemi.com/รังสีเอกซ์/>).
- สุนทรศักดิ์ สุขสุขะโน. (2548). **สนามแม่เหล็กไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ศรีอยุธยา.
- สุเทพ สุขเจริญ. (2550). **วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : เอ็มพันธ์.
- สุอังคณา แก่นโนนสังข์. (2551). **วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี : ศูนย์หนังสือเมืองไทย,
- อนันต์ วงศ์กระจ่าง และวิสูตร พิงษ์. (2549). **ฟิสิกส์พื้นฐาน 1**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. อาภากรณ์ ล้อสังวาลย์. (2537). **วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : พัฒนาวิชาการ.
- ฮอง แจชอย. (2550). **เอาชีวิตรอดในอาณาจักรแมลง เล่ม 3**. กรุงเทพฯ : นานามีบุ๊คพับลิเคชันส์.
- Bess Ruff. (2016). **คำนวณแรงดึงในฟิสิกส์**. เข้าถึงเมื่อ (24 สิงหาคม 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://th.wikihow.com/คำนวณแรงดึงในฟิสิกส์>).
- Best Service 888Bike. (2564). **จักรยานเสือหมอบ**. เข้าถึงเมื่อ (31 สิงหาคม 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://888bike.net/category/3/จักรยานเสือหมอบ>).
- J.M.K.C. Donev et al. (2021). **Energy Education - Law of conservation of energy**. เข้าถึงเมื่อ (2 January 2022). Available ([https://energyeducation.ca/encyclopedia/Law\\_of\\_conservation\\_of\\_energy](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Law_of_conservation_of_energy)).
- MO Memoir. (2554). **คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับงานวิเคราะห์เคมี**. เข้าถึงเมื่อ (5 มิถุนายน 2564.) เข้าถึงได้จาก (<http://tamagozilla.blogspot.com/2011/08/mo-memoir-tuesday-30-august-2554.html>).

- myfirstbrain.com. (2554). **สนามแม่เหล็กโลก**. เข้าถึงเมื่อ (5 มกราคม 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://www.scimath.org/article-earthscience/item/2151-earths-magnetic-field>).
- National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). **Anatomy of an Electromagnetic Wave**. (10 August 2016). Available ([http://science.nasa.gov/ems/02\\_anatomy](http://science.nasa.gov/ems/02_anatomy)).
- Nolan L. M. and Tucker W. (1984). **Heath Physical Science**. Canada : D.C. Heath and Company.
- Serway R.A & Jewett J.W. (2007). **Principles of Physics**. Fourth edition. Canada : Thomson Book/cole.
- Tippens, P. E. (2007). **Physics**. Seven edition. New York : MC Graw-Hill.
- Tuemaster Admin. (2021). **การโพลาไรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**. เข้าถึงเมื่อ (3 มิถุนายน 2564). เข้าถึงได้จาก (<https://tuemaster.com/blog/โพลาไรเซชันของคลื่นแม่/>).
- Wave Diffraction**. (2015, May 15). Top searches on YouTube: May 2015 [Video file]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=1bHipDSHVG4>.
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2019). **positive electric charge and a field induced by a negative electric charge**. [image]. เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563. เข้าถึงได้จาก ([https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_charge](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_charge)).





ภาคผนวก  
(เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน)



## เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

### หน่วยที่ 1 เวกเตอร์

ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่
1 ค	6 ข	11 ค	16 ค
2 ค	7 ค	12 ง	17 ง
3 ง	8 ก	13 ค	18 ก
4 ค	9 ข	14 ข	19 ก
5 ง	10 ข	15 ก	20 ก

ตอนที่ 2 แสดงวิธีทำ

ข้อที่ 1 14.30 N ทำมุม 63 องศา ในจุดภาคที่ 1

ข้อที่ 2 14.30 N ทำมุม 63 องศา ในจุดภาคที่ 1

### หน่วยที่ 2 แรง

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่
1 ง	6 ข	11 ง	16 ค
2 ก	7 ค	12 ข	17 ง
3 ก	8 ค	13 ก	18 ก
4 ข	9 ง	14 ง	19 ค
5 ก	10 ข	15 ข	20 ค

### หน่วยที่ 3 สมดุล

ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่
1 ก	6 ข	11 ค
2 ค	7 ข	12 ค
3 ง	8 ค	13 ง
4 ก	9 ค	14 ข
5 ค	10 ค	15 ค

ตอนที่ 2 แสดงวิธีทำ

ข้อ 1  $T_1 = 391.18 \text{ N}$       ข้อ 2  $T_2 = 519.11 \text{ N}$

#### หน่วยที่ 4 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่	
1	ง	6	ค	11	ข	16	ค
2	ง	7	ก	12	ค	17	ข
3	ข	8	ค	13	ก	18	ข
4	ค	9	ก	14	ง	19	ง
5	ก	10	ค	15	ง	20	ก

#### หน่วยที่ 5 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง แบบโพรเจกไทล์

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่	
1	ง	6	ข	11	ข
2	ข	7	ข	12	ก
3	ข	8	ก	13	ค
4	ค	9	ค	14	ค
5	ง	10	ง	15	ง

#### หน่วยที่ 6 งาน พลังงาน และกำลัง

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่	
1	ข	6	ข	11	ค	16	ข
2	ค	7	ข	12	ก	17	ค
3	ก	8	ก	13	ก	18	ข
4	ก	9	ข	14	ข	19	ก
5	ก	10	ก	15	ก	20	ก

### หน่วยที่ 7 คลื่นกล

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่	
1	ก	6	ค	11	ข	16	ก
2	ข	7	ก	12	ง	17	ก
3	ข	8	ง	13	ก	18	ง
4	ง	9	ค	14	ก	19	ข
5	ก	10	ข	15	ข	20	ง

### หน่วยที่ 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่		ข้อที่	
1	ค	6	ง	11	ข	16	ค
2	ก	7	ง	12	ข	17	ง
3	ก	8	ค	13	ข	18	ค
4	ค	9	ก	14	ก	19	ง
5	ข	10	ง	15	ค	20	ก