

ชุดกิจกรรม

ชุดที่ 1 ความหมายของงานและ

การคำนวณหางานทางฟิสิกส์

รายวิชาฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



โรงเรียนหนองเรือวิทยา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

นางสาวอัญชลี จันหา

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

คำนำ

ชุดกิจกรรม ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณทางงานทางฟิสิกส์ รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างขึ้นเพื่อให้ครูนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาทั้งทางด้านความรู้ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และมีความพึงพอใจในการเรียน รวมทั้งมีการพัฒนาด้านคุณธรรม จริยธรรม และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ขอขอบพระคุณนายวสันต์ จันทร์พิสิษฐ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองเรือวิทยา และคณะครูทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาในการสร้างชุดกิจกรรมให้เสร็จสมบูรณ์ ถูกต้อง ขอขอบพระคุณอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวอัญชลี จันนา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำชี้แจง	1
จุดประสงค์การเรียนรู้	2
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรม	3
แบบทดสอบก่อนเรียน	4
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	8
บัตรคำสั่ง เรื่องย่อที่ 1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์	9
กิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์	10
บันทึกกิจกรรมการทดลอง เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์	11
ใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง งานทางฟิสิกส์	13
ใบงานที่ 1.1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์	18
แนวการตอบใบงานที่ 1.1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์	20
ใบงานที่ 1.2 เรื่อง การคำนวณงานทางฟิสิกส์	22
แนวการตอบใบงานที่ 1.2 เรื่อง การคำนวณงานทางฟิสิกส์	24
บัตรคำสั่ง เรื่องย่อที่ 2 เรื่อง การคำนวณงานของแรง	26
ใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง การคำนวณงานของแรงที่กระทำต่อวัตถุ	27
ใบงานที่ 1.3 เรื่อง งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่	32
แนวการตอบใบงานที่ 1.3 เรื่อง งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่	34
ใบงานที่ 1.4 เรื่อง งานของแรงในแนวตั้ง	37
แนวการตอบใบงานที่ 1.4 เรื่อง งานของแรงในแนวตั้ง	39
แบบทดสอบหลังเรียน	40
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	44
บรรณานุกรม	45



ชุดกิจกรรมนี้ จัดทำขึ้นให้นักเรียนที่เรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทั้งหมด 8 ชุด ใช้เวลาในการเรียน ชุดละ 1-2 ชั่วโมง รวมเวลา 20 ชั่วโมง

ชุดที่	เรื่อง	เรื่องย่อย	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1	ความหมายของงานและ การคำนวณหางาน ทางฟิสิกส์	1. แรงแและงานทางฟิสิกส์	1
		2. การคำนวณหางานของแรง	2
2	การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟ	3. ความสัมพันธ์ของงานกับพื้นที่ใต้กราฟ	1
		4. การหางานจากกราฟระหว่างแรงแกับ การกระจัด	1
3	กำลังและการหาลำกำลังจากงาน	5. ความหมายของกำลัง	1
		6. การหาลำกำลังจากงาน	1
4	พลังงานจลน์	7. ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์	2
		8. การคำนวณหาพลังงานจลน์ของวัตถุ	1
5	พลังงานศักย์โน้มถ่วง	9. พลังงานศักย์โน้มถ่วง	1
		10. งานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง	2
6	พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	11. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	2
		12. การคำนวณหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	1
7	กฎการอนุรักษ์พลังงานและ การประยุกต์ใช้	13. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	1
		14. การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	1
8	ประสิทธิภาพของเครื่องกล	15. หลักการทำงานของเครื่องกล	2
รวมเวลาเรียน			20

จุดประสงค์การเรียนรู้ ชุดกิจกรรม ชุดที่ 1
เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณงานทางฟิสิกส์

เรื่องย่อที่ 1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของงานทางฟิสิกส์ได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับงานได้
3. บอกความหมายของงานเป็นบวก งานเป็นลบและงานเป็นศูนย์ได้
4. คำนวณงานทางฟิสิกส์ได้

เรื่องย่อที่ 2 เรื่อง การคำนวณงานของแรง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่ทำให้เกิดงานทางฟิสิกส์ได้
2. อธิบายการหางานของแรงที่ไม่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้
3. คำนวณงานของแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวระดับและแนวตั้งได้

อ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เข้าใจ
ก่อนเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมนะเพื่อน ๆ





สำหรับนักเรียน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ ให้เวลา 10 นาที โดยทำด้วยความซื่อสัตย์ ไม่ลอกคำตอบจากเพื่อนหรือเฉลยแบบทดสอบ
2. นักเรียนอ่านบัตรคำสั่งในชุดกิจกรรมให้เข้าใจ
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามบัตรคำสั่งในแต่ละชุดกิจกรรมด้วยความตั้งใจ ถ้านักเรียนไม่เข้าใจให้ถามครู
4. นักเรียนศึกษาใบงาน ใบความรู้ และศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้อื่น
5. นักเรียนตั้งใจเรียนรู้และปฏิบัติให้เต็มความสามารถ
6. นักเรียนสามารถอ่านบททวนเนื้อหาใหม่ได้จากใบความรู้ ขณะตอบคำถามในใบงาน
7. นักเรียนไม่ควรส่งเสียงดังรบกวนการเรียนและการปฏิบัติกิจกรรมของผู้อื่น
8. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ ให้เวลา 10 นาที ด้วยความซื่อสัตย์ไม่ลอกคำตอบจากเพื่อนหรือเฉลยแบบทดสอบ
9. นักเรียนควรจัดเก็บอุปกรณ์ที่ทำกิจกรรมเข้าที่เดิมให้เรียบร้อย เมื่อเรียนจบในแต่ละชั่วโมง
10. นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทุกใบงาน และร่วมกันทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย อย่างเต็มความสามารถ



พร้อมแล้ว...ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
กันได้เลยคะ

รายวิชาฟิสิกส์ ว 30202	แบบทดสอบก่อนเรียน	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2	ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณทางงานทางฟิสิกส์	ปีการศึกษา 2563
จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน (ข้อละ 1 คะแนน) เวลาในการทำข้อสอบ 10 นาที		

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. กิจกรรมใดต่อไปนี้เป็นไม่เกิดงานในความหมายทางฟิสิกส์
 - ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ
 - ข. เดินจากชั้นล่างขึ้นไปชั้นบน
 - ค. กรรมกรเดินแบกกระสอบข้าวสารไปตามถนน
 - ง. เข็นรถให้เคลื่อนที่
2. ปริมาณใดของการเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับปริมาณงานทางฟิสิกส์
 - ก. ความเร็วและความเร่ง
 - ข. แรงและการกระจัด
 - ค. แรงและความเร็ว
 - ง. ความเร็วและระยะทาง
3. เด็กคนหนึ่งออกแรงลากของตามแนวราบ 6 นิวตัน สมมติเสมอเป็นระยะทาง 3 เมตร จะทำงานได้เท่าใด
 - ก. 10 จูล
 - ข. 12 จูล
 - ค. 18 จูล
 - ง. 20 จูล
4. ข้อใดกล่าวถึงงานที่ลบได้ถูกต้อง
 - ก. งานของแรงที่ต้านวัตถุให้เคลื่อนที่
 - ข. งานของแรงที่ต้านวัตถุให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
 - ค. งานของแรงที่ต้านวัตถุในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่
 - ง. งานของแรงที่ต้านวัตถุในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่

5. นาย ก แบกวัตถุมวล 40 กิโลกรัม เดินไปตามพื้นเอียงยาว 5 เมตร สูง 4 เมตร งานที่ทำมีค่าเท่าใด
- ก. 100 จูล
 - ข. 160 จูล
 - ค. 180 จูล
 - ง. 1,600 จูล
6. ชายคนหนึ่งยกวัตถุมวล 5 กิโลกรัม ขึ้นสูง 2 เมตร งานของแรงยกมีค่าเท่าใด
- ก. 0 จูล
 - ข. 100 จูล
 - ค. 150 จูล
 - ง. 200 จูล
7. ออกแรง 40 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวราบได้ไกล 10 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีค่าเท่าใด
- ก. 50 จูล
 - ข. 100 จูล
 - ค. 150 จูล
 - ง. 200 จูล
 - ก. 180 จูล
8. กล่องมวล 40 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงทำมุม 37 องศา กับพื้นราบ ไปยังจุดซึ่งสูงจากพื้นราบ 3 เมตร ด้วยความเร็วคงที่ งานในการเคลื่อนกล่องมีค่าเท่าใด ถ้าแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียงเท่ากับ 2 นิวตัน (กำหนด $\sin 37$ องศา เท่ากับ $\frac{3}{5}$)
- ก. 130 จูล
 - ข. 1,190 จูล
 - ค. 1,200 จูล
 - ง. 1,210 จูล

9. ออกแรง F ในแนวขนานกับพื้น กระทำบนวัตถุหนัก 20 นิวตัน ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 10 เมตร บนพื้นระดับ ซึ่งมีแรงเสียดทาน 4 นิวตัน งานของแรง F มีค่าเท่าใด
- 30 จูล
 - 40 จูล
 - 50 จูล
 - 60 จูล
10. นำเชือกเส้นเล็ก ๆ ผูกวัตถุมวล 5 กิโลกรัม แล้วหย่อนลงจากที่สูง 20 เมตร ด้วยความเร่งคงที่ 0.5 เมตรต่อวินาที² งานของแรงตึงในเส้นเชือกเมื่อหย่อนวัตถุลงมาได้ระยะทาง 10 เมตร มีค่าเท่าใด
- 345 จูล
 - 345 จูล
 - 475 จูล
 - 475 จูล



กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน																																																																					
ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณทางฟิสิกส์																																																																					
ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....																																																																					
คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับข้อที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที คะแนนเต็ม 10 คะแนน																																																																					
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d8bfd8;"> <th style="width: 10%;">ข้อ</th> <th style="width: 15%;">ก</th> <th style="width: 15%;">ข</th> <th style="width: 15%;">ค</th> <th style="width: 15%;">ง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #90ee90;">1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;">10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="4">คะแนนที่ได้</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">คะแนนเต็ม</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table>					ข้อ	ก	ข	ค	ง	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					คะแนนที่ได้					คะแนนเต็ม				10
ข้อ	ก	ข	ค	ง																																																																	
1																																																																					
2																																																																					
3																																																																					
4																																																																					
5																																																																					
6																																																																					
7																																																																					
8																																																																					
9																																																																					
10																																																																					
คะแนนที่ได้																																																																					
คะแนนเต็ม				10																																																																	
<p>เกณฑ์การประเมิน</p> <p>คะแนนระหว่าง 9-10 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก</p> <p>คะแนนระหว่าง 7-8 อยู่ในเกณฑ์ ดี</p> <p>คะแนนระหว่าง 5-6 อยู่ในเกณฑ์ พอใช้</p> <p>คะแนนระหว่าง 0-4 อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุงแก้ไข</p>																																																																					

รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2	ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงาน และการคำนวณทางงานทางฟิสิกส์	ปีการศึกษา 2563

ข้อ	เฉลย
1	ค. กรรมการเดินแบกกระสอบข้าวสารไปตามถนน
2	ข. แรงและการกระจัด
3	ค. 18 จูล
4	ง. งานของแรงที่ดันวัตถุในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่
5	ง. 1,600 จูล
6	ข. 100 จูล
7	ง. 200 จูล
8	ค. 1,200 จูล
9	ข. 40 จูล
10	ค. -475 จูล

บัตรคำสั่ง
เรื่องย่อที่ 1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์

จงปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมจากครูแล้ว ในกรณีที่ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนดำเนินการเลือกหัวหน้ากลุ่ม เลขานุกรกลุ่ม นักเรียนที่เหลือเป็นสมาชิก เมื่อได้หัวหน้ากลุ่มแล้วให้หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรม

หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- | | | |
|------------------|-------------------------------------|---|
| 1) หัวหน้ากลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | เป็นผู้นำ |
| 2) เลขานุกรกลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในใบงานหรือการลงมติใดๆ |
| 3) สมาชิกกลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น |
2. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองที่ 1.1 เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์ ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอน บันทึกผลและสรุปผล
 3. นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง งานทางฟิสิกส์
 4. นักเรียนทำใบงานที่ 1.1 เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์ และใบงานที่ 1.2 เรื่อง การคำนวณงานทางฟิสิกส์
 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย และตอบคำถามท้ายกิจกรรม เพื่อนำสู่การอภิปรายและสรุปหน้าชั้นเรียน

รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	กิจกรรมการทดลองที่ 1.1	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

- จุดประสงค์
1. บอกความแตกต่างของงานทางฟิสิกส์ได้
 2. บอกความแตกต่างระหว่างงานในชีวิตประจำวันและงานทางฟิสิกส์ได้

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนสังเกตภาพกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ 5-6 ภาพ แล้วพิจารณาว่า ภาพกิจกรรมใดเป็นการทำงานทางฟิสิกส์
2. ให้นักเรียนใช้เครื่องชั่งสปริงตึงวัตถุในลักษณะต่างๆ แล้วบอกว่า แต่ละกรณีเกิดงานจากการตึงเครื่องชั่งสปริงหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. นำผลการทดลองมาอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้
 - งานทางฟิสิกส์เกิดขึ้นได้อย่างไร
 - งานในชีวิตประจำวันและงานทางฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างไร
4. สรุปและนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

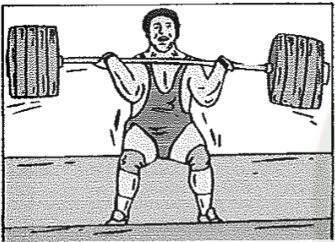







รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	บันทึกกิจกรรมที่ 1.1	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง การเกิดงานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

ชื่อกลุ่ม.....

- สมาชิก
1. ประธาน
 2. เลขานุการ
 3.
 4.
 5.

กิจกรรม ตอนที่ 1 ให้นักเรียนสังเกตภาพกิจกรรมการทำงานของมนุษย์ 5-6 ภาพ แล้วพิจารณาว่าภาพกิจกรรมใดเป็นการทำงานทางฟิสิกส์หรือไม่ เพราะเหตุใด

 <p>รูปที่ 1</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	 <p>รูปที่ 2</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	 <p>รูปที่ 3</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
 <p>รูปที่ 4</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	 <p>รูปที่ 5</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	 <p>รูปที่ 6</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

กิจกรรม ตอนที่ 2 ให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อไปนี้แล้วตอบคำถามว่าเกิดงานหรือไม่ เพราะเหตุใด

1. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวตุ้มทรายให้เคลื่อนที่ไปในแนวระดับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ใช้เครื่องชั่งสปริงดึงตุ้มทรายขึ้นในแนวตั้ง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวตุ้มทรายแล้วหย่อนลงในแนวตั้ง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	ใบความรู้ที่ 1.1	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง งานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

ความหมายของงานทางฟิสิกส์

ความหมายของงานโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักจะหมายถึงการยกของทำสวนครัว
ปรุงอาหาร ซักเสื้อผ้า เขียนหนังสือหรือทำกิจกรรมใด ๆ เพื่อรับค่าตอบแทน และขณะที่เด็กวิ่งเล่น
กันอยู่ในสนามเด็กเล่นหรือเล่นแบดมินตันหรือตีเทนนิส โดยทั่วไปถือว่าเป็นการออกกำลังกาย
หรือเป็นการเล่นกีฬา ไม่ใช่เป็นการทำงาน แต่ความหมายของงานโดยทั่วไปกับความหมายทางฟิสิกส์
แตกต่างกัน

ซึ่งความหมายของงานในทางฟิสิกส์ คือ งานจะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ
แล้วทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ได้ระยะกระจัด (ระยะกระจัดหมายถึงระยะที่วัดในแนวตรง)

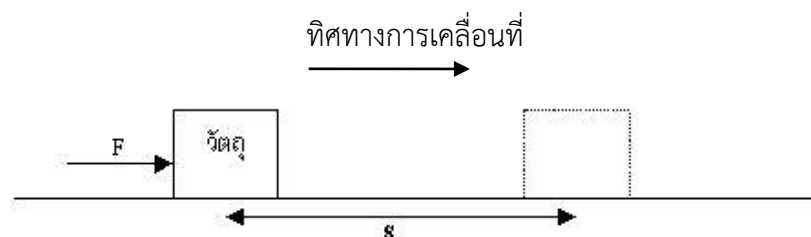
เพราะฉะนั้นตัวอย่างการเล่นกีฬาของเด็ก ๆ อาจเรียกได้ว่าเป็นการทำงานในทางฟิสิกส์

- ☞ ถ้าแรงมีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงกับการกระจัด งานจะเป็นบวก
- ☞ ถ้าแรงมีทิศทางการเคลื่อนที่สวนทางกับการกระจัด งานจะเป็นลบ
- ☞ ถ้าแรงมีทิศทางการตั้งฉากกับการกระจัด งานที่ได้จะเป็นศูนย์

การทำงาน

งานในทางฟิสิกส์จะขึ้นกับแรงและระยะกระจัด

ถ้าให้ F แทน แรงที่มากระทำต่อวัตถุ และ S แทน ระยะกระจัดของวัตถุ



รูปที่ 1.1.1 การออกแรงคงตัว F ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ระยะกระจัด S

งาน จะมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรง F และขนาดของระยะกระจัด S

หรือ

$$\begin{aligned} \text{งาน (W)} &= \text{แรง (F)} \times \text{ระยะกระจัด (S)} \\ W &= FS \end{aligned}$$

เมื่อ	W	แทน	งาน	วัดในหน่วย	จูล (J)	ตามระบบ	เอสไอ
	F	แทน	แรง	วัดในหน่วย	นิวตัน (N)		
	S	แทน	ระยะกระจัด	วัดในหน่วย	เมตร (m)		

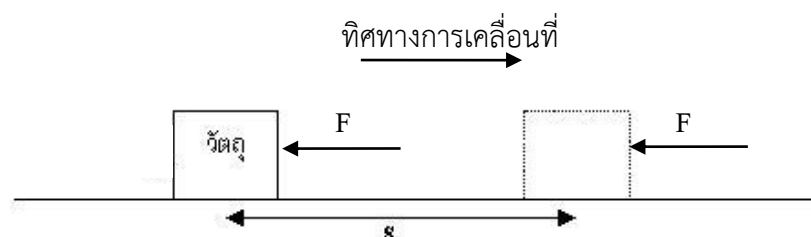
แรง F จะต้องเป็นแรงที่มีค่าคงตัว และระยะกระจัด S ต้องเป็นระยะที่อยู่ในแนวเดียวกับแรง F เท่านั้นจึงจะหางานตามสมการข้างต้นนี้ได้

⊗ กำหนดให้งานของแรง F มีเครื่องหมายบวก เมื่อแรง F อยู่ในทิศเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ เช่น งานของแรงที่ดันกล่องให้เคลื่อนที่ เป็นต้น

⊗ กำหนดให้งานของแรง F มีเครื่องหมายลบ เมื่อแรง F อยู่ในทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ เช่น งานของแรงเสียดทานที่ต้านการเคลื่อนที่ของกล่อง เป็นต้น ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$W = - FS$$

โดย F มีทิศตรงข้ามกับ S



รูปที่ 1.1.2 การออกแรงคงตัว F ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ระยะกระจัด S

ตัวอย่างที่ 1.1.1

ออกแรงคงตัวขนาด 10 นิวตัน ลากกล่องใบหนึ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวบนพื้นในแนวระดับที่มีความเสียดทาน จงหางานของแรงที่ลากกล่องและงานของแรงเสียดทาน ถ้าการกระจัดของกล่องเป็น 3 เมตร

แนวคิด เนื่องจากกล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวระดับ แสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องเป็นศูนย์ นั่นคือ แรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับขนาดของแรงที่ลากกล่อง แรงเสียดทานมีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด และแรงที่ลากกล่องมีทิศทางเดียวกับการกระจัด

$$\text{จะได้ งานของแรงที่ลากกล่อง } W = Fs = (10 \text{ N})(3 \text{ m}) = 30 \text{ J}$$

$$\text{งานของแรงเสียดทาน } W = -fs = -(10 \text{ N})(3 \text{ m}) = -30 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงที่ลากกล่องเท่ากับ 30 จูล

งานของแรงเสียดทานเท่ากับ 30 จูล

ตัวอย่างที่ 1.1.2

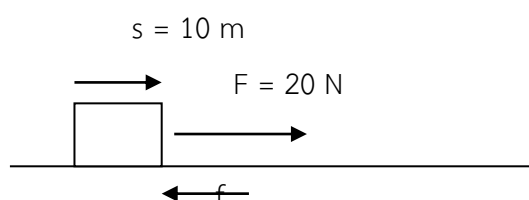
มวล 4 กิโลกรัม วางบนพื้นราบซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน 0.2 มีแรง 20 นิวตัน ดึงวัตถุในแนวขนานพื้น เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง 20 นิวตัน ได้ทาง 10 เมตร จงหา
เนื่องจาก

ก. แรง 20 นิวตัน

ข. แรงเสียดทาน

ค. แรงลัพธ์

แนวคิด วาดรูปแล้วเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนี้



ก. หา W_F เมื่อ $F = 20 \text{ N}$, $s = 10 \text{ m}$

$$\text{จาก } W = Fs$$

$$W = 20 \times 10$$

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

ดังนั้น งานเนื่องจากแรง 20 นิวตัน เท่ากับ 200 จูล

ข. หา W_f เมื่อ $\mu = 0.2$, $s = 10 \text{ m}$

$$\text{จาก } W = -fs$$

$$W = -\mu mgs$$

$$W = -0.2 \times 4 \times 10 \times 10$$

$$\therefore W_f = -80 \text{ J}$$

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงเสียดทาน เท่ากับ -80 จูล

ค. หา $W_{\text{ลัพธ์}}$

$$\text{จาก } W_{\text{ลัพธ์}} = \sum F_s$$

$$W_{\text{ลัพธ์}} = (F - f) \times s$$

$$W_{\text{ลัพธ์}} = (20 - 8) \times 10$$

$$W_{\text{ลัพธ์}} = 120 \text{ J}$$

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงลัพธ์ เท่ากับ 120 จูล

ตัวอย่างที่ 1.1.3

วัตถุมวล 5 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นลื่น เมื่อออกแรงคงที่กระทำต่อวัตถุ 50 นิวตัน ในแนวขนานกับพื้น จงหางานของแรงนั้นในเวลา 5 วินาที

แนวคิด เมื่อรู้ $m = 5 \text{ kg}$, $F = 50 \text{ N}$, $t = 5 \text{ s}$ ต้องการหา W ต้องหา s ก่อน

$$\text{หา } a \text{ จาก } F = ma$$

$$50 = 5a$$

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

หา s จาก $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$s = 0 + \frac{1}{2}(10)(5)^2$$
$$s = 125 \text{ m}$$

หา W จาก $W = Fs$

$$W = 50 \times 125$$
$$W = 6,250 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงนั้นในเวลา 5 วินาที เท่ากับ 6,250 จูล



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	ใบงานที่ 1.1	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง แรงและงานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (14 คะแนน)

1. ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวตุ้มแล้วค่อย ๆ หย่อนลง สังเกตการเคลื่อนที่ นักเรียนคิดว่า เกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. ปลดตุ้มให้ตกอย่างอิสระ แล้วพิจารณาว่ามีแรงใดบ้างกระทำต่อตุ้มขณะหลุดออกจากมือเรา

.....

.....

.....

3. แรงดึงดูดของโลกกระทำต่อตุ้มมีทิศทางเป็นอย่างไร งานของแรงดึงดูดของโลกหาได้อย่างไร มีค่าเป็นบวกหรือลบ

.....

.....

.....

4. เมื่อเราหิ้วตุ้มแล้วค่อย ๆ หย่อนลง เราต้องออกแรงต้านแรงดึงดูดของโลก แรงที่หิ้วตุ้มมีทิศสวนทางการเคลื่อนที่ งานของการหิ้วตุ้มจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

5. งานทางฟิสิกส์กับงานในชีวิตประจำวัน เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

6. การยกของเดินขึ้นบันไดถือว่าเกิดงานหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

7. ถ้าแรงกระทำกับวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด เช่น การหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ลงในแนวตั้งเป็นระยะทาง S เกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	แนวการตอบใบงานที่ 1.1	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง แรงแรงและงานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (14 คะแนน)

- ใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวตุ้มแล้วค่อย ๆ หย่อนลง สังเกตการเคลื่อนที่ นักเรียนคิดว่า เกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวการตอบ เกิดงานทางฟิสิกส์ เพราะออกแรงกระทำกับวัตถุเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปในแนวตรงข้ามกับทิศทางของแรง
- ปล่อยตุ้มให้ตกอย่างอิสระ แล้วพิจารณาว่ามีแรงใดบ้างกระทำต่อตุ้มขณะหลุดออกจากมือเรา
แนวการตอบ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ
- แรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อตุ้มมีทิศทางเป็นอย่างไร งานของแรงดึงดูดของโลกหาได้อย่างไร มีค่าเป็นบวกหรือลบ
แนวการตอบ แรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อตุ้มมีทิศชี้ลงสู่พื้นโลก งานของแรงดึงดูดของโลกมีค่าเป็นบวก
- เมื่อเราหิ้วตุ้มแล้วค่อย ๆ หย่อนลง เราต้องออกแรงต้านแรงดึงดูดของโลก แรงที่หิ้วตุ้มมีทิศสวนทางการเคลื่อนที่ งานของการหิ้วตุ้มจะเป็นอย่างไร
แนวการตอบ แรงแรงกระทำกับวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด งานทางฟิสิกส์มีค่าเท่ากับ $-mgs$ ซึ่งงานมีค่าเป็นลบ

5. งานทางฟิสิกส์กับงานในชีวิตประจำวัน เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

แนวคำตอบ แตกต่างกัน เพราะการทำงานในความหมายทั่วไป จะหมายถึง กิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องใช้กำลังกล้ามเนื้อและไม่ใช้กำลังกล้ามเนื้อ เช่น การอ่านหนังสือหรือการใช้ความคิด ซึ่งถือว่าเป็นงานโดยทั่วไป แต่การทำงานทางฟิสิกส์ หมายถึง การออกแรงกระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับทิศทางของแรงที่มากระทำเท่านั้น

6. การยกของเดินขึ้นบันไดถือว่าเกิดงานหรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เกิดงานทางฟิสิกส์ เพราะออกแรงยกของในแนวเดียวกับการกระจัดที่เดินขึ้นบันได

7. ถ้าแรงกระทำกับวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด เช่น การหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ลงในแนวตั้งเป็นระยะทาง S เกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ เกิดงานทางฟิสิกส์ เพราะถ้าแรงกระทำกับวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับการกระจัดงานทางฟิสิกส์มีค่าเท่ากับ $-mgs$ ซึ่งงานมีค่าเป็นลบ



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	ใบงานที่ 1.2	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง การคำนวณหางานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (6 คะแนน)

1. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม อยู่บนพื้นระดับลื่น เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที มีแรง 10 นิวตัน กระทำต่อวัตถุในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่นาน 5 วินาที จะเกิดงานเท่าใด (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. แรง 20 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่บนพื้นลื่น จงหางานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงหางานในการลากวัตถุมวล 80 กิโลกรัม ในแนวขนานกับพื้นระดับด้วยอัตราเร็วคงที่ เป็นระยะทาง 25 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นมีค่า 0.05 (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	แนวการตอบใบงานที่ 1.2	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง การคำนวณทางงานทางฟิสิกส์	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

1. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม อยู่บนพื้นระดับลื่น เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที มีแรง 10 นิวตัน กระทำต่อวัตถุในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่นาน 5 วินาที จะเกิดงานเท่าใด

แนวคิด

เมื่อรู้ $m = 1 \text{ kg}$, $F = -10 \text{ N}$, $t = 5 \text{ s}$, $u = 5 \text{ m/s}$ ต้องการหา W ต้องหา a และ s ก่อน

หา a จาก $F = ma$

$$-10 = 1(a)$$

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

(F มีเครื่องหมายเป็นลบเนื่องจากกระทำต่อวัตถุในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่)

หา s จาก $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$s = 5(5) + \frac{1}{2}(-10)(5)^2$$

$$s = -100 \text{ m}$$

(s มีเครื่องหมายเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีการกระจัดตรงข้ามกับ u ซึ่งมีทิศเป็นบวก)

หา W จาก $W = Fs$

$$W = (-10) \times (-100)$$

$$W = 1,000 \text{ J}$$

ดังนั้น จะเกิดงาน เท่ากับ 1,000 จูล

2. แรง 20 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่บนพื้นลื่น จงหางานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที

แนวคิด เมื่อรู้ $m = 2 \text{ kg}$, $F = 20 \text{ N}$, $t = 4 \text{ s}$, $u = 0 \text{ m/s}$ ต้องการหา W ต้องหา a และ s ก่อน

หา a จาก $F = ma$

$$20 = 2a$$

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

หา s จาก $s = ut + \frac{1}{2}at^2$
 $s = 0 + \frac{1}{2}(10)(4)^2$
 $s = 80 \text{ m}$

หา W จาก $W = Fs$
 $W = 20 \times 80$
 $W = 1,600 \text{ J}$

ดังนั้น จะเกิดงานเท่ากับ 1,600 จูล

3. จงหางานในการลากวัตถุมวล 80 กิโลกรัม ในแนวขนานกับพื้นระดับด้วยอัตราเร็วคงที่ เป็นระยะทาง 25 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นมีค่า 0.05

แนวคิด ต้องการหา W ต้องหา F ก่อน

จาก $\sum F = 0$
 $F = f = \mu N$
 $F = 0.05 \times 800$

หา W จาก $W = Fs$
 $W = 40 \times 25$
 $W = 1,000 \text{ J}$

ดังนั้น จะเกิดงานเท่ากับ 1,000 จูล



บัตรคำสั่ง

เรื่องย่อที่ 2 เรื่อง การคำนวณหางานของแรง

จงปฏิบัติตามคำสั่งต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนได้รับชุดกิจกรรมจากครูแล้ว ในกรณีที่ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนดำเนินการเลือกหัวหน้ากลุ่ม เลขานุกรกลุ่ม นักเรียนที่เหลือเป็นสมาชิก เมื่อได้หัวหน้ากลุ่มแล้วให้หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรม

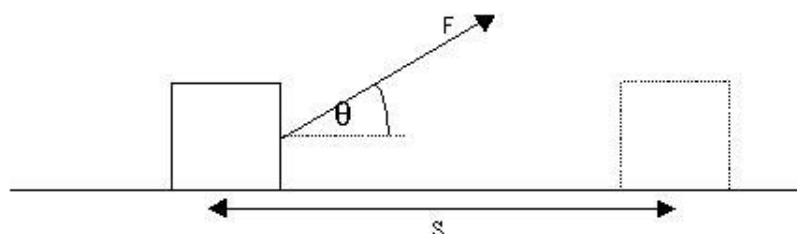
หน้าที่การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

- | | | |
|------------------|-------------------------------------|---|
| 1) หัวหน้ากลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | ดำเนินกิจกรรมตามที่กำหนด |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนร่วมกิจกรรม |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | เป็นผู้นำ |
| 2) เลขานุกรกลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | บันทึกข้อตกลงของกลุ่มในใบงานหรือการลงมติใดๆ |
| 3) สมาชิกกลุ่ม | <input checked="" type="checkbox"/> | ร่วมทำกิจกรรมหรือแสดงความคิดเห็น |
2. นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง การคำนวณหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
 3. นักเรียนอ่านคำชี้แจงในใบงานที่ 1.3 เรื่อง งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ และใบงานที่ 1.4 เรื่อง งานของแรงในแนวตั้ง
 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย และตอบคำถามท้ายกิจกรรม เพื่อนำสู่การอภิปราย และสรุปหน้าชั้นเรียน

รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	ใบความรู้ที่ 1.2	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง การคำนวณหางาน ของแรงที่กระทำต่อวัตถุ	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

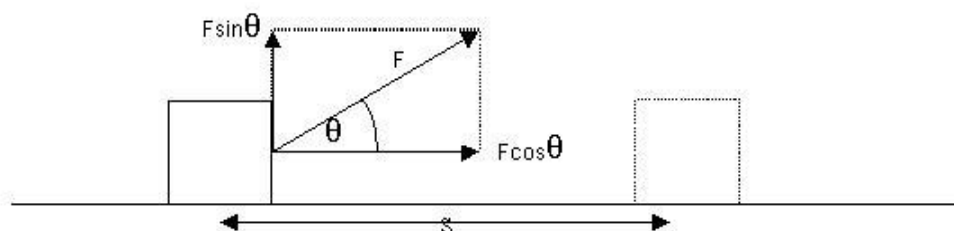
☒ งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่

ในกรณีที่แรง F กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยระยะกระจัด S



รูปที่ 1.2.1 แรง F กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม θ กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ

จากรูป จะเห็นว่าแรง F ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ กล่าวคือ แรง F อยู่ในแนวเอียงแต่การเคลื่อนที่อยู่ในแนวราบ ซึ่งจะคำนวณหางานจากสูตร $W = FS$ ไม่ได้ ดังนั้น จึงต้องพิจารณาโดยการแตกแรง คือแตกแรงเป็นแรงองค์ประกอบในแนวราบ และแนวตั้ง ดังรูป



รูปที่ 1.2.2 แรงองค์ประกอบในแนวราบ และแนวตั้ง

จากรูปที่ 1.2.2 จะสังเกตว่าแรงที่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ คือ แรง $F\cos\theta$ กล่าวคือ แรง $F\cos\theta$ อยู่ในแนวราบ และวัตถุก็เคลื่อนที่ในแนวราบด้วยเช่นกัน จึงถือว่าอยู่ในแนวเดียวกันแล้ว เพราะฉะนั้นสามารถคำนวณหางานได้จากสูตร

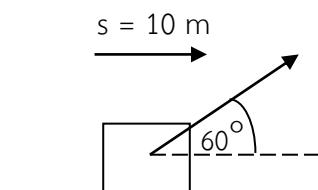
$$W = F\cos\theta s \text{ เมื่อ } \theta \text{ คือมุมที่แรงทำกับแนวราบ}$$

ตัวอย่างที่ 1.2.1

ออกแรง 40 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 60° กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้ไกล 10 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่าใด

แนวคิด วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เมื่อรู้ $F = 40 \text{ N}$, $s = 10 \text{ m}$, $\theta = 60^\circ$ ต้องการหา W



จาก $W = F\cos\theta$

$$W = 40 \times 10 \times \frac{1}{2}$$

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

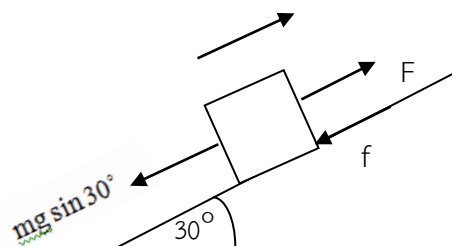
ดังนั้น งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่ากับ 200 จูล

ตัวอย่างที่ 1.2.2

มวล 10 กิโลกรัม วางบนพื้นเอียงทำมุม 30° กับแนวระดับ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียงเท่ากับ 0.2 จงหางานของแรงฉุดวัตถุในแนวขนานกับพื้นเอียงให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่ เป็นระยะทาง 10 เมตร

แนวคิด วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เมื่อรู้ $s = 10 \text{ m}$, $m = 10 \text{ kg}$, $\mu = 0.2$ ต้องการหา W ต้องการหา F ก่อน



หา F จาก $\sum F = 0$

$$F = mg \sin 30^\circ + f$$

$$F = (100 \times \frac{1}{2}) + 0.2(100 \times \frac{\sqrt{3}}{2})$$

$$F = 67.32 \text{ N}$$

หา W จาก $W = F \cos \theta$ ($\theta = 0^\circ$)

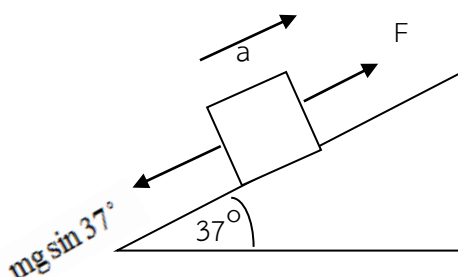
$$W = 67.32 \times 10$$

$$W = 673.20 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงจุดเท่ากับ 673.20 จูล

ตัวอย่างที่ 1.2.3

ออกแรงดึง 20 นิวตัน ในแนวระดับกับพื้นเอียง ทำมุม 37° กับแนวระดับเพื่อให้วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง จากปลายล่างของพื้นเป็นเวลา 2 วินาที ถ้าพื้นเอียงไม่มีความเสียดทาน จงหางานของแรงดึง



แนวคิด

วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เมื่อรู้ $F = 20 \text{ N}$, $m = 2 \text{ kg}$, $t = 2 \text{ s}$ ต้องการหา W ต้องหา a และ s ก่อน

หา a จาก $\sum F = ma$

$$F - mg \sin 37^\circ = ma$$

$$20 - 20(\frac{3}{5}) = 2a$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

หา s จาก $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$s = 0 + \frac{1}{2}(4)(2)^2$$

$$s = 8 \text{ m}$$

หา W จาก $W = Fscos\theta$ ($\theta = 0^\circ$)

$$W = 20 \times 8 \times 1$$

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

ดังนั้น งานของแรงดึงเท่ากับ 160 จูล

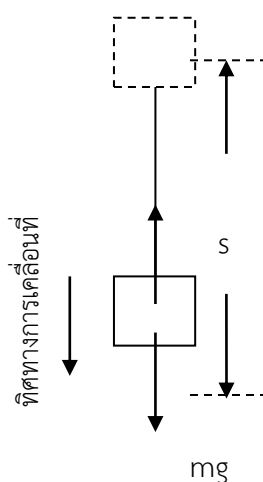
⊗ งานของแรงในแนวตั้ง

กรณีที่ออกแรงกระทำต่อวัตถุในแนวตั้ง แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรงที่กระทำ ก็สามารถคำนวณงานได้ในทำนองเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 1.2.4

หย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ลงเป็นระยะทาง s ด้วยความเร็วคงตัว งานของแรงที่เชือกดึงวัตถุเป็นเท่าใด

แนวคิด นอกจากแรงที่เชือกดึงวัตถุแล้ว ยังมีแรงที่กระทำต่อวัตถุอีกแรงหนึ่งคือ น้ำหนักของวัตถุ เมื่อออกแรงดึงเชือกให้วัตถุอยู่นิ่ง หรือหย่อนวัตถุด้วยความเร็วคงตัว จะต้องออกแรงที่มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ (กรณีที่เชือกเบา) หรือ $F = mg$ ดังรูป



รูปที่ 1.2.3 การหย่อนเชือกที่ผูกวัตถุให้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงตัว

งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกหรือน้ำหนักเท่ากับ

$$W_{mg} = F \cos \theta = mg \cos 0^\circ = mgs$$

ซึ่งมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าพิจารณางานเนื่องจากแรง F ที่เชือกดึงวัตถุ ทิศทางของแรง จะตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ ($\theta = 180^\circ$)

$$W_F = F \cos \theta = F \cos 180^\circ = Fs (-1) = -mgs$$

งานของแรงที่เชือกดึงวัตถุจึงมีค่าเป็นลบ เท่ากับ $-mgs$



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	ใบงานที่ 1.3	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง งานของแรงที่ทำมุม กับแนวการเคลื่อนที่	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

ชื่อกลุ่ม.....

- สมาชิก
1. ประธาน
 2. เลขานุการ
 3.
 4.
 5.

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามต่อไปนี้ (8 คะแนน)

1. การเข็นรถไปตามพื้นราบและการเข็นรถไปตามพื้นเอียงด้วยอัตราเร็วคงตัวในระยะทางเท่ากัน กรณีใดต้องทำงานมากกว่า เพราะเหตุใด ถ้าถือว่าแรงเสียดทานที่กระทำต่อรถทั้งสองกรณี มีขนาดเท่ากัน (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ออกแรง 124 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 30° กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้ไกล 500 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่าใด (2 คะแนน)

.....

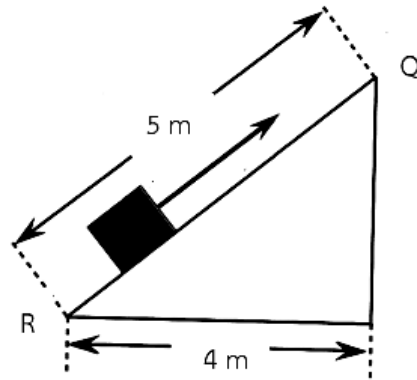
.....

.....

.....

.....

3. ชายคนหนึ่งดึงก้อนวัตถุที่มีน้ำหนัก 5 นิวตัน เคลื่อนที่บนพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่ บนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก จาก R ถึง Q ดังรูป จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนที่วัตถุ จาก R ถึง Q (2 คะแนน)



.....

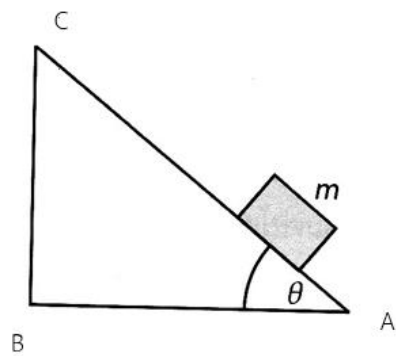
.....

.....

.....

.....

4. งานในการเคลื่อนมวล m จาก A ไป C ดังรูป มีค่าเท่าใด (2 คะแนน)



.....

.....

.....

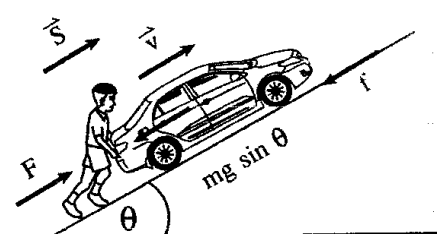
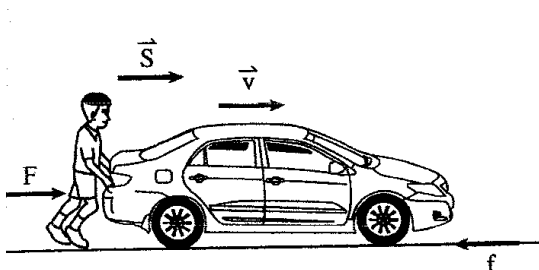
.....

.....

รายวิชาฟิสิกส์ ว 30202	แนวการตอบใบงานที่ 1.3	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง งานของแรงที่ทำมุม กับแนวการเคลื่อนที่	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

1. การเข็นรถไปตามพื้นราบและการเข็นรถไปตามพื้นเอียงด้วยอัตราเร็วคงตัวในระยะทางเท่ากัน กรณีใดต้องทำงานมากกว่า เพราะเหตุใด ถ้าถือว่าแรงเสียดทานที่กระทำต่อรถทั้งสองกรณี มีขนาดเท่ากัน

แนวคิด วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ



$$\text{จาก } \sum F = 0$$

$$\text{(พื้นราบ) : } F = f$$

$$\text{(พื้นเอียง) : } F = f + mg \sin \theta$$

$$\text{และ } W = F \cos \theta \quad (\theta = 0^\circ)$$

$$W_{\text{ราบ}} = fS$$

$$W_{\text{เอียง}} = (f + mg \sin \theta)S$$

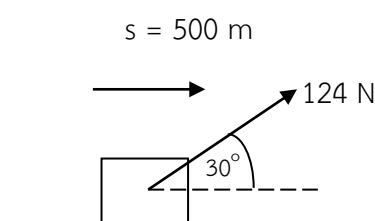
$$\text{เมื่อ } f + mg \sin \theta > f$$

$$\therefore W_{\text{เอียง}} > W_{\text{ราบ}}$$

ดังนั้น งานในการเข็นรถไปตามพื้นเอียงมากกว่างานในการเข็นรถตามพื้นราบ

2. ออกแรง 124 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 30° กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้ไกล 500 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่าใด

แนวคิด วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ



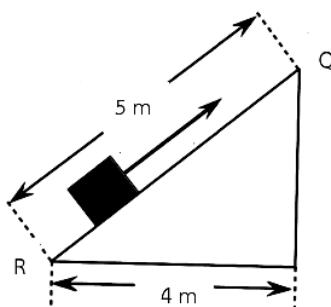
จาก $W = F \cos \theta$ ($\theta = 30^\circ$)

$$W = 124 \times 500 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$W = 5.4 \times 10^4 \text{ J}$$

ดังนั้น งานของแรงดึงเท่ากับ 5.4×10^4 จูล

3. ชายคนหนึ่งดึงก้อนวัตถุที่มีน้ำหนัก 5 นิวตัน เคลื่อนที่บนพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่ บนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก จาก R ถึง Q ดังรูป จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนที่วัตถุ จาก R ถึง Q (3 คะแนน)



แนวคิด พิจารณาแรงกระทำต่อวัตถุเพื่อหาแรงดึง (F) ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เมื่อรู้ $s = 5 \text{ m}$, ($\theta = 0^\circ$, $mg = 5 \text{ N}$, ต้องการหา W ของแรง F)

หา F จาก $\sum F = 0$

$$F = mg \sin \theta = 5 \times \frac{3}{5}$$

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

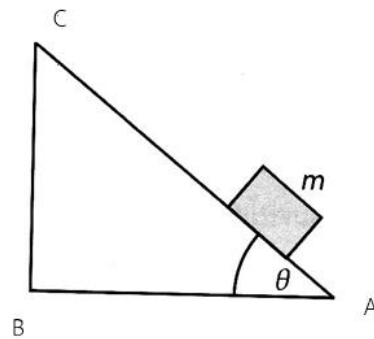
หา W จาก $W = F \cos \theta$ ($\theta = 0^\circ$)

$$W = 3 \times 5 \times 1$$

$$W = 15 \text{ J}$$

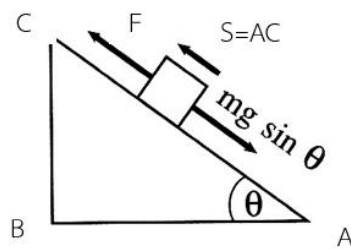
ดังนั้น งานที่ใช้ในการเคลื่อนที่วัตถุจาก R ถึง Q เท่ากับ 15 จูล

4. งานในการเคลื่อนมวล m จาก A ไป C ดังรูป มีค่าเท่าใด (3 คะแนน)



แนวคิด พิจารณาหาแรง F ที่กระทำต่อวัตถุมวล m จาก A ไป C ด้วยความเร็วคงที่ และ

$S = AC$ มุมระหว่าง F กับ S เท่ากับ 0° ต้องการหา W ของ F



หา F จาก $\sum F = 0$
 $F = mg \sin \theta$

หา W จาก $W = F \cos \theta$ ($\theta = 0^\circ$)

$$W = mg \sin \theta (AC)$$

$$W = mg \frac{(BC)}{(AC)} (AC)$$

$$W = mg(BC)$$

ดังนั้น งานในการเคลื่อนมวล m จาก A ไป C เท่ากับ $mg(BC)$



2. ปั่นจั่นเครื่องหนึ่งยกหีบสินค้ามวล 1.5×10^5 กิโลกรัม ขึ้นจากท่าเรือเพื่อวางบนดาดฟ้าเรือ ซึ่งสูงจากพื้นท่าเรือ 15 เมตร จงหางานในการยกสินค้าของปั่นจั่นในหน่วยจูล (กำหนดให้ใช้ค่า $g = 10$ เมตรต่อวินาที²) (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

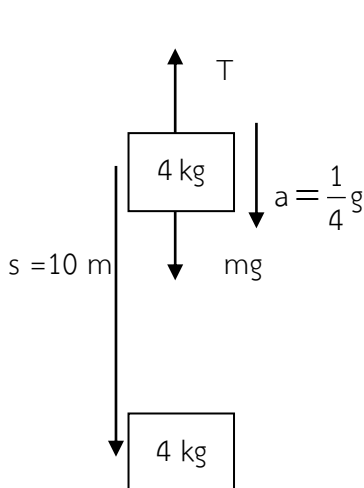


รายวิชาฟิสิกส์ ว 30202	แนวการตอบใบงานที่ 1.4	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน	เรื่อง งานของแรงในแนวตั้ง	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

1. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม แขนงอยู่ในแนวตั้งด้วยเชือกเส้นหนึ่งเหนือระดับพื้น 20 เมตร ถ้าหย่อนเชือกให้มวลต่ำลงมาเป็นระยะทาง 10 เมตร ด้วยอัตราเร่ง $\frac{1}{4}g$ จงหางานที่ทำโดยแรงดึงเชือก (กำหนดให้ใช้ค่า $g = 10$ เมตรต่อวินาที²) (2 คะแนน)

แนวคิด วาดรูปเขียนแรงที่กระทำต่อวัตถุ แล้วพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เมื่อรู้ $m = 4 \text{ kg}$, $a = \frac{1}{4}g \text{ m/s}^2$, $s = 10 \text{ m}$ ต้องการหา W ต้องหา T ก่อน



จาก $\sum F = ma$

$$mg - T = ma$$

$$40 - T = 4\left(\frac{10}{4}\right)$$

$$40 - T = 10$$

$$T = 30 \text{ N}$$

หา W จาก $W = Fs$ (แรง $F = T$ ทิศสวนทางการเคลื่อนที่)

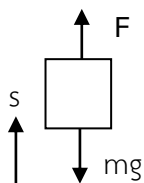
$$W = 30 \times (-10)$$

$$W = -300 \text{ J}$$

ดังนั้น งานที่ทำโดยแรงดึงเชือกเท่ากับ -300 จูล

2. ปั่นจั่นเครื่องหนึ่งยกหีบสินค้ามวล 1.5×10^5 กิโลกรัม ขึ้นจากท่าเรือเพื่อวางบนดาดฟ้าเรือ ซึ่งสูงจากพื้นท่าเรือ 15 เมตร จงหางานในการยกสินค้าของปั่นจั่นในหน่วยจูล (กำหนดให้ใช้ค่า $g = 10$ เมตรต่อวินาที²) (2 คะแนน)

แนวคิด เมื่อรู้ $m = 1.5 \times 10^5 \text{ kg}$, $s = 15 \text{ m}$ ต้องการหา W



หา W จาก $W = Fs$

$$W = mgs = 1.5 \times 10^5 \times 10 \times 15$$

$$W = 2.25 \times 10^7 \text{ J}$$

ดังนั้น งานในการยกสินค้าของปั่นจั่นเท่ากับ 2.25×10^7 จูล



รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	แบบทดสอบหลังเรียน	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2	ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณทางงานทางฟิสิกส์	ปีการศึกษา 2563
จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน (ข้อละ 1 คะแนน) เวลาในการทำข้อสอบ 10 นาที		

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ปริมาณใดของการเคลื่อนที่เกี่ยวข้อกับปริมาณงานทางฟิสิกส์
 - ก. ความเร็วและความเร่ง
 - ข. แรงและการกระจัด
 - ค. แรงและความเร็ว
 - ง. ความเร็วและระยะทาง
2. กิจกรรมใดต่อไปนี้ไม่เกิดงานในความหมายทางฟิสิกส์
 - ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ
 - ข. เดินจากชั้นล่างขึ้นไปชั้นบน
 - ค. เซ็นรถให้เคลื่อนที่
 - ง. กรรมกรเดินแบกกระสอบข้าวสารไปตามถนน
3. ข้อใดกล่าวถึงงานที่ลบได้ถูกต้อง
 - ก. งานของแรงที่ต้านวัตถุให้เคลื่อนที่
 - ข. งานของแรงที่ต้านวัตถุในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่
 - ค. งานของแรงที่ต้านวัตถุให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
 - ง. งานของแรงที่ต้านวัตถุในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่
4. นาย ก แบกวัตถุมวล 40 กิโลกรัม เดินไปตามพื้นเอียงยาว 5 เมตร สูง 4 เมตร งานที่ทำมีค่าเท่าใด
 - ก. 100 จูล
 - ข. 160 จูล
 - ค. 180 จูล
 - ง. 1,600 จูล

5. ชายคนหนึ่งยกวัตถุมวล 5 กิโลกรัม ขึ้นสูง 2 เมตร งานของแรงยกมีค่าเท่าใด
- 0 จูล
 - 100 จูล
 - 150 จูล
 - 200 จูล
6. เด็กคนหนึ่งออกแรงลากของตามแนวราบ 6 นิวตัน สม้ำเสมอเป็นระยะทาง 3 เมตร จะทำงานได้เท่าใด
- 10 จูล
 - 12 จูล
 - 18 จูล
 - 20 จูล
7. ออกแรง F ในแนวขนานกับพื้น กระทำบนวัตถุหนัก 20 นิวตัน ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เป็นระยะทาง 10 เมตร บนพื้นระดับ ซึ่งมีแรงเสียดทาน 4 นิวตัน งานของแรง F มีค่าเท่าใด
- 60 จูล
 - 50 จูล
 - 40 จูล
 - 30 จูล
8. กล่องมวล 40 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงทำมุม 37 องศา กับพื้นราบ ไปยังจุดซึ่งสูงจากพื้นราบ 3 เมตร ด้วยความเร็วคงที่ งานในการเคลื่อนกล่องมีค่าเท่าใด ถ้าแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียงเท่ากับ 2 นิวตัน (กำหนด $\sin 37$ องศา เท่ากับ $\frac{3}{5}$)
- 130 จูล
 - 1,190 จูล
 - 1,200 จูล
 - 1,210 จูล

9. นำเชือกเส้นเล็ก ๆ ผูกวัตถุมวล 5 กิโลกรัม แล้วหย่อนลงจากที่สูง 20 เมตร ด้วยความเร่งคงที่ $0.5 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$ งานของแรงตึงในเส้นเชือก เมื่อหย่อนวัตถุลงมาได้ระยะทาง 10 เมตร มีค่าเท่าใด
- ก. 345 จูล
 ข. -345 จูล
 ค. 475 จูล
 ง. -475 จูล
10. ออกแรง 40 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวราบได้ไกล 10 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีค่าเท่าใด
- ก. 200 จูล
 ข. 150 จูล
 ค. 100 จูล
 ง. 50 จูล



กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1 เรื่อง ความหมายของงานและการคำนวณทางานทางพีลลลล																																																																					
ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....																																																																					
คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับข้อที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ เวลา 10 นาที คะแนนเต็ม 10 คะแนน																																																																					
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d1ecf1;"> <th style="padding: 5px;">ข้อ</th> <th style="padding: 5px;">ก</th> <th style="padding: 5px;">ข</th> <th style="padding: 5px;">ค</th> <th style="padding: 5px;">ง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">คะแนนที่ได้</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">คะแนนเต็ม</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table>					ข้อ	ก	ข	ค	ง	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					คะแนนที่ได้					คะแนนเต็ม				10
ข้อ	ก	ข	ค	ง																																																																	
1																																																																					
2																																																																					
3																																																																					
4																																																																					
5																																																																					
6																																																																					
7																																																																					
8																																																																					
9																																																																					
10																																																																					
คะแนนที่ได้																																																																					
คะแนนเต็ม				10																																																																	
เกณฑ์การประเมิน คะแนนระหว่าง 9-10 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก คะแนนระหว่าง 7-8 อยู่ในเกณฑ์ ดี คะแนนระหว่าง 5-6 อยู่ในเกณฑ์ พอใช้ คะแนนระหว่าง 0-4 อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุงแก้ไข																																																																					

รายวิชาฟิสิกส์ ว30202	เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2	ชุดที่ 1 ความหมายของงานและ การคำนวณหางานทางฟิสิกส์	ปีการศึกษา 2563

ข้อ	เฉลย
1	ข. แรงและการกระจัด
2	ง. กรรมากรเดินแบกกระสอบข้าวสารไปตามถนน
3	ข. งานของแรงที่ดันวัตถุในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่
4	ง. 1,600 จูล
5	ข. 100 จูล
6	ค. 18 จูล
7	ค. 40 จูล
8	ค. 1,200 จูล
9	ง. -475 จูล
10	ก. 200 จูล

ทำถูกก็ขี้เอ๋ย คนเก่ง



บรรณานุกรม

- จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. (2561). Top Secret ฟิสิกส์ ม. 4-6 Pat 2. กรุงเทพฯ: พ.ศ. พัฒนา.
- เฉลิมชัย มอญสุขำ. (2551). หนังสือเสริมการเรียนรู้ ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: เดอะบุคส์.
- ธัญญา ผลอนันต์ และขวัญฤดี ผลอนันต์. (2550). แบบฝึกหัดพิชิต Mind Map. กรุงเทพฯ: มิลเลนเนียม มายด์
- นิรันดร์ สุวรรณรัตน์. (2561). คู่มือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำคुरुสภา.
- _____. (2560). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำคुरुสภา.
- สถาบันทดสอบและการศึกษาแห่งชาติ. (2557). การประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียนระดับการศึกษา ขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2562. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ
- สุชาติ สุภาพ. (2562). คู่มือเตรียมสอบฟิสิกส์ เล่ม 2 ชั้น ม.4. กรุงเทพฯ: SCIENCE PUBLISHING.
- สุโกสินทร์ ทองรัตนาศิริ และคณะ. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- สุธิชา ละเซ้น และปวีณา ธารรักษ์. (2562). แบบฝึกหัด รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.