



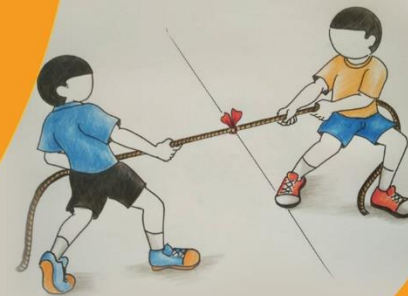
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่

ชุดที่ 1

แรงและการหาแรงลัพธ์



นางสาวสุภารัตน์ สุปินะ

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ: ครูชำนาญการ

โรงเรียนศรีร่มโพธิ์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยยึดหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย
เหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง เน้นกระบวนการคิด ทักษะ
การแก้โจทย์ปัญหา สามารถพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพซึ่งตอบสนองพระราชบัญญัติการศึกษา
แห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553
สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับการ
พัฒนาทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ความสามารถ
ในการสื่อสารการตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรม
และค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด จำนวน 7 ชุด ชุดนี้เป็น ชุดกิจกรรมที่ 1
เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์ ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้
จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานักเรียนและส่งเสริมให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพ และมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สุภารัตน์ สุปินะ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำชี้แจง	1
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู	2
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน	3
ขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้.....	4
ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้	5
แบบทดสอบก่อนเรียน	6
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	9
บัตรความรู้ที่ 1 เรื่อง แรง	10
บัตรกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความหมายของแรง	12
บัตรความรู้ที่ 2 เรื่อง การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูป	14
บัตรกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แรงลัพธ์	17
บัตรกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง การทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูป	18
บัตรความรู้ที่ 3 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณ	23
บัตรกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณ	35
สรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์	38
แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์	39
แบบทดสอบหลังเรียน	41
กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน	44
บรรณานุกรม	45

คำชี้แจง

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 7 ชุด ดังนี้
ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรง และการหาแรงลัพธ์
ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง มวลและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1
ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2
ชุดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3
ชุดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
ชุดกิจกรรมที่ 6 เรื่อง แรงเสียดทาน
ชุดกิจกรรมที่ 7 เรื่อง การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้เป็น ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรง และการหาแรงลัพธ์ ใช้ประกอบ
แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 แผน
เวลา 3 ชั่วโมง
3. ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดนี้ ประกอบด้วย
 - 3.1 คำชี้แจง
 - 3.2 คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู
 - 3.3 คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน
 - 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 - 3.5 ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้
 - 3.6 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - 3.7 กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน
 - 3.8 บัตรความรู้
 - 3.9 บัตรกิจกรรม
 - 3.10 แบบฝึกหัด
 - 3.11 แบบทดสอบหลังเรียน
 - 3.12 กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน
 - 3.13 บรรณานุกรม
4. ผู้ใช้ชุดกิจกรรมนี้ควรศึกษาคำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนใช้

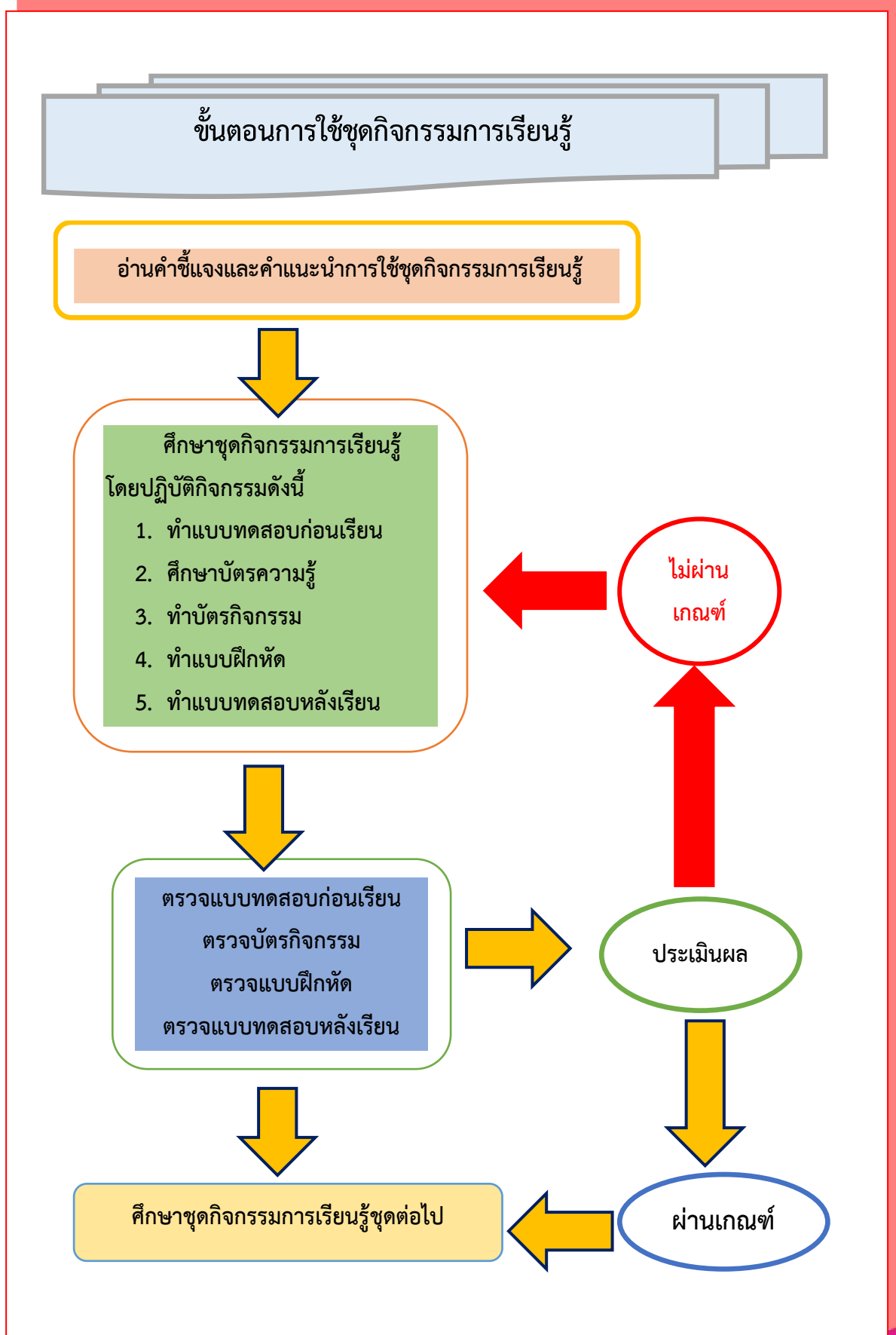
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมีประสิทธิภาพ ผู้สอนควรเตรียมความพร้อม และปฏิบัติตามคำแนะนำ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่สอน เอกสารชุดกิจกรรมการเรียนรู้และคำชี้แจงต่าง ๆ ให้เข้าใจก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้
2. เตรียมสื่ออุปกรณ์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้พร้อมและครบจำนวนนักเรียนในชั้นเรียนแต่ละกลุ่ม
3. เมื่อมีกิจกรรมกลุ่มให้แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 - 6 คน จำนวนกลุ่มขึ้นอยู่กับจำนวนนักเรียนในชั้นเรียน โดยคละนักเรียนตามความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน ให้มีการ เลือกประธาน และเลขานุการกลุ่ม และแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบแก่สมาชิกในกลุ่ม
4. ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเอง แนะนำขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แนวปฏิบัติ ในระหว่างการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แล้วจึงให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
5. ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยให้ความช่วยเหลือแนะนำกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นและตอบข้อสงสัยต่าง ๆ ระหว่างเรียนพร้อมทั้งสังเกตและประเมินพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน
6. เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครบถ้วน ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจแต่ละเรื่อง
7. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนแล้วนำผลทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแจ้งให้นักเรียนทราบความก้าวหน้าทางการเรียน
8. การวัดและประเมินผล ประเมินจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ตรวจสอบแบบฝึกหัด สังเกตพฤติกรรม การปฏิบัติงานกลุ่ม ประเมินผลการปฏิบัติงาน ตรวจสอบกิจกรรม
9. เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนร่วมตรวจสอบ เก็บชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วัสดุ สิ่งของ และอุปกรณ์ ให้เรียบร้อย เพื่อสะดวกในการใช้ครั้งต่อไป

คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

- สิ่งที่นักเรียนควรปฏิบัติก่อนใช้ชุดกิจกรรม ขณะใช้ชุดกิจกรรม และหลังใช้ชุดกิจกรรม มีดังนี้
1. นักเรียนรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้คนละ 1 ชุดจากครูผู้สอน
 2. อ่านขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และคำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมของนักเรียนให้เข้าใจก่อนลงมือศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้
 3. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที เพื่อประเมินความรู้เดิมของนักเรียน
 4. นักเรียนศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในบัตรความรู้ และบัตรกิจกรรม
 5. เมื่อมีกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาชุดกิจกรรมตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในบัตรความรู้ และบัตรกิจกรรม ร่วมกันอภิปราย ระดมความคิดตอบคำถาม และร่วมกันตรวจสอบผลงานกลุ่ม
 6. นักเรียนทำแบบฝึกหัดแต่ละเรื่องเพื่อประเมินความรู้แต่ละเรื่องย่อย
 7. ทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ โดยใช้เวลา 10 นาที เพื่อประเมินความรู้ในการเรียนของนักเรียนหลังจากทำกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยในแต่ละชุด
 8. บอกคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียนทุกชุดให้ครูทราบ เพื่อบันทึกลงในแบบบันทึกผลการประเมินด้านความรู้จากการทำกิจกรรมตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อหาคะแนนสรุป
 9. หลังจากทำกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเก็บวัสดุอุปกรณ์ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เรียบร้อย
 10. ในการทำกิจกรรมตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกชุด ให้นักเรียนทำด้วยความตั้งใจ ให้ความร่วมมือ และมีความซื่อสัตย์ต่อตนเองให้มากที่สุด
 11. หากนักเรียนคนใดเรียนไม่ทันหรือเรียนยังไม่เข้าใจ ให้รับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปศึกษาเพิ่มเติมนอกเวลาเรียนหรือยืมกลับบ้าน เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น



ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

อธิบายแรงและหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงได้

สาระสำคัญ

แรง (force) ปริมาณที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิม
แรงจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงในระบบเอสไอ คือ นิวตัน (N)
การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุอาจทำได้ด้วยวิธีการสร้างรูปและการคำนวณ

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของแรง
2. การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูป
3. การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายความหมายของแรง แรงลัพธ์ได้
2. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุโดยวิธีการสร้างรูปและวิธีการคำนวณได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

ปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับแรงและการหาแรงลัพธ์ พร้อมนำเสนอข้อสรุปได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน
2. มีจิตวิทยาศาสตร์ในการร่วมแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบทดสอบก่อนเรียน ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์

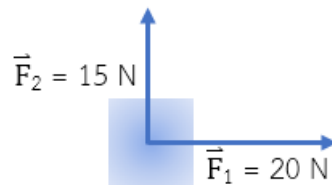
คำชี้แจง 1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยมีทั้งหมด 10 ข้อ 10 คะแนน เวลา 10 นาที
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่องตัวอักษร ก ข ค ง ที่เห็นว่าถูกต้อง
ที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดต่อไปนี้เป็นความหมายของแรง (Force)
 - ความพยายามที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่
 - ความสามารถที่ทำให้วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้น
 - ความพยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่ง
 - ถูกทุกข้อ
- สถานการณ์ในข้อใดมีแรงลัพธ์มากที่สุด
 - ลูกฟุตบอลวางนิ่งอยู่กับพื้น
 - แรงสองแรงขนาดเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน
 - แรงสองแรงขนาดเท่ากัน มีทิศทางตรงกันข้าม
 - แรงสามแรงกระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่ง และทำให้วัตถุสมดุล
- แรง 2 แรง มีขนาด 10 นิวตัน และ 15 นิวตัน กระทำต่อวัตถุตั้งรูป วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างไร



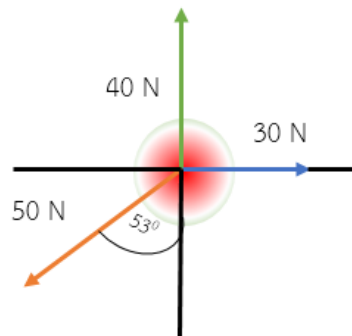
- แรงลัพธ์ขนาด 5 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวามือ
- แรงลัพธ์ขนาด 5 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ
- แรงลัพธ์ขนาด 25 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวามือ
- แรงลัพธ์ขนาด 25 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ

4. เหยี่ยุสลิงลึงไปบนพื้นที่มีความฝืดด้วยความเร็วคงที่ แรงที่ทำให้เกิดความฝืดคือแรงใด
- ก. แรงยึด
 - ข. น้ำหนัก
 - ค. เสียดทาน
 - ง. แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก
5. แรงใดที่ต้นกำเนิดของแรงไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุแต่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้
- ก. แรงดึง
 - ข. แรงผลัก
 - ค. แรงโน้มถ่วง
 - ง. แรงลม
6. จงหาขนาดแรงลัพธ์ของแรง ($\vec{F}_1 = 20$ นิวตัน และ $\vec{F}_2 = 15$ นิวตัน เมื่อแรงทั้งสองทำมุมฉากต่อกัน



- ก. 5 นิวตัน
 - ข. 25 นิวตัน
 - ค. 35 นิวตัน
 - ง. 45 นิวตัน
7. จากข้อ 6 จงหาทิศทางของแรงลัพธ์ที่ทำมุมกับแนวระดับ
- ก. 30 องศา
 - ข. 37 องศา
 - ค. 45 องศา
 - ง. 53 องศา

8. แรง 30 นิวตัน 40 นิวตัน และ 50 นิวตันต่อกันดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์



- ก. 14.14 นิวตัน
ข. 20.26 นิวตัน
ค. 31.43 นิวตัน
ง. 42.35 นิวตัน
9. จากข้อ 8 จงหาทิศทางของแรงลัพธ์
- ก. 45 องศา เหนือแกน $-X$
ข. 45 องศา ใต้แกน X
ค. 53 องศา เหนือแกน $-X$
ง. 53 องศา ใต้แกน X
10. ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ผู้เล่นจะต้องพาลูกฟุตบอลเข้าไปยังประตูฝ่ายตรงข้าม การเล่นโดยทั่วไปผู้เล่นจะต้องออกแรงเตะฟุตบอลไปยังตำแหน่งที่ต้องการและบ่อยครั้งที่เตะลูกฟุตบอลเมื่อพื้นลูกฟุตบอลจะกระดอนขึ้นจากพื้น “การกระดอนของลูกบอลที่เกิดขึ้นเกิดจากแรงใด”



- ก. แรงโน้มถ่วง
ข. แรงที่พื้นกระทำต่อลูกบอล
ค. แรงที่ลูกบอลกระทำต่อพื้น
ง. แรงจากนักเตะกระทำต่อลูกบอล

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดกิจกรรมที่ 1 แรงและการหาแรงลัพธ์

ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (x) ในช่องตัวอักษร ก ข ค ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด
เพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

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



ผลการประเมิน

☐ ดีมาก
☐ พอใช้

☐ ดี
☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนระหว่าง 9 - 10	อยู่ในเกณฑ์	ดีมาก
คะแนนระหว่าง 7 - 8	อยู่ในเกณฑ์	ดี
คะแนนระหว่าง 5 - 6	อยู่ในเกณฑ์	พอใช้
คะแนนระหว่าง 0 - 4	อยู่ในเกณฑ์	ปรับปรุง

บัตรความรู้ที่ 1 แรง (Force)

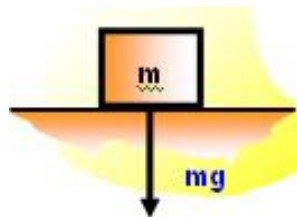
ความหมายของแรง

แรง (force) หมายถึง สิ่งที่ยพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยที่วัตถุอาจเปลี่ยนสภาพเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ เพราะมีแรงอื่นกระทำต่อวัตถุอยู่ด้วย รวมทั้งยังทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ มี 2 ลักษณะ คือ

- 1) แรงสัมผัส หมายถึง แรงที่ต้องมีการสัมผัสระหว่างวัตถุที่เกิดแรง (กระทำบนพื้นผิวของวัตถุ) เช่น แรงดึงเชือก แรงผลัก แรงลากรถ แรงเตะฟุตบอล และแรงยก
- 2) แรงไม่สัมผัส หรือ แรงจากสนาม คือ แรงที่วัตถุไม่จำเป็นต้องสัมผัสกันก็เกิดแรงได้ (จะไม่กระทำบนผิวของวัตถุ แต่กระทำกับเนื้อของวัตถุทุกตำแหน่ง) เช่น แรงแม่เหล็ก แรงทางไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วง

แรง จัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง หน่วยของแรงในระบบเอสไอ คือ นิวตัน (N) หรือ กิโลกรัม.เมตร/วินาที² (kg.m/s^2) เขียนเวกเตอร์แทนแรงได้ คือ $\vec{F}$ แรงที่ต้องรู้จักในบทนี้มีอยู่ 4 ชนิด คือ

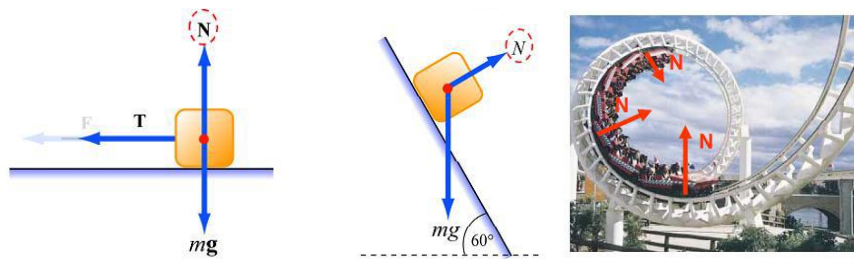
1. น้ำหนัก (Weight : $\vec{w}$) เป็นแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ มีขนาดของแรงนี้หาได้จากมวลคูณกับความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (mg) ทิศของแรงมีทิศพุ่งเข้าหาและตั้งฉากกับพื้นโลกเสมอ



ภาพที่ 1 ทิศของแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ เรียกว่า น้ำหนัก

ที่มา : <http://www.atom.rmutphysics.com>

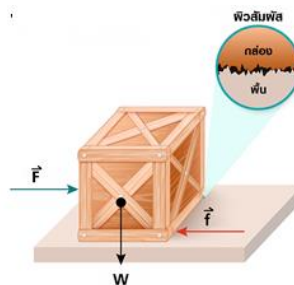
2. แรงปฏิกิริยาดังฉาก (Normal Force : $\vec{N}$) คือ แรงที่เกิดขึ้นจากการที่วัตถุมีการสัมผัสกับพื้นผิวต่าง ๆ เป็นแรงที่พื้นสัมผัสกระทำต่อวัตถุ ในวัตถุชิ้นเดียวกันอาจมีขนาดของแรงปฏิกิริยาดังฉากนี้ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสถานะของวัตถุ แต่มีทิศแน่นอน คือ ทิศพุ่งออกจากผิวสัมผัสในทิศตั้งฉาก ดังรูป



ภาพที่ 2 แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก N

ที่มา : <http://www.science.cmru.ac.th/>

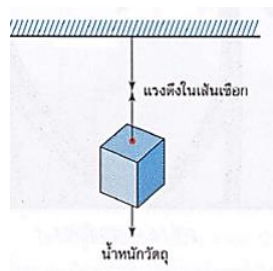
3. แรงเสียดทาน (Friction force : $\vec{f}$) คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ มีทิศต้านการเคลื่อนที่



ภาพที่ 3 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีแรงเสียดทาน

ที่มา : <https://www.trueplookpanya.com>

4. แรงดึงในเส้นเชือก (Tension Force : $\vec{T}$) คือ แรงที่เชือกดึงวัตถุ มีทิศพุ่งออกจากวัตถุตามแนวของเส้นเชือก แรงนี้จะมีได้เมื่อเชือกตึง ถ้าเชือกหย่อนก็ไม่มีแรงดึงเชือก เชือกตึงมากแรงก็มาก เชือกตึงน้อยแรงก็น้อย



ภาพที่ 4 แสดงแรงดึงในเส้นเชือก

ที่มา : <https://kaewchem.files.wordpress.com>

รู้หรือไม่ ตาชั่งสปริง หรือ ภาษาชาวบ้านเรียกว่า “กิโล” อันที่แม่ค้าใช้ชั่งของในตลาด หรือที่เราเหยียบชั่งน้ำหนักตัวเรานั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรง N

บัตรกิจกรรมที่ 1 ความหมายของแรง

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....กลุ่ม.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

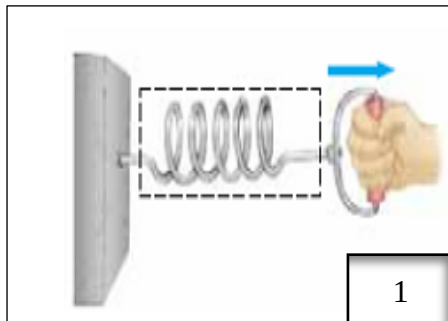
ตอนที่ 1

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความเกี่ยวกับการแรงแล้วทำเครื่องหมาย ✓ หากข้อความนั้นถูกและทำเครื่องหมาย ✗ หากข้อความนั้นผิด พร้อมทั้งแก้ไขข้อความนั้นให้ถูกต้อง

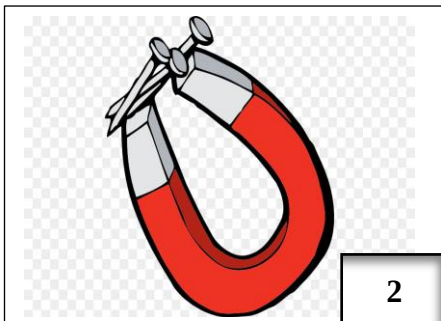
ข้อความ	✓	✗	ข้อความที่แก้ไข
1. อำนาจหรือสิ่งที่พยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ คือความหมายของแรง			
2. ตามระบบ SI แรงมีหน่วยเป็น กิโลกรัม.เมตร/วินาที ²			
3. แรง เป็นปริมาณที่มีขนาดและทิศทาง จึงเป็นปริมาณสเกลาร์			
4. ในระบบ SI น้ำหนักบอกเป็นหน่วยกิโลกรัม			
5. “ตาชั่งสปริง” หรือ “กิโล” หรือ เหยียบชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องมือที่แม่ค้าใช้ชั่งของในตลาดใช้วัดมวล m			
6.แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ			
7.ลวดสลิงยึดเสาไฟฟ้ามีแรงตึงเชือกมาก			

ตอนที่ 2

ให้นักเรียนสังเกตและช่วยกันวิเคราะห์แรงแต่ละแรง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



1



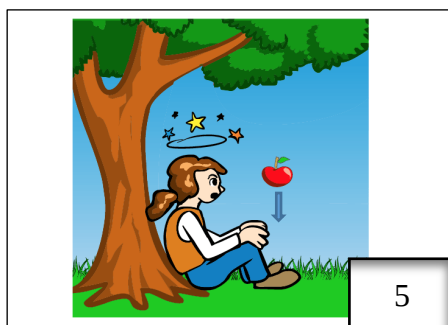
2



3



4



5



6

1. ภาพหมายเลขใด เป็นแรงที่เกิดจากการสัมผัส คือ.....
.....
2. ภาพหมายเลขใด เป็นแรงที่วัตถุไม่จำเป็นต้องสัมผัสกัน.....
.....
3. สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างแรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส.....
.....

บัตรความรู้ที่ 2

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูป

2.1 ความหมายของแรงลัพธ์

ถ้ามีแรงหลายๆ แรงมากระทำต่อวัตถุเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน เสมือนกับว่ามีแรงเพียงแรงเดียวมากระทำต่อวัตถุนั้น เรียกแรงเสมือนแรงเดียวนี้ว่า “แรงลัพธ์”

ดังนั้น แรงลัพธ์ จึงเป็นผลรวมของแรงหลาย ๆ แรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น แรงลัพธ์ (resultant force) หมายถึง ผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งขนาดและทิศทาง การหาแรงลัพธ์ เมื่อแรงย่อยอยู่ในแนวเดียวกัน มีทิศเดียวกันให้นำแรงย่อยมารวมกัน ทิศทางของแรงลัพธ์จะเป็นทิศเดิม แต่ถ้าแรงย่อยมีทิศทางตรงกันข้ามกันให้นำแรงย่อยมาบวกกัน โดยนำขนาดและทิศทาง(เครื่องหมาย) มาบวกกันโดยแรงลัพธ์จะมีทิศทางตามแรงที่มากกว่า ดังนั้น แรงลัพธ์ จึงเป็นผลบวกของแรงทั้งสองแบบเวกเตอร์ สัญลักษณ์ “ $\vec{F}$ ”



ภาพที่ 5 กีฬายิงธนู

ที่มา : <https://kaiyasit1111.wordpress.com/>

กรณีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุจะพบว่า วัตถุจะเคลื่อนที่ตามทิศทางของแรงลัพธ์ จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า เมื่อนักยิงธนูยิงธนูจะมีแรงกระทำ 2 แรง คือ แรงที่หนึ่งที่กระทำในแนวของสายธนูครึ่งบน ($\vec{F}_1$) และ แรงที่สองที่กระทำในแนวของสายธนูครึ่งล่าง ($\vec{F}_2$) ซึ่งจะเคลื่อนที่ในทิศทางระหว่างแรงทั้งสอง (ดันให้ลูกศรพุ่งไปข้างหน้าเมื่อนักธนูปล่อยสายธนู) ซึ่งคือ ทิศของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ นั่นเอง

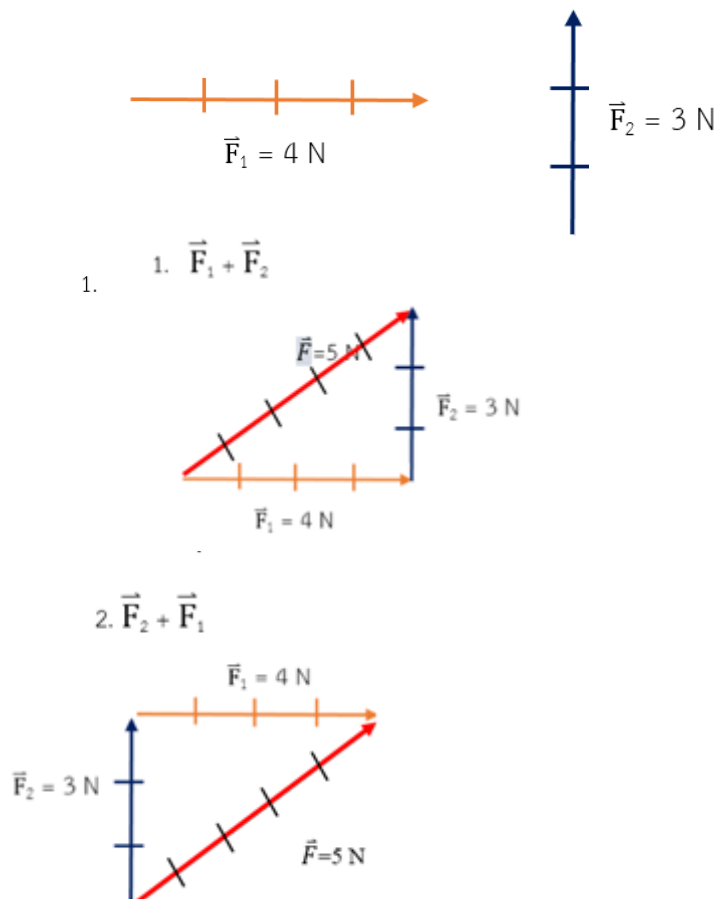
2.2. การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูป

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ จึงสามารถใช้วิธีการเขียนรูปแทนเวกเตอร์ของแรงได้ โดยให้ความยาวของเส้นตรงแทนขนาดของแรง และหัวลูกศรแสดงทิศทางของแรง สามารถแบ่งวิธีสร้างรูปได้ 2 แบบ คือ การสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

2.2.1 การสร้างรูปสามเหลี่ยม

การสร้างรูปสามเหลี่ยมหรือเรียกว่าการวาดรูปหางต่อหัว คือ การเอาหางของลูกศรที่แทนแรงที่ 2 ($\vec{F}_2$) มาต่อที่หัวของลูกศรที่แทนแรงที่ 1 ($\vec{F}_1$) โดยทิศของลูกศรที่แทนแรงเดิมจะไม่เปลี่ยนแปลง ขนาดของแรงลัพธ์ คือ ความยาวของลูกศรที่ลากจากจุดเริ่มต้น(หางลูกศรแรก)ไปยังจุดสุดท้ายแล้ว (หัวลูกศรสุดท้าย) มีทิศจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย

ตัวอย่าง เช่น หาแรงลัพธ์ของการรวมแรง



กรณี ถ้ามีแรงกระทำมากกว่า 2 แรง จะไม่ได้รูปสามเหลี่ยม สามารถหาแรงลัพธ์โดยวิธีเขียนรูป
ได้แบบเดียว คือ แบบหางต่อหัว ดังเช่นตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้ $\vec{F}_1$ ขนาด 5 นิวตัน ไปทางทิศตะวันออก

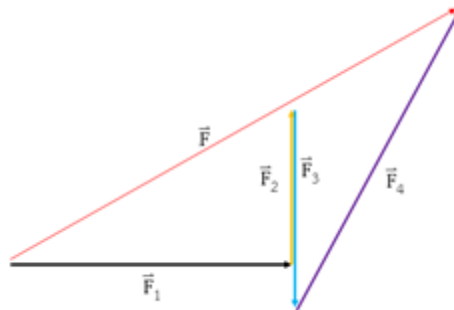
$\vec{F}_2$ ขนาด 3 นิวตัน ไปทางทิศเหนือ

$\vec{F}_3$ ขนาด 4 นิวตัน ไปทางทิศใต้

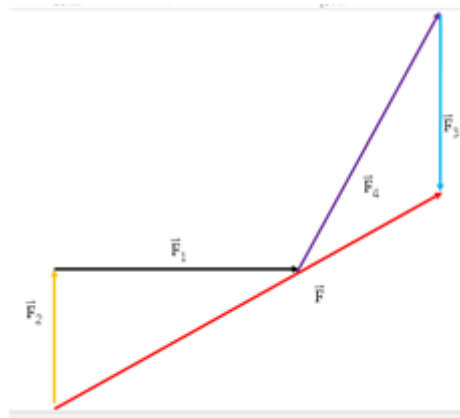
$\vec{F}_4$ ขนาด 6 นิวตัน ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เรียงลำดับต่อไปนี้ (แรง 1 นิวตัน เขียนแทนด้วยความยาว 1
เซนติเมตร)

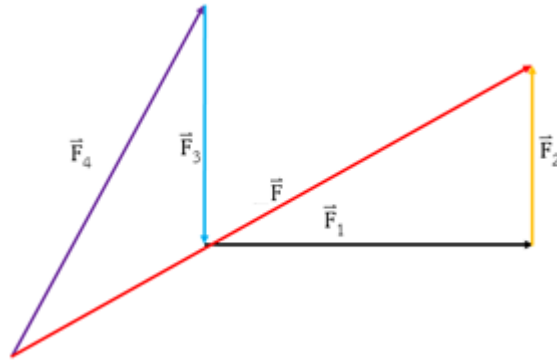
1.) $\vec{F}_1$ $\vec{F}_2$ $\vec{F}_3$ $\vec{F}_4$



2.) $\vec{F}_2$ $\vec{F}_1$ $\vec{F}_4$ $\vec{F}_3$



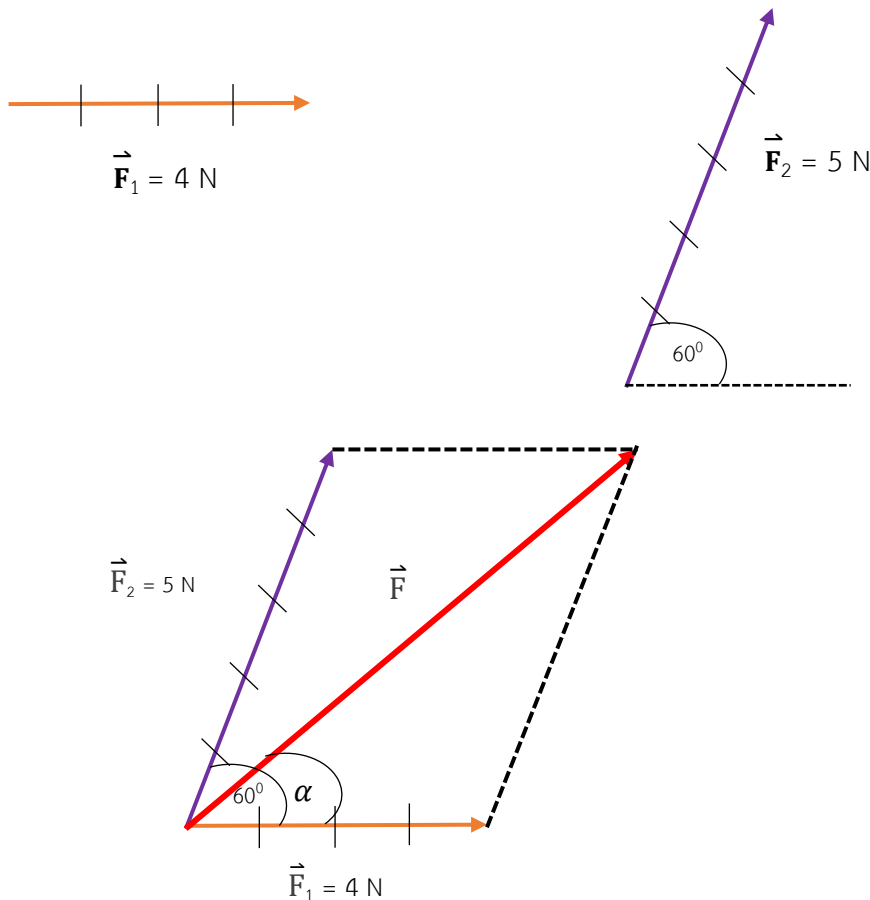
3.) $\vec{F}_4$ $\vec{F}_3$ $\vec{F}_1$ $\vec{F}_2$



2.2.2 การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน หรือ แรง 2 แรงที่ทำมุมต่อกัน

การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือเรียกว่าแบบหางต่อหาง ทำได้โดยนำหางลูกศรของ $\vec{F}_1$ ต่อกับหางลูกศรของ $\vec{F}_2$ หรือ นำหางของ $\vec{F}_2$ ต่อกับหางของ $\vec{F}_1$ จากนั้นสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน สามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานขึ้น เส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมด้านขนาน คือ แรงลัพธ์ (ใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของแรงลัพธ์) และวัดมุมแรงลัพธ์

ตัวอย่าง เช่น หาแรงลัพธ์ของการรวมแรง $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$



บัตรกิจกรรมที่ 2.1 แรงลัพธ์

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....กลุ่ม.....

คำชี้แจง

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความแล้วตอบคำถามลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

ชายคนหนึ่งมีชื่อว่า ลีอง ต้องการจะเลื่อนลังไม้ที่ขวางทางอยู่ จึงออกแรงดันไม้ 20 นิวตัน และพอดีหญิงสาวคนหนึ่งชื่อว่า เอต้า ผ่านมาเห็น ก็เลยมาช่วยออกแรงดันลัง 15 นิวตัน



ภาพที่ 6 คนสองคนออกแรงไปในทิศเดียวกัน

ผลรวมของแรงมีขนาด.....

ทิศทาง.....



ภาพที่ 7 คนสองคนออกแรงไปในทิศตรงข้ามกัน

ผลรวมของแรงมีขนาด.....

ทิศทาง.....



ภาพที่ 8 คนสองคนออกแรงตั้งฉากกัน

ผลรวมของแรงมีขนาด.....

ทิศทาง.....

ที่มา : ภาพวาดโดย นางสาวสุภารัตน์ สุปินะ

ผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งขนาดและทิศทาง คือ

สามารถหาผลรวมของแรงโดยวิธีการใด แบบใด.....

บัตรกิจกรรมการทดลองที่ 2.2

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยวิธีการสร้างรูป

คำชี้แจง

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลองในบัตรกิจกรรมการทดลองที่ 2.2

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 - 6 คน
2. นักเรียนร่วมกันศึกษาขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้อย่างละเอียดแล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม
3. นักเรียนร่วมกันอภิปรายและเขียนรายงานผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การเคลื่อนที่ของวัตถุเนื่องจากแรงสองแรง

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

สมาชิกกลุ่มที่

1.เลขที่
2.เลขที่
3.เลขที่
4.เลขที่
5.เลขที่

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/.....

อุปกรณ์

อุปกรณ์	จำนวน/กลุ่ม
เครื่องขึงสปริง	2 อัน
แผ่นกระดาษแข็ง	1 แผ่น
เชือกเบา	1 เส้น
วงแหวน	1 วง
ไม้บรรทัด	1 อัน
ปากกาเมจิก	1 แท่ง

วิธีการทดลอง



ภาพที่ 9 การออกแรงดึงวัตถุด้วยแรง 2 แรง

ที่มา : ถ่ายภาพโดย นางสาวสุภารัตน์ สุปิณะ

1. วาดรูปวงแหวนบริเวณตรงกลางแผ่นกระดาษแข็ง แล้วนำปลายเชือกข้างหนึ่งผูกกับเครื่องชั่งสปริง ปลายเชือกที่เหลือผูกกับวงแหวน ทั้ง 2 ข้าง
2. ดึงเครื่องชั่งสปริงทั้งสองในทิศตรงข้ามกัน โดยวงแหวนอยู่ระหว่างเครื่องชั่งสปริงทั้งสองให้ตรงกับวงแหวนที่วาดภาพไว้จนหยุดนิ่ง
3. เขียนแนวแรงบนกระดาษแข็งที่ดึงวงแหวนลงบนกระดาษ พร้อมทั้งบันทึกค่าแรงดึงวงแหวนทั้งสองแรง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

แนวแรง	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง (นิวตัน)
แรงทางขวามือ	
แรงทางซ้ายมือ	

สรุปผลการทดลอง

.....
.....

ตอนที่ 2 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงสองแรงทำมุมต่อกัน

จุดประสงค์

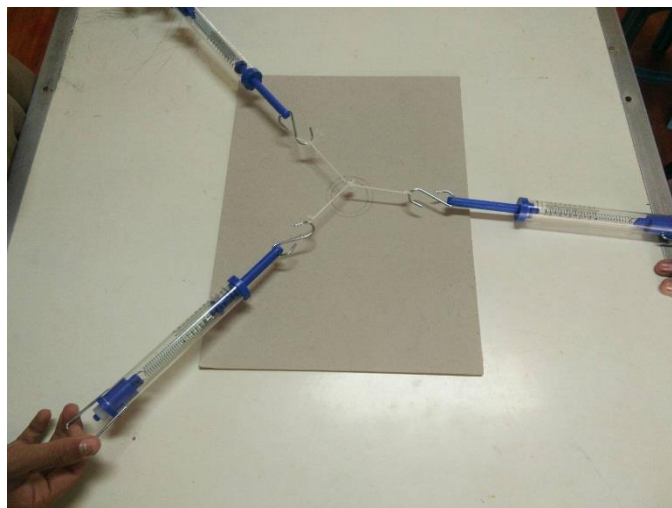
เพื่อทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงสองแรงทำมุมต่อกัน

อุปกรณ์

อุปกรณ์	จำนวน/กลุ่ม
เครื่องชั่งสปริง	3 อัน
แผ่นกระดาษแข็งขนาด A4	1 แผ่น
เชือกเบา	1 เส้น
วงแหวน	1 วง
ไม้บรรทัด	1 อัน
ปากกาเมจิก	2 แท่ง
ครึ่งวงกลมวัดมุม	1 อัน

วิธีการทดลอง

ให้แต่ละกลุ่มศึกษา และทำการทดลองต่อไปนี้



ภาพที่ 10 การจัดอุปกรณ์การทดลอง 2.2

ที่มา : ถ่ายภาพโดย นางสาวสุภารัตน์ สุปินะ

1. นำปลายข้างหนึ่งของเชือกทั้งสามผูกรวมกันไว้ ปลายที่เหลือทำเป็นห่วงเชือก แล้ววางบนกระดาษขาว
2. ใช้เครื่องชั่งสปริงทั้งสามอันเกี่ยวกับห่วงเชือกแล้วดึงเครื่องชั่งสปริงทั้งสามจนปมเชือกหยุดนิ่ง โดยที่เครื่องสปริงสองอันแรกทำมุม 0 องศา เขียนแนวแรงตามแนวของเชือก และบันทึกค่าของแรงทั้งสาม
3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยให้เครื่องชั่งสปริงสองอันแรกทำมุม 45 องศา และ 90 องศา
4. เขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงทั้งสามในแต่ละกรณี
5. หาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมต่อกันในข้อ 2 และ 3 โดยวิธีสร้างรูปทางต่อหัว และสร้างรูป สี่เหลี่ยมด้านขนาน (ใช้มาตราส่วน แทนแรงขนาด 1 นิวตัน เท่ากับความยาว 1 เซนติเมตร)

ตารางบันทึกผลการทดลอง

มุมระหว่าง $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$	ค่าของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง(นิวตัน)		
	$\vec{F}_1$	$\vec{F}_2$	$\vec{F}_3$
0°			
45°			
90°			

บันทึกผลการทำกิจกรรม

เขียนเวกเตอร์เพื่อหาขนาดและทิศทางของแรงทั้งสามในแต่ละกรณี โดยการสร้างรูปทางต่อหัว

กรณีที่ 1 มุม 0°

กรณีที่ 2 มุม 45°

กรณีที่ 3 มุม 90°

เขียนเวกเตอร์เพื่อหาขนาดและทิศทางของแรงทั้งสามในแต่ละกรณี โดยการสร้างสี่เหลี่ยม
ด้านขนาน

กรณีที่ 1 มุม 0°

กรณีที่ 2 มุม 45°

กรณีที่ 3 มุม 90°

คำถามท้ายการทดลอง

ขนาดของแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับขนาดของแรงที่สามหรือไม่ และทิศทางเป็นอย่างไร

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

บัตรความรู้ที่ 3 การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณ

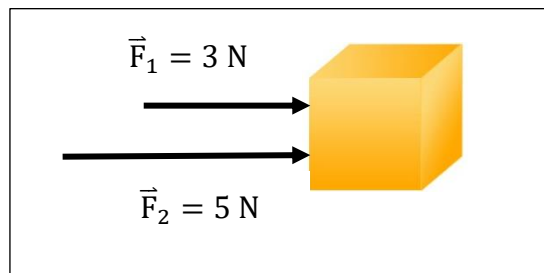
3.1 การหาแรงลัพธ์ โดยวิธีการคำนวณ

เมื่อมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ อาจคำนวณหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุได้โดยการใช้สูตร ซึ่งอาจแยกเป็นกรณีต่างๆ ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 กรณีแรงสองแรง มีทิศไปทางเดียวกัน (ทำมุม 0 องศา)

แรงลัพธ์ = ขนาดแรงทั้งสองบวกกัน

$$F = F_1 + F_2 \text{ (ทิศของแรงลัพธ์มีทิศทางเดียวกับแรงทั้งสอง)}$$



จากรูป สามารถหาแรงลัพธ์ได้ดังนี้

$$F = 3 \text{ N} + 5 \text{ N}$$

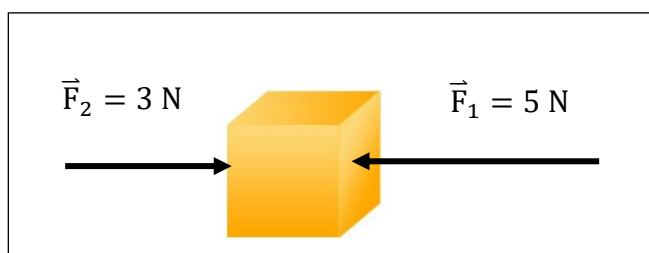
$$F = 8 \text{ N} \text{ มีทิศไปทางขวามือ}$$

ตอบ แรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 8 นิวตัน มีทิศไปทางขวามือ

กรณีที่ 2 กรณีแรงสองแรง มีทิศตรงกันข้าม (ทำมุม 180 องศา)

แรงลัพธ์ = ขนาดของแรงทั้งสองลบกัน

$$F = F_1 - F_2 \text{ (ทิศของแรงลัพธ์มีทิศทางเดียวกับแรงที่มีขนาดมากกว่า)}$$



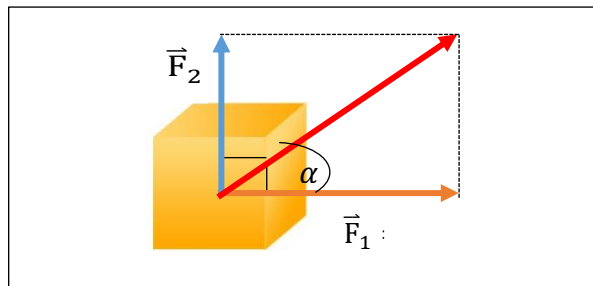
จากรูป สามารถหาแรงลัพธ์ได้ดังนี้

$$F = |5 - 3|$$

$$F = 2 \text{ N} \text{ มีทิศไปทางซ้ายมือ}$$

ตอบ แรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 2 นิวตัน มีทิศไปทางซ้ายมือ

กรณีที่ 3 กรณีแรงสองแรง ทำมุม 90° (ตั้งฉากกัน)



หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก

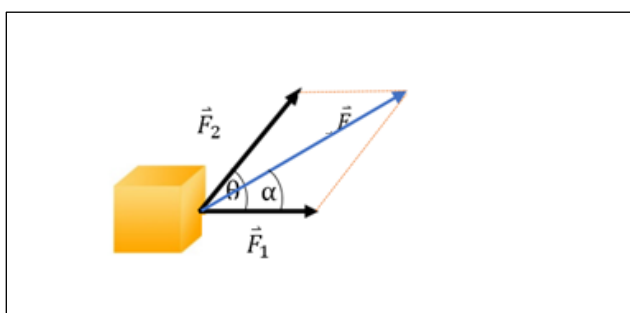
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

และหาทิศทางของแรงลัพธ์

$$\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1}$$

กรณีที่ 4 กรณีแรงสองแรง ทำมุม θ ต่อกัน

แรงลัพธ์ หาได้จากการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและใช้สูตรคำนวณ



หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$$

และหาทิศทางของแรงลัพธ์

$$\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$$

กรณีที่ 5 แรงหลายๆ แรงกระทำต่อวัตถุ

อาศัยหลักการแยกเวกเตอร์ แยกเป็นแรงประกอบบนแกน X และแกน Y แล้วรวมแต่ละ
แนวแกนให้เป็นแรงเดียว แล้วนำผลรวมทั้งสองแกนมาหาขนาดของแรงลัพธ์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. แยกแรงย่อย ให้อยู่บนพิกัดฉาก (แกน X และแกน Y)

- หากแรงย่อยใดที่อยู่บนแกนตั้งฉากไม่ต้องแตกแรง
- หากแรงย่อยทำมุมบนพิกัดฉาก เมื่อแตกแรงแล้ว จะได้

แรงย่อยที่เข้าหามุม จะมีค่าเท่ากับแรงย่อยนั้นคูณด้วย $\cos \theta$

แรงย่อยที่ออกจากมุม จะมีค่าเท่ากับแรงย่อยนั้นคูณด้วย $\sin \theta$

2. หาแรงลัพธ์แนวแกน X จะได้ F_x

โดยคิดเครื่องหมาย แรงที่มีทิศไปทางขวามือเป็นบวก (+)

แรงที่มีทิศไปทางซ้ายมือเป็นลบ (-)

หาแรงลัพธ์แนวแกน Y จะได้ F_y

โดยคิดเครื่องหมาย แรงที่มีทิศขึ้นเป็นบวก (+)

แรงที่มีทิศลงเป็นลบ (-)

3. จากนั้นนำ F_x และ F_y มาวาดรูป แล้วหาขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{F}$

หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก

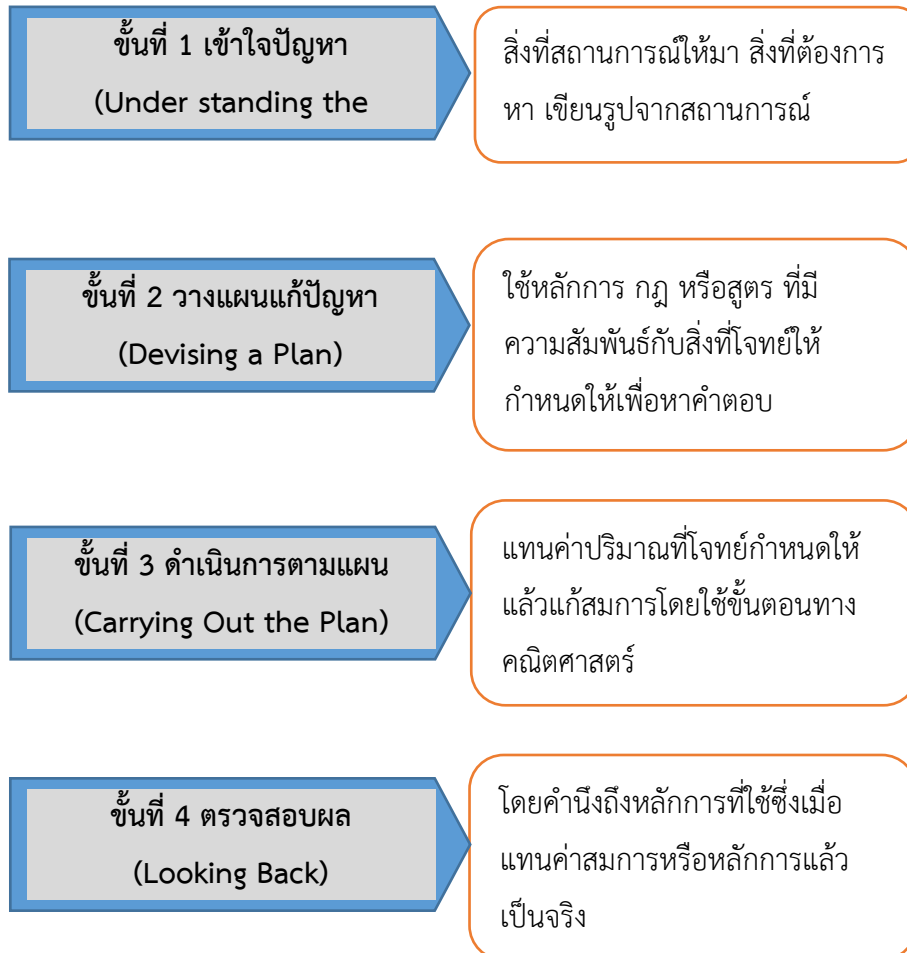
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

และหาทิศทางของแรงลัพธ์

$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$$

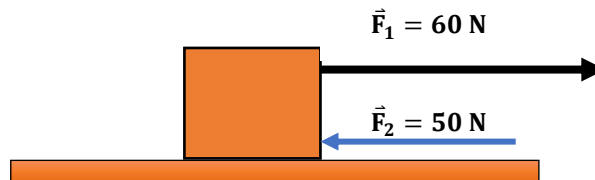
3.2 การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya, Proldem Solving Steps)

มีหลักการและขั้นตอน ดังนี้



ตัวอย่าง การแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ตามเทคนิคของโพลยา

ตัวอย่างที่ 1 ออกแรงดึงวัตถุในแนวราบด้วยแรง 60 นิวตัน ไปทางขวามือ และออกแรงผลักวัตถุด้วยแรง 50 นิวตัน ไปทางซ้ายมือ วัตถุจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร



ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด	แรง 60 นิวตัน ไปทางขวามือ แรง 50 นิวตัน ไปทางซ้ายมือ
สิ่งที่โจทย์ให้หา	วัตถุจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร หมายความว่า วัตถุจะเคลื่อนที่ไปทางไหนด้วยแรงลัพธ์เท่าใด

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

หาขนาดของแรงลัพธ์	กำหนด แรงที่มีทิศไปทางขวาเป็น (+) แรงที่มีทิศไปทางซ้ายเป็น (-) จากสมการ $F = F_1 + F_2$
หาทิศทางของแรงลัพธ์	ทิศของแรงลัพธ์มีทิศทางเดียวกับแรง F_1 ทิศไปทางขวามือ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

แก้สมการโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = F_1 + F_2$ $F = (60) + (-50)$ $F = 10 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	แรงลัพธ์มีทิศไปทางขวามือ

ดังนั้น ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 10 นิวตัน ทิศไปทางขวามือ

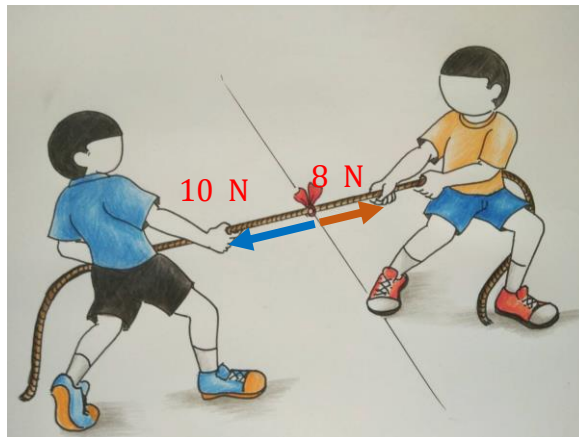
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าถูกหรือไม่ โดยการแทนค่าลงสมการ

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = F_1 + F_2$ $10 = (60) + (-50)$ $10 = 10 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	แรงลัพธ์มีทิศไปทางขวามือ

จะเห็นว่า สมการทางซ้ายมือ เท่ากับ สมการทางขวามือ

ตัวอย่างที่ 2 เมื่อมีแรงขนาด 8 และ 10 นิวตัน กระทำต่อวัตถุตั้งรูป วัตถุจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร



ภาพที่ 11 ใช้ประกอบตัวอย่างที่ 2

ที่มา : ภาพวาดโดย : นางสาวสุภารัตน์ สุปินะ

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด	แรง 8 นิวตัน ไปทางขวามือ แรง 10 นิวตัน ไปทางซ้ายมือ
สิ่งที่โจทย์ให้หา	วัตถุจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร หมายความว่า วัตถุจะเคลื่อนที่ไปทางไหนด้วยแรงลัพธ์เท่าใด

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

หาขนาดของแรงลัพธ์	กำหนด แรงที่มีทิศไปทางขวาเป็น (+) แรงที่มีทิศไปทางซ้ายเป็น (-) จากสมการ $F = F_1 - F_2$
หาทิศทางของแรงลัพธ์	ทิศของแรงลัพธ์มีทิศทางเดียวกับแรง 10 ทิศไปทางขวามือ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

แก้สมการโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = F_1 - F_2$ $F = 8 - 10$ $F = 2 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	แรงลัพธ์มีทิศไปทางซ้ายมือ

ดังนั้น ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 2 นิวตัน ทิศไปทางซ้ายมือ

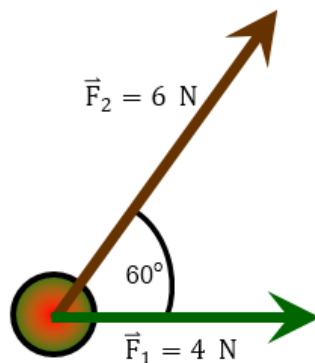
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

ทำการตรวจคำตอบที่ได้ว่าถูกหรือไม่ โดยการแทนค่าลงสมการ

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = F_1 - F_2$ $2 = 8 - 10$ $2 = 2 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	แรงลัพธ์มีทิศไปทางซ้ายมือ

จะเห็นว่า สมการทางซ้ายมือ เท่ากับ สมการทางขวามือ

ตัวอย่างที่ 3 มีแรง 4 นิวตัน และ 6 นิวตัน กระทำร่วมกันบนวัตถุหนึ่งในทิศทำมุม 60 องศา ดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของลัพธ์



ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด

$$\vec{F}_1 = 4 \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = 6 \text{ N}$$

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ขนาดของแรงลัพธ์และทิศทาง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

หาขนาดของแรงลัพธ์	$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$
หาทิศทางของแรงลัพธ์	$\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

แก้สมการโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$ $= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 60^\circ}$ $= \sqrt{(4)^2 + (6)^2 + 2(4)(6)(\frac{1}{2})}$ $= \sqrt{(16) + (36) + (48)}$ $= \sqrt{(76)}$ $= 8.72 \text{ N}$
-----------------	--

หาทิศทางของแรงลัพธ์	$\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$ $= \frac{6 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{4 + 6\left(\frac{1}{2}\right)}$ $= 0.74$ $\alpha = \tan^{-1} 0.74$ $\alpha = 36.2^\circ$
---------------------	--

ดังนั้น ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 8.72 นิวตัน ทำมุม 36.2 องศา

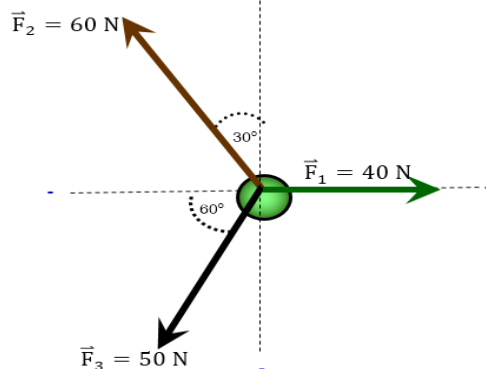
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าถูกหรือไม่ โดยการแทนค่าลงสมการ

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$ $8.72 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 60^\circ}$ $8.72 = \sqrt{(4)^2 + (6)^2 + 2(4)(6)\left(\frac{1}{2}\right)}$ $8.72 = \sqrt{(16) + (36) + (48)}$ $8.72 = \sqrt{(100)}$ $8.72 = 100 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	$\tan \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$ $\tan 36.2^\circ = \frac{F_2 \sin 60^\circ}{F_1 + F_2 \cos 60^\circ}$ $\tan 36.2^\circ = \frac{6 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{4 + 6\left(\frac{1}{2}\right)}$ $0.74 = 0.74$

จะเห็นว่า สมการทางซ้ายมือ เท่ากับ สมการทางขวามือ

ตัวอย่างที่ 4 ถ้ามีแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุ ด้วยขนาดและทิศทางดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์



ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด	$\vec{F}_1 = 40 \text{ N}$ อยู่บนแกน x $\vec{F}_2 = 60 \text{ N}$ ทำมุม 30° กับ แกน y $\vec{F}_3 = 50 \text{ N}$ ทำมุม 60° กับ แกน x
สิ่งที่โจทย์ให้หา	ขนาดของแรงลัพธ์และทิศทาง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

หาขนาดของแรงลัพธ์	1 การแตกแรงย่อยบนระนาบพิกัดฉาก (แกน x และ แกน y) 2 หาแรงลัพธ์แนวแกน X , แกน Y จะได้ F_x, F_y โดยคิดเครื่องหมาย แรงที่มีทิศไปทางขวามือเป็นบวก (+) แรงที่มีทิศไปทางซ้ายมือเป็นลบ (-) แรงที่มีทิศขึ้นเป็นบวก (+) แรงที่มีทิศลงเป็นลบ (-) 3 จากนั้นนำ F_x และ F_y มาวาดรูป แล้วหาขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก $F_x = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$
หาทิศทางของแรงลัพธ์	$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

แก้สมการโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

ขนาดของแรงลัพธ์

1 การแตกแรงย่อยบนระนาบพิกัดฉาก (แกน x และ แกน y)

	$\vec{F}_x$	$\vec{F}_y$
$\vec{F}_1 = 40 \text{ N}$	แรงย่อยอยู่บนแกนตั้งฉากไม่ต้องแตกแรง	
$\vec{F}_2 = 60 \text{ N}$	$60 \sin 30^0$	$60 \cos 30^0$
$\vec{F}_3 = 50 \text{ N}$	$50 \cos 60^0$	$50 \sin 60^0$

2 หาค่าประกอบแรงลัพธ์แต่ละแกน

แนวแกน X

$$\begin{aligned} F_x &= 40 + (-60 \sin 30^0) + (-50 \cos 60^0) \\ &= 40 - 60 \left(\frac{1}{2}\right) - 50 \left(\frac{1}{2}\right) \\ &= 40 - 30 - 25 \\ &= -15 \text{ N} \end{aligned}$$

แนวแกน Y

$$\begin{aligned} F_y &= (+60 \cos 30^0) + (-50 \sin 60^0) \\ &= 60 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) - 50 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \\ &= 30\sqrt{3} - 25\sqrt{3} \\ &= +5\sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$

3 นำมาวาดรูป

จากสมการ

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \sqrt{(-15)^2 + (+5\sqrt{3})^2} \\ &= \sqrt{225 + 75} \\ &= 17.32 \text{ N} \end{aligned}$$

ทิศทางของแรงลัพธ์	จากสมการ $\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$ $= \frac{5\sqrt{3}}{15}$ $= \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\alpha = 30^\circ$
-------------------	---

ดังนั้น ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับ 17.32 นิวตัน ทิศทำมุม 30° กับ F_x

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าถูกหรือไม่ โดยการแทนค่าลงสมการ

ขนาดของแรงลัพธ์	จากสมการ $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ $17.32 = \sqrt{(-15)^2 + (+5\sqrt{3})^2}$ $17.32 = \sqrt{225 + 75}$ $17.32 = 17.32 \text{ N}$
ทิศทางของแรงลัพธ์	$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$ $\tan 30^\circ = \frac{5\sqrt{3}}{15}$ $\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

จะเห็นว่า สมการทางซ้ายมือ เท่ากับ สมการทางขวามือ แสดงว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

บัตรกิจกรรมที่ 3 การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณ

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้เทคนิคของโพลยา

1. จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรง 2 แรง 20 นิวตัน และแรง 15 นิวตัน เมื่อแรงทั้งสองทำมุมต่อไปนี้

1.1 0 องศา

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

1.2 90 องศา

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

1.3 180 องศา

ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ให้หา

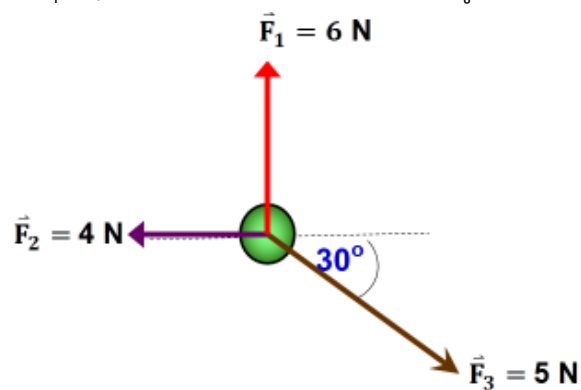
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

2. แรงสามแรงกระทำร่วมที่จุด ๆ หนึ่ง โดยมีขนาดและทิศทาง ดังรูป จงหาแรงลัพธ์ของแรงย่อยทั้งสาม



ขั้นที่ 1 เข้าใจปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

สิ่งที่ต้องการหา สมการ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ

สรุปองค์ความรู้
เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....กลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์ ที่ได้จากการศึกษาบัตรความรู้ บัตรกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน ในรูปแบบแผนผังความคิด มโนทัศน์ หรือ แผนผังแมงมุม เป็นต้น

แบบฝึกหัดที่ 1
เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

ตอนที่ 1 จงเติมคำตอบในช่องว่างให้ถูกต้อง

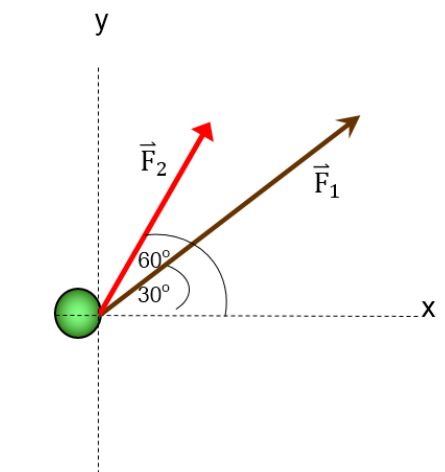
1. แรง คือ
2. แรงเป็นปริมาณที่มี จึงจัดแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของแรงในระบบเอสไอเป็น
3. แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัส พิจารณาจากอะไร เพราะเหตุผลใด.....
.....
4. แรงลัพธ์ คือ
.....
5. ถ้ามีแรงย่อยที่มากกว่า 2 แรงกระทำต่อวัตถุอันเดียวกัน เรานิยมการหาแรงลัพธ์โดยวิธี.....
.....
6. การหาแรงลัพธ์มีกี่วิธี อะไรบ้าง.....
.....
7. แรงสองแรงมีขนาดเท่ากัน กระทำต่อวัตถุในทิศตรงข้ามกัน ขนาดของแรงลัพธ์ เท่ากับ.....
8. แรงสองแรงกระทำร่วมกันบนวัตถุหนึ่ง แรงทั้งสองต้องทำมุมต่อกันกี่องศา จึงจะทำให้แรงลัพธ์มีค่ามากที่สุด.....
9. จากข้อ 8 แรงทั้งสองต้องทำมุมต่อกันกี่องศา จึงจะทำให้แรงลัพธ์มีค่าน้อยที่สุด
10. แรง $\vec{F}_1$ มีขนาด 10 นิวตัน และแรง $\vec{F}_2$ มีขนาด 4 นิวตัน แรงลัพธ์ของแรงทั้งสองมีขนาด 6 นิวตัน แสดงว่าแรงทั้งสองมีทิศทาง

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้หลักการของโพลยา

1. แรงสองแรงมีขนาด 16 นิวตัน และ 12 นิวตัน กระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน ดังรูป
จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์



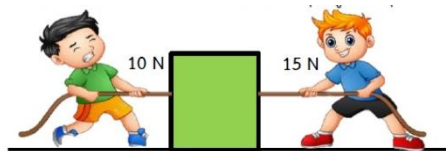
2. จงหาแรงลัพธ์ของ $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ ที่กระทำต่อวัตถุ กำหนดให้ $\vec{F}_1$ มีขนาด 5 นิวตัน ทำมุม 30 องศา กับแกน X และ $\vec{F}_2$ มีขนาด 4 นิวตัน ทำมุม 60 องศา กับแกน X



แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดกิจกรรมที่ 1 แรงและแรงลัพธ์

- คำชี้แจง**
1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยมีทั้งหมด 10 ข้อ 10 คะแนน เวลา 10 นาที
 2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ในช่องตัวอักษร ก ข ค ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ
1. แรงใดที่ต้นกำเนิดของแรงไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุแต่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้
ก. แรงดึง
ข. แรงผลัก
ค. แรงโน้มถ่วง
ง. แรงลม
 2. สถานการณ์ในข้อใดมีแรงลัพธ์มากที่สุด
ก. ลูกฟุตบอลวางนิ่งอยู่กับพื้น
ข. แรงสองแรงขนาดเท่ากัน มีทิศทางเดียวกัน
ค. แรงสองแรงขนาดเท่ากัน มีทิศทางตรงกันข้าม
ง. แรงสามแรงกระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่ง และทำให้วัตถุสมดุล
 3. ข้อใดต่อไปนี้เป็นความหมายของแรง (Force)
ก. ความพยายามที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่
ข. ความสามารถที่ทำให้วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้น
ค. ความพยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่ง
ง. ถูกทุกข้อ
 4. แรง 2 แรง มีขนาด 10 นิวตัน และ 15 นิวตัน กระทำต่อวัตถุดังรูป วัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างไร



- ก. แรงลัพธ์ขนาด 5 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวามือ
- ข. แรงลัพธ์ขนาด 5 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ
- ค. แรงลัพธ์ขนาด 25 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวามือ
- ง. แรงลัพธ์ขนาด 25 N วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ

5. เหยี่ยวสลิงกำลังไปบนพื้นที่มีความฝืดด้วยความเร็วคงที่ แรงที่ทำให้เกิดความฝืดคือแรงใด

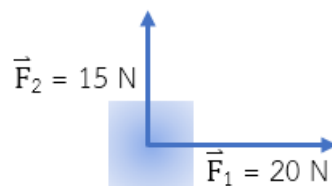
- ก. แรงยึด
- ข. น้ำหนัก
- ค. เสียดทาน
- ง. แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก

6. ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ผู้เล่นจะต้องพาลูกฟุตบอลเข้าไปยังประตูฝ่ายตรงข้าม การเล่นโดยทั่วไปผู้เล่นจะต้องออกแรงเตะฟุตบอลไปยังตำแหน่งที่ต้องการและบ่อยครั้งที่เตะลูกฟุตบอลเมื่อพื้นลูกฟุตบอลจะกระดอนขึ้นจากพื้น “การกระดอนของลูกบอลที่เกิดขึ้นเกิดจากแรงใด”



- ก. แรงโน้มถ่วง
- ข. แรงที่พื้นกระทำต่อลูกบอล
- ค. แรงที่ลูกบอลกระทำต่อพื้น
- ง. แรงจากนักเตะกระทำต่อลูกบอล

7. จงหาขนาดแรงลัพธ์ของแรง ($\vec{F}_1 = 20$ นิวตัน และ $\vec{F}_2 = 15$ นิวตัน เมื่อแรงทั้งสองทำมุมฉากต่อกัน

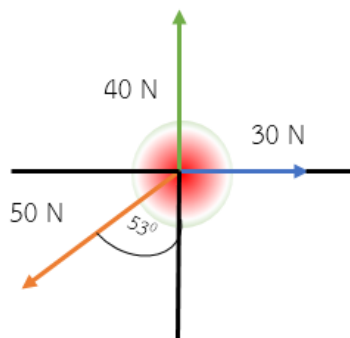


- ก. 5 นิวตัน
- ข. 25 นิวตัน
- ค. 35 นิวตัน
- ง. 45 นิวตัน

8. จากข้อ 7 จงหาทิศทางของแรงลัพธ์ที่ทำมุมกับแนวระดับ

- ก. 30 องศา
- ข. 37 องศา
- จ. 45 องศา
- ฉ. 53 องศา

9. แรง 30 นิวตัน 40 นิวตัน และ 50 นิวตันต่อกันดังรูป จงหาขนาดของแรงลัพธ์



- ก. 14.14 นิวตัน
- ข. 20.26 นิวตัน
- ค. 31.43 นิวตัน
- ง. 42.35 นิวตัน

10. จากข้อ 9 จงหาทิศทางของแรงลัพธ์

- ก. 45 องศา เหนือแกน $-X$
- ข. 45 องศา ใต้แกน X
- ค. 53 องศา เหนือแกน $-X$
- ง. 53 องศา ใต้แกน X

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน ชุดกิจกรรมที่ 1 แรงและการหาแรงลัพธ์

ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....ห้อง.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (x) ในช่องตัวอักษร ก ข ค ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด
เพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

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



ผลการประเมิน

☐ ดีมาก
☐ ดี

☐ พอใช้
☐ ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เกณฑ์การประเมิน

คะแนนระหว่าง 9 - 10	อยู่ในเกณฑ์	ดีมาก
คะแนนระหว่าง 7 - 8	อยู่ในเกณฑ์	ดี
คะแนนระหว่าง 5 - 6	อยู่ในเกณฑ์	พอใช้
คะแนนระหว่าง 0 - 4	อยู่ในเกณฑ์	ปรับปรุง

บรรณานุกรม

ชวลิต เลาหุดมพันธ์.(2559).ฟิสิกส์ขนมหวาน เล่มที่ 1.พิมพ์ครั้งที่ 13.กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์สามลดา.
จารึก สุวรรณรัตน์. (2553). คู่มือฟิสิกส์ เล่ม 1 รายวิชาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 –6 .กรุงเทพฯ:
บริษัท สำนักพิมพ์เดอะบุคส์ จำกัด.

นิรันดร์ สุวรรรัตน์. (2552). คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ ม.4 กลศาสตร์ 1. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนาจำกัด.

พิมพ์ดี เดชะคุปต์. (2548). ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญฟิสิกส์ ม.5. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์ บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). หนังสือเรียน
รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.(พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.

Polya, Geoge. (1957). How to solve It : A new aspect of Mathematical Method
New Yok. Doubleday and Company Garden City.