



แบบทดสอบก่อนเรียน  
เรื่อง แรงและงาน

เรื่อง แรงและงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว30201 คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดต่อไปนี้เป็นงานในทางฟิสิกส์
  - วิ่งจากชั้นล่างขึ้นชั้นสาม
  - ยกกล่องจากพื้นไปวางบนโต๊ะ
  - ออกแรงดึงรถให้เคลื่อนที่ตามแนวถนน
  - กรรมกรแบกข้าวสารแล้วเดินตามพื้นราบ
- จงเลือกข้อที่ถูกที่สุด จงพิจารณา
  - งานมีหน่วยเป็นนิวตัน
  - งานมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับการกระจัด
  - งานจัดเป็นปริมาณสเกลาร์
  - งานคือผลของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรงข้อที่ถูกคือ
  - ข้อ 1 , 2
  - ข้อ 2 , 3
  - ข้อ 3 , 4
  - ข้อ 1 , 2 , 3 , 4





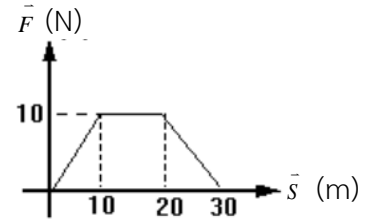
3. ข้อใดงานมีค่าเป็นลบ
  - ก. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 0 องศา กับการกระจัด
  - ข. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 90 องศา กับการกระจัด
  - ค. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 180 องศา กับการกระจัด
  - ง. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 360 องศา กับการกระจัด
  
4. นัองศาออกแรง 40 นิวตัน ดึงกล่องตามแนวขนานกับพื้นไปไกล 10 เมตร นัองศาทำงานได้กี่จูล
  - ก. 40 จูล
  - ข. 400 จูล
  - ค. 4,000 จูล
  - ง. 40,000 จูล
  
5. ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นสม่ำเสมอจาก 0 ถึง 10 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงนั้นได้ระยะทาง 10 เมตร จะทำงานกี่จูล
  - ก. 15 จูล
  - ข. 30 จูล
  - ค. 46 จูล
  - ง. 50 จูล
  
6. กรรมกรแบกของหนัก 100 กิโลกรัม แล้วเดินตามพื้นราบได้ระยะทาง 5 เมตร จะทำงานได้กี่จูล
  - ก. 0 จูล
  - ข. 100 จูล
  - ค. 250 จูล
  - ง. 500 จูล
  
7. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม ถูกฉุดด้วยแรง 15 นิวตัน ในทิศทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ วัตถุเคลื่อนเป็นระยะ 8 เมตร จงหางานเนื่องจากแรงนี้
  - ก. 50 จูล
  - ข. 60 จูล
  - ค. 80 จูล
  - ง. 150 จูล





8. จากรูปวัตถุถูกกระทำด้วยแรง  $F$  ขนาดของแรง  $F$  เปลี่ยนแปลงตามการกระจัดในแนวราบ ดังกราฟ จงหางานเนื่องจากแรง  $F$  ในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ 30 เมตร

- ก. 50 จูล
- ข. 100 จูล
- ค. 150 จูล
- ง. 200 จูล



9. เด็กคนหนึ่งออกแรง 20 นิวตัน ลากกล่องมวล 10 กิโลกรัม ที่วางบนพื้นลื่นให้เคลื่อนที่ไปนาน 1 นาที งานที่เด็กคนนี้ทำมีค่าเท่าใด

- ก. 36 กิโลจูล
- ข. 72 กิโลจูล
- ค. 113 กิโลจูล
- ง. 145 กิโลจูล

10. กล่องมวล 40 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเป็น 0.2 งานที่ดึงกล่องในแนวทำมุม 37 องศา กับแนวระดับเพื่อให้กล่องนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 10 เมตรมีค่าเท่าใด

- ก. 400 จูล
- ข. 540 จูล
- ค. 696 จูล
- ง. 763 จูล





กระดาษคำตอบ  
แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง แรงและงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว30201 คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ในกระดาษคำตอบ

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



คะแนนเต็ม 10 คะแนน  
ได้.....คะแนน





คิดให้รู้  
เรื่อง แรง

คิดให้รู้ 1 นักเรียนต้องการทำให้วัตถุเคลื่อนที่จะต้องทำอย่างไร

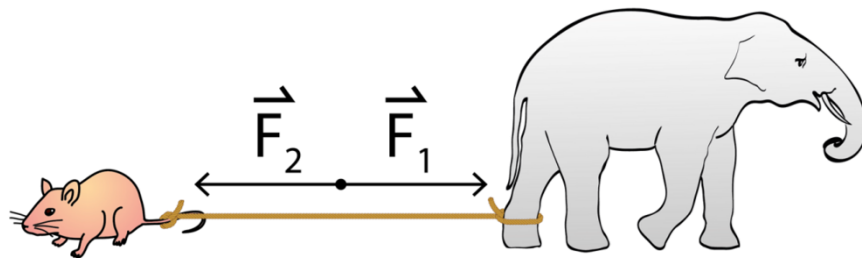
.....  
.....

คิดให้รู้ 2 นักเรียนบอกความหมายของแรง พร้อมยกตัวอย่าง

.....  
.....

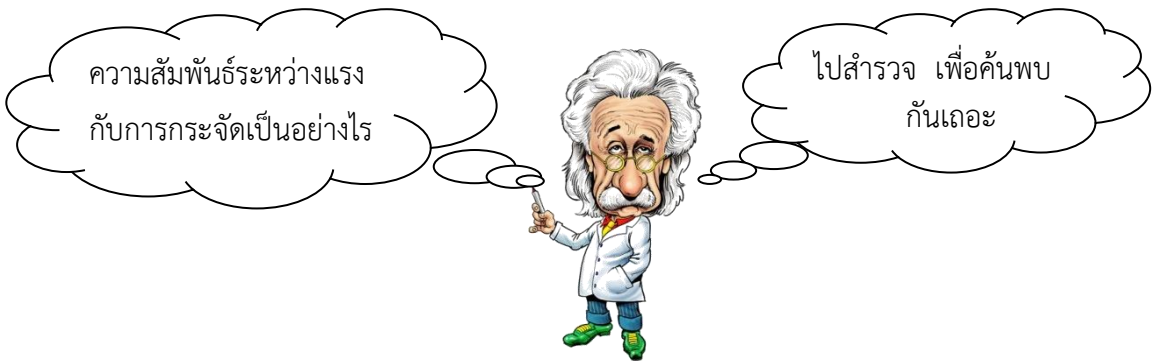
คิดให้รู้ 3 จากภาพเป็นการชั้กเยื่อระหว่างข้างกับหนูใครเป็นผู้ชนะ และถ้าอีกฝ่ายต้องการชนะจะต้องทำอย่างไร

.....  
.....



คิดให้รู้ 4 เมื่อวัตถุถูกทำให้เคลื่อนที่ระยะทางกับการกระจัด แตกต่างกันอย่างไรร

.....  
.....





สำรวจ เพื่อค้นพบ  
เรื่อง แรงและงาน

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถ

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการกระจัด
2. ศึกษาการเกิดงานได้
3. หางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงอยู่แนวเดียวกับแนวการเคลื่อนที่

วัสดุ - อุปกรณ์

1. ถุงทรายมวล 500 กรัม
2. เครื่องชั่งสปริง
3. ไม้เมตร



ถุงทรายมวล 500 กรัม



เครื่องชั่งสปริง



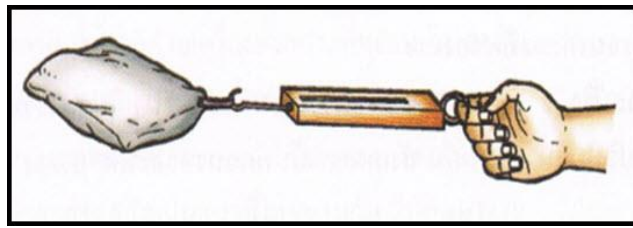
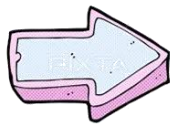
ไม้เมตร



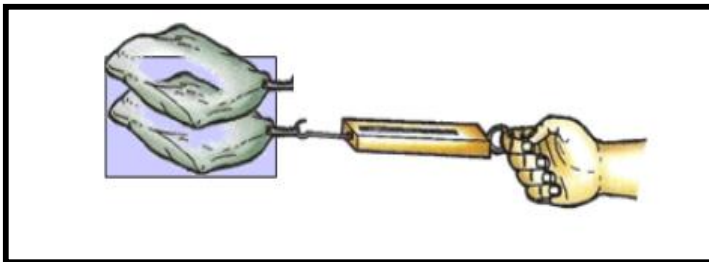


### วิธีการสำรวจ

1. นำถุงทรายมวล 500 กรัม วางบนพื้นโต๊ะจำนวน 1 ถุง ใช้ไม้เมตรวัดระยะกระจัดจากถุงทรายเป็น 0.5 เมตร
2. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวถุงทรายและออกแรงดึงขนานกับพื้นไปจนถึงระยะกระจัด 0.5 เมตร อ่านค่าแรงที่ใช้ดึงถุงทรายจากเครื่องชั่งสปริงในหน่วยนิวตัน โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง จากนั้น บันทึกผลค่าของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงลงในตาราง
3. หาค่าของงานที่เกิดจากการลากถุงทราย 1 ถุง ไปได้ในระยะกระจัด 0.5 เมตร โดยค่าแรงที่ใช้ในการคำนวณใช้ค่าแรงเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 – 3 แต่ลากถุงทรายให้เคลื่อนที่ไปได้ระยะกระจัด 1 เมตร
5. หาค่าของงานที่เกิดจากการลากถุงทราย 1 ถุง ไปในระยะกระจัด 1 เมตร
6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 – 3 แต่เพิ่มจำนวนถุงทรายเป็น 2 ถุง
7. หาค่าของงานที่เกิดจากการลากถุงทราย 2 ถุง



รูป 1.1 แสดงการลากถุงทราย 1 ถุง



รูป 1.2 แสดงการลากถุงทราย 2 ถุง





ตารางบันทึก  
ผลการสำรวจ

จำนวน ลูกทราย (ลูก)	แรงดึง (นิวตัน)				ระยะ กระจัด (เมตร)	การคำนวณค่าของงาน งาน = แรง x การกระจัด (จูล)			
	ครั้งที่			เฉลี่ย		ครั้งที่			เฉลี่ย
	1	2	3			1	2	3	
1					0.5				
1					1.0				
2					0.5				
2					1.0				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การออกแรงลากลูกทราย 1 ลูก ด้วยเครื่องชั่งสปริงให้ได้ระยะกระจัด 0.5 เมตร และ 1 เมตร ออกแรงเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. งานที่ได้จากการลากลูกทราย 1 ลูก ในระยะกระจัด 0.5 เมตร และ 1 เมตร ได้งานต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....







3. ในระยะทางที่เท่ากัน เมื่อเพิ่มจำนวนลูกทรายเป็น 2 ลูก การออกแรงดึงจะแตกต่างจากการดึงลูกทรายจำนวน 1 ลูกหรือไม่ อย่างไร

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

4. งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งใดบ้าง

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

สรุปผลการทำกิจกรรม

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

ไปเรียนรู้เพิ่มเติมกันเลย  
ครับเพื่อน ๆ





ขยายความ รู้รอบด้าน  
เรื่อง งาน

งาน (Work)

ในชีวิตประจำวันเราทำกิจกรรมต่างๆ มากมาย ทั้งกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังกล้ามเนื้อและไม่ใช้กล้ามเนื้อ การนั่งอ่านหนังสือ หรือใช้ความคิดก็เป็นการทำงานในความหมายทั่วไป แต่ในวิชาฟิสิกส์งานมีความหมายเฉพาะตัวมากกว่างานในความหมายทั่วไป

งานทางฟิสิกส์ หมายถึง ผลของการออกแรงกระทำต่อวัตถุนั้น ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ตามแนวแรง องค์ประกอบของการเกิดงานมีดังนี้

1. แรงที่กระทำต่อวัตถุ ( $\vec{F}$ )
2. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ ( $s$ )
3. ทิศทางที่วัตถุเคลื่อนที่ต้องอยู่ในแนวเดียวกับแรง (จะทิศเดียวกันหรือทิศตรงข้ามกันก็ได้)

เมื่อใดไม่เกิดงาน

กรณีที่ไม่เกิดงานหรืองานเป็นศูนย์ มีดังนี้

1. มีแรงมากกระทำแต่วัตถุไม่เคลื่อนที่
2. มีแรงมากกระทำแต่มีทิศทางตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่

งาน = แรง  $\times$  การกระจัดของวัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงที่กระทำ

ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

กำหนดให้

$W$  = งาน มีหน่วยเป็น จูล (J)

$\vec{F}$  = แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

$\vec{s}$  = ระยะกระจัด มีหน่วยเป็น เมตร (m)





คิดเพิ่ม เสริมความรู้  
เรื่อง แรงและงาน

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยมใต้ภาพว่าเกิดงาน หรือไม่เกิดงาน  
ตามความหมายในทางวิชาฟิสิกส์

★  
1.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
2.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
3.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
4.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน





★  
5.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
6.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
7.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
8.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
9.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน

★  
10.



เกิดงาน  ไม่เกิดงาน





คิดให้รู้  
เรื่อง การเกิดงาน



**คิดให้รู้ 5** เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จนเกิดระยะทางในเวลาที่กำหนดก็ต้องได้ ความเร็ว ความเร่ง ชินะ แล้วสูตรที่ใช้คำนวณมีสูตรอะไรบ้างนะ

.....  
.....

**คิดให้รู้ 6** นอกจากนี้ยังมีแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสด้วยนะที่มีผลต่องาน แล้วเราใช้สูตรไหนเพื่อหาแรงเสียดทาน

.....  
.....

**แรงเสียดทาน (Friction Force) คือ** แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ มีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เสมอ เป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หาได้จากสมการ

$$\vec{f} = \mu \vec{N}$$

$\mu$  คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน  
 $\vec{N}$  คือ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสนั้น

แรงเสียดทาน  
(Friction Force)





สำรวจ เพื่อค้นพบ  
เรื่อง การเกิดงาน

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถ

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการกระจัด
2. ศึกษาการเกิดงานในแบบต่างๆ ได้
3. หางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงอยู่แนวต่างๆ

วัสดุ - อุปกรณ์

1. ถูทรายมวล 500 กรัม
2. เครื่องชั่งสปริง
3. ไม้เมตร
4. ไม้โปรแทรกเตอร์ชนิดครึ่งวงกลม



เครื่องชั่งสปริง



ไม้โปรแทรกเตอร์ชนิดครึ่งวงกลม



ถูทรายมวล 500 กรัม



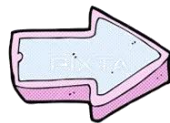
ไม้เมตร





### วิธีการสำรวจ

1. นำลูกทรายมวล 500 กรัม วางบนพื้นโต๊ะจำนวน 1 ลูก ใช้ไม้เมตรวัดระยะกระจัดจากลูกทรายเป็น 0.5 เมตร
2. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวลูกทรายและออกแรงดึงทำมุม  $30^\circ$  จากพื้นไปจนถึงระยะกระจัด 1 เมตร อ่านค่าแรงที่ใช้ดึงลูกทรายจากเครื่องชั่งสปริงในหน่วยนิวตัน โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง จากนั้น บันทึกผลค่าของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงลงในตาราง
3. หาค่าของงานที่เกิดจากการลากลูกทราย 1 ลูก ไปได้ในระยะกระจัด 1 เมตร โดยค่าแรงที่ใช้ในการคำนวณใช้ค่าแรงเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 – 3 แต่เปลี่ยนมุมเป็น  $45^\circ$ ,  $60^\circ$
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 – 3 แต่เพิ่มจำนวนลูกทรายเป็น 2 ลูก
6. หาค่าของงานที่เกิดจากการลากลูกทราย 2 ลูก



รูปแสดงการลากลูกทราย 1 ลูก  
ที่มา : วิไลพร วรรณาม. 2559. ถ่ายจริง







ตารางบันทึก  
ผลการสำรวจ

มุมที่ตาสั่ง สปริงกระทำ กับพื้น	แรงดึง (นิวตัน)				ระยะ การจัด (เมตร)	การคำนวณค่าของงาน งาน = แรง x การจัด (จูล)			
	ครั้งที่			เฉลี่ย		ครั้งที่			เฉลี่ย
	1	2	3			1	2	3	
30 <sup>0</sup>					1				
45 <sup>0</sup>					1				
60 <sup>0</sup>					1				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การออกแรงลากถุงทรายเมื่อทำมุมต่างกัน ออกแรงเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. งานที่ได้จากการลากถุงทรายเมื่อทำมุมต่างกัน ได้งานต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....







3. งานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ไปเรียนรู้เพิ่มเติมกันเลย  
ครับเพื่อน ๆ





ขยายความ รู้รอบด้าน  
เรื่อง การเกิดงาน

การเกิดงาน

เมื่อมีแรงคงตัว  $\vec{F}$  กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้การกระจัด  $\vec{s}$  จะเกิดงาน ( $W$ ) ของแรงนั้น ถ้าแรงและการกระจัดมีทิศทางเดียวกัน งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า  $W = \vec{F}\vec{s}$  แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม  $\theta$  กับการกระจัด งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า  $W = \vec{F}\vec{s} \cos \theta$  งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูล ( $J$ ) อาจหางานได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง แรงและการกระจัดในแนวเดียวกัน

งาน = แรง x การกระจัดของวัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงที่กระทำ

$$W = \vec{F}\vec{s}$$

$$W = \vec{F}\vec{s} \cos \theta$$

กำหนดให้

$$W = \text{งานมีหน่วยเป็นจูล (J)}$$

$$\vec{F} = \text{แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)}$$

$$\vec{s} = \text{การกระจัดมีหน่วยเป็นเมตร (m)}$$

$$\theta = \text{มุมระหว่างทิศทางของแรงกระทำกับแนวการเคลื่อนที่}$$

การเกิดงานทางวิชาฟิสิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1

เมื่อ  $\theta = 0^\circ$

ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

งานที่ทำคือ  $W = \vec{F}\vec{s} \cos \theta$   
 ดังนั้น  $W = \vec{F}\vec{s} \cos \theta$   
 \*\* ( $\cos 0^\circ = 1$ )

$W = \vec{F}\vec{s}$





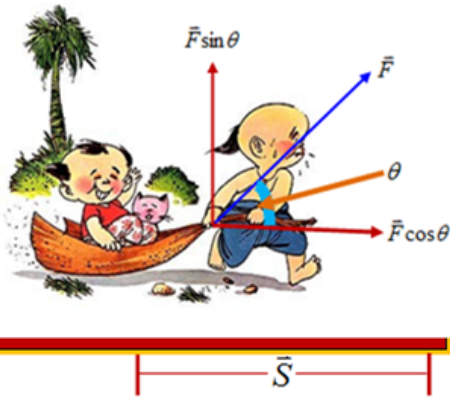
กรณีที่ 2



เมื่อ  $0^\circ < \theta < 90^\circ$



ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ



งานที่ทำคือ  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$   
ดังนั้น  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$

$$W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$$

จากกรณีที่ 2 แรง  $\vec{F}$  ที่กระทำต่อวัตถุไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องแตกแรง  $\vec{F}$  ออกเป็น 2 แนวโดยแนวหนึ่งให้ขนานกับการเคลื่อนที่อีกแนวหนึ่งให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ แรงในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่มีขนาด  $\vec{F} \sin \theta$  แรงในแนวขนานกับแนวการเคลื่อนที่มีขนาด  $\vec{F} \cos \theta$  พิจารณางานที่เกิดจากแรงทั้ง 2 แนว พบว่า

- แรง  $\vec{F} \sin \theta$  ไม่ก่อให้เกิดงาน เพราะไม่มีการเคลื่อนที่ตามแนวแรง
- แรง  $\vec{F} \cos \theta$  ก่อให้เกิดงาน เพราะมีการเคลื่อนที่ตามแนวแรง





กรณีที่ 3



เมื่อ  $\theta = 90^\circ$



ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

งานที่ทำคือ  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$

ดังนั้น  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta \quad (\cos 90^\circ = 0)$

$W = 0$

กรณีที่ 4



เมื่อ  $\theta = 180^\circ$



ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

งานที่ทำคือ  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$

ดังนั้น  $W = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$




\*\* $(\cos 180^\circ = (-1))$

$W = -\vec{F}\vec{S}$





จาก  $w = \vec{F}\vec{S} \cos \theta$  จะได้ว่า

-  เมื่อ  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$   $\cos \theta$  เป็นบวก (+) งาน (W) ก็เป็นบวก (+)
-  เมื่อ  $\theta = 90^\circ$   $\cos \theta$  เป็นศูนย์ (0) งาน (W) ไม่เกิด
-  เมื่อ  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$   $\cos \theta$  เป็นลบ (-) งาน (W) ก็เป็นลบ (-)

งาน (W) เป็นบวก (+) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

งาน (W) เป็นลบ (-) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงอยู่ในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่





ขยายความ รื้อรอบด้าน  
เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหางาน

ตัวอย่างที่ 1 ออกแรง 20 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้น ลากวัตถุไปได้การกระจัด 5 เมตร จงหางานของแรงที่กระทำ

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem)

โจทย์กำหนด  $\vec{F} = 20 \text{ N}$

$$\vec{S} = 5 \text{ m}$$

$$W = ?$$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

จากสูตร  $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

แทนค่า  $W = (20 \text{ N})(5 \text{ m})$

$$W = 100 \text{ J}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back)

ตรวจคำตอบ  $100 \text{ J} = (20 \text{ N})(5 \text{ m})$

$$100 \text{ J} = 100 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงที่กระทำมีค่า **100** จูล





ตัวอย่างที่ 2 ออกแรง 40 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบในแนวทำมุม 60 องศากับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้การกระจัด 10 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่าใด

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem)

โจทย์กำหนด  $\vec{F} = 40 \text{ N}$

$$\theta = 60^\circ$$

$$\vec{s} = 10 \text{ m}$$

$$W = ?$$

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

จากสูตร  $W = \vec{F}\vec{s} \cos \theta$

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

แทนค่า  $W = (40 \text{ N})(10 \text{ m}) \cos 60^\circ$

$$W = (40 \text{ N})(10 \text{ m})\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$W = 200 \text{ J}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back)

ตรวจคำตอบ  $200 \text{ J} = (40 \text{ N})(10 \text{ m}) \cos 60^\circ$

$$200 \text{ J} = (40 \text{ N})(10 \text{ m})\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$200 \text{ J} = 200 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงที่ดึงวัตถุมีค่า 200 จูล





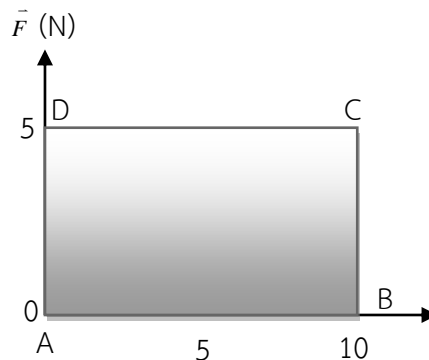
ขยายความ รู้รอบด้าน  
เรื่อง การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการหางานของแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุ แต่ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดไม่คงตัว ยังมีอีกวิธีที่ช่วยในการทำงาน แต่จะใช้ได้เฉพาะกรณีที่ทั้งแรงกระทำและขนาดของการกระจัดอยู่ในแนวกับแนวการเคลื่อนที่ วิธีดังกล่าวคือการหาพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรง และขนาดของการกระจัด (ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่)

**แรงกระทำมีค่าคงที่**

เมื่อมีแรงคงตัวกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่โดยแรงที่กระทำอยู่ในทิศทางเดียวกับการกระจัด เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่คงตัวกับขนาดของการกระจัดในแนวการเคลื่อนที่ได้

ดังรูป 1.3



**รูป 1.3** แรงมีขนาดคงตัวกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่  
ที่มา : หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 หน้า 9

ถ้าจะหางานของแรงคงตัวขนาด 5 นิวตัน ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัด 10 เมตร  
ดังนั้นงานที่ทำได้ =  $(5 \text{ N})(10 \text{ m})$   
= 50 J

จะเห็นได้ว่างานที่ได้นี้มีค่าเท่ากับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ABCD นั่นเอง

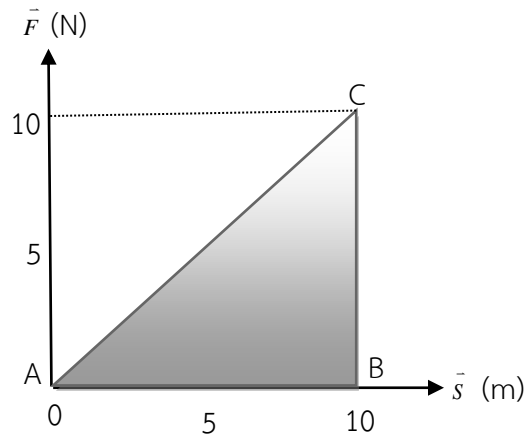






**แรงกระทำเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ**

ในบางครั้งแรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดไม่คงตัว เช่น แรงที่ใช้ดึงสปริงให้ยืดออก ในตอนแรกขนาดของแรงมีค่าเป็นศูนย์ แล้วมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสปริงถูกดึงให้ยืดออกมากขึ้น ในช่วงที่แรงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับขนาดของการกระจัดในแนวการเคลื่อนที่ ดังรูป 1.4



**รูป 1.4** แรงมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างตัว  
ที่มา : หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 หน้า 10

จากกราฟ ถ้าแรงมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างตัวจาก 0 ถึง 10 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่โดยมีการกระจัด 10 เมตร จะพิจารณาแรงที่ใช้เป็นแรงเฉลี่ย ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{งานที่ทำได้} &= \text{แรงเฉลี่ย} \times \text{การกระจัด} \\ &= \left(\frac{0\text{ N} + 10\text{ N}}{2}\right)(10\text{ m}) \\ &= 50\text{ J} \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาพื้นที่ใต้กราฟ จะได้รูปสามเหลี่ยม ABC ซึ่งหาพื้นที่ใต้กราฟได้ ดังนี้

$$\text{พื้นที่สามเหลี่ยม ABC} = \left(\frac{1}{2}\right)(10\text{ m})(10\text{ N}) = 50\text{ J}$$

จะเห็นได้ว่างานที่ทำได้มีค่าเท่ากับพื้นที่รูปสามเหลี่ยม ABC

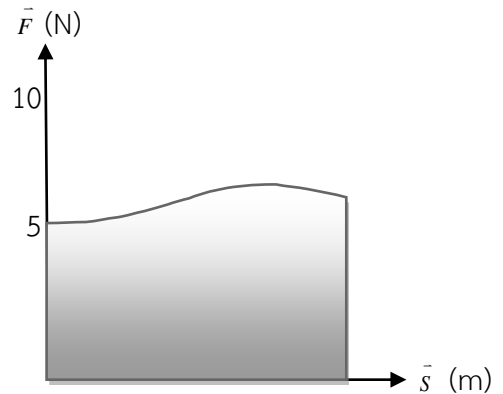




**แรงกระทำมีขนาดไม่คงตัว**

ในกรณีที่ขนาดของแรงมีขนาดไม่คงที่ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับขนาดของการกระจัดในแนวการเคลื่อนที่อาจเป็นดังรูป 1.5

ในการหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรงกับขนาดของการกระจัดในแนวการเคลื่อนที่ทำได้โดยวิธีแบ่งพื้นที่ใต้กราฟออกเป็นแถบเล็ก ๆ จำนวน  $n$  แถบ ปริมาณงานทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับผลบวกของพื้นที่แถบเล็ก ๆ เหล่านั้น ถ้าแบ่งเป็นแถบได้เล็กมากเท่าใดงานที่ได้จากกราฟโดยวิธีนี้จะยิ่งถูกต้องมากยิ่งขึ้น



**รูป 1.5** กราฟระหว่างแรงที่มีขนาดไม่คงตัวกับการกระจัด  
ที่มา : หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 หน้า 12

งานทั้งหมดหาได้จาก

$$W = \bar{F}_1 \Delta \bar{s}_1 + \bar{F}_2 \Delta \bar{s}_2 + \bar{F}_3 \Delta \bar{s}_3 + \dots + \bar{F}_n \Delta \bar{s}_n$$

ถ้าเราแบ่งให้เป็นแถบพื้นที่ที่เล็ก ๆ นั้นมีความกว้างเท่ากัน  $\Delta \bar{s}$  จะได้

$$\Delta \bar{s}_1 = \Delta \bar{s}_2 = \Delta \bar{s}_3 = \dots = \Delta \bar{s}_n \text{ โดย } \Delta \bar{s} = \frac{\bar{s}}{n}$$

ดังนั้นจะได้

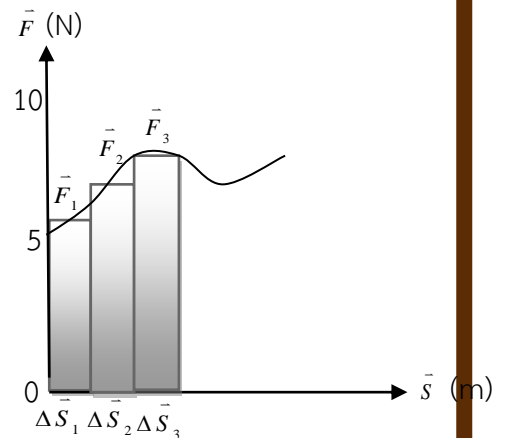
$$W = (\bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \dots + \bar{F}_n) \Delta \bar{s}$$

$$W = (\bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \dots + \bar{F}_n) \frac{\bar{s}}{n}$$

$$W = \left( \frac{\bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \dots + \bar{F}_n}{n} \right) \bar{s}$$

นั่นคือ งานทั้งหมด = แรงเฉลี่ย x การกระจัด

หรือ งานทั้งหมด = ผลบวกของงานย่อย



**รูป 1.6** การแบ่งพื้นที่ใต้กราฟเป็นแถบเล็ก ๆ  
ที่มา : หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 หน้า 12

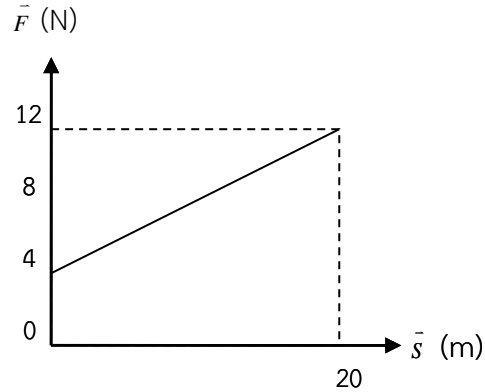


พื้นที่สามเหลี่ยม =  $\frac{1}{2} \times$  ฐาน  $\times$  สูง  
พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส = ด้าน  $\times$  ด้าน  
พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = กว้าง  $\times$  ยาว  
พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู =  $\frac{1}{2} \times$  ผลบวกด้านคู่ขนาน  $\times$  สูง





ตัวอย่างที่ 1 เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรง โดยแรงที่กระทำสัมพันธ์กับการกระจัด ดังกราฟ จงหางานเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ได้ไกล 20 เมตร



**วิธีทำ**

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem)

จากกราฟระหว่าง  $\bar{F}$  กับ  $\bar{s}$  สามารถหา  $w$  ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

$$w = \text{พื้นที่ใต้กราฟ}$$

$$w = \text{พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู}$$

$$w = \frac{1}{2} \times \text{ผลบวกด้านคู่ขนาน} \times \text{สูง}$$

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

$$w = \frac{1}{2} \times \text{ผลบวกด้านคู่ขนาน} \times \text{สูง}$$

$$w = \frac{1}{2} \times (4 + 12) \times 20$$

$$w = 160 \text{ J}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back)

$$160 \text{ J} = \frac{1}{2} \times (4 + 12) \times 20$$

$$160 \text{ J} = 160 \text{ J}$$

**ดังนั้น** งานที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ **.160** จูล





ตัวอย่างที่ 2 จากกราฟดังรูป แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำต่อวัตถุกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแนวแรง งานที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 10 เมตร เป็นเท่าใด

**วิธีทำ**

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem)

จากกราฟระหว่าง  $\bar{F}$  กับ  $\bar{s}$   
สามารถหา  $w$  ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan)

$$w = \text{พื้นที่ใต้กราฟ}$$

$$w = \text{พื้นที่สามเหลี่ยม} + \text{พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า} + \text{พื้นที่สามเหลี่ยม}$$

$$w = (\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}) + (\text{กว้าง} \times \text{ยาว}) + (\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง})$$

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

$$w = (\frac{1}{2} \times 4 \times 15) + (2 \times 15) + (\frac{1}{2} \times 4 \times 15)$$

$$w = 30 + 30 + 30$$

$$w = 90 \text{ J}$$

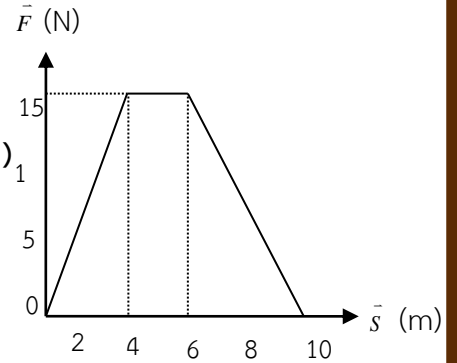
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back)

$$90 \text{ J} = (\frac{1}{2} \times 4 \times 15) + (2 \times 15) + (\frac{1}{2} \times 4 \times 15)$$

$$90 \text{ J} = 30 + 30 + 30$$

$$90 \text{ J} = 90 \text{ J}$$

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ **90** จูล



**วิธีทำ** จากกราฟระหว่าง  $\bar{F}$  กับ  $\bar{s}$  สามารถหา

$w$  ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

$$w = \text{พื้นที่ใต้กราฟ}$$

$w = \text{พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู}$

$$w = \frac{1}{2} \times \text{ผลบวกด้านคู่ขนาน} \times \text{สูง}$$

$$w = \frac{1}{2} \times (2 + 10) \times 15$$

$$w = 90 \text{ J}$$

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ **90** จล

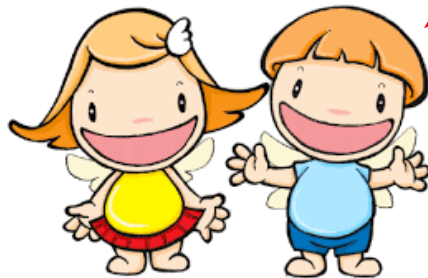




ข้อควรจำ พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรง  $F$  กับการกระจัด  $s$  คือ งานของแรงโดย

1. พื้นที่ใต้กราฟเหนือแกน งานมีค่าเป็นบวก (+) เมื่อการกระจัดอยู่ในทิศเดียวกันกับแรง
2. พื้นที่ใต้กราฟใต้แกน งานมีค่าเป็นลบ (-) เมื่อการกระจัดมีทิศตรงข้ามกับแรง

ทำแบบฝึกหัดซะกันเยอะ ๆ  
จะได้เรียนเก่ง ๆ ครับ





คิดรอบคอบ ตอบได้  
เรื่อง การแก้โจทย์แรงและงาน

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยใช้การแก้โจทย์ปัญหาแบบ 4 ขั้นตอน ของโพลยา

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจโจทย์ (Understanding the problem)

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้โจทย์ (Devising a plan)

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan)

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ (Looking back)

1. เมื่อออกแรง 100 นิวตัน ลากวัตถุจากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่ง 2 เมตรต่อวินาที<sup>2</sup> ทำให้มีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที จงหางานที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....















6. เมื่อออกแรง 60 นิวตัน ดันตู้ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวแรง ตู้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 2 เมตร  
ตั้งนิ้งงานที่ได้มีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





7. ออกแรงขนาด 200 นิวตันทำมุม 60 องศา กับพื้นราบ ลากกระเป๋าส่งให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบงาน  
เนื่องจากแรงที่ลากกระเป๋าเป็นเท่าใดโดยมีการกระจัดเท่ากับ 5 เมตร

Handwriting practice area with multiple horizontal dashed lines.

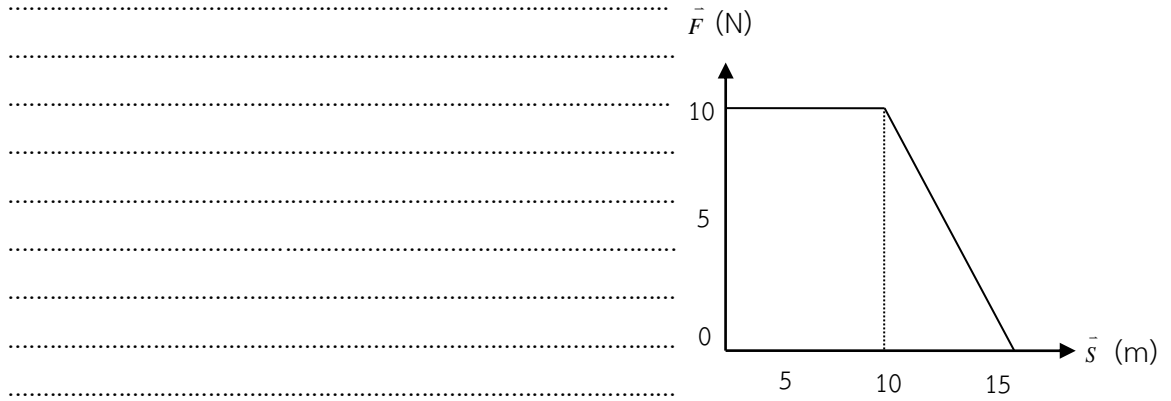




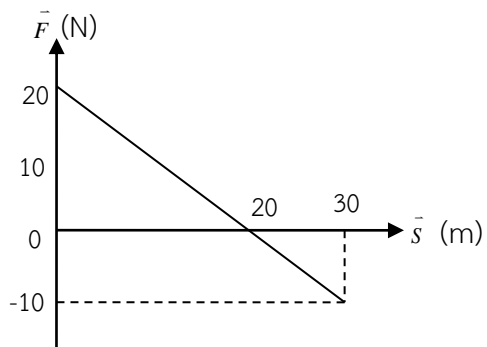




10. แรง  $\bar{F}$  กระทำกับวัตถุแสดงโดยกราฟดังรูป งานที่เกิดขึ้นในระยะ 15 เมตร เป็นกี่จูล



11. แรงซึ่งไม่คงที่กระทำต่อวัตถุหนึ่ง นำค่าแรงในแนวขนานกับการกระจัด มาเขียนความสัมพันธ์กับการกระจัดได้ดังกราฟ จงหางานลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 30 เมตร



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

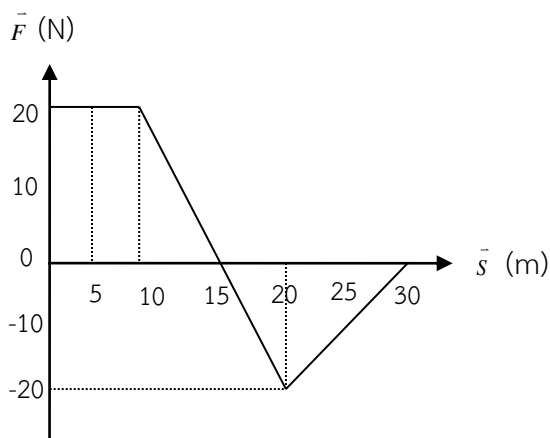








13 วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนพื้นระดับลื่น ด้วยแรงที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกราฟ จงหางานที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น จนได้ระยะทาง 20 เมตร



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





แบบทดสอบหลังเรียน  
เรื่อง แรงและงาน

เรื่อง แรงและงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว30201 คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ในกระดาษคำตอบ

- จงเลือกข้อที่ถูกที่สุด จงพิจารณา
  - งานมีหน่วยเป็นนิวตัน
  - งานมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับการกระจัด
  - งานจัดเป็นปริมาณสเกลาร์
  - งานคือผลของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรงข้อที่ถูกคือ
  - ข้อ 1 , 2
  - ข้อ 2 , 3
  - ข้อ 3 , 4
  - ข้อ 1 , 2 , 3 , 4
- ข้อใดต่อไปนี้เป็นไม่เกิดงานในทางฟิสิกส์
  - วิ่งจากชั้นล่างขึ้นชั้นสาม
  - ยกกล่องจากพื้นไปวางบนโต๊ะ
  - ออกแรงดึงรถให้เคลื่อนที่ตามแนวถนน
  - กรรมกรแบกข้าวสารแล้วเดินไปตามพื้นราบ





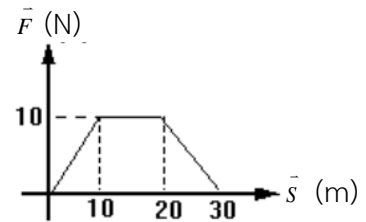
3. น้องนตาออกแรง 40 นิวตัน ดึงกล่องตามแนวขนานกับพื้นไปไกล 10 เมตร น้องนตาทำงานได้กี่จูล
  - ก. 40 จูล
  - ข. 400 จูล
  - ค. 4,000 จูล
  - ง. 40,000 จูล
4. ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นสม่าเสมอจาก 0 ถึง 10 นิวตัน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงนั้นได้การกระจัด 10 เมตร จะได้งานกี่จูล
  - ก. 15 จูล
  - ข. 30 จูล
  - ค. 46 จูล
  - ง. 50 จูล
5. ข้อใดงานมีค่าเป็นลบ
  - ก. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 0 องศา กั้บการกระจัด
  - ข. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 90 องศา กั้บการกระจัด
  - ค. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 180 องศา กั้บการกระจัด
  - ง. งานที่เกิดจากแรงทำมุม 360 องศา กั้บการกระจัด
6. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม ถูกกดด้วยแรง 15 นิวตัน ในทิศทำมุม 60 องศากับแนวระดับ วัตถุเคลื่อนเป็นระยะ 8 เมตร จงหางานเนื่องจากแรงนี้
  - ก. 50 จูล
  - ข. 60 จูล
  - ค. 80 จูล
  - ง. 150 จูล
7. กรรมกรแบกของหนัก 100 กิโลกรัม แล้วเดินไปตามพื้นราบได้การกระจัด 5 เมตร จะทำงานได้กี่จูล
  - ก. 0 จูล
  - ข. 100 จูล
  - ค. 250 จูล
  - ง. 500 จูล





8. จากรูปวัตถุถูกกระทำด้วยแรง  $F$  ขนาดของแรง  $F$  เปลี่ยนแปลงตามการกระจัดในแนวราบดังกราฟ  
จงหางานเนื่องจากแรง  $F$  ในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ 30 เมตร

- ก. 50 จูล
- ข. 100 จูล
- ค. 150 จูล
- ง. 200 จูล



9. กล้องมวล 40 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเป็น 0.2 งานที่ดึงกล้อง  
ในแนวทำมุม 37 องศา กับแนวระดับเพื่อให้กล้องนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นการกระจัด  
10 เมตร มีค่าเท่าใด

- ก. 400 จูล
- ข. 540 จูล
- ค. 696 จูล
- ง. 763 จูล

10. เด็กคนหนึ่งออกแรง 20 นิวตัน ลากกล้องมวล 10 กิโลกรัม ที่วางบนพื้นลื่นให้เคลื่อนที่ไปนาน  
1 นาที งานที่เด็กคนนี้ทำมีค่าเท่าใด

- ก. 36 กิโลจูล
- ข. 72 กิโลจูล
- ค. 113 กิโลจูล
- ง. 145 กิโลจูล





กระดาษคำตอบ  
แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง แรงและงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว30201 คะแนนเต็ม 10 คะแนน เวลา 10 นาที

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ในกระดาษคำตอบ

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



คะแนนเต็ม 10 คะแนน  
ได้.....คะแนน





บรรณานุกรม

กวีญา เนาวประทีป. เทคนิคการเรียนรู้ฟิสิกส์ งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.

นครปฐม : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2548.

คณาจารย์แม่ค. Compact ฟิสิกส์ ม.4. กรุงเทพฯ : แม่ค, 2551.

จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. คู่มือเตรียมสอบ O-NET และ A-NET กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2551.

\_\_\_\_\_. สุดยอดคำนวณและเทคนิคคิดลัด คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2552.

\_\_\_\_\_. ตะลุยโจทย์ A-NET ฟิสิกส์. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, ม.ป.ป.

จารึก สุวรรณรัตน์. คู่มือฟิสิกส์ ม.4 - 6 เล่ม 2 รายวิชาเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ : เดอะบุคส์, 2555.

จิรัชย์ เสริมภักดีกุล และคณะ. วิชาเทพฟิสิกส์ ม.4 กลศาสตร์ 2. กรุงเทพฯ : SCIENCE CENTER, 2552.

ณสรณ์ ผลโภาค. กลศาสตร์ 1 (ม.4-6) เล่ม 1. กรุงเทพฯ : SCIENCE CENTER, ม.ป.ป.

ณัฐภัตสร เหล่าเนตร์ และคณะ. New สรุปเข้มฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4. กรุงเทพฯ : แม่ค, 2552.

นิรันดร์ สุวรรรัตน์. คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.4 กลศาสตร์ 2. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา, 2551.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2557.

