



แผนการจัดการเรียนรู้

วิชาพลศึกษา ๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา ๒๕๖๘



ม.๕

นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

ตำแหน่ง ครู

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คำนำ

แผนจัดการเรียนรู้ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนเพราะเป็นเอกสารหลักสูตร ที่ใช้ในการบริหารงานของครูผู้สอนให้ตรงตามนโยบายในการปฏิรูปการศึกษา กำหนดไว้ในแผนหลักสูตรการศึกษา สอนองจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร ในการบริหารงานวิชาการถือว่า “แผนจัดการเรียนรู้” เป็นเอกสารทางวิชาการที่สำคัญที่สุดของครู เพราะในแผนจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. การกำหนดเวลาเรียน กำหนดการสอน กำหนดการสอบ
2. สารสำคัญของเนื้อหาวิชาที่เรียน
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. กิจกรรมการเรียนการสอน
5. สื่อและอุปกรณ์
6. การวัดผลประเมินผล

การจัดทำแผนจัดการเรียนรู้ ถือว่าเป็นการสร้างผลงานทางวิชาการ เป็นผลงานที่แสดงถึงความชำนาญในการสอนของครู เพราะครูใช้ศาสตร์ทุกสาขาอาชีพของครู เช่นการออกแบบ การสอน การจัดการ และการประเมินผล ในการจัดทำแผนจัดการเรียนรู้นั้นจะทำให้เกิดความมั่นใจในการสอนสอนได้ตรงจุดประสงค์การเรียนรู้ เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในรายวิชาที่ รับผิดชอบสูงขึ้น ทั้งยังเป็นข้อมูลในการนิเทศติดตามตรวจสอบและปรับปรุงการเรียนการสอนได้อย่างมีระบบและครบวงจร ยังผลให้คุณภาพการศึกษาโดยรวมพัฒนาพัฒนาไปอย่างมีทิศทางบรรลุเป้าหมายของหลักสูตร

นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

วิเคราะห์หลักสูตร

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้น ม.4-ม.6

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

กลศาสตร์

1. การอภิปรายปริมาณทางกายภาพซึ่งประกอบด้วยปริมาณฐานและปริมาณอนุพัทธ์ ในการบอกปริมาณ ดังกล่าวมีข้อตกลงระหว่างประเทศให้ใช้หน่วยในระบบเอสไอ
2. การทดลองและอภิปรายเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ ทางกายภาพ ซึ่งต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนในการวัด และนำความคลาดเคลื่อนจากการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล การเขียนกราฟรวมทั้งมีทักษะในการรายงานการทดลอง
3. การอภิปรายปริมาณทางกายภาพซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ วิธีการบอกปริมาณในแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยการเขียนรูปและการคำนวณ การคูณเวกเตอร์ทั้งการคูณเชิงสเกลาร์และเชิงเวกเตอร์
4. การสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งต้องคำนึงถึงกรอบอ้างอิง ความเร็วในการเคลื่อนที่จึงเป็นความเร็วสัมพัทธ์
5. การทดลองและวิเคราะห์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งคงตัว ซึ่งอธิบายด้วยสมการ อย่างง่าย
6. การทดลองและอภิปรายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันซึ่งใช้อธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยทั่วไป
7. การสืบค้นข้อมูลและอภิปรายแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุทั้งหลายในเอกภพ ซึ่งเรียกว่าแรงโน้มถ่วงโดยขนาดของแรงดึงดูดนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของมวลทั้งสองและระยะห่างระหว่างมวลคู่นั้น
8. การสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและผลของแรงที่กระทำกับวัตถุ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางของวัตถุ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางจะอยู่ที่เดียวกันในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอเท่านั้น
9. การทดลองเกี่ยวกับแรงเสียดทานซึ่งขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุ
10. การทดลองและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ซึ่งสามารถวิเคราะห์และอธิบายได้ด้วยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
11. การสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับงานซึ่งขึ้นอยู่กับแรง การกระจัดและมุมระหว่างแรงกับการกระจัดงานในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่ากำลัง งานทำให้พลังงานจลน์หรือพลังงานศักย์เปลี่ยนไป พลังงานศักย์ที่กล่าวนี้มีทั้ง พลังงานศักย์ยืดหยุ่นและพลังงานศักย์โน้มถ่วง
12. การทดลองและอภิปรายเกี่ยวกับผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของวัตถุในสนามโน้มถ่วงซึ่งมีค่าคงตัว เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล และขยายไปถึงกฎการอนุรักษ์พลังงานทั่วไป ซึ่งรวมถึงพลังงานรูปอื่น
13. การสำรวจตรวจสอบและอภิปรายโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วภายใต้แรงซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน ในการชนหรือการระเบิด ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนหรือก่อนการระเบิด จะเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนหรือหลังการระเบิด ซึ่งเป็นกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กรณีที่เป็นการชนแบบยืดหยุ่น พลังงานรวมมีค่าคงตัว ส่วนกรณีที่พลังงานรวมมีค่าไม่คงตัว เรียกว่า การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

14.การสำรวจตรวจสอบและอธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่งมีความเร่งเชิงมุมขึ้นอยู่กับทอร์ก และโมเมนต์ความเฉื่อยในกรณีไม่มีทอร์กกระทำโมเมนต์เชิงมุมจะคงตัว พลังงานจลน์ของการหมุน ขึ้นอยู่กับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร็วเชิงมุม

15.การสำรวจตรวจสอบและอธิบายเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อผลรวมของแรงลัพธ์ เป็นศูนย์และผลรวมของทอร์กเป็นศูนย์

16.การสำรวจตรวจสอบสภาพยืดหยุ่น ของแข็งทุกชนิดมีอัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียด ซึ่งเรียกว่า โมดูลัสของความยืดหยุ่น

17.การสำรวจตรวจสอบและอธิบายสมบัติทั่วไปของของไหล ได้แก่ ความหนาแน่น ความดัน ความตึงผิวความหนืดและการลอยตัว ซึ่งเกี่ยวข้องกับกฎของพาสคัลและหลักของอาร์คิมิดีส กฎของสโตกส์เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมในของไหลที่มีความหนืด

18.การสำรวจตรวจสอบและอธิบายสมการของแบร์นูลลีซึ่งเกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลที่เป็นสายกระแสและไม่คิดความหนืด เป็นการเคลื่อนที่ที่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

คำอธิบายรายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 ว 30201
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/... ภาคเรียนที่ 2
4 ชั่วโมง/สัปดาห์ 72 ชั่วโมง/ภาค 2.0 หน่วยกิต

ศึกษา วิเคราะห์ หาความสัมพันธ์อธิบายและคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแนวแรงที่กระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ งานของแรง คงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่งกำลังเฉลี่ย พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกลความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์งานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริง กับระยะที่สปริงยืดออกงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์งานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกลการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่างๆโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลหลักการ ทำงานประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกลโมเมนต์ ของวัตถุการตกลงมาจากการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงตลับกับโมเมนต์การชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่นไม่ยืดหยุ่นการติดตัวแยกจากกันเป็นหนึ่งใน มิติกฎการอนุรักษ์โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางรัศมีของการ เคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุมและมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับการ ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การสืบเสาะ หาความรู้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การอภิปรายและลงข้อสรุป โดยกระบวนการทำงานระบบกลุ่มและ การระดมสมอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิด สามารถนำเสนอองค์ความรู้ที่ค้นพบด้วยรูปแบบ และวิธีการที่เหมาะสม สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลที่ถูกต้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เห็นคุณค่าของการนำองค์ความรู้ที่ค้นพบและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์

โครงสร้างรายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 ว 30201
4 ชั่วโมง/สัปดาห์ 72 ชั่วโมง/ภาคเรียน 2.0 หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้/หน่วยย่อยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
4. สมดุลกล	4. สมดุลกล	12
	4.1 สภาพสมดุลและสมดุลต่อการเลื่อนที่	4
	4.2 สมดุลต่อการหมุน	4
	4.3 จุดศูนย์กลางมวลศูนย์กลางถ่วง เสถียรสมดุล	4
5. งานและพลังงาน	5. งานและพลังงาน	18
	5.1 งาน	2
	5.2 พลังงานจลน์	4
	5.3 พลังงานศักย์โน้มถ่วง	4
	5.4 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	4
	5.5 กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	2
	5.6 กำลัง	1
	5.7 เครื่องกล	1
6. โมเมนตัมและการชน	6. โมเมนตัมและการชน	16
	6.1 โมเมนตัม	4
	6.2 การดลและแรงดล	4
	6.3 การชนของวัตถุใน 1 มิติ	4
	6.4 การชนของวัตถุใน 2 มิติ และการประยุกต์	4
7. การเคลื่อนที่แนวโค้ง	7. การเคลื่อนที่แนวโค้ง	16
	7.1 การเคลื่อนที่แบบโรเจกไทล์	4
	7.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม	4
	7.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ	4
	7.4 การเคลื่อนที่ของดาวเทียม	4

หมายเหตุ

1. ปฐมนิเทศ และ ทำแบบทดสอบรวมก่อนเรียน	2	ชั่วโมง
2. สอบกลางภาคเรียน	4	ชั่วโมง
3. สอบปลายภาคเรียน	4	ชั่วโมง
4. หน่วยการเรียนรู้ที่ 4. สมดุลกล	12	ชั่วโมง
5. หน่วยการเรียนรู้ที่ 5. งานและพลังงาน	18	ชั่วโมง
6. หน่วยการเรียนรู้ที่ 6. โมเมนตัมและการชน	16	ชั่วโมง
7. หน่วยการเรียนรู้ที่ 7. การเคลื่อนที่แนวโค้ง	16	ชั่วโมง
รวมเวลาทั้งหมด	72	ชั่วโมง

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระ ฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	1. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ และผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง	- สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว - วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n F_i = 0$ - วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$ - เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน - การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล
	2. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน - วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ
	3. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว	งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	ขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด ตามสมการ $W = F \Delta x \cos \theta$ หรือหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่ง โดยแรงที่กระทำอาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย ดังสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$
	4. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงสปริงและพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงสปริง	- พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน - พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ - พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$ และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น คำนวณได้จากสมการ $E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$ - พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามสมการ $E = E_k + E_p$ - แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ - งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงสปริงเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป ตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$
	5. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	- ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $E_k + E_p = \text{ค่าคงตัว}$ - โดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ - กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก
	6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรู และ ล้อกับเพลลา ใช้หลักของงานและสมดุลกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ $\text{Efficiency} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$ การได้เปรียบเชิงกล คำนวณได้จากสมการ $M.A. = \frac{F_{\text{out}}}{F_{\text{in}}} = \frac{s_{\text{in}}}{s_{\text{out}}}$
	7. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	- วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ - เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ - แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่าแรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่าการดล ตามสมการ $\vec{I} = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t$ ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา
	8. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	- ในการชนกันของวัตถุและการติดตัวออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ โดย $\vec{p}_i$ เป็นโมเมนตัมของระบบก่อนชน และ $\vec{p}_f$ เป็นโมเมนตัมของระบบหลังชน - ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น
	9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกันและเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำจึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v_y = u_y + a_y t$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		$\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำจึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$
	10. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	• วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ • นอกจากนี้การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ $F_c = m\omega^2 r$ • ดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลกมีแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียมเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรค้างฟ้าในระนาบของเส้นศูนย์สูตรมีคาบการโคจรเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก หรือมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียมจึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลกตลอดเวลา

โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด
ผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2 อัตราส่วนคะแนน 70 : 30

ข้อที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	คะแนนที่ประเมิน				
		ก่อน	กลาง	หลัง	ปลาย	รวม
1	อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ และผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุ เขียนแผนภาพวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบาย	4	2	-	1	7
2	สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	4	2	-	1	7
3	วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	2	4	-	1	7
4	อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นรวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์	4	2	-	2	8
5	อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	4	6	-	1	11
6	อธิบายการทางาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	2	4	-	2	8
7	อธิบาย และคำนวณโมเมนต์ของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลารวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนต์	-	-	5	6	11
8	ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	-	-	5	6	11
9	อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	-	-	5	5	10
10	ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	-	-	5	5	10
	คุณลักษณะอันพึงประสงค์	-	-	-	-	10
รวม		20	20	20	20	30

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมดุลกล

จำนวน 14 ชั่วโมง

เรื่อง สภาพสมดุลสภาพสมดุลสมดุลการเคลื่อนที่

เวลา 6 ชั่วโมง

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

1. สาระสำคัญ

สภาพสมดุล (Equilibrium) หมายถึง สภาวะที่วัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุนั้น วัตถุหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

สมดุลสถิต (Static Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่หยุดนิ่งไม่ล้ม และไม่หมุน

สมดุลจลน์ (Dynamic Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนโดยมีความเร็วเชิงมุมคงตัว

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายสภาพสมดุลของวัตถุและวิเคราะห์สภาพสมดุลตามเงื่อนไขของสมดุล

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของสมดุลกล สมดุลสถิต สมดุลจลน์ได้ (K)
2. อธิบายความหมายของสมดุลต่อการเคลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุนได้ (K)
3. อธิบายได้ว่า เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ จำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ และเขียนเวกเตอร์แทนแรงแสดงการหาแรงลัพธ์ได้ (K)
4. ทดลองและสรุปเงื่อนไขของสามแรง ที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ (P)
5. อธิบายได้ว่า วัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่โดยมีแรงหลายแรงกระทำ ถ้าแยกแรงเหล่านั้นออกเป็นแรงองค์ประกอบในแนวแกนตั้งฉากกันสองแกน แรงลัพธ์ของแรงองค์ประกอบในแต่ละแกนมีค่าเป็นศูนย์ (K)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

สภาพสมดุล (Equilibrium) หมายถึง สภาวะที่วัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุนั้น วัตถุหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

สมดุลสถิต (Static Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่หยุดนิ่งไม่ล้ม และไม่หมุน เช่น หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ เสาไฟฟ้า อาคาร คอนโดมิเนียม

สมดุลจลน์ (Dynamic Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว เช่น ลิฟต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หรือล้อหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

โดยสมดุลจลน์ สามารถกล่าวได้สองลักษณะ คือวัตถุที่คงสภาพการเคลื่อนที่เดิม คือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จัดว่าวัตถุนั้น มีสมดุลต่อการเคลื่อนที่ (Translational Equilibrium) โดยอาศัยหลักการของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กล่าวหาว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยแรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่เดิม ดังนั้นวัตถุจะอยู่ในสมดุลต่อการเลื่อนที่มีเงื่อนไข คือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์

ถ้าให้ $\vec{F}_i$ แทนแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุ (เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, n$) ดังนั้น

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

เมื่อพิจารณาเกี่ยวข้องกับการหมุนของวัตถุ วัตถุจะไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว ต่อเมื่อทอร์กหรือโมเมนต์ของแรงที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ จัดว่าวัตถุมีสมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium) ดังนั้นเงื่อนไขของสมดุลต่อการหมุน คือผลรวมของทอร์กลัพธ์หรือโมเมนต์ลัพธ์กระทำต่อวัตถุรอบแกนหมุนใดๆ เป็นศูนย์

ถ้าให้ $\vec{\tau}_i$ แทนทอร์กต่าง ๆ หรือ $\vec{M}_i$ แทนโมเมนต์ของแรงต่าง ๆ ดังนั้น

$$\sum_{i=1}^n \vec{\tau}_i = 0 \quad \text{หรือ} \quad \sum_{i=1}^n M_i = 0$$

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทักทายกับนักเรียน โดยการทบทวนถามถึงเนื้อหาในบทที่ผ่านมาว่าเกี่ยวข้องกัับเรื่องอะไร (การเคลื่อนที่แบบหมุน)
2. ครูแจ้งนักเรียนว่าในการเรียนคาบนี้จะเป็นการเรียนเนื้อหาในบทสุดท้าย เรื่องสมดุลและสภาพสมดุล
3. ครูถามนักเรียนว่าสภาพสมดุลของวัตถุตามความเข้าใจของนักเรียนวัตถุมีลักษณะอย่างไรบ้าง และแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในสภาพสมดุลมีลักษณะอย่างไร
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายโดยอธิบายถึงควาหมายของคำว่าสภาพสมดุล ที่ประกอบไปด้วยสมดุลสถิต สมดุลจลน์ ที่สามารถแบ่งได้เป็นสมดุลการเคลื่อนที่ และสมดุลการหมุน
5. ครูให้นักเรียนอธิบายประเภทของสมดุลตามที่นักเรียนเข้าใจว่าแต่ละลักษณะของประเภทสมดุลมีลักษณะอย่างเช่น โดยที่ครูยังไม่อธิบายลักษณะแต่ละประเภทของลักษณะสมดุลของวัตถุ
6. ครูแจ้งว่าวันนี้จะมีการเล่นเกมเพื่อผ่อนคลาย เนื่องจากหลายๆคาบได้มีการเรียนในด้านทฤษฎี และคำนวณมามาก โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 5-6 คน ในการเล่นเกม โดยวันนี้จะมี 2 เกมให้เล่น

7. ครูนำเสนอว่าเกมแรกที่จะให้เล่นคือ นักเรียนทุกคนในกลุ่มจะต้องทำการแยกประเภทของประเภทของสมดุลตามภาพต่าง ๆ ให้ถูกต้อง ว่าแต่ละรูปจัดอยู่ในสมดุลประเภทใด เช่น สมดุลสถิต, สมดุลต่อการเลื่อนที่ และสมดุลต่อการหมุน โดยมีรูปลักษณะดังนี้

จงเลือกว่าภาพใดเป็นสมดุลสถิต (S) สมดุลการหมุน (R) หรือสมดุลเลื่อนที่ (T)



วิ่งด้วยความเร็วคงที่



ล้อหมุนด้วยความเร็วคงตัว



ยกน้ำหนักด้วยความเร็วคงตัว



แท่งไม้ไถลลงด้วยความเร่งคงตัว



เชือกผูกวัตถุคล้องรอกและวัตถุอยู่นิ่ง



วัตถุหมุนและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

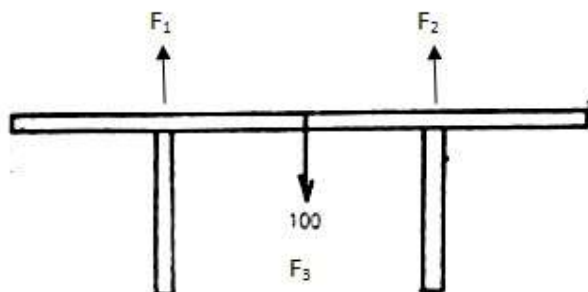
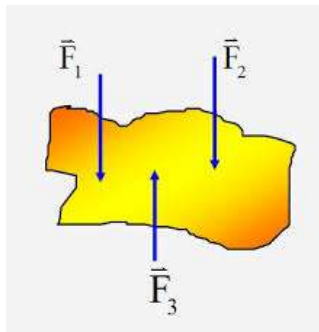


ใบพัดกำลังหมุนด้วยความเร่งคงตัว

8. ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มเริ่มทำกิจกรรมโดยใช้เวลา 10 นาทีในการหาคำตอบในกิจกรรมพร้อมทั้งร่วมกันเฉลยในคำตอบ ถ้านักเรียนกลุ่มไหนมีการเข้าใจผิดให้นักเรียนอธิบายในสิ่งที่เข้าใจในแต่ละภาพ จากนั้นครูสรุปและอธิบายในแต่ละรูป

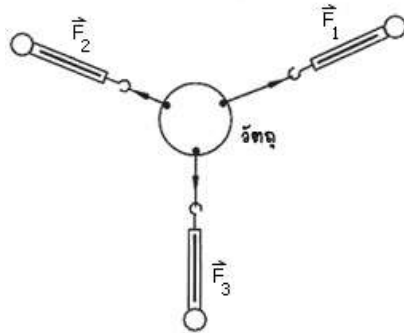
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

- ครูแจ้งนักเรียนว่าหลังจากที่นักเรียนได้เล่นกิจกรรมเสร็จแล้วประเภทของกิจกรรมแล้ว ต่อไปจะให้นักเรียนทำกิจกรรมสมดุล ที่อาจจะมีแรงกระทำ 2 แรง หรือ 3 แรง โดยครูยกตัวอย่างกรณีแรงสองแรงที่กระทำกับวัตถุแล้วอยู่ในสมดุล เช่น หนังสือ หรือ สมุดวางอยู่บนโต๊ะ
- ครูถามนักเรียนว่าถ้ากรณีถ้ามีสามแรงกระทำกับวัตถุแล้ววัตถุอยู่ในสภาพสมดุล แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางใดได้บ้าง (ครูให้นักเรียนอธิบายถึงสิ่งที่เป็นไปได้ตามความเข้าใจ และใช้รูปในการอธิบายเพิ่มเติม)



โดยแรงทั้งสามแรงจะต้องมีแรงอย่างน้อย 1 แรงที่มีทิศทางตรงข้ามกับสองแรงที่เหลือ และแรงทั้งสามจะต้องขนานกัน

3. จากนั้นครูใช้คำถามกับนักเรียนว่าถ้าวัตถุหนึ่ง ถูกแรงกระทำต่อวัตถุ 3 แรง โดยแรงทั้งสามไม่ได้ขนาดกัน วัตถุจะสามารถอยู่ในสภาพสมดุลได้หรือไม่ (ได้ แต่ครูยังไม่ให้เหตุผลกับนักเรียน แต่บอกกับนักเรียนว่าจะให้นักเรียนทำการทดลอง เพื่อสรุปว่า วัตถุสามารถอยู่ในสมดุลได้หรือไม่)
4. ครูแจ้งว่าจะให้นักเรียนทดลองโดยใช้เครื่องชั่งสปริง 3 ตัวในการดึงกระดาษแข็งระฆังไม่ให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่หรืออยู่ในสภาพสมดุล ดังรูป



5. ครูใช้คำถามว่าถ้าวัตถุอยู่ในสมดุลดังภาพ จะใช้วิธีใดหาว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์คือวัตถุไม่เคลื่อนที่ (ครูอาจทบทวนให้นักเรียนว่า สามารถใช้วิธีที่เคยเรียนมาเช่น การแตกแรง หรือการ การรวมเวกเตอร์ของแรง โดยให้นักเรียนสืบค้นวิธีใดจากใบความรู้)
6. ครูเน้นย้ำกับนักเรียนว่า ถ้านักเรียนกลุ่มใดจะใช้วิธีการบวกหรือต่อเวกเตอร์ให้นักเรียน ตระหนักถึงการใช้อนุกรมพีทาโกรัสของแรงที่กำหนดอัตราส่วนที่แน่นอน และใช้ทิศทางหรือเวกเตอร์นั้นที่แน่นอนด้วย เพื่อความคาดเคลื่อนของข้อมูล
7. ครูนำอุปกรณ์ให้กับนักเรียนและให้นักเรียนรวมกันทดลอง และหาวิธีการสรุปเพื่ออธิบายในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของสมดุลของกระดาษ
8. ครูเดินดูนักเรียนวางแผนและร่วมกันทำการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาสรุปผลสิ่งที่ทำได้และวิธีการคิดแต่ละกลุ่ม ว่ามีรูปแบบการคิดอย่างไร
2. ครูให้นักเรียนซักถามถึงข้อสงสัย กับเพื่อนที่นำเสนอว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่
3. ครูและนักเรียนร่วมกันซักถามและอธิบายในผลการทดลองบ้างกลุ่มที่มีวิธีที่แตกต่างกันออกไป

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการหาแรงลัพธ์ที่มีทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎีลาเมี และสามเหลี่ยมแทนแรง โดยการอธิบายจากใบงานและตัวอย่างในการคำนวณ
2. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่าง ลักษณะของวัตถุที่อยู่ในสภาพสมดุลที่มีแรงกระทำมากกว่าสามแรง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน เรื่อง เรื่องสภาพสมดุลและสมดุลต่อการเคลื่อนที่

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม เรื่องสภาพสมดุลและสมดุลต่อการเคลื่อนที่
2. ใบกิจกรรมที่ เรื่องสถานการณ์ปัญหา
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้ เรื่องสภาพสมดุลและสมดุลต่อการเคลื่อนที่

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบ คำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม -แบบบันทึกใบงานกิจกรรม - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	-การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

แบบบันทึกการสังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียน
สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

เรื่อง..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

กลุ่มที่	รายการประเมิน																รวม คะแนน
	ตอบคำถามได้ถูกต้อง				มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม				การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน				การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม				
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

ข้อคิดเห็น.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะเรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างน้อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างน้อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

แบบบันทึกการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่ม

เรื่องชั้น วันที่ กลุ่ม

คำชี้แจง สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

พฤติกรรม กลุ่มที่	การแสดงออกใน ความคิดเห็น				การวางแผน ร่วมกัน				ความตรงต่อ เวลา				การทำงานตามที่ ได้รับมอบหมาย				รวม คะแนน (16)
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานกลุ่ม 4 = ปฏิบัติตลอดเวลาที่ร่วมกิจกรรม ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 3 = ปฏิบัติบางครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 2 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 1 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่มเล็กน้อย	เกณฑ์การประเมิน <table border="1"> <tr> <th>ช่วง คะแนน</th><th>ผลการ ประเมิน</th></tr> <tr> <td>1 – 5</td><td>ปรับปรุง</td></tr> <tr> <td>6 – 10</td><td>พอใช้</td></tr> <tr> <td>11 – 16</td><td>ดี</td></tr> <tr> <td colspan="2">เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป</td></tr> </table>	ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน	1 – 5	ปรับปรุง	6 – 10	พอใช้	11 – 16	ดี	เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	
ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน										
1 – 5	ปรับปรุง										
6 – 10	พอใช้										
11 – 16	ดี										
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป											

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

คำชี้แจง สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน โดยให้คะแนนลงในช่องตรงกับคุณลักษณะที่
ผู้เรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรม

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมระหว่างเรียนมีการแสดงออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

ให้คะแนน 1 คะแนน ถ้าผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออก

ให้คะแนน 0 คะแนน ถ้าผู้เรียนไม่มีพฤติกรรมแสดงออก

เลขที่/ กลุ่มที่	ความซื่อ สัตย์	กระตือรือ ร้นในการ เรียน	ความ สนใจใฝ่ เรียนรู้	การมีวินัย	ความรับ รับผิดชอบ	รวม

เกณฑ์คะแนน

คะแนนรวม	5	คะแนน	ระดับดีมาก
คะแนนรวม	4	คะแนน	ระดับดี
คะแนนรวม	3	คะแนน	ระดับพอใช้
คะแนนรวม	0 – 2	คะแนน	ระดับปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน ระดับดีขึ้นไป

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

...../...../.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

สภาพสมดุลและสมดุลต่อการเคลื่อนที่

สภาพสมดุล (Equilibrium) หมายถึง สภาวะที่วัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุนั้น วัตถุหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

สมดุลสถิต (Static Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่หยุดนิ่งไม่ล้มและไม่หมุน เช่น หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ เสาไฟฟ้า อาคาร คอนโดมิเนียม

สมดุลจลน์ (Dynamic Equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนโดยมีความเร็วเชิงมุมคงตัว เช่น ลิฟต์ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หรือล้อหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

โดยสมดุลจลน์ สามารถกล่าวได้สองลักษณะ คือ วัตถุที่คงสภาพการเคลื่อนที่เดิม คือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จดว่าวัตถุนั้น มีสมดุลต่อการเคลื่อนที่ (Translational Equilibrium) โดยอาศัยหลักการของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กล่าวว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยแรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่เดิม ดังนั้นวัตถุจะอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่มีเงื่อนไข คือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์

ถ้าให้ $\vec{F}_i$ แทนแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุ (เมื่อ $i=1, 2, 3, \dots, n$) ดังนั้น

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

ดังนั้นจะสามารถแบ่งสมดุลการเคลื่อนที่ดังกรณีต่อไปนี้

กรณีมีแรงสองแรงกระทำ คือมีสองแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามกัน เพื่อที่จะทำให้วัตถุอยู่ในสภาพสมดุล



แสดงถึงแรงที่กระทำ
เมื่อหนังสือวางอยู่บนโต๊ะ

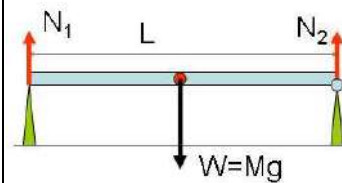
จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แรงลัพธ์ของ $\vec{W}$ หรือ mg และ $\vec{N}$ มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นแสดงว่าวัตถุอยู่ในสมดุลสถิตต่อการเคลื่อนที่ นั่นคือ

$$\vec{W} + \vec{N} = 0 \text{ หรือ } \vec{W} = -\vec{N}$$

กรณีมีแรงสามแรงกระทำ

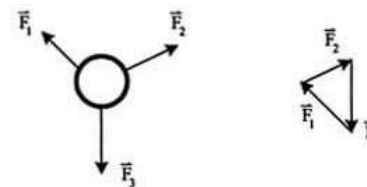
กรณีมีสามแรงกระทำ และทำให้วัตถุอยู่นิ่ง แนวแรงทั้งสามจะสามารถแบ่งได้ 2 กรณี

กรณีที่ 1 แนวแรงทั้งสามขนานกัน โดยจะต้องมีแนวแรงอย่างน้อยหนึ่งแรงที่มีทิศทางตรงข้ามกัน ดังเช่น แรงที่เสาดันแท่งปูน



จะได้ว่าถ้าวัตถุหยุดนิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจะได้ว่า
 $\vec{W} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0$ หรือ $-\vec{W} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2$

กรณีที่ 2 แนวแรงทั้งสามไม่ขนานกัน



ถ้าวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล จะได้ว่า

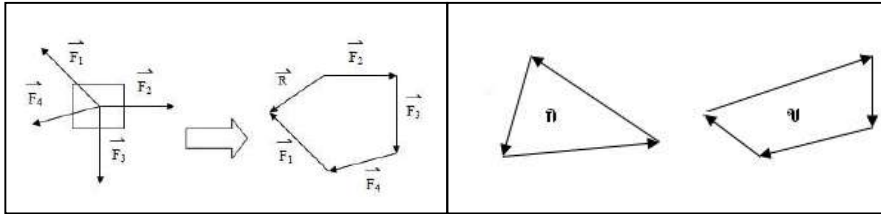
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

ถ้ามี หลายๆแรง เช่น N แรง จะได้ว่า

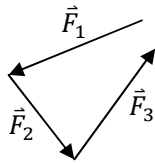
$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

!!!เครื่องหมายลบแสดงทิศทางของแรงเท่านั้น

หลักการหาแรงลัพธ์โดยวิธีรวมแรงที่ใช้ลักษณะของการบวกหรือรวมเวกเตอร์ จะได้ว่าถ้าผลรวมของเวกเตอร์เป็นรูปสามเหลี่ยมปิด หรือสี่เหลี่ยมปิด หมายถึงเวกเตอร์ลัพธ์นั้นเป็นศูนย์ ดังนั้นวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล เช่น



แต่ถ้าผลรวมของเวกเตอร์ไม่ได้เป็นรูปสามเหลี่ยมปิด หรือรูปใดๆไม่ปิด จะได้ว่าวัตถุไม่ได้อยู่ในสภาพสมดุล คือมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ



จะได้ว่า $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \neq 0$

นอกจากวิธีการหาแรงลัพธ์โดยวิธีหางต่อหัวเวกเตอร์แล้วยังสามารถหาแรงลัพธ์โดยการแยกแรงเป็นแรงตามองค์ประกอบได้ เช่นตามแนวแกน X หรือ แกน Y แล้วรวมแรงตามองค์ประกอบนั้น ถ้ากรณีที่วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ จะได้ว่าผลรวมแต่ละองค์ประกอบต้องเท่ากับศูนย์ นั่นคือ

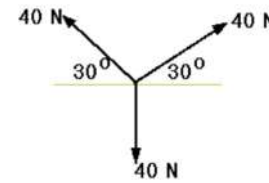
$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_{ix} = 0 \text{ และ } \sum_{i=1}^n \vec{F}_{iy} = 0$$



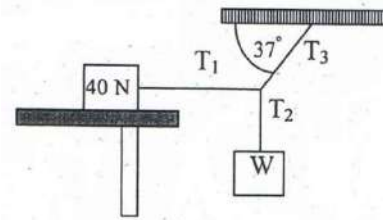
สุดท้ายก็แตกแรงนั้นอีกแะ แะ แะ !!!!

โจทย์คำนวณ

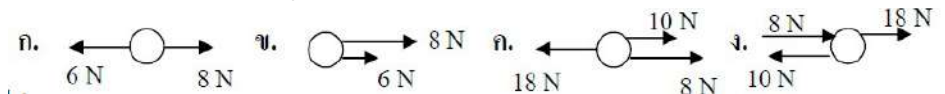
1. จงตรวจสอบว่าระบบอยู่ในภาวะสมดุลหรือไม่



2. วัตถุหนัก 40 N และ W ผูกไว้ด้วยเชือกและอยู่ในสมดุลดังรูปถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างวัตถุกับพื้นเท่ากับ 0.4 จงหา W ที่มากที่สุดที่ทำให้วัตถุทั้งสองยังคงอยู่นิ่งเช่นเดิม



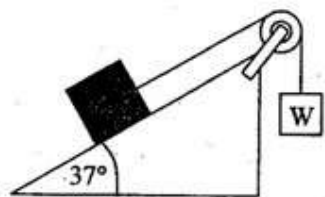
3. ระบบในข้อใดต่อไปนี้อยู่ในภาวะสมดุล



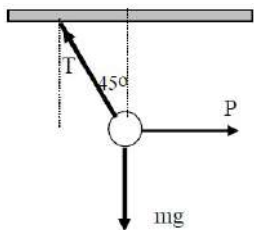
4. ออกแรงลากวัตถุที่วางนิ่งบนพื้นที่มีแรงเสียดทาน เป็นเวลา 1 นาที ข้อใดกล่าวผิด

1. วัตถุเริ่มเคลื่อนเมื่อแรงที่กระทำมากกว่าแรงเสียดทานจน
2. ถ้าแรงที่ลากมากกว่าแรงเสียดทานวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
3. หลังเวลา 1 นาที วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อยๆ
4. หลังเวลา 1 นาที วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามแนวเดิม

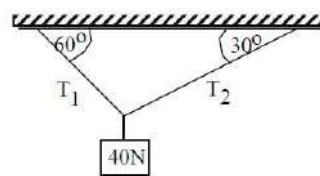
5. (มข.52) วัตถุหนัก W แขนงไว้ด้วยเชือกคล้องผ่านรอกที่ไม่มีความฝืด ปลายข้างหนึ่งของเชือกผูกวัตถุหนัก 20 นิวตันวางอยู่บนพื้นเอียง ดังรูป สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นกับวัตถุเท่ากับ 0.5 เมื่อปล่อยไว้อย่างอิสระจงคำนวณค่า W ที่น้อยที่สุดทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่



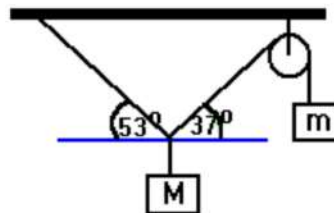
6. จากรูปมวล 2 กิโลกรัม ผูกเชือกแขวนเพดานถูกแรงผลัก P ผลักไปทางขวา มีแรงดึงเชือก (T) และ น้ำหนักกระทำดังรูป จงหาว่าขนาดของแรงดึงเชือก (T) และแรงผลัก (P)



7. จากรูป นำเชือกผูกกับก้อนน้ำหนัก 40 นิวตัน จงหาขนาดของแรงดึงในเส้นเชือก T_1 และ T_2



8. วัตถุ M และ m สมดุลกันดังรูปอัตราส่วน M/m มีค่าเท่าใด



ทฤษฎีบทของลามี

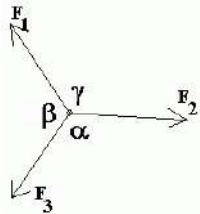
สำหรับเรื่องสมดุลกลของแรง 3 แรง เราสามารถใช้ทฤษฎีบทของบางเรื่องในวิชาคณิตศาสตร์มาช่วยเสริม เช่น

ทฤษฎีบทของลามีหรือทฤษฎีสามเหลี่ยมแทนแรง

สำหรับในตอนนี้อธิบายทฤษฎีบทของลามีก่อน...

สำหรับเรื่องนี้จะเกี่ยวข้องกับแรง 3 แรง และมุม 3 มุม ที่ทำให้วัตถุมีสมดุล

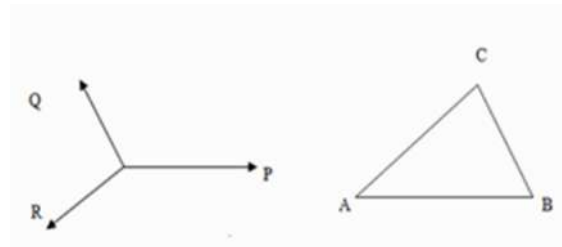
ทฤษฎีบทนี้กล่าวไว้ว่า "ถ้ามีแรง 3 แรงกระทำกับวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเกิดสมดุลและแรงทั้งสามพบกันที่จุดๆ หนึ่งแล้ว อัตราส่วนของแรงต่อ sine ของมุมที่อยู่ตรงข้ามของแรงและมุมทั้ง 3 คู่จะเท่ากัน



$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$$

ใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมแทนแรง

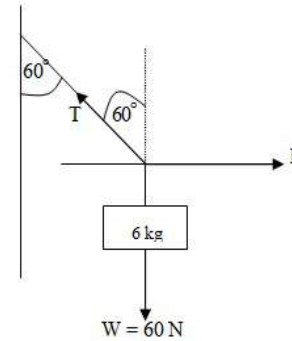
กล่าวว่า ถ้ามีแรงสามแรงมากระทำร่วมกันที่จุดๆ หนึ่ง และแรงทั้งสามแรงอยู่ในสภาวะสมดุล ขนาดและทิศทางของแรงทั้งสามสามารถแทนได้โดยด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมรูปหนึ่ง เมื่อด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยมนั้นขนานกับแนวแรงทั้งสามตามลำดับ



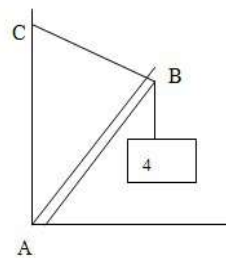
เมื่อ $AB \parallel P$, $BC \parallel Q$ และ $CA \parallel R$
จะได้ว่า

$$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{R}{CA}$$

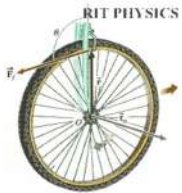
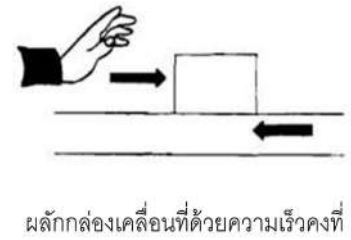
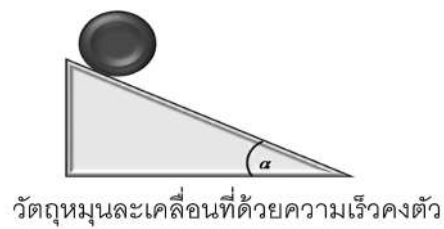
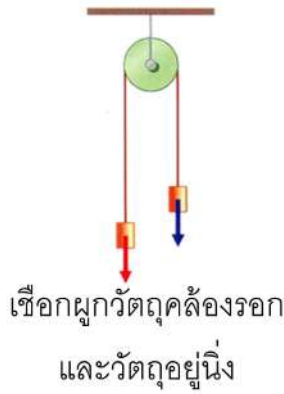
1. เชือกเส้นหนึ่งผูกวัตถุมวล 6 กิโลกรัม ปลายอีกข้างหนึ่งตรึงติดกับฝาผนัง ออกแรงดึงวัตถุไปในแนวระดับด้วยแรง P ทำให้เส้นเชือกเอียงทำมุม 60° กับฝาผนัง จงหาแรงดึงของเชือกและแรง P ที่ใช้ดึง



2. กาน AB ยาว 0.5 เมตร เสียบอยู่กับชอกกำแพงที่จุด A ที่ปลาย B มีเชือก BC ผูกติดกับกำแพงที่จุด C โดย BC ยาว 2.5 เมตร และ AC ยาว 0.5 เมตร นำก้อนน้ำหนักร 4 กิโลกรัม ผูกติดที่ปลาย B ดังรูป จงหาแรงดึงเชือก BC



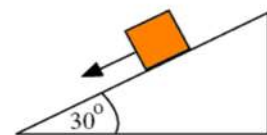
ภาพอยู่ในสมดุลลักษณะใด



ล้อหมุนด้วยความเร็วคงตัว



ใบพัดกำลังหมุนด้วยความเร่งคงตัว



แท่งไม้ไถลลงด้วยความเร่งคงตัว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

โรงเรียนสตรีศึกษา

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง สมดุลกล

เรื่อง โมเมนต์ของแรงและแรงคู่ควบ

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิษิตมาร

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 14 ชั่วโมง

เวลา 4 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

โมเมนต์ของแรง (Moment of force) หรือ ทอร์ก (Torque) วัตถุจะมีการหมุนเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวล ซึ่งจะทำให้เกิดทอร์กรอบศูนย์กลางมวล โดยค่าของทอร์กได้จากการ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ โดยสามารถหาขนาดของทอร์กหรือขนาดโมเมนต์ของแรงได้จาก $\tau = rF \sin \theta$ โดยในการหาทิศทางของโมเมนต์ของแรงหาได้จากกฎมือขวา โดยทิศทางจะตั้งฉากกับระนาบการหมุน โดยเมื่อวัตถุหมุนตามเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับระนาบการหมุน แต่ถ้าวัตถุหมุนทวนเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งเข้าตั้งฉากกับระนาบการหมุน

แรงคู่ควบ (Couple) เป็นแรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากัน แนวแรงขนานกัน แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Moment of a couple) เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบ หาขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้จาก ผลคูณของขนาดของแรงใดแรงหนึ่งกับระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายผลของแรงคู่ควบ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

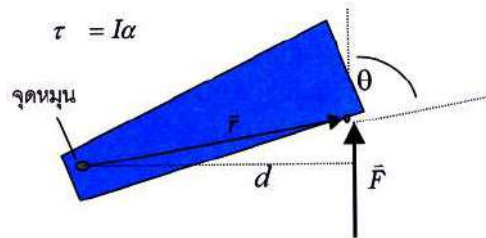
1. สรุปได้ว่า เมื่อมีโมเมนต์ของแรงหรือทอร์กกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุไม่อยู่ในสมดุลต่อการหมุนได้ (K)
2. สรุปเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุสมดุลต่อการหมุน และคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการหมุนได้ (P)
3. สรุปได้ว่าแรงคู่ควบ 1 คู่ กระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน (K)
4. หาโมเมนต์ของแรงคู่ควบ และทิศทางของการหมุนได้ (K)
5. สรุปได้ว่าเมื่อแรงคู่ควบ 1 คู่ กระทำต่อวัตถุแล้วต้องใช้แรงคู่ควบอีกอย่างน้อย 1 คู่กระทำต่อวัตถุให้เกิดโมเมนต์ตั้งฉากกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบคู่แรกโดยมีขนาดเท่ากัน ทำให้วัตถุอยู่ในสมดุลต่อการหมุน (K)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

โมเมนต์ของแรง (Moment of force) หรือ ทอร์ก (Torque) วัตถุจะมีการหมุนเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวล ซึ่งจะทำให้เกิดทอร์กรอบศูนย์กลางมวล โดยหาค่าของทอร์กได้จากสมการ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ โดยสามารถหาขนาดของทอร์กหรือขนาดโมเมนต์ของแรงได้จาก $\tau = rF \sin \theta$ โดยในการหาทิศทางของโมเมนต์ของแรงหาได้จากกฎมือขวา โดยทิศทางจะตั้งฉากกับระนาบการหมุน โดยเมื่อวัตถุหมุนตามเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับระนาบการหมุน แต่ถ้าวัตถุหมุนทวนเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งเข้าตั้งฉากกับระนาบการหมุน

เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุอิสระที่อยู่นิ่งโดยแนวแรงไม่ผ่านศูนย์กลางมวล วัตถุจะหมุนรอบศูนย์กลางมวล แต่ถ้าวัตถุถูกยึดรอบแกนหมุนซึ่งอยู่ในตำแหน่งใดๆ วัตถุจะหมุนรอบแกนหมุนนั้น ตัวอย่างเช่น ประตู หน้าต่าง พวงมาลัยรถยนต์ ฯลฯ

เราทราบแล้วว่า การหมุนของวัตถุจะขึ้นกับโมเมนต์ของแรง (moment of force) หรือ ทอร์ก (torque) เป็นไปตามสมการ



แรง F กระทำวัตถุมีแนวแรงห่างจากแกนหมุนเป็นระยะ d

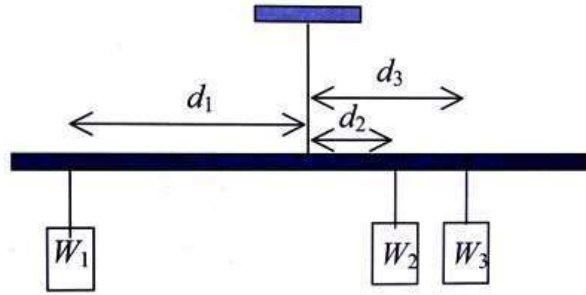
ถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุที่ ตำแหน่ง $\vec{r}$ จากจุดหมุนดังรูป $\vec{F}$ เป็นแรงกระทำต่อวัตถุ $\vec{r}$ เป็นเวกเตอร์จากจุดหมุนไปถึงจุดที่แรง $\vec{F}$ กระทำโดยนิยามทอร์ก ดังในบทที่ผ่านมาแล้ว ขนาดของทอร์กหรือขนาดของโมเมนต์ M ของแรง $\vec{F}$ จะเท่ากับ $M = Fr \sin \theta = Fd$

$d = r \sin \theta$ จะเป็นระยะตั้งฉากจากจุดหมุนไปถึงแนวของแรง $\vec{F}$ ดังนั้น ทอร์กมีค่าเท่ากับ ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางจากแกนหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง โมเมนต์ของแรงจะมีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

โมเมนต์ของแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศ แต่จะง่ายกว่าและสะดวกกว่าที่จะคิดเฉพาะขนาดของโมเมนต์ประกอบกับทิศที่มีเฉพาะทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาเมื่อปัญหาเกี่ยวกับแรงที่อยู่ในระนาบๆ หนึ่ง เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต คือไม่หมุน โมเมนต์รวมต้องเป็นศูนย์ หลักได้ว่า

โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

น้ำหนัก W_1 , W_2 และ W_3 แขนงกับไม้เมตรและไม้เมตรอยู่ในสมดุลได้ คืออยู่นิ่งในแนวระดับได้ (ไม่คือน้ำหนักของไม้เมตร)



น้ำหนัก W_1 , W_2 และ W_3 แขนงกับไม้เมตรซึ่งอยู่ในระดับ

จะเกิดโมเมนต์ของแรงทั้งสามกระทำต่อไม้เมตร จากโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาจะได้ $W_1d_1 = W_2d_2 + W_3d_3$ หรือผลรวมของโมเมนต์เป็นศูนย์คือ

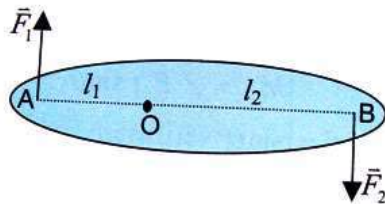
$$W_1d_1 - W_2d_2 - W_3d_3 = 0$$

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

แรงคู่ควบ คือ แรง 2 แรง ซึ่งมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

- 1) มีค่าเท่ากัน
- 2) มีทิศตรงกันข้าม
- 3) อยู่ในแนวที่ขนานกัน

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ = ขนาดของแรงหนึ่งแรงใด x ระยะห่างของแรงทั้งสอง
โดยมีลักษณะดังนี้



แรงคู่ควบ $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ กระทำกับวัตถุ AB โดยแนวแรงทั้งสองตั้งฉากกับ AB

พิจารณาจากรูป จะได้ว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ รอบแกนหมุน O เป็นโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา จะหาผลของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ได้เป็น

$$\vec{F}_1 l_1 + \vec{F}_2 l_2 = \vec{F} l_1 + \vec{F} l_2 = \vec{F}(l_1 + l_2) = \vec{F} l$$

$$\vec{M}_c = \vec{F} l$$

เมื่อ l เป็นระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

โปรดสังเกตว่า ในการหาโมเมนต์รอบแกนหมุนอื่น เช่น A หรือ B ดังแสดงในรูป ผลรวมของโมเมนต์จะมีค่าเท่าเดิม คือ เท่ากับ $F l$ และหมุนตามเข็มนาฬิกา ถึงแม้ว่าจะพิจารณาหาผลรวมของโมเมนต์ของแรงรอบแกนหมุนใดๆ ก็ตามค่าที่ได้จะคงเดิม แลละหมุนตามเข็มนาฬิกาเช่นเดิม

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทักทายกับนักเรียน โดยการทบทวนถามถึงเนื้อหาที่ได้เรียนมาเกี่ยวกับสมมูล ว่าลักษณะของสมมูลมีลักษณะอะไรบ้างโดยให้นักเรียนเป็นคนตอบ (สมมูลสถิต, สมมูลจลน์ โดยสามารถแยกได้เป็นสมมูลการเลื่อนที่ หรือสมมูลการหมุน)
2. ครูนำภาพเหตุการณ์มาให้ให้นักเรียนตอบคำถามโดยมีภาพดังต่อไปนี้
ครูถามนักเรียนว่ารู้จักไม่ลักษณะแบบนี้หรือไม่ (ไม้ทาบแร่ หรือไม้ค้ำ)



ครูถามนักเรียนว่า ลักษณะการทาบแบบนี้อยู่ในสภาพสมมูลหรือไม่ถ้าเป็นจัดเป็นสมมูลลักษณะใด (ครูยังไม่เฉลยคำตอบ)

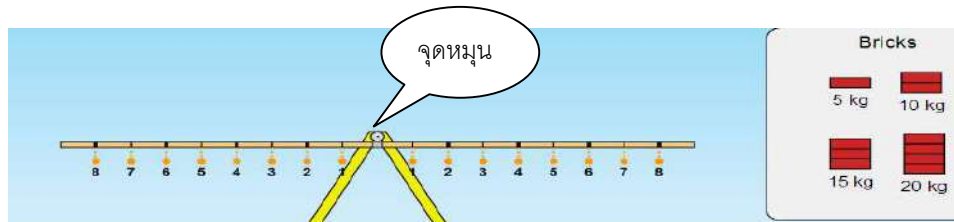


ครูถามนักเรียนว่า ถ้าต้องการจะทาบให้ได้ลักษณะนี้ควรที่จะมีการกำหนดลักษณะของการทาบหรือวัตถุที่ทาบอย่างไรบ้าง จึงจะให้ค้ำไม่อยู่ในสมมูลหรือแนวระดับ (ครูให้นักเรียนร่วมกันอธิบายตามความเข้าใจ)

3. ครูแจ้งกับนักเรียนว่า วันนี้เราจะมาเรียนรู้ทฤษฎีของค้ำหรือการทาบ โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อทำกิจกรรม ว่ากลุ่มไหนจะมีประสบการณ์เกี่ยวกับค้ำมากกว่ากัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูแจ้งกับนักเรียนว่าจะมีสถานการณ์การทาบค้ำมาให้ให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าเพราะอะไรสถานการณ์ดังกล่าวถึงเป็นจริงได้ เพราะอะไร และจะให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. โดยในเกมนี้ครูจะให้สถานการณ์มาให้ให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ของสมการของแรงที่กระทำต่อวัตถุว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรจึงทำให้วัตถุอยู่ในสภาวะสมมูล โดยมีลักษณะดังนี้
3. ให้นักเรียนศึกษาจากสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของสมการในการนำไปใช้ในการประยุกต์หาคำตอบ



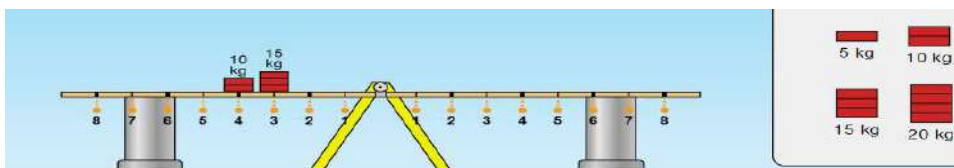
สถานการณ์ที่ 1 วางมวล 15 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 1 ทางด้านซ้าย และวางมวล 5 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

สถานการณ์ที่ 2 วางมวล 20 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ทางด้านซ้าย และวางมวล 15 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 4 ห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

สถานการณ์ที่ 3 วางมวล 10 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 7 ทางด้านซ้าย และวางมวล 10 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 4 และ 5 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 6 โดยมวลทั้งสองห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

ปัญหาในการตอบคำถาม

ถ้านำมวลขนาด 10 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่งหมายเลข 4 และ มวลขนาด 15 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ทางด้านซ้ายของจุดหมุน นักเรียนคิดว่า ถ้านำมวล ขนาด 5 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัม มาวางไว้ทางด้านขวาจากจุดหมุน ควรที่จะวางที่ตำแหน่งใด โดยใช้หลักการอะไรในการพิจารณาตำแหน่งวาง เพื่อให้คานอยู่ในสมดุลในแนวระดับ

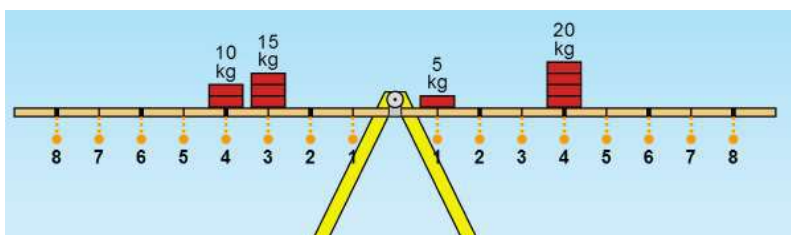


4. ครูให้นักเรียนร่วมกันปรึกษาเพื่อหาวิธีหาคำตอบของสถานการณ์จะสามารถหาคำตอบได้อย่างไร
5. ครูเดินดูนักเรียนในการระดมการคิดว่าสามารถคิดได้ในลักษณะใด

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

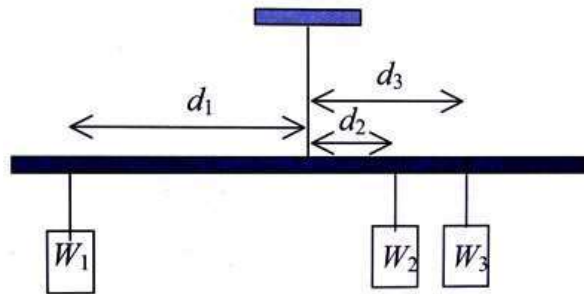
1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาสรุปผลสิ่งที่ทำได้ในสถานการณ์และวิธีการคิดแต่ละกลุ่ม ว่ามีรูปแบบการคิดอย่างไร
2. ครูเปิด Simulation เผลยนักเรียนในผลของการศึกษาว่าถูกต้องหรือไม่อย่างไร

ผลของ
การศึกษา



ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูอธิบายหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในความหมายในเรื่องนี้ โดยใช้คำถามชวนคิดว่า ในการพิจารณามวลและตำแหน่งที่วางเพื่อให้เกิดสมดุล หรือเทียบได้กับ แรงโน้มถ่วงของมวล แต่ละตำแหน่งคูณด้วยระยะห่างจากจุดหมุน นักเรียนคิดว่าปริมาณดังกล่าวเทียบได้กับปริมาณใดที่เคยเรียนมาในบทที่แล้วในเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน (ทอร์ก) และอธิบายว่า ในบทนี้ จะเรียกปริมาณทอร์กนี้ว่า โมเมนต์ของแรงนั่นเอง
2. ครูอธิบายว่า ทอร์กที่กำลังศึกษาเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าโมเมนต์ของแรง โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้



$$W_1 d_1 - W_2 d_2 - W_3 d_3 = 0 \text{ หรือ}$$

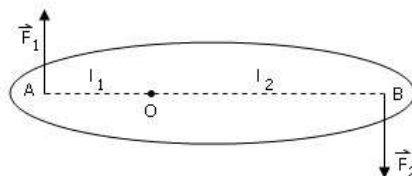
$$\sum_{i=1}^n \vec{r}_i = 0 \text{ หรือ } \sum_{i=1}^n M_i = 0$$

โดยที่แรงหรือโมเมนต์ทางด้านซ้าย และกับทางด้านขวา แต่ทิศทางตรงเดียวกัน วัตถุจะอยู่ในสภาพสมดุล หรือเรียกว่า

$$\Sigma \text{โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา} = \Sigma \text{โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา}$$

$$\Sigma M_{\text{ทวน}} = \Sigma M_{\text{ตาม}}$$

3. ครูถามนักเรียนว่า ในกรณีดังกล่าวแรงกระทำในทิศทางเดียวกัน จากจุดศูนย์กลางมวล ครูถามนักเรียนว่า ถ้ามีแรงคู่หนึ่งที่มีขนาดเท่ากัน กระทำที่ปลายทั้งสองข้าง ในทิศทางตรงข้ามกัน วัตถุจะมีลักษณะอย่างไร(วัตถุจะหมุนด้วยความเร็วคงตัว)



4. ครูอธิบายถึงเหตุการณ์ดังกล่าวว่า แรงสองที่ที่กระทำต่อวัตถุ เราจะเรียกว่า แรงคู่ควบ และวัตถุที่หมุนนี้เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบ

5. ครูอธิบายลักษณะอื่นเพื่อเติมกับนักเรียนตามใบความรู้
6. ครูถามนักเรียนว่าถ้าต้องการที่จะทำให้วัตถุที่หมุนนี้หยุดอยู่ในสภาพสมดุลสถิต จะต้องออกแรงอย่างน้อยกี่แรงและขนาดเท่าไร และทิศทางใดเพื่อให้วัตถุหยุดนิ่ง (อย่างน้อยสองและ ที่มีขนาดเท่ากันกับแรงคู่ควบแรก และมีทิศทางตรงข้ามกับแรงคู่ควบแรก

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน เรื่อง เรื่องสมดุลต่อการหมุน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ เรื่องสถานการณ์ปัญหา
2. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
4. ใบความรู้ เรื่องสภาพสมดุลและโมเมนต์

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม -แบบบันทึกใบงานกิจกรรม - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	-การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

แบบบันทึกการสังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียน
สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

เรื่อง..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

กลุ่มที่	รายการประเมิน																รวม คะแนน
	ตอบคำถามได้ถูกต้อง				มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม				การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน				การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม				
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

ข้อคิดเห็น.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะเรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

แบบบันทึกการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่ม

เรื่องชั้น วันที่ กลุ่ม

คำชี้แจง สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

พฤติกรรม กลุ่มที่	การแสดงออกใน ความคิดเห็น				การวางแผน ร่วมกัน				ความตรงต่อ เวลา				การทำงานตามที่ ได้รับมอบหมาย				รวม คะแนน (16)
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

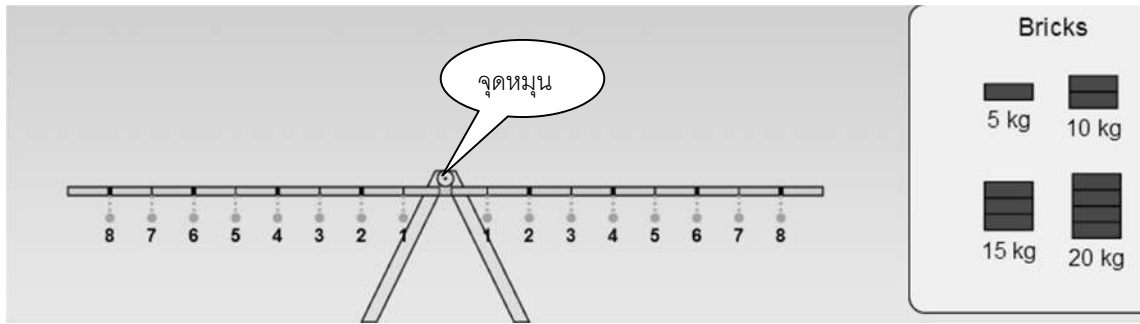
เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานกลุ่ม 4 = ปฏิบัติตลอดเวลาที่ร่วมกิจกรรม ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 3 = ปฏิบัติบางครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 2 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 1 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่มเล็กน้อย	เกณฑ์การประเมิน <table> <tr> <th>ช่วง คะแนน</th><th>ผลการ ประเมิน</th></tr> <tr> <td>1 – 5</td><td>ปรับปรุง</td></tr> <tr> <td>6 – 10</td><td>พอใช้</td></tr> <tr> <td>11 – 16</td><td>ดี</td></tr> <tr> <td colspan="2"> เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป </td></tr> </table>	ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน	1 – 5	ปรับปรุง	6 – 10	พอใช้	11 – 16	ดี	เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	
ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน										
1 – 5	ปรับปรุง										
6 – 10	พอใช้										
11 – 16	ดี										
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป											

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

...../...../.....

ใบกิจกรรมทำให้สมดุล

ให้นักเรียนศึกษาจากสถานการณ์ปัญหาต่อไปนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของสมการในการนำไปใช้ในการประยุกต์หาคำตอบ



สถานการณ์ที่ 1 วางมวล 15 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 1 ทางด้านซ้าย และวางมวล 5 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

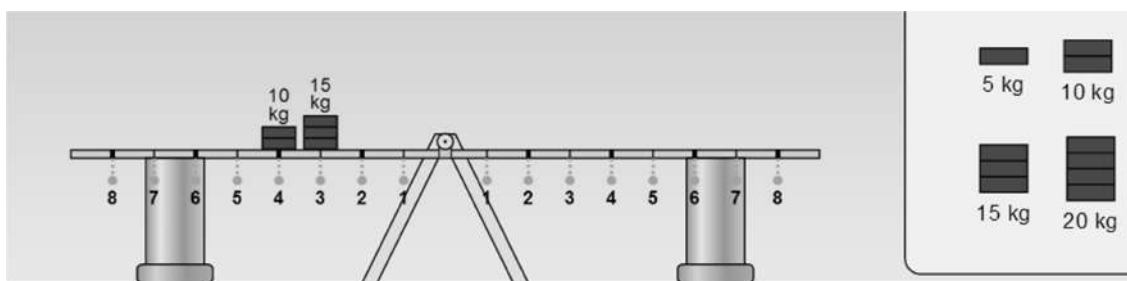
สถานการณ์ที่ 2 วางมวล 20 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ทางด้านซ้าย และวางมวล 15 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 4 ห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

สถานการณ์ที่ 3 วางมวล 10 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 7 ทางด้านซ้าย และวางมวล 10 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 4 และ 5 กิโลกรัม ที่ตำแหน่งหมายเลข 6 โดยมวลทั้งสองห่างจากจุดหมุนทางด้านขวา พบว่าคานหมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลไม่ขยับ

ปัญหา

ถ้านำมวลขนาด 10 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่งหมายเลข 4 และ มวลขนาด 15 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่งหมายเลข 3 ทางด้านซ้ายของจุดหมุน นักเรียนคิดว่า ถ้านำมวล ขนาด 5 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัม มาวางไว้ทางด้านขวาจากจุดหมุน ควรที่จะวางที่ตำแหน่ง

ใด โดยใช้หลักการอะไรในการพิจารณาดำเน่งวาง เพื่อให้คานอยู่ในสมดุลในแนวระดับ



สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น

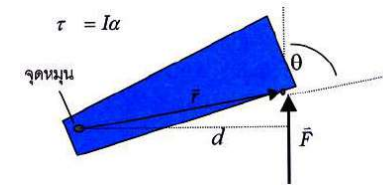
ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

สมดุลต่อการหมุน

เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่งเพียงอย่างเดียว แรงนั้นต้องผ่านจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) ซึ่งเสมือนเป็นที่รวมของมวลวัตถุทั้งก้อน และในกรณีที่มีวัตถุหลาย ๆ ก้อนมายึดติดกันเป็นรูปทรงต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่าระบบ และในแต่ละระบบก็มีจุดศูนย์กลางมวลเช่นกัน แต่ถ้ามีแรงมากระทำต่อวัตถุโดยไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลวัตถุจะเคลื่อนที่แบบหมุน และถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม คงตัว ถือว่าวัตถุอยู่ในสมดุลการหมุน

โมเมนต์ของแรง (Moment of force) หรือ ทอร์ก (Torque) วัตถุจะมีการหมุนเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวล ซึ่งจะทำให้เกิดทอร์กรอบศูนย์กลางมวล โดยหาค่าของทอร์กได้จากสมการ $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ โดยสามารถหาขนาดของทอร์กหรือขนาดโมเมนต์ของแรงได้จาก $\tau = rF \sin \theta$ โดยในการหาทิศทางของโมเมนต์ของแรงหาได้จากกฎมือขวา โดยทิศทางจะตั้งฉากกับระนาบการหมุน โดยเมื่อวัตถุหมุนตามเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับระนาบการหมุน แต่ถ้าวัตถุหมุนทวนเข็มนาฬิกาทอร์กจะมีทิศพุ่งเข้าตั้งฉากกับระนาบการหมุน

เราทราบแล้วว่า การหมุนของวัตถุจะขึ้นกับโมเมนต์ของแรง (moment of force) หรือ ทอร์ก (torque) เป็นไปตามสมการ



แรง F กระทำวัตถุมีแนวแรงห่างจากแกนหมุนเป็นระยะ d

ถ้ามีแรงกระทำกับวัตถุที่ ตำแหน่ง $\vec{r}$ จากจุดหมุนดังรูป

$\vec{F}$ เป็นแรงกระทำต่อวัตถุ

$\vec{r}$ เป็นเวกเตอร์จากจุดหมุนไปถึงจุดที่แรง $\vec{F}$ กระทำ

โดยนิยามทอร์ก ดังในบทที่ผ่านมาแล้ว ขนาดของทอร์กหรือขนาดของโมเมนต์

M ของแรง $\vec{F}$ จะเท่ากับ $M = Fr \sin \theta = Fd$

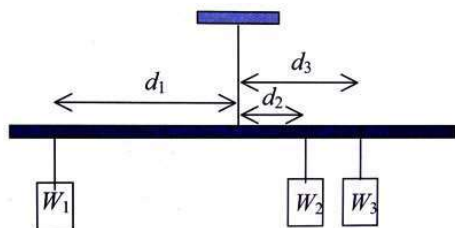
$d = r \sin \theta$ จะเป็นระยะตั้งฉากจากจุดหมุนไปถึงแนวของแรง $\vec{F}$

ดังนั้น ทอร์กมีค่าเท่ากับ ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางจากแกนหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง โมเมนต์ของแรงจะมีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

โมเมนต์ของแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศ แต่จะง่ายกว่าและสะดวกกว่าที่จะคิดเฉพาะขนาดของโมเมนต์ประกอบกับทิศที่มีเฉพาะทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาเมื่อปัญหาเกี่ยวกับแรงที่อยู่ในระนาบๆ หนึ่ง เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต คือไม่หมุน โมเมนต์รวมต้องเป็นศูนย์ หรืออาจถือเป็นหลักได้ว่า

$$\begin{aligned} \Sigma \text{โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา} &= \Sigma \text{โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา} \\ \Sigma M_{\text{ทวน}} &= \Sigma M_{\text{ตาม}} \end{aligned}$$

น้ำหนัก W_1 , W_2 และ W_3 แขวนกับไม้เมตรและไม้เมตรอยู่ในสมดุลได้คืออยู่นิ่งในแนวระดับได้ ดังรูป (ไม่คือน้ำหนักของไม้เมตร) ดังรูปสามารถพิจารณาได้ดังนี้



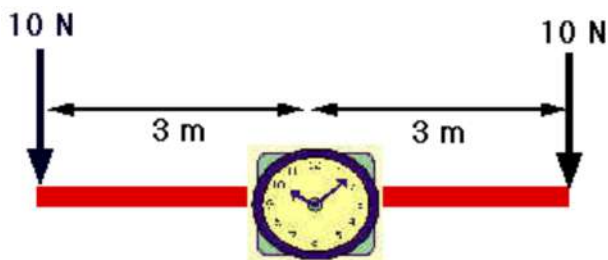
น้ำหนัก W_1 , W_2 และ W_3 แขวนกับไม้เมตรซึ่งอยู่นิ่งในระดับ

จะเกิดโมเมนต์ของแรงทั้งสามกระทำต่อไม้เมตร

จากโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาจะได้

$$W_1 d_1 = W_2 d_2 + W_3 d_3$$

$$W_2 d_2 + W_3 d_3 - W_1 d_1 = 0$$



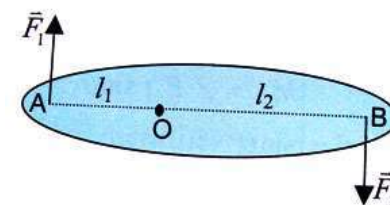
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

แรงคู่ควบ คือ แรง 2 แรง ซึ่งมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

- 1) มีค่าเท่ากัน
- 2) มีทิศตรงกันข้าม
- 3) อยู่ในแนวที่ขนานกัน

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ = ขนาดของแรงหนึ่งแรงใด x ระยะห่างของแรงทั้งสอง

โดยมีลักษณะดังนี้



แรงคู่ควบ $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ กระทำกับวัตถุ AB โดยแนวแรงทั้งสองตั้งฉากกับ AB

พิจารณาจากรูป จะได้ว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบ $\vec{F}_1$ และ $\vec{F}_2$ รอบแกนหมุน O เป็นโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา จะหาผลของโมเมนต์ของแรงคู่ควบ $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ได้เป็น

$$\vec{F}_1 l_1 + \vec{F}_2 l_2 = \vec{F} l_1 + \vec{F} l_2 = \vec{F} (l_1 + l_2) = \vec{F} l$$

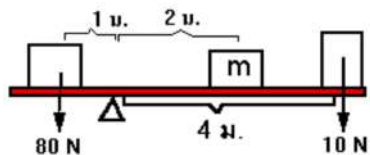
$$\vec{M}_c = \vec{F} l$$

เมื่อ l เป็นระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

โปรดสังเกตว่า ในการหาโมเมนต์รอบแกนหมุนอื่น เช่น A หรือ B ดังแสดงในรูป ผลรวมของโมเมนต์จะมีค่าเท่าเดิม คือ เท่ากับ $F l$ และหมุนตามเข็มนาฬิกา ถึงแม้ว่าจะพิจารณาหาผลรวมของโมเมนต์ของแรงรอบแกนหมุนใดๆ ก็ตามค่าที่ได้จะคงเดิม แหะหมุนตามเข็มนาฬิกาเช่นเดิม

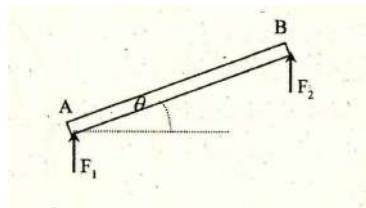
โจทย์คำนวณ

1. ตามรูปเป็นคานเบาอันหนึ่ง ถามว่า m ควรมีค่ากี่กิโลกรัม จึงจะทำให้คานอยู่ในภาวะสมดุล

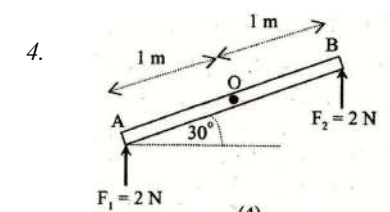
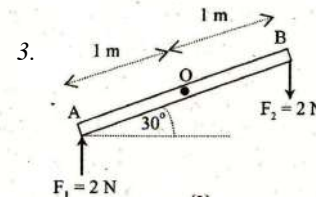
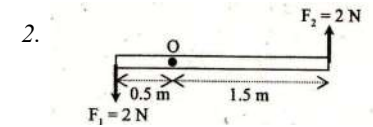
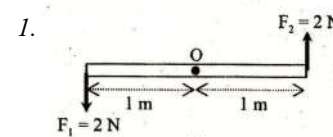


2. ชาย 2 คน ช่วยกันแบกคานสม่ำเสมอ AB หนัก 400 N ยาว 5 m ชายคนที่หนึ่งแบกที่ปลายด้าน A ชายคนที่สองแบกที่ปลายด้าน B และคานเอียง $\theta = 30^\circ$ ข้อความใดถูกต้อง (มข.56)

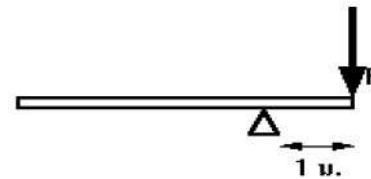
1. จะต้องออกแรง $F_1 = \frac{1}{2}F_2$
2. จะต้องออกแรง $F_1 = F_2$
3. จะต้องออกแรง $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}F_2$
4. จะต้องออกแรง $F_1 = 2F_2$



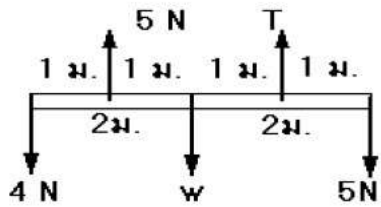
3. วัตถุแข็งเกร็งข้อใดที่อยู่ในสภาพสมดุล (มีจุด O เป็นจุดหมุน) (มข.56)



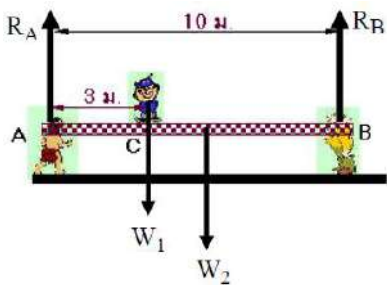
4. คานอันหนึ่งยาว 6 เมตร หนัก 8 นิวตัน มีจุดหมุนอยู่ห่างจากปลายข้างหนึ่ง 1 เมตร ตามรูป ต้องใช้แรง F เท่าใด จึงจะทำให้คานนี้อยู่ในสภาพสมดุล



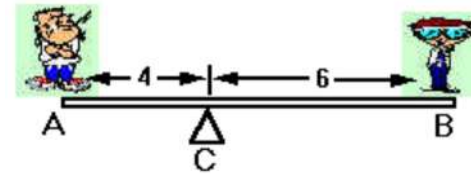
5. จากรูปให้หา T และ W ว่าเป็นแรงที่มีขนาดเท่าใด (ไปกำหนดจุดหมุนก่อนเช่น ให้จุด T หรือ W เป็นหมุน)



6. ตามรูป นาย A และนาย B แบกกระดานสว่าเสมอยาว 10 เมตร มีมวล 20 กิโลกรัม ในแนวระดับเด็กคนหนึ่งยืนบนกระดานที่จุด C มีมวล 5 กิโลกรัม นาย A และ นาย B จะต้องออกแรงคนละกี่นิวตัน (ไปกำหนดจุดหมุนก่อนเช่น ให้จุด A หรือ B เป็นหมุน)



7. นาย A และนาย B ยืนอยู่ปลายกระดาน ถ้ามวลของกระดาน 5 กิโลกรัม จุดหมุนอยู่ที่ C ถ้านาย A มีมวล 60 กิโลกรัม นาย B จะมีมวลกี่กิโลกรัม



8. (มข 28) แรง 2 แรง ขนานกันแต่มีทิศตรงกันข้ามขนาด 50 นิวตัน เท่ากัน แนวแรงทั้งสองห่างกัน 10 เซนติเมตร โมเมนต์ของแรงคู่นี้รอบจุดใด ๆ ที่อยู่ระหว่างแนวแรงทั้งคู่จะเป็นเท่าใด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง สมดุลสถิตและสภาพยืดหยุ่น

จำนวน 14 ชั่วโมง

เรื่อง จุดศูนย์กลางมวลศูนย์กลางเสถียรสมดุล

เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

1. สาระสำคัญ

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) “C.M.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงถ้าวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวลกระทำหลายๆแนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้น จะตัดกันที่ตำแหน่งๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล

จุดศูนย์กลาง (Center of gravity) “C.G.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุหาได้โดยการแขวนวัตถุนั้นในแนวลักษณะต่างๆกันในแนวดิ่ง โดยแนวของน้ำหนักของวัตถุจะตัดกันที่จุดๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลาง
เสถียรภาพของวัตถุ คือ ความสามารถในการทรงตัวอยู่ได้ของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง
ลักษณะ สมดุลของวัตถุ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ สมดุลแบบเสถียร (Stable Equilibrium) สมดุลแบบไม่เสถียร (Unstable Equilibrium) และ สมดุลแบบสะเทิน (Neutral Equilibrium)

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีความเกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางของวัตถุ

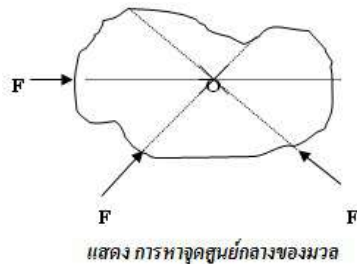
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและวิธีหาตำแหน่งของศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางของวัตถุได้ (K)
2. อธิบายความหมายของสมดุลเสถียรและไม่เสถียร และสมดุลสะเทินได้ (K)
3. นำหลักการของสมดุลไปอธิบายการทำงานได้ (K)
4. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

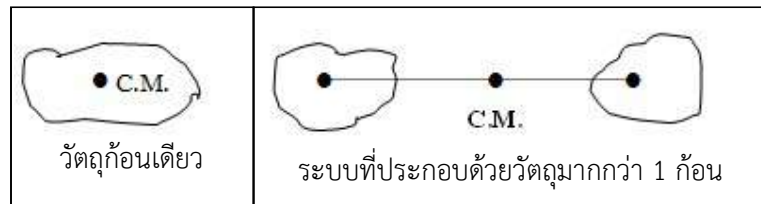
ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) “C.M.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงถ้าวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล กระทำหลายๆแนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้น จะตัดกันที่ตำแหน่งๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล “C.M.”



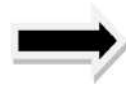
จากรูป จุด O เป็นจุดที่แนวแรง F กระทำผ่านแล้ว วัตถุไม่หมุนโดยวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง F ด้วยความเร่ง a ดังนั้น จุด O จึงเป็นจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) แต่ถ้าแรงไม่ได้กระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่

Note!!!!!! จุดศูนย์กลางมวล (C.M.) ไม่จำเป็นต้องเป็นของวัตถุก้อนเดียว อาจเป็นของระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายๆก้อนก็ได้



สมการหาจุด C.M.

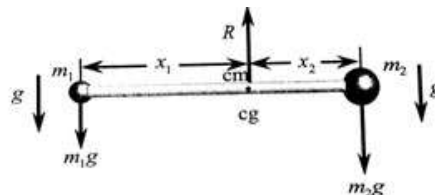
$$X_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$



$$x_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

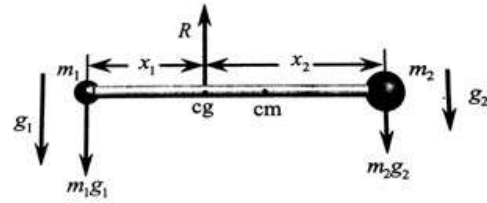
จุดศูนย์กลาง (Center of gravity) “C.G.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักของวัตถุ ทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุหาได้โดยการแขวนวัตถุนั้นใน แนวลักษณะต่างๆกันในแนวตั้ง โดยแนวของน้ำหนักของวัตถุจะตัดกันที่จุดๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลาง “C.G.”

ในสภาวะค่าสนามโน้มถ่วง มีค่าสม่ำเสมอ จะได้ว่า จุดศูนย์กลางมวล อยู่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์กลาง



***หมายเหตุ** ที่บนผิวโลกบริเวณที่มีค่า g สม่ำเสมอ ตำแหน่งของจุด C.M. และจุด C.G. จะอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดียวกัน แต่ถ้าเป็นบนดวงดาวหรือบริเวณใดก็ตามที่มีค่า g ไม่สม่ำเสมอจุด C.G. จะเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ จุด C.M. จะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดิมเสมอ

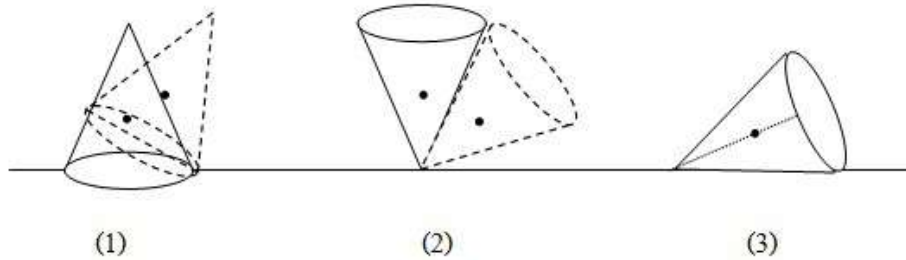
แรงโน้มถ่วง g_1 มากกว่า g_2 จึงทำให้ จุดศูนย์กลางขยับออกจากเดิม เพื่อให้ สมการโมเมนต์เป็นจริง
--



$$m_1 g_1 x_1 = m_2 g_2 x_2$$

เสถียรภาพสมดุล

เสถียรภาพของวัตถุ คือ ความสามารถในการทรงตัวอยู่ได้ของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง
ลักษณะ สมดุลของวัตถุ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท



- 1. สมดุลแบบเสถียร (Stable Equilibrium)** คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุล แล้วเมื่อแรงนั้นหยุดกระทำ วัตถุนั้นจะสามารถกลับมาอยู่ตำแหน่งสมดุลเดิมของมันได้ ดังรูปที่ 1
- 2. สมดุลแบบไม่เสถียร (Unstable Equilibrium)** คือ การสมดุลของวัตถุ ซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุลแม้เพียงเล็กน้อย วัตถุนั้นจะเปลี่ยนไปอยู่ตำแหน่งอื่น และจะไม่กลับมาอยู่ในตำแหน่งสมดุลเดิมอีก ดังรูปที่ 2
- 3. สมดุลแบบสะเทิน (Neutral Equilibrium)** คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อถูกแรงกระทำวัตถุจะเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่เมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัตถุจะอยู่ในลักษณะนั้น เช่น รูปกรวยที่เอ้าข้างลง ทรงกระบอกที่วางตามแนวนอน ดังรูปที่ 3

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนว่าในการอยู่ในตำแหน่งสมดุสนั้น เราจะคิดมวลทั้งระบบอยู่ที่ใด (อยู่ที่ตำแหน่งจุดหมุน เพราะเป็นจุดที่เรียกว่าศูนย์กลางมวล)
2. ครูยกตัวอย่างภาพที่เป็นมวลหนึ่งก้อน มวลระบบที่ประกอบไปด้วยสองก้อนที่มีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน แล้วถามนักเรียนว่าจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ตำแหน่งใดของแต่ละเหตุการณ์ (ครูยังไม่เฉลยคำตอบเพียงแต่ให้นักเรียนอธิบาย)
3. ครูให้นักเรียนร่วมกันหาข้อสรุปผลและอธิบายในเหตุการณ์นั้นพร้อมกันว่ามีลักษณะที่เกิดขึ้นอย่างไร (มวล 1 ก้อนจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ในเนื้อของวัตถุ ถ้าเป็นมวล 2 ก้อนจะอยู่ข้างในของมวล)
4. ครูอธิบายเชื่อมโยงไปยังจุดศูนย์ถ่วง ว่ามีลักษณะอย่างไร และอยู่ที่ตำแหน่งใดของวัตถุพร้อมยกตัวอย่างจากใบงาน เรื่อง เรื่องจุดศูนย์ถ่วง
5. ครูบอกนักเรียนว่าวันนี้จะทำกิจกรรมการหาจุดศูนย์กลางมวลของไม้แขวนเสื้อ โดยให้นักเรียนออกแบบวิธีการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลว่ามีตำแหน่งใดโดยใช้อุปกรณ์ที่มีให้คือเชือก

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

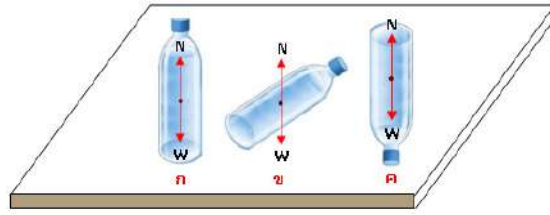
1. ครูถามนักเรียนว่าถ้าทราบจุดจุดกลางมวลไม้แขวนเสื้อจะวางตัวในลักษณะใด (วางตัวในแนวระดับ)
2. ครูให้นักเรียนเข้ากลุ่ม 4-5 คน และลงมือทำกิจกรรมหาจุดศูนย์กลางมวลของไม้แขวนเสื้อ
4. ครูให้นักเรียนร่วมกันปรึกษาเพื่อหาวิธีหาคำตอบตำแหน่งสมดุลจะสามารถหาวิธีหาได้อย่างไร
5. ครูเดินดูนักเรียนในการระดมการคิดว่าสามารถคิดได้ในลักษณะใด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาสรุปผลสิ่งที่ทำได้ในสถานการณ์และวิธีการคิดแต่ละกลุ่ม ในการหาจุดศูนย์กลางมวลอย่างไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูนำนักเรียนโดยการนำจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง มาใช้ในการอธิบายประยุกต์สิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับเสถียรภาพสมดุล ว่ามีลักษณะอย่างไร โดยใช้ขว่น้ำในการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาผลของ เสถียรภาพสมดุลแบบต่างๆ



2. ครูให้นักเรียนออกแรงกระทำกับลักษณะการวางตัวของขวดว่าผลที่เกิดขึ้นเรียกว่าแบบใดและผลที่เกิดขึ้นเทียบกับลักษณะ เสถียรภาพสมดุลแบบใด (แบบ ก. คือ สมดุลแบบเสถียร แบบ ข. สมดุลแบบไม่เสถียร และแบบ ค. สมดุลแบบไม่เสถียร)
3. ครูนำนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการวางตัวของกล่อง หรือบันไดวางพิงกำแพงว่ามีลักษณะอย่างไร และจะมีวิธีหาสมดุลได้อย่างไร โดยศึกษาจากใบความรู้เรื่อง จุดศูนย์กลางมวลศูนย์ถ่วง เสถียรสมดุล และการประยุกต์

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน เรื่อง เรื่องจุดศูนย์กลางมวลศูนย์ถ่วง เสถียรสมดุล และการประยุกต์

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ เรื่องสถานการณ์ปัญหาหาจุดศูนย์กลางมวลของไม้แขวนเสื้อ
2. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
3. ใบความรู้ เรื่องจุดศูนย์กลางมวลศูนย์ถ่วง เสถียรสมดุล และการประยุกต์

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

ข้อคิดเห็น.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะเรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างน้อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างน้อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

แบบบันทึกการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่ม

เรื่องชั้น วันที่ กลุ่ม

คำชี้แจง สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

พฤติกรรม กลุ่มที่	การแสดงออกใน ความคิดเห็น				การวางแผน ร่วมกัน				ความตรงต่อ เวลา				การทำงานตามที่ ได้รับมอบหมาย				รวม คะแนน (16)
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานกลุ่ม 4 = ปฏิบัติตลอดเวลาที่ร่วมกิจกรรม ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 3 = ปฏิบัติบางครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 2 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 1 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่มเล็กน้อย	เกณฑ์การประเมิน <table border="1"> <tr> <th>ช่วง คะแนน</th><th>ผลการ ประเมิน</th></tr> <tr> <td>1 – 5</td><td>ปรับปรุง</td></tr> <tr> <td>6 – 10</td><td>พอใช้</td></tr> <tr> <td>11 – 16</td><td>ดี</td></tr> <tr> <td colspan="2">เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป</td></tr> </table>	ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน	1 – 5	ปรับปรุง	6 – 10	พอใช้	11 – 16	ดี	เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	
ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน										
1 – 5	ปรับปรุง										
6 – 10	พอใช้										
11 – 16	ดี										
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป											

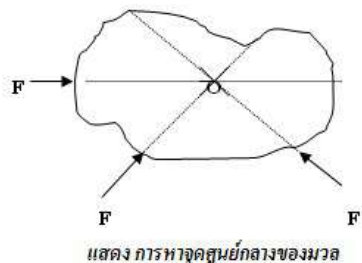
ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

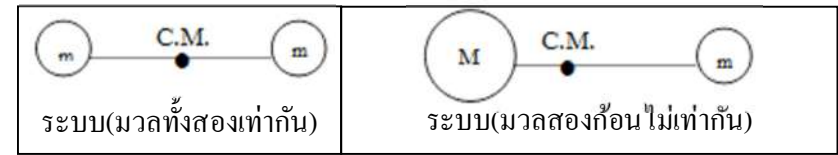
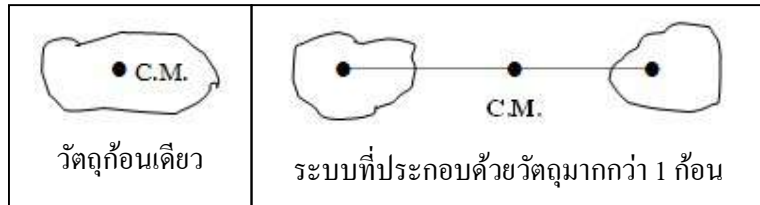
ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางถ่วง

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) “C.M.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงถ้าวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล กระทำหลายๆแนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้น จะตัดกันที่ตำแหน่งๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล “C.M.”



จากรูป จุด O เป็นจุดที่แนวแรง F กระทำผ่านแล้ว วัตถุไม่หมุน โดยวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง F ด้วยความเร็ว a ดังนั้น จุด O จึงเป็นจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) แต่ถ้าแรงไม่ได้กระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่

Note!!!!!! จุดศูนย์กลางมวล (C.M.) ไม่จำเป็นต้องเป็นของวัตถุก้อนเดียว อาจเป็นของระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายก้อนก็ได้



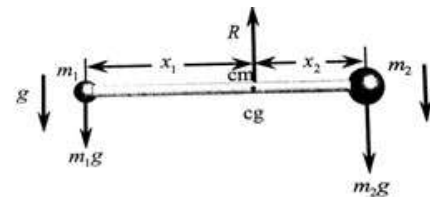
สมการหาจุด C.M.

$$X_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$



$$x_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

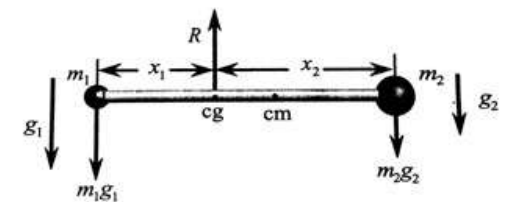
จุดศูนย์กลางถ่วง (Center of gravity) “C.G.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุหาได้โดยการแขวนวัตถุนั้นในแนวลักษณะต่างๆกันในแนวดิ่ง โดยแนวของน้ำหนักของวัตถุจะตัดกันที่จุดๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางถ่วง “C.G.”



ในสถานะค่าสนามโน้มถ่วง มีค่าสม่ำเสมอ จะได้ว่า จุดศูนย์กลางมวล อยู่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์กลางถ่วง

***หมายเหตุ** ที่บนผิวโลกบริเวณที่มีค่า g สม่ำเสมอ ตำแหน่งของจุด C.M.และจุด C.G. จะอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดียวกัน แต่ถ้าเป็นบนดวงดาวหรือบริเวณใดก็ตามที่มีค่า g ไม่สม่ำเสมอจุด C.G.จะเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ จุด C.M. จะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดิมเสมอ

แรงโน้มถ่วง g_1 มากกว่า g_2 จึงทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงขยับออกจากเดิม เพื่อให้สมการโมเมนต์เป็นจริง

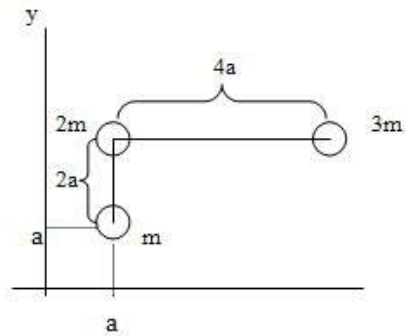


$$m_1g_1x_1 = m_2g_2x_2$$

โจทย์ปัญหา

1. มวล 5 กิโลกรัม และมวล 25 กิโลกรัม อยู่ห่างกัน 3 เมตร จงหาจุดศูนย์กลางมวลของระบบมวลทั้งสองอยู่ที่ใด

2. จากรูป จงหาจุดศูนย์กลางมวลของระบบซึ่งประกอบด้วย มวล m , $2m$ และ $3m$



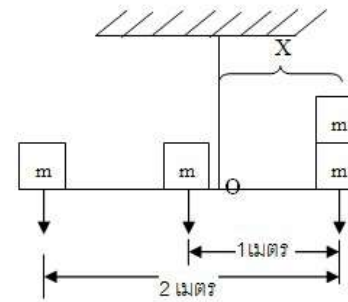
3. (มข.50) มวล 2, 3 และ 5 กิโลกรัม วางอยู่ที่ตำแหน่ง $(0, 0)$ $(4, 0)$ และ $(2, 4)$ เมตร ตามลำดับ ในระนาบ XY จงหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของระบบนี้

1. $(1.2, 3.0)$ 2. $(2.0, 2.0)$ 3. $(2.0, 1.2)$ 4. $(2.2, 2.0)$

4. (มข.51) ระบบอนุภาคหนึ่งมี 3 อนุภาค มีมวล 2, 3 และ 5 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่ง $(-1, -2)$ $(0, 0)$ และ $(2, 1)$ ตามลำดับ จงหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของระบบนี้อยู่ที่กี่เมตร

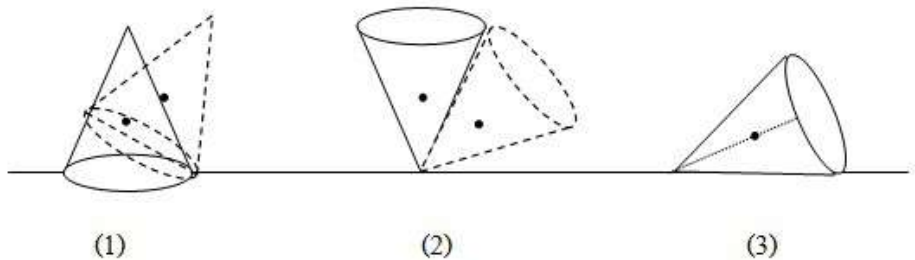
1. $(1, -1)$ 2. $(8, 1)$ 3. $(0.8, 0.1)$ 4. $(-0.1, -0.1)$

5. จากรูป จงหาตำแหน่งจุด C.G. ของวัตถุที่อยู่นิ่ง โลกถูกแรงโน้มถ่วงกระทำสม่ำเสมอ



เสถียรภาพสมดุล

เสถียรภาพของวัตถุ คือ ความสามารถในการทรงตัวอยู่ได้ของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ลักษณะ สมดุลของวัตถุ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท



1. สมดุลแบบเสถียร (Stable Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุล แล้วเมื่อแรงนั้นหยุดกระทำ วัตถุนั้นจะสามารถกลับมามาอยู่ตำแหน่งสมดุลเดิมของมันได้ ดังรูปที่ 1

2. สมดุลแบบไม่เสถียร(Unstable Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุ ซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุลแม้เพียงเล็กน้อย วัตถุนั้นจะเปลี่ยนไปอยู่ตำแหน่งอื่น และจะไม่กลับมามาอยู่ในตำแหน่งสมดุลเดิมอีก ดังรูปที่ 2

3. สมดุลแบบสะเทิน (Neutral Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อถูกแรงกระทำวัตถุจะเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่เมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัตถุจะอยู่ในลักษณะนั้น เช่น รูปกรวยที่เอียงข้างลง ทรงกระบอกที่วางตามแนวนอน ดังรูปที่ 3

การพิจารณาประเภทของสมดุลอาจพิจารณาจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เปลี่ยนไป เมื่อถูกแรงกระทำ

1. สมดุลแบบเสถียร จุดศูนย์กลางมวลสูงขึ้น
2. สมดุลแบบไม่เสถียร จุดศูนย์กลางมวลต่ำลง
3. สมดุลแบบสะเทิน จุดศูนย์กลางมวลเท่าเดิม

สมดุลต่อไปนี้เป็นสมดุลแบบใด

1. เหยียดขาตั้งตะแคง

.....
.....

2. ลูกแก้ววางบนพื้น

.....
.....

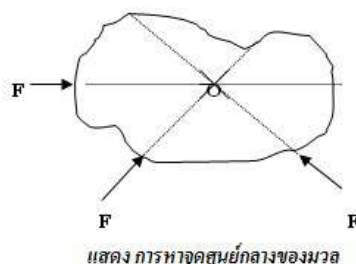
3. แท่งปริมาตรวางตั้งบนพื้น

.....
.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

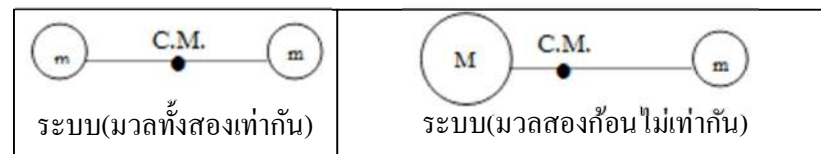
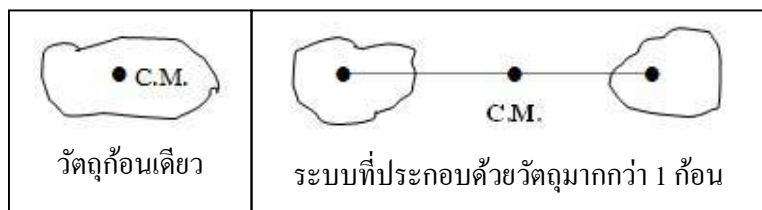
ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางถ่วง

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) “C.M.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงถ้าวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล กระทำหลายๆแนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้น จะตัดกันที่ตำแหน่งๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล “C.M.”



จากรูป จุด O เป็นจุดที่แนวแรง F กระทำผ่านแล้ว วัตถุไม่หมุนโดยวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง F ด้วยความเร็ว a ดังนั้น จุด O จึงเป็นจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) แต่ถ้าแรงไม่ได้กระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่

Note!!!!!! จุดศูนย์กลางมวล (C.M.) ไม่จำเป็นต้องเป็นของวัตถุก้อนเดียว อาจเป็นของระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายก้อนก็ได้



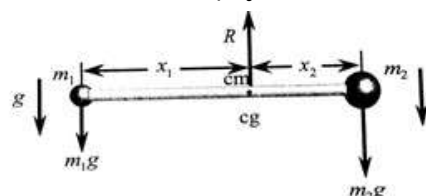
สมการหาจุด C.M.

$$X_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$



$$x_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

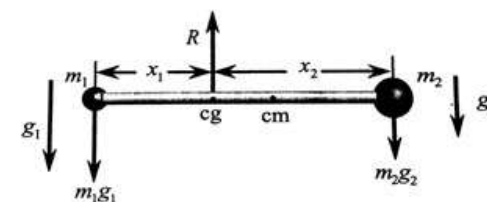
จุดศูนย์กลางถ่วง (Center of gravity) “C.G.” คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุหาได้โดยการแขวนวัตถุนั้นในแนวลักษณะต่างๆกันในแนวดิ่ง โดยแนวของน้ำหนักของวัตถุจะตัดกันที่จุดๆหนึ่ง ซึ่งนั่นก็คือ จุดศูนย์กลางถ่วง “C.G.”



ในสถานะค่าสนามโน้มถ่วง มีค่าสม่ำเสมอ จะได้ว่า จุดศูนย์กลางมวล อยู่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์กลางถ่วง

***หมายเหตุ** ที่บนผิวโลกบริเวณที่มีค่า g สม่ำเสมอ ตำแหน่งของจุด C.M.และจุด C.G. จะอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดียวกัน แต่ถ้าเป็นบนดวงดาวหรือบริเวณใดก็ตามที่มีค่า g ไม่สม่ำเสมอจุด C.G.จะเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ จุด C.M. จะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งหรือจุดเดิมเสมอ

แรงโน้มถ่วง g_1 มากกว่า g_2 จึงทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงขยับออกจากเดิม เพื่อให้สมการโมเมนต์เป็นจริง

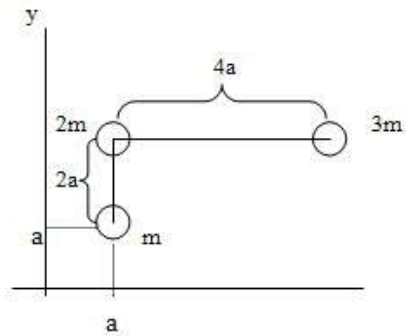


$$m_1g_1x_1 = m_2g_2x_2$$

โจทย์ปัญหา

1. มวล 5 กิโลกรัม และมวล 25 กิโลกรัม อยู่ห่างกัน 3 เมตร จงหาจุดศูนย์กลางมวลของระบบมวลทั้งสองอยู่ที่ใด

2. จากรูป จงหาจุดศูนย์กลางมวลของระบบซึ่งประกอบด้วย มวล m , $2m$ และ $3m$



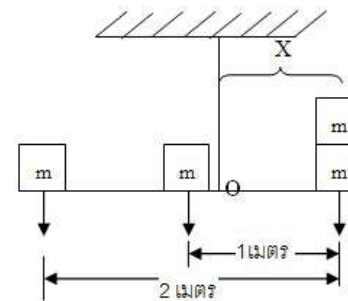
3. (มข.50) มวล 2, 3 และ 5 กิโลกรัม วางอยู่ที่ตำแหน่ง $(0, 0)$, $(4, 0)$ และ $(2, 4)$ เมตร ตามลำดับ ในระนาบ XY จงหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของระบบนี้

1. $(1.2, 3.0)$ 2. $(2.0, 2.0)$ 3. $(2.0, 1.2)$ 4. $(2.2, 2.0)$

4. (มข.51) ระบบอนุภาคหนึ่งมี 3 อนุภาค มีมวล 2, 3 และ 5 กิโลกรัม วางที่ตำแหน่ง $(-1, -2)$, $(0, 0)$ และ $(2, 1)$ ตามลำดับ จงหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของระบบนี้อยู่ที่กี่เมตร

1. $(1, -1)$ 2. $(8, 1)$ 3. $(0.8, 0.1)$ 4. $(-0.1, -0.1)$

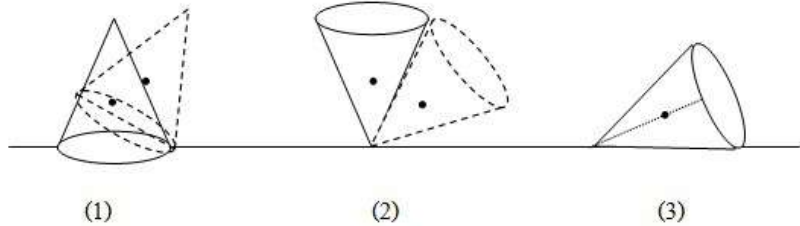
5. จากรูป จงหาตำแหน่งจุด C.G. ของวัตถุที่อยู่นบนโลกถูกแรงโน้มถ่วงกระทำสม่ำเสมอ



ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

เสถียรภาพสมดุล

เสถียรภาพของวัตถุ คือ ความสามารถในการทรงตัวอยู่ได้ของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ลักษณะ สมดุลของวัตถุ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท



1. สมดุลแบบเสถียร (Stable Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุล แล้วเมื่อแรงนั้นหยุดกระทำ วัตถุนั้นจะสามารถกลับมาอยู่ตำแหน่งสมดุลเดิมของมันได้ ดังรูปที่ 1

2. สมดุลแบบไม่เสถียร(Unstable Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุ ซึ่งเมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุจากตำแหน่งสมดุลแม้เพียงเล็กน้อย วัตถุนั้นจะเปลี่ยนไปอยู่ตำแหน่งอื่น และจะไม่กลับมาอยู่ในตำแหน่งสมดุลเดิมอีก ดังรูปที่ 2

3. สมดุลแบบสะเทิน (Neutral Equilibrium) คือ การสมดุลของวัตถุซึ่งเมื่อถูกแรงกระทำวัตถุจะเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่เมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัตถุจะอยู่ในลักษณะนั้น เช่น รูปกรวยที่เอียงข้างลง ทรงกระบอกที่วางตามแนวนอน ดังรูปที่ 3

การพิจารณาประเภทของสมดุลอาจพิจารณาจากตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เปลี่ยนไป เมื่อถูกแรงกระทำ

1. สมดุลแบบเสถียร จุดศูนย์กลางมวลสูงขึ้นไป
2. สมดุลแบบไม่เสถียร จุดศูนย์กลางมวลต่ำลง
3. สมดุลแบบสะเทิน จุดศูนย์กลางมวลเท่าเดิม

สมดุลต่อไปนี้เป็นสมดุลแบบใด

1. เหยี่ยวบาทตั้งตะแคง

2. ลูกแก้ววางบนพื้น

3. แท่งปิรามิดวางตั้งบนพื้น

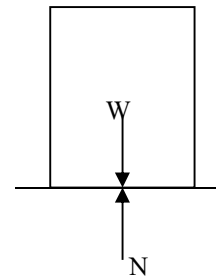
สมดุลของวัตถุ

การพิจารณานำหลักสมดุลไปประยุกต์

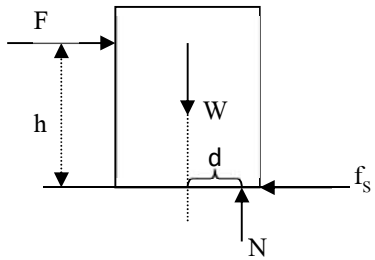
ในเรื่องนี้เราจะเรียนรู้เกี่ยวกับสมดุลและนำไปประยุกต์ เช่น การผลักกล่องที่วางบนพื้นให้ล้ม บันไดพาดพิงกำแพง ทรงกลมสมดุล ตลอดจนบานพับประตู และการเชื่อมโยงกับหลักการของเครื่องกลที่ได้เรียนมา !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

สมดุลของกล่องวางบนพื้นบนผิวขรุขระ

1. พิจารณาแรงที่กระทำต่อกล่องลักษณะต่างๆ



กล่องที่วางบนพื้นนิ่งๆ พบว่า มีแรงกระทำต่อกล่อง 2 แรง (น้ำหนักของกล่อง) และ N (แรงปฏิกิริยาที่พื้นดันกล่อง) โ



จากรูปเมื่อออกแรง F ด้านกล่องสูงจากพื้น h แล้วกล่องยังอยู่นิ่งๆ พบว่ามีแรงกระทำต่อกล่องอีก 3 แรงคือ f_s (แรงเสียดทาน) , W และ N โดย

$$f_s = F$$

$$N = W$$

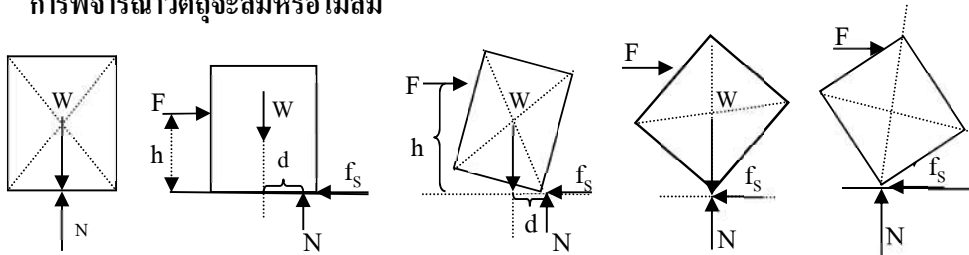
ในที่นี้แรง f_s กับ F ประพัตต์เป็นแรงคู่ควบ ก่อให้เกิดโมเมนต์ในทิศตามเข็มนาฬิกา แต่กล่องไม่หมุน แสดงว่าต้องมีแรงคู่ควบอีกคู่ คือ N และ W ซึ่งก่อให้เกิดโมเมนต์ในทิศทวนเข็มนาฬิกาโดยมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นแนวแรง N ต้องเลื่อนออกไปจากแนวกึ่งกลางเดิมไปทางขวา (แนวแรง N อาจเลื่อนได้ทั้งซ้ายและขวาของแนวกึ่งกลางขึ้นอยู่กับทิศของโมเมนต์ของแรง F โดย N จะอยู่ในแนวที่ก่อให้เกิดโมเมนต์ตรงข้ามกับ F) จากรูปถ้าวัตถุ ไม่ล้มหรือไม่หมุนแสดงว่า

$$M_C(N, W) = M_C(F, f_s)$$

$$N \times d = f_s \times h$$

หรือ $W \times d = F \times h$

การพิจารณาวัตถุจะล้มหรือไม่ล้ม



จากรูป รูป (ก) (ข) และ (ค) วัตถุยังไม่ล้ม เมื่อมีแรง F กระทำจะเกิดแรงคู่ควบ คือ N กับ W และ F กับ f_s ทำให้วัตถุเกิดการหมุน โดยแรงคู่ควบ N กับ W เกิดโมเมนต์ทวนเข็ม และแรงคู่ควบ F และ f_s เกิดโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา วัตถุ ไม่ล้มดังนั้นจะได้ว่า

$$M_C(N, W) > M_C(F, f_s)$$

รูป (ง) วัตถุเกิดการสมดุลครั้งสุดท้าย เพราะแนวน้ำหนัก W อยู่แนวเดียวกับ N วัตถุกำลังจะล้มดังนั้นจะได้ว่า

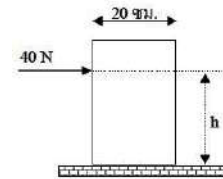
$$M_C(N, W) = M_C(F, f_s)$$

รูป (จ) วัตถุล้ม เพราะแนวน้ำหนัก W ออกนอกฐานวัตถุล้มไปแล้วดังนั้นจะได้ว่า

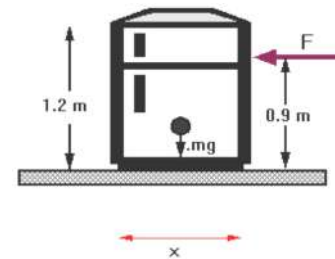
$$M_C(N, W) < M_C(F, f_s)$$

โจทย์คำนวณ

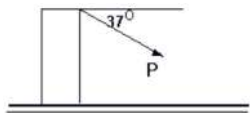
1. กล่องสี่เหลี่ยมกว้าง 20 ซม. สูง 40 ซม. น้ำหนัก 100 นิวตัน ถูกแรงกระทำ 40 นิวตัน ณ จุดสูงเท่ากับ h จงหาว่าความสูง h มีค่าเท่าใด จึงจะทำให้กล่องนี้เริ่มล้มพอดี



2. (En 44/1) ออกแรง $F = 160$ นิวตัน ผลักตู้เย็น 40 กิโลกรัม บนพื้นผิวที่มีความสูง 90 เซนติเมตร จากพื้นโดยตู้เย็นไม่ล้ม จงหาความกว้างน้อยที่สุดของฐานตู้เย็น (x) ในหน่วยเซนติเมตร กำหนดให้ความสูงของตู้เย็นคือ 120 เซนติเมตรและจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงจากพื้น 40 เซนติเมตร ดังรูป (72 cm)

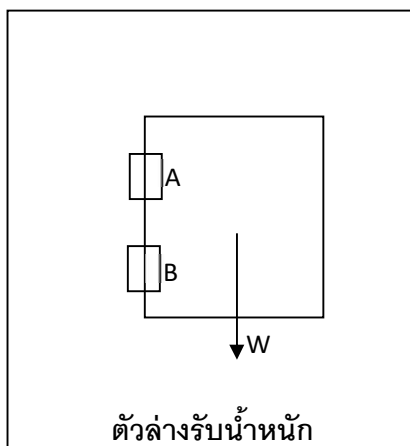
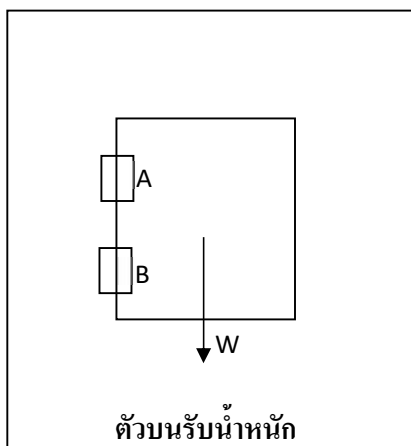


3.(En 43/2) กล่องวัตถุรูปสี่เหลี่ยมมีมวลสม่ำเสมอฐานกว้าง 0.2 เมตร สูง 0.5 เมตร มีน้ำหนัก 200 นิวตัน วางอยู่บนพื้นที่ลื่นมาก ถ้าออกแรง P กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุม 37° กับแนวระดับ ดังรูป จะต้องออกแรงเท่าใดจึงจะทำให้วัตถุลื่นพอดี

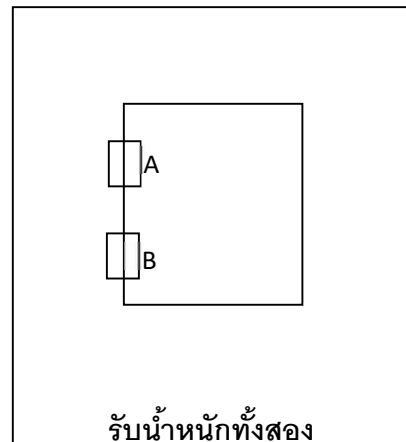


การคำนวณเกี่ยวกับแรงปฏิกิริยาที่บานพับของประตูหรือหน้าต่าง

1. แรงปฏิกิริยาที่ บานพับอันดับบน กระทำต่อประตูหรือหน้าต่าง จะดึงไม่ให้ประตูหรือหน้าต่างหงายออก
2. แรงปฏิกิริยาที่ บานพับอันดับล่าง กระทำต่อประตูหรือหน้าต่าง จะผลักไม่ให้ขอบล่างของประตูหรือหน้าต่างเบนเข้า
3. ถ้าบานพับตัวใดรับน้ำหนัก จะมีแรงปฏิกิริยาอีก 1 แรงมีทิศพุ่งขึ้นในแนวตั้ง z



ฝึกวาดรูปแรงที่กระทำ!!!



Note!!!..

.....

.....

.....

.....

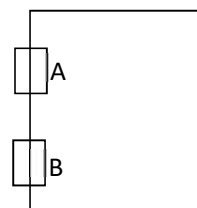
.....

.....

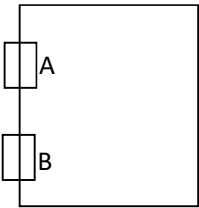
โจทย์คำนวณ

หน้าต่างขนาดสม่ำเสมอหนัก 50 นิวตัน จุดศูนย์กลางมวลห่างจากแนวบานพับ 0.6 เมตร บานพับติดกับกำแพงในแนวตั้งห่างกัน 0.8 เมตร จงหาแรงปฏิกิริยาที่บานพับแต่ละตัวเมื่อ

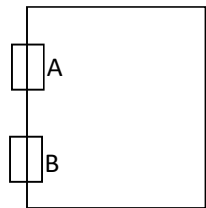
ก. บานพับตัวบนรับน้ำหนักตัวเดียว



ข. บานพับตัวล่างรับน้ำหนักตัวเดียว



ค. บานพับทั้งสองรับน้ำหนักเท่ากัน

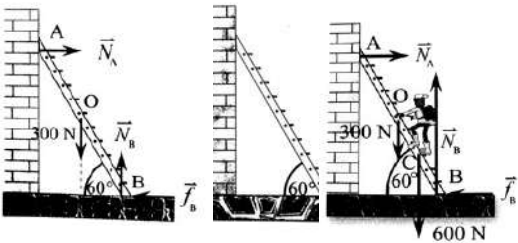


การประยุกต์เกี่ยวกับบันไดขนาดสม่ำเสมอวางนิ่งพังก้ำแพงเกลี้ยง

หลักการ

- ก. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำในแนวน้ำหนัก หรือแรงปฏิกิริยาให้ครบทุกแรง
- ข. ใช้เงื่อนไขสมดุล คือ $\Sigma F=0$ และ $\Sigma M = 0$
- ค. กำหนดจุดหมุนในการหาคำตอบ

เช่น บันไดหนัก 300 N และทำมุม 60 องศา กับพื้น และมีคนหนัก 600 ขึ้นอยู่บนบันได



ลักษณะการวางตัวของบันได พิจารณาแรงที่กระทำ พิจารณาแรงที่กระทำเมื่อมีคนขึ้น

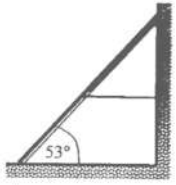
โจทย์คำนวณ

1. บันไดสม่ำเสมอ ยาว 10 เมตร หนัก 400 นิวตัน ปลายบนพังก้ำแพงเกลี้ยงตรงจุดซึ่งอยู่สูงจากพื้น 8 เมตร โดยบันไดยันกับพื้นจรุระห่างจากก้ำแพง 6 เมตร

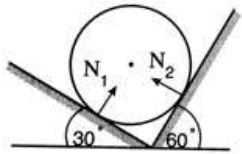
ก. จงหาแรงที่ยันปลายบันไดไม่ให้ไถลลงมา

ข . ถ้ามีวัตถุหนัก 100 นิวตัน วางอยู่ปลายบันไดด้านล่างห่างขึ้นมา $\frac{1}{4}$ ของความยาวของบันได จงหาแรงเสียดทานที่พื้นราบ

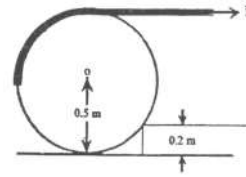
2. (มข.52) บันไดสามเหลี่ยมหน้าจั่ว 100 นิวตัน ปลายบนพิงผนังลื่น ส่วนปลายล่าง อยู่บนพื้นราบลื่น ตรงกึ่งกลางของบันไดจึงด้วยด้ายลวดในแนวระดับกับผนัง บันไดทำมุม 53° กับแนวระดับ ดังรูป จงหาแรงดึงของเส้นลวด (กำหนดไว้ $g = 10$ เมตรต่อวินาที²)



3. ทรงกลมตันหนัก 100 N วางอยู่บนระนาบเอียงที่ไม่มีแรงเสียดทาน 2 อัน ซึ่งทำมุม 30 องศาและ 60 องศา กับพื้นราบดังแสดงในรูป จงหาแรงปฏิกิริยา N_1



4. แท่งกระบอกมี 0.5 เมตร น้ำหนัก 50 นิวตัน วางอยู่บนพื้นบันไดโดยที่ขึ้นบันไดสูง 0.2 เมตร เพื่อที่จะดึงแท่งทรงกระบอกนี้ขึ้นบันได เราจึงผูกเชือกแล้วออกแรงดึง (F) ในแนวราบ (โดยอยู่ระดับเดียวกับขอบด้านบนของทรงกระบอก) ดังรูป สมมติว่าทรงกระบอกดังกล่าวมีเฉพาะการหมุนเท่านั้นเมื่อออกแรงดึงในแนวราบ จงหาแรงในแนวราบนี้ที่น้อยที่สุดที่จะทำให้ทรงกระบอกเคลื่อนที่ผ่านขึ้นบันไดไปได้ (มข.55)



ประยุกต์เกี่ยวกับเครื่องกล (ในส่วนของเครื่องกล จะไม่เน้นในรายละเอียดมากนักเนื่องจากเราเคยได้เรียนมาแล้วในส่วนของบทที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน แต่นำมาประยุกต์ในบทนี้

คาน

หลักของเครื่องผ่อนแรง หรือ เครื่องกลโดยใช้เงื่อนไขสมดุลต่อการหมุน จะได้ผลบวกทางคณิตศาสตร์ของโมเมนต์ของแรงรอบจุด P มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น

$$M_{\text{ทวน}} = M_{\text{ตาม}}$$

$$W \times r = F \times R$$

เมื่อ

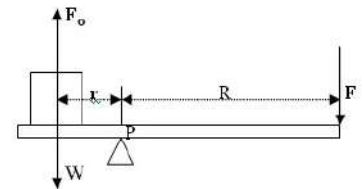
F = แรงที่กระทำหรือแรงพยายาม

W = แรงต้านหรือแรงที่ได้

R = ระยะจากแนวแรง F ถึงจุดหมุน P

r = ระยะจากแนวแรง W ถึงจุดหมุน P

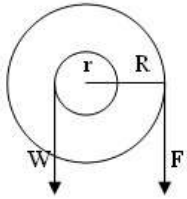
จะได้ว่า $\frac{W}{F} = \frac{R}{r}$ เรียกว่า การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage, MA)



➤ ล้อและเฟลา

ล้อรัศมีใหญ่ เฟลามีรัศมีเล็กมีแกนร่วมกัน ใช้เชือก 2 เส้น พับกลับทางกัน ล้อและเฟลา หมุนทางเดียวกัน เครื่องกลประเภทนี้ได้แก่ กว้านสมอเรือ , กว้านตักน้ำจากบ่อ เป็นต้น

หลักของงาน งานที่ให้แก่เครื่องกล = งานที่เครื่องกลทำได้



$$F \times 2\pi R = W \times 2\pi r$$

$$F \times R = W \times r$$

F = แรงพยายาม

W = แรงต้าน

R = รัศมีของล้อ

r = รัศมีของเฟลา

และอื่นๆ อีก เช่น ล้อหรือเฟลา รอก ลิ่ม ฯลฯ

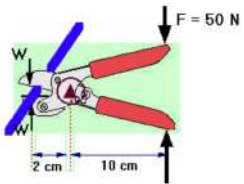
ตัวอย่าง

กรรไกรตัดลวดมีระยะระหว่างลวดและจุดหมุนเป็น 2 เซนติเมตร ระยะระหว่างจุดหมุน

และมือเป็น 10 เซนติเมตร ออกแรง F 50 N บีบขากรรไกรดังรูป

ก. แรงที่กระทำต่อลวดเป็นเท่าใด

ข. การได้เปรียบเชิงกลเป็นเท่าใด



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

โรงเรียนสตรีศึกษา

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เรื่อง งาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิษิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์จะต้องมีความรู้เกี่ยวข้องกับพลังงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง อาทิเช่น พลังงานความร้อน พลังงาน แสง พลังงานเสียง พลังงานไฟฟ้า ซึ่งแนวคิดหลักของพลังงานต่าง ๆ มาจากแนวคิดในเรื่องของปริมาณทางฟิสิกส์ชนิดหนึ่งนั่นคือ งาน (Work) จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีแรงกระทำทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงโดยที่งานมีหน่วยเป็นจูลและมีสมการคือ $W = F \cdot S$

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่างๆ

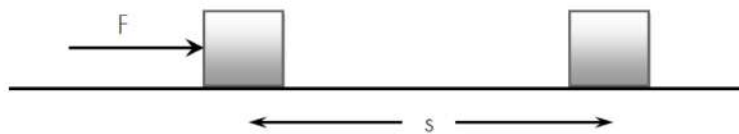
4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสำคัญของงานและพลังงานที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันได้ (K)
2. อธิบายความแตกต่างของความหมายของงานตามความเข้าใจของบุคคลทั่วไปกับงานในวิชาฟิสิกส์ (K)
3. บอกได้ว่างานเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็น นิวตัน เมตร หรือจูล (K)
4. อธิบายความแตกต่างของงานบวกและงานลบได้ (K)
5. หางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุเมื่อแรงอยู่ในแนวเดียวกับแนวการเคลื่อนที่ (P)
6. หางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัตถุเมื่อแรงทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ (P)
7. หางานจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับการกระจัดในแนวเดียวกัน (K)
8. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

เมื่อเรายกวัตถุ ลาก หรือดันสิ่งของเราจะบอกว่าเป็นการทำงานอย่างหนึ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่า เราได้ใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อหรือพลังงานเคมีในร่างกายของเรา มาใช้ในการทำงานต่าง ๆ ดังกล่าว แต่ในเชิงฟิสิกส์ “งาน” จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีแรงกระทำกับวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับแรงที่มากระทำเท่านั้น ดังนั้นถ้าวัตถุไม่เกิดการเคลื่อนที่ ไม่ว่าเราจะออกแรงเท่าใดกระทำกับวัตถุก็ตาม ก็จะไม่เกิดงานหรือไม่ได้ทำงานนั่นเองงานเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่แรงกระทำ งานคือ ผลของการใช้แรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัดในทิศทางที่แรงกระทำ งานมีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร หรือ จูล

ถ้าเราออกแรงคงที่ F กระทำกับวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้การกระจัดเท่ากับ S ในแนวเดียวกับแรงที่มากระทำ ดังรูป



กำหนดให้งานมีสัญลักษณ์เป็น W เราจะหางานได้จาก

นิยาม งาน (Work. W) เป็นผลคูณระหว่างขนาดของแรงที่มากระทำกับระยะทาง (ขนาดของการกระจัด) ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวเดียวกับแรงที่มากระทำดังกล่าว

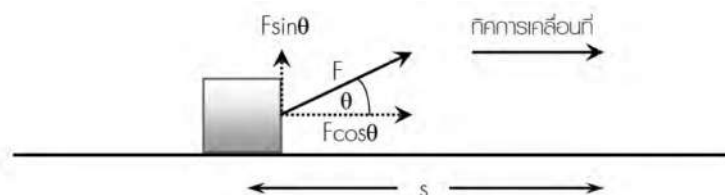
$$W = Fs \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ W = งานที่เกิดขึ้น (Nm หรือ J)

F = แรงที่มากระทำ (N)

s = ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ (m)

งาน มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (Nm) แต่ภายหลังได้ตั้งหน่วยนี้เป็น จูล (Joule; J) ซึ่งเป็นหน่วยอนุพัทธ์ในระบบเอสไอ เพื่อเป็นเกียรติแก่ James Prescott Joule ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อน และการเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ ดังนั้น งาน 1 J คืองานที่ได้จากการออกแรง 1 N ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ขนาดของการกระจัดในทิศทางเดียวกับแรงเท่ากับ 1 m หากวัตถุเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับแรงที่มากระทำ การคำนวณหางานจะเป็นไปตามสมการ $W = Fs$ แต่ถ้าหากว่าแรงที่มากระทำนั้นไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะพิจารณา ดังนี้



กำหนดให้แรง F ที่มากระทำต่อวัตถุ เอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูป เราสามารถแยก

องค์ประกอบของแรงออกได้เป็น 2 แนวคือ

- แรงในแนวแกน y หรือแรงในแนวตั้ง มีค่าเท่ากับ $F \sin \theta$

- แรงในแนวแกน x หรือแรงในแนวระดับ มีค่าเท่ากับ $F\cos\theta$

จะเห็นว่า แรงที่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่คือ $F\cos\theta$ ดังนั้น จากสมการที่ (1) จะได้

$$W = F\cos\theta \dots\dots\dots(2)$$

พิจารณา ถ้า $\theta = 0^\circ$ จะได้ $W = Fs \cos 0^\circ$

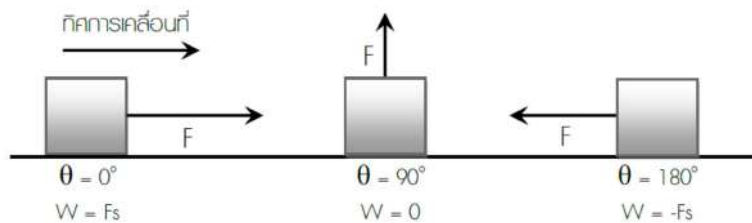
เมื่อ $\cos 0^\circ = 1$ ดังนั้น $W = Fs$ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (1) นั่นเอง

พิจารณา ถ้า $\theta = 90^\circ$ จะได้ $Fs \cos 90^\circ$

เมื่อ $\cos 90^\circ = 0$ ดังนั้น $W = 0$ “แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำ อยู่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะไม่เกิดงาน เนื่องจากแรงที่เราพิจารณา หรือไม่ได้ทำงานนั่นเอง”

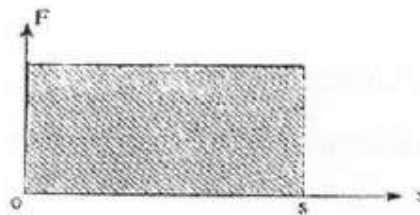
พิจารณา ถ้า $\theta = 180^\circ$ จะได้ $W = Fs \cos 180^\circ$

เมื่อ $\cos 180^\circ = -1$ ดังนั้น $W = -Fs$ “แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำอยู่ในทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ จะเกิดงานที่มีค่าเป็นลบ เช่น งานของแรงเสียดทาน เป็นต้น”



การหางานด้วยวิธีการคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากกราฟ



$$\begin{aligned} \text{งาน} &= F.S \\ &= \text{พื้นที่ใต้กราฟ} \end{aligned}$$

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูสนทนากับนักเรียนถึงคำว่า งาน สำหรับบุคคลทั่วไป หมายถึง การประกอบอาชีพหรือการกระทำการกิจต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ครูตั้งสถานการณ์ ดังนี้

- นักเรียนเตะฟุตบอล ฟุตบอลเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- นักเรียนยกกล่องขึ้นวางบนโต๊ะ โต๊ะสูงจากพื้น 1 เมตร
- นักเรียนผลักกล่องแต่กล่องไม่เคลื่อนที่
- นักเรียนหิ้วกระเป๋าเดินไปตามถนนพื้นราบ

2. จากนั้นครูใช้คำถาม ถามนักเรียนว่าการทำกิจกรรมต่างๆ ทั้ง 4 กิจกรรมนี้

- นักเรียนคิดว่ากิจกรรมใดบ้างที่มีการใช้แรง และกิจกรรมใดบ้างไม่มีการใช้แรง
- กิจกรรมใดบ้างที่นักเรียนมีการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่
- กิจกรรมใดบ้างที่นักเรียนออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม

- กิจกรรมใดบ้างที่นักเรียนออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรงที่เราออกแรงกระทำต่อวัตถุ

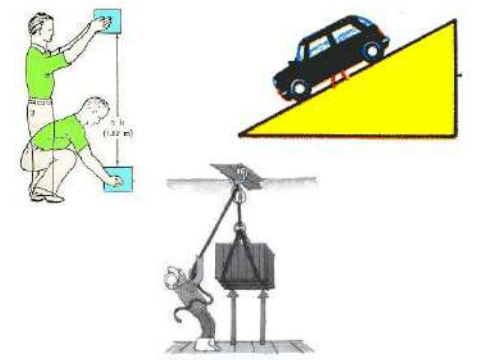
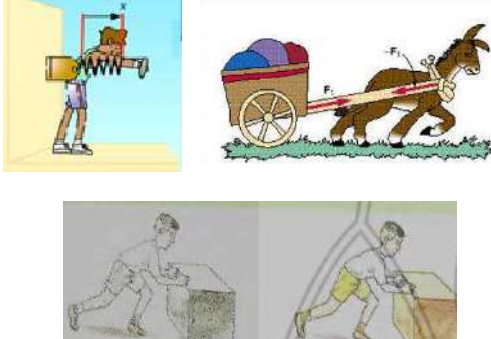
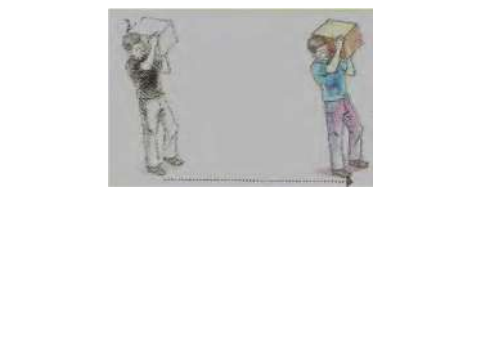
- กิจกรรมใดบ้างที่นักเรียนออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุมีการเคลื่อนที่ แต่แนวแรงที่กระทำต่อวัตถุตั้งฉากกับแนวทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

- นักเรียนคิดว่า การทำงานในชีวิตประจำวันของคนเรา กับงานในทางวิทยาศาสตร์ (ทางฟิสิกส์) จะมีความหมายเหมือนกันหรือไม่อย่างไร (นักเรียนช่วยกันตอบคำถามทั้งชั้น โดยครูยังไม่เฉลยคำตอบ)

3. จากนั้นครูถามนักเรียนว่า สถานการณ์ใดบ้างเกิดงานทางฟิสิกส์บ้าง

4. จากนั้นครูนำภาพมาให้ให้นักเรียนแต่ละคนช่วยกันพิจารณาดูว่า กิจกรรมใดบ้างที่ก่อให้เกิดงานและ กิจกรรมใดที่ไม่ก่อให้เกิดงานทางฟิสิกส์

5. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6-7 คน เพื่อเล่นเกมทำนายว่าภาพใดเกิดงานทางฟิสิกส์ (จับคู่)

เกิดงานทางฟิสิกส์	ไม่เกิดงานทางฟิสิกส์
	
	

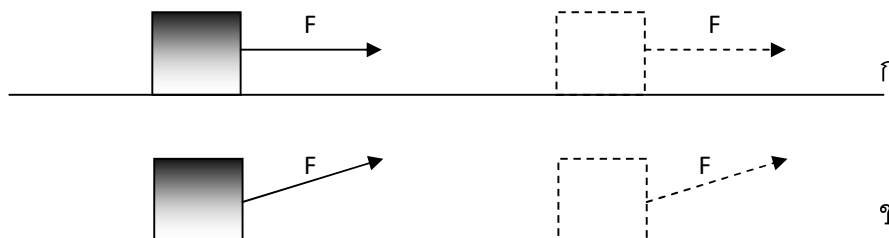
6. จากนั้นครูจัดกลุ่มของกิจกรรมให้นักเรียนทราบว่าสถานการณ์ไหนที่เกิดงานทางฟิสิกส์ และกลุ่มไหนไม่เกิด

7. ครูถามคำถามนักเรียนว่า นักเรียนสังเกตเห็นอะไรในกลุ่มที่เกิดงานบ้าง (มีแรงกระทำ และมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการเคลื่อนที่)

8. ครูถามนักเรียนว่า ทิศทางของแรงกับการเคลื่อนที่เป็นอย่างไรถึงเกิดงาน และไม่เกิดงานทิศทางเป็นอย่างไร (เกิดงานเมื่อแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันกับแรงนั้นด้วยการกระจัด ส่วนการไม่เกิดงาน คือแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่มีทิศทางตั้งฉากกับแรงนั้นด้วยการกระจัด หรือออกแรงกระทำแต่วัตถุไม่เคลื่อนที่)

9. ครูให้นิยามของการเกิดงาน ว่า งาน (Work, W) เป็นผลคูณระหว่างขนาดของแรงที่มากกระทำกับระยะทาง (ขนาดของการกระจัด) ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวเดียวกับแรงที่มากกระทำ

10. ครูสร้างสถานการณ์สำหรับให้นักเรียนทำการทดลองในการหางานโดยมีสถานการณ์ดังนี้



ครูถามนักเรียนว่า ถ้ามวลของวัตถุขนาดเท่ากัน ระยะทางที่ต้องการดึงเท่ากันถามว่า แรงที่ใช้ดึงในสถานการณ์ ก และ ข เท่ากันหรือไม่ ถ้าไม่ สถานการณ์ไหนมากกว่ากัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนลองทดลองดึงวัตถุดังภาพ



2. โดยชี้แจงให้วิธีการทดลองกับให้นักเรียน

- 1 กำหนดระยะทางที่จะดึง

- 2 การดึงพยายามดึงด้วยอัตราเร็วคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ และอ่านค่าแรงที่สังเกตได้

- 3 บันทึกผลการทดลอง ในการตอบคำถาม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนอธิบายในผลการทดลองที่เกิดขึ้นว่าผลที่ได้เป็นอย่างไร และมีความเข้าใจในความหมายของงานว่าอย่างไร

2. ครูกับนักเรียนช่วยกันสรุป ลักษณะของการเกิดงานทางฟิสิกส์

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูทบทวนการเกิดงานทางฟิสิกส์ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

2. ครูถามนักเรียนว่างานที่เรียนรู้เป็นงานในด้านบวก จากนั้นครูถามนักเรียนว่า งานสามารถติดลบได้หรือไม่ ถ้าได้ อย่างไร (งานที่เป็นลบ คือทิศทางของแรงและการกระจัด มีทิศทางตรงข้ามกัน เช่น งานเนื่องจากแรงเสียดทาน)
3. ครูถามนักเรียนว่านอกจากการหางานที่เกิดขึ้นโดยการคำนวณแล้ว มีวิธีอื่นหรือไม่
4. ครูกับนักเรียนร่วมกันศึกษาการเกิดงานจากตัวอย่างในใบความรู้ ในตัวอย่างในการเกิดงาน โดยการคำนวณ และวิธีหางานจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการกระจัด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม ทำนายเรื่อง งาน
2. ชุดอุปกรณ์การทดลองงาน
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้ที่ เรื่องงาน
6. ใบงานที่ เรื่องงาน

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้เรื่อง เรื่อง งาน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

เมื่อเรายกวัตถุ ลาก หรือดันสิ่งของเราจะบอกว่าเป็นการทำงานอย่างหนึ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่า เราได้ใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อหรือพลังงานเคมีในร่างกายของเรา มาใช้ในการทำงานต่าง ๆ ดังกล่าว แต่ในเชิงฟิสิกส์ “งาน” จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีแรงกระทำกับวัตถุ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับแรงที่มากกระทำเท่านั้น ดังนั้นถ้าวัตถุไม่เกิดการเคลื่อนที่ ไม่ว่าเราจะออกแรงเท่าใดกระทำกับวัตถุก็ตาม ก็จะไม่เกิดงานหรือไม่ได้ทำงานนั่นเองงานเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่แรงกระทำ งานคือ ผลของการใช้แรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้การกระจัดในทิศทางที่แรงกระทำ งานมีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร หรือ จูล

ถ้าเรายกแรงคงที่ F กระทำกับวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ได้การกระจัดเท่ากับ S ใน แนวเดียวกับแรงที่มากกระทำ ดังรูป



กำหนดให้งานมีสัญลักษณ์เป็น W เราจะหางานได้จาก

นิยาม งาน (Work. W) เป็นผลคูณระหว่างขนาดของแรงที่มากกระทำกับระยะทาง (ขนาดของการกระจัด) ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวเดียวกับแรงที่มากกระทำดังกล่าว

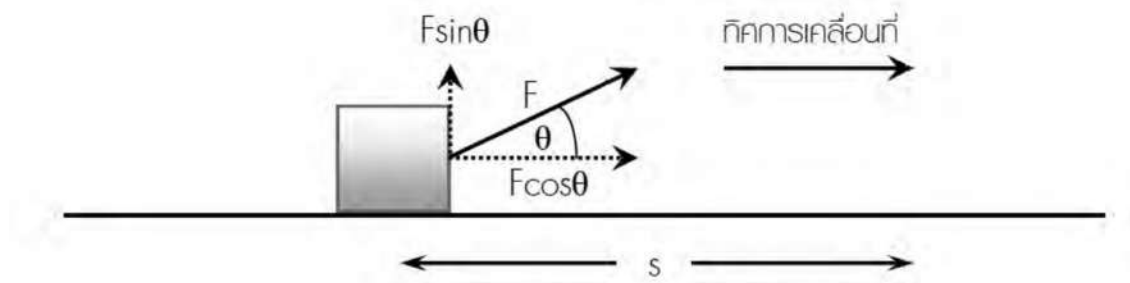
$$W = Fs \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ W = งานที่เกิดขึ้น (Nm หรือ J)

F = แรงที่มากกระทำ (N)

s = ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ (m)

งาน มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (Nm) แต่ภายหลังได้ตั้งหน่วยนี้เป็น จูล (Joule; J) ซึ่งเป็นหน่วยอนุพัทธ์ในระบบเอสไอ เพื่อเป็นเกียรติแก่ James Prescott Joule ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อน และการเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ ดังนั้น งาน 1 J คืองานที่ได้จากการออกแรง 1 N ผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ขนาดของการกระจัดในทิศทางเดียวกับแรงเท่ากับ 1 m หากวัตถุเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับแรงที่มากกระทำ การคำนวณหางานจะเป็นไปตามสมการ $W = Fs$ แต่ถ้าหากว่าแรงที่มากทำนั้นไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะพิจารณา ดังนี้



กำหนดให้แรง F ที่มากระทำต่อวัตถุ เอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูป เราสามารถแยก

องค์ประกอบของแรงออกได้เป็น 2 แนวคือ

- แรงในแนวแกน y หรือแรงในแนวตั้ง มีค่าเท่ากับ $F\sin\theta$
- แรงในแนวแกน x หรือแรงในแนวระดับ มีค่าเท่ากับ $F\cos\theta$

จะเห็นว่า แรงที่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่คือ $F\cos\theta$ ดังนั้น จากสมการที่ (1) จะได้

$$W = F\cos\theta \dots\dots\dots(2)$$

พิจารณา ถ้า $\theta = 0^\circ$ จะได้ $W = F\cos 0^\circ$

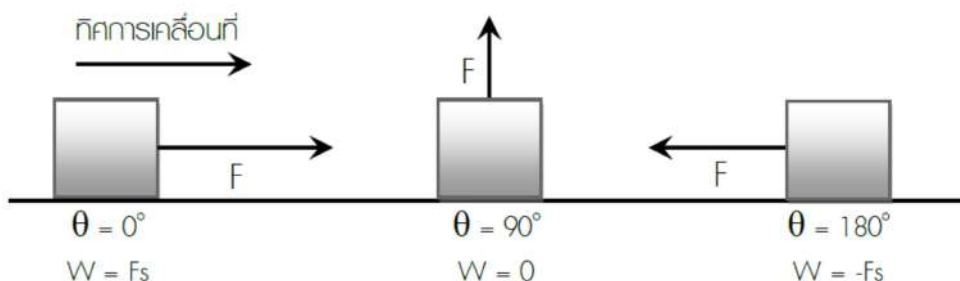
เมื่อ $\cos 0^\circ = 1$ ดังนั้น $W = Fs$ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (1) นั้นเอง

พิจารณา ถ้า $\theta = 90^\circ$ จะได้ $F\cos 90^\circ$

เมื่อ $\cos 90^\circ = 0$ ดังนั้น $W = 0$ “แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำ อยู่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะไม่เกิดงาน เนื่องจากแรงที่เราพิจารณา หรือไม่ได้ทำงานนั่นเอง”

พิจารณา ถ้า $\theta = 180^\circ$ จะได้ $W = F\cos 180^\circ$

เมื่อ $\cos 180^\circ = -1$ ดังนั้น $W = -Fs$ “แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำอยู่ในทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ จะเกิดงานที่มีค่าเป็นลบ เช่น งานของแรงเสียดทาน เป็นต้น”



การหางานด้วยวิธีการคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากกราฟ

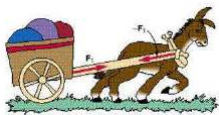
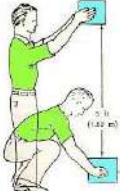
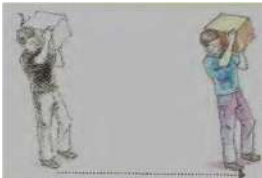


$$\begin{aligned} \text{งาน} &= F.S \\ &= \text{พื้นที่ใต้กราฟ} \end{aligned}$$

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ☒ สำหรับภาพที่คิดว่าเกิดงานในทางฟิสิกส์ และทำเครื่องหมาย ☐ X

สำหรับภาพที่คิดว่าไม่เกิดงาน พร้อมให้เหตุผล

 ม้าลากรถขยับไปข้างหน้า	☐	 ดึงสปริง	☐
 คนผลักกำแพง	☐	 รถเคลื่อนที่ลง	☐
 นั่งทำงาน	☐	 ขนอุปกรณ์	☐
 ผลักกล่องเคลื่อนที่	☐	 ดึงวัตถุขึ้น	☐
	☐	 ถือกระเป๋า	☐
 แบกกล่องเดินไปข้างหน้า	☐	 ยกน้ำหนักขณะรถวิ่ง	☐

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
 ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ให้นักเรียน แยกสถานการณ์จากรูปภาพ ว่าภาพใดเกิดงานทางฟิสิกส์ และภาพใดไม่เกิดงานทางฟิสิกส์

เกิดงานทางฟิสิกส์

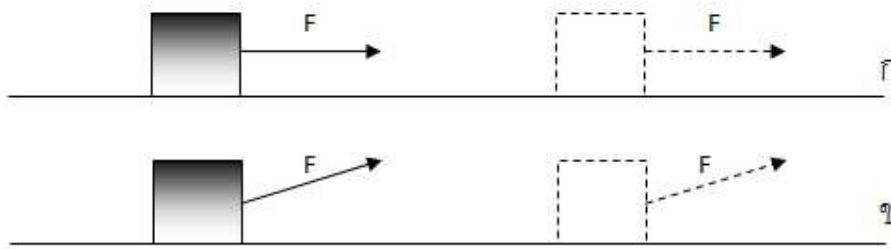
ไม่เกิดงานทางฟิสิกส์

งานในทางฟิสิกส์คือ.....

จากความหมายของงานให้นักเรียนทำนายผลการทดลองในการลากถุงทรายดังต่อไปนี้



เครื่องตั้งสปริง



จากภาพ ถ้านำถุงทรายมาลากให้เกิดการเคลื่อนที่โดยให้ได้ระยะทางทั้งสองเท่ากันแต่ลักษณะการลากที่แตกต่างกันดังภาพ ก และ ข .ให้นักเรียนทำนายว่า ในสถานการณ์ ภาพ ก และ ข ใช้แรงเท่ากันหรือสถานการณ์ใดใช้แรงมากกว่ากัน และงานที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

การทำนาย	ผลการทดลอง
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	

จากผลการทดลองเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ให้นักเรียนทำแสดงวิธีทำในการหาคำตอบทุกข้ออย่างชัดเจน

1. ออกแรงยกถุงให้เคลื่อนที่เป็นระยะทางต่างกัน งานที่ทำในแต่ละกรณีเท่ากันหรือไม่
.....
.....
2. ชายคนหนึ่งหิ้วถังน้ำหนัก 200 N เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ระยะทาง 10 m จงหางานในการหิ้วถังน้ำ
.....
.....
.....
3. ออกแรง 100 N ผลักวัตถุมวล 20 กิโลกรัม ไปบนพื้นลื่นเป็นระยะทาง 5 เมตร จงหางานของแรงที่กระทำ
.....
.....
.....
4. กล้องมวล 2 กิโลกรัม ถูกดึงด้วยแรงคงที่ 10 N ให้เคลื่อนที่บนพื้นราบที่ฝืด โดยมีความเร่งคงที่ 4 m/s^2 เป็นระยะทาง 9 เมตร จงหาปริมาณงานที่แรงเสียดทานทำได้
.....
.....
.....
.....
.....
5. มวล 1 kg มีความเร็วต้น 10 m/s มีแรง 40 N กระทำในทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเวลา 20 วินาที จงหา
งานที่เกิดขึ้นของแรงที่กระทำ
.....
.....
.....
.....
.....

6. ออกแรงดึงมวล 10 กิโลกรัม ที่วางอยู่บนพื้นเอียง ทำมุม 30 องศา กับแนวนอน ถ้าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน ระหว่างผิวของวัตถุกับพื้นเอียงเท่ากับ 0.2 งานในการนำมวลนี้ขึ้นไปตามพื้นเอียงระยะทาง 5 เมตรมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

7. ออกแรงขนาด 30 N ในทิศทำมุม 30 กับแนวนอน ดึงวัตถุมวล 2 kg ให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งคงตัวเป็นระยะทาง 10 m โดยที่พื้นมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 จงหางานของแรงลัพธ์

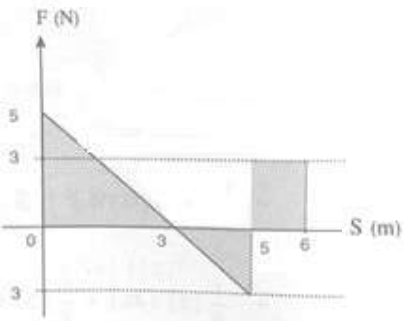
.....

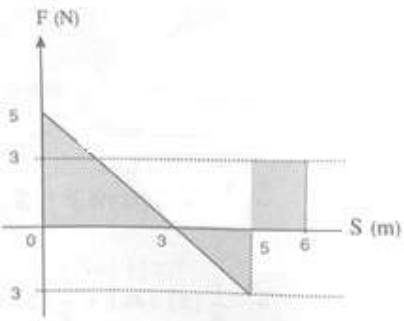
.....

.....

.....

.....

8.  จงหางานเมื่อมวลเคลื่อนที่ 0 ถึง 6 เมตร

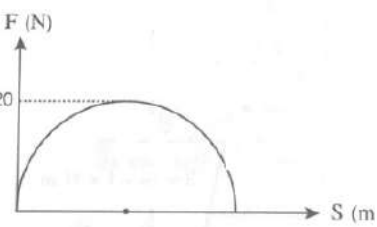


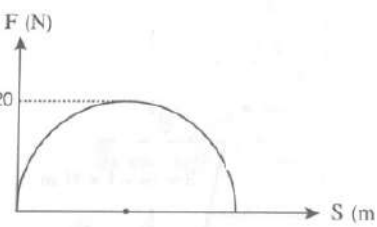
.....

.....

.....

.....

9.  จงหางานในการออกแรงกระทำกับวัตถุดังกล่าว

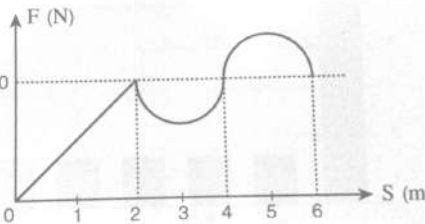


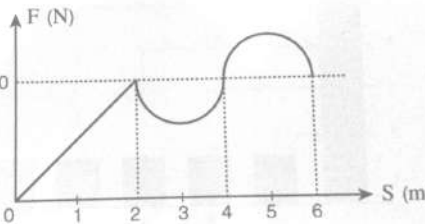
.....

.....

.....

.....

10.  จงหางานเมื่อมวลเคลื่อนที่ 0 ถึง 6 เมตร



.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

โรงเรียนสตรีศึกษา

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เรื่อง พลังงานจลน์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิชิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูล (J) ซึ่งมีหน่วยเดียวกันกับงาน โดย $1\text{ J} = 1\text{ Nm}$ ซึ่งพลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ วัตถุที่มีมวล m จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v จะมีพลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ โดยที่งานและพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กัน โดยงานที่ทำให้แก่วัตถุมวล m จะทำให้พลังงานจลน์เกิดการเปลี่ยนแปลงไป ดังสมการ $w = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายความหมายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงาน

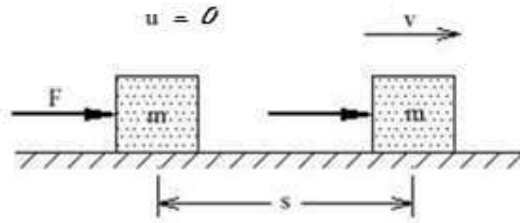
4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของพลังงานจลน์ (K)
2. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุกับพลังงานจลน์ของวัตถุได้ (P)
3. คำนวณหาพลังงานจลน์ของวัตถุเมื่อทราบมวลและอัตราเร็วของวัตถุได้ (P)
4. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

พลังงานจลน์ (Kinetic energy ; E_k) คือ พลังงานที่มีในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วของวัตถุ มีขนาดเท่ากับงานที่กระทำให้อัตราเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ของวัตถุจากหยุดนิ่ง

โดยถ้ามีแรง $\vec{F}$ มากระทำกับวัตถุมวล m จนเกิดวัตถุมีความเร่ง a จากกฎข้อที่สองของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์ของความเร่ง a มีค่าเท่ากับ $\frac{F}{m}$



ภาพที่ 1 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีแรงคงตัวกระทำทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง

จากภาพ กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเป็นระยะการกระจัด S ด้วยขนาดความเร่ง a จากหยุดนิ่ง $u = 0$ และมีอัตราเร็วสุดท้าย v จากความสัมพันธ์ตามสมการ $v^2 = u^2 + 2as$ จะได้ว่า

$$\frac{v^2}{2} = as$$

จากความเร่ง a ของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{\vec{F}}{m}$ จะได้ว่า

$$Fs = W = \frac{1}{2} mv^2$$

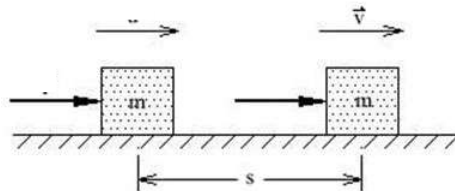
จากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ F ที่กระทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง s ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งพลังงานที่วัตถุมีขณะกำลังเคลื่อนที่นี้ เรียกว่า

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) โดยมีสมการคือ $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

งานกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของวัตถุ

ถ้างานที่เกิดจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่งมีการเคลื่อนที่ นั่นคือทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์ แต่ถ้าวัตถุที่มีพลังงานจลน์อยู่แล้ว และงานของแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำจะทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์ของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ถ้าเดิมวัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น u และมีแรงลัพธ์คงที่ F ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุในแนวการเคลื่อนที่ ทำให้วัตถุเปลี่ยนไปเป็นความเร็ว v



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีแรงคงตัวกระทำทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนความเร็ว

เนื่องจากแรงลัพธ์เป็นแรงคงตัว ดังนั้นความเร่งจึงมีค่าคงตัวด้วย จากสมการ การเคลื่อนที่ $v^2 = u^2 + 2as$ จะได้ว่า

$$v^2 - u^2 = 2as$$

จากความเร่ง a ของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{F}{m}$ จะได้ว่า

$$Fs = W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$Fs = W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

เมื่อ W คืองานของแรงลัพธ์คงตัวที่ไม่เป็นศูนย์

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 \text{ คือพลังงานจลน์ของวัตถุขณะมีความเร็วต้น}$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2 \text{ คือพลังงานจลน์ของวัตถุขณะมีความเร็วปลาย}$$

$$\Delta E_k \text{ คือพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า งานเนื่องจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป เรียกความสัมพันธ์ที่ได้นี้ว่า ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ (Work-Kinetic energy theorem)

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสอนแบบ (POE)

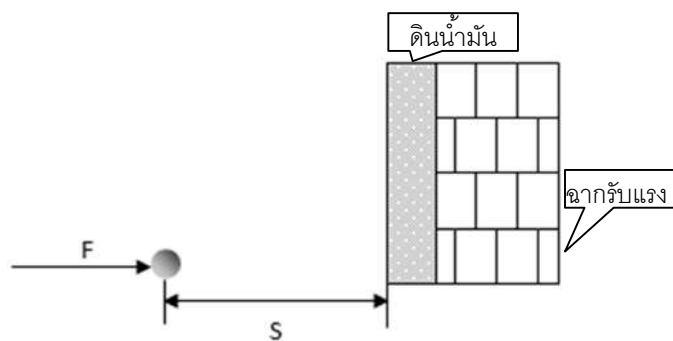
ขั้นที่ 1 ขั้นทำนาย (Predict)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน และสอบถามกับนักเรียนถึงคำว่า ชนิดและความหมายของพลังงาน ว่ามีอะไรบ้างในชีวิตประจำวันที่นักเรียนทราบ
2. ครูสนทนากับเรียนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นหรือจับต้องได้ แต่เราสามารถรับรู้จากผลของมันได้ เช่น พลังงานแสงช่วยให้เรามองเห็น รู้สึกร้อนจากพลังงานความร้อน หรือทราบว่าพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง จากการที่หลอดไฟสว่าง ซึ่งพลังงาน มีหน่วยเป็น จูล (J) หรือ แคลอรี (cal)
3. ครูถามนักเรียนว่า เมื่อเทียบกับการเรียนในเรื่องงาน ซึ่งพบว่าหน่วยของงานมีหน่วยเดียวกับพลังงานนักเรียนทราบหรือไม่ว่างานกับพลังงานมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (ครูสุ่มนักเรียนในการตอบคำถาม จนอธิบายได้ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึง ความสามารถในการทำงาน ซึ่งการทำงานจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น)
4. ครูสนทนากับนักเรียนโดยถามนักเรียนว่า ลูกบอลหรือวัตถุที่อยู่นิ่งกับลูกบอลหรือวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานหรือไม่ อย่างไร (นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม โดยครูยังไม่เฉลยคำตอบ)
5. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ถ้ามีลูกปัดกับลูกเหล็ก จะออกแบบการทดลอง อย่างไรในการหาพลังงานว่าลูกปัดกับลูกเหล็กอะไรมีพลังงานมากกว่ากัน

6. ครูแจกใบกิจกรรม โดยครูสร้างกิจกรรม ลูกกลมทรงพลัง โดยตั้งสถานการณ์เกี่ยวกับการยิงลูกกลมในแนวราบว่า ถ้าออกแรงขนาดเท่ากันในการกระทำกับลูกกลม เช่น ลูกปัด และ ลูกเหล็ก โดยมีระยะห่างของลูกกลมทั้งสองห่างจากกำแพงเท่ากัน
7. ครูตั้งคำถามว่า ผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงที่กระทำต่อลูกทั้งสองที่กระทำต่อดินน้ำมันเป็นอย่างไร แตกต่างกันหรือไม่ เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น
8. ครูตั้งคำถามนักเรียนว่าความเร็วของลูกปัด และลูกกลมเหล็ก เป็นอย่างไร
9. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่กิจกรรมที่ 2 จากคำถามที่ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากสถานการณ์เราออกแรง ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือมีความเร็วในการเคลื่อนที่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า งานที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับพลังงานอย่างไร ซึ่งพลังงานนี้ที่ขึ้นกับความเร็วนี้เรียกว่า พลังงานจลน์ (Kinetic energy)
10. ครูให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามในใบกิจกรรมก่อนการทดลอง
11. ครูสุ่มนักเรียน 2-3 กลุ่มในการตอบคำถามในใบกิจกรรมเพื่ออธิบายในการทำนาย

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต/ทดลอง/สืบค้นข้อมูล (Observe)

1. ครูแจกใบกิจกรรม ในการทดลอง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. ในการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาเรื่องพลังงานจลน์ จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลองและรับชี้แจงการทำทดลอง เพื่อหาคำตอบในแต่ละสถานการณ์ในใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางแผนในการทดลอง
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำการทดลอง เกี่ยวกับพลังงานจลน์และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์พร้อมทั้งหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ในการพิสูจน์ความจริงจากสถานการณ์ที่ครูการทดลองที่กำหนดให้ว่า สิ่งที่ทำนายนั้นเป็นจริงหรือไม่ ตามวิธีการทดลองต่อไปนี้

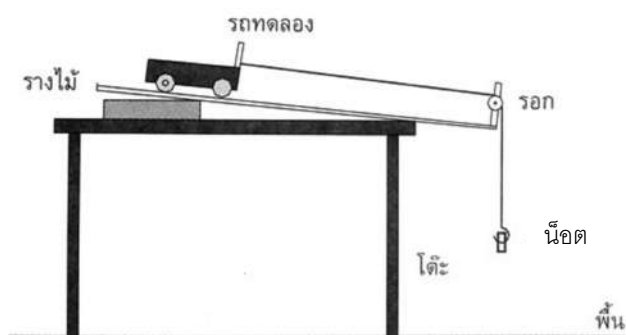


ภาพที่ 3 ลักษณะการทดลอง ลูกกลมทรงพลัง

กิจกรรมที่ 1 ลูกกลมทรงพลัง ขั้นตอนการศึกษาลูกกลมทรงพลังสำหรับวิธีการทดลองนี้ หลังจากทีนักเรียนได้ ทำนายจากใบกิจกรรมลูกกลมทรงพลังแล้ว จะให้นักเรียน ทำการทดลอง โดยยิงลูกปัด และลูกเหล็กที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ใส่กำแพงที่เป็นดินน้ำมัน ที่มีระยะ

การยิงห่างจากกำแพงเท่ากัน โดยจะใช้แรงที่มีขนาดเท่ากัน จากปากกาสปริงอันเดียวกัน ในการทดลองผลที่เกิดขึ้นกับผนังที่ทำจากดินน้ำมันเป็นอย่างไร (ซึ่งจากผลการทดลองนักเรียนจะทราบว่าลูกกลมทั้งสองมีพลังงานไม่เท่ากัน ทั้ง ๆ ที่แรงที่กระทำมีขนาดเท่ากัน เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนจะได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์)

4. ซึ่งกิจกรรมที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ มีลักษณะการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ดังนี้



ภาพที่ 4 ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์การทดลองความสัมพันธ์งานและพลังงานจลน์

5. ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีคิดในการหาค่าความเร็ว และการตีความความสัมพันธ์ระหว่างงานกับความเร็วกำลังสอง
6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปวิธีคิดในการหาค่าความเร็ว เพื่อนำไปสู่อธิบายสรุปในการทดลอง
7. นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตาราง และร่วมกันตอบคำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain)

1. ครูสุ่มให้นักเรียน 2-3 กลุ่มในการอธิบาย และร่วมกันอธิบายถึงผลที่นักเรียนได้ศึกษาจากการทำนายมาอธิบายในสถานการณ์ที่ได้ทำนายไว้ ว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเรื่องพลังงานจลน์ และความสัมพันธ์ของงานและพลังงานจลน์ โดยควรได้ข้อสรุปร่วมกันดังนี้

1. พลังงานจลน์ (Kinetic energy ; E_k) คือ พลังงานที่สะสมในรูปวัตถุอันเนื่องมาจากอัตราเร็วของวัตถุ มีขนาดเท่ากับงานที่จากการเคลื่อนที่ของวัตถุจากการหยุดนิ่ง ซึ่งการที่วัตถุจะมีพลังงานจลน์มากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดของความเร็ว และมวลของวัตถุขณะนั้น

2. แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเกิดงานที่ทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งกล่าวได้ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึง ความสามารถในการทำงาน ซึ่งการทำงานจะส่งผลให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

3. ครูถามนักเรียนว่า ถ้าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง และในขณะเดียวกันมีแรงลัพธ์กระทำกับวัตถุในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่นักเรียนคิดว่าแรงที่กระทำกับวัตถุนี้เกิดงานหรือไม่ และแรงนี้ส่งผลให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไปหรือไม่ (แรงที่กระทำนี้ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็วและการเคลื่อนที่แรงนี้จึงเกิดงาน และความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่)
4. ครูถามนักเรียนต่อว่าความเร็วที่เปลี่ยนไปนั้น พลังงานจลน์เปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง (เนื่องจากแรงที่กระทำในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่จะส่งผลให้วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นจากเดิม)
5. ครูอธิบายถึงกรณีดังกล่าวที่เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีอัตราเร็วต้นไม่เท่ากับศูนย์ แล้วมีงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาได้จากสมการ
$$F_s = W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$
จากสมการดังกล่าวเราเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ (Work-kinetic energy theorem)
6. ครูอธิบายกับนักเรียนต่อว่าพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนไปอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงที่มากระทำ เช่น ถ้าแรงมีทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนไปจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์จะมีค่าน้อยลง นั่นคือ ΔE_k เป็นลบ และงานที่กระทำทำให้พลังงานจลน์ลดลง คืองานของแรงต้านอาจจะอยู่ในรูปของพลังงานอื่นได้ เช่น ความร้อน
7. ครูยกตัวอย่างการคำนวณเรื่องพลังงานตามหนังสือเรียนเพิ่มเติม
8. ครูให้นักเรียนทำใบงาน (แบบอัตรานัย 5 ข้อ)

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการทดลอง พลังงานจลน์ และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์
2. ใบกิจกรรม POE เรื่อง พลังงานจลน์
3. ชุดอุปกรณ์การทดลองพลังงานจลน์ และชุดความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์
4. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
6. ใบความรู้ เรื่อง พลังงานจลน์
7. ใบงานแบบฝึกหัด

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

[illegible]

ข้อคิดเห็น.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะเรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

กิจกรรมคำถามเพื่อทำนายสถานการณ์

สถานการณ์	ทำนาย
1. ลูกบอลหรือวัตถุที่อยู่นิ่งกับลูกบอลหรือวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานหรือไม่ อย่างไร?	
2. ผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงที่กระทำต่อลูกปัดและลูกเหล็กที่กระทำต่อดินน้ำมันเป็นอย่างไร แตกต่างกันหรือไม่เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น	
3. จากสถานการณ์ที่ 2 ความเร็วของลูกปัด และลูกกลมเหล็ก เป็นอย่างไร?	
4. จากคำกล่าวที่ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากสถานการณ์เราออกแรงทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือมีความเร็วในการเคลื่อนที่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่างานที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ขึ้นกับความเร็วยังไง? (สามารถตอบได้ทั้งในรูปสมการและการอธิบาย)	

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมการทดลองลูกเหล็กทรง พลังและความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานจลน์	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องพลังงานจลน์
--	--	---

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

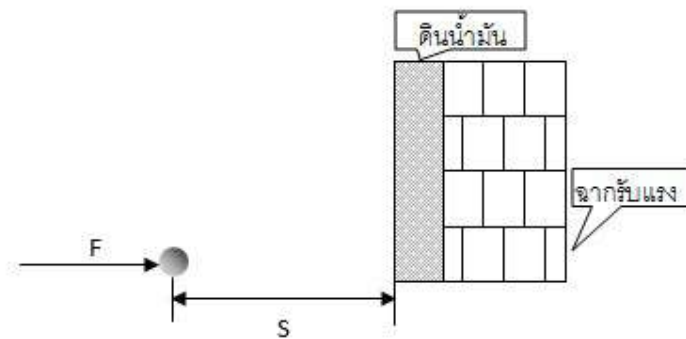
ตอนที่ 1 กิจกรรมลูกกลมทรงพลัง

ในผลของการทำนายสถานการณ์ในกิจกรรม โดยมีสถานการณ์การทำนายดังต่อไปนี้

1. ลูกบอลหรือวัตถุที่อยู่นิ่งกับลูกบอลหรือวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานหรือไม่ อย่างไร?
2. ผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงที่กระทำต่อลูกกลมทั้งสองที่กระทำต่อดินน้ำมันเป็นอย่างไร แตกต่างกันหรือไม่ เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น?
3. ความเร็วของลูกปัด และลูกกลมเหล็ก เป็นอย่างไร?
4. จากคำกล่าวที่ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึง ความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากสถานการณ์เราออกแรงทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือมีความเร็วในการเคลื่อนที่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า งานที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับพลังงานอย่างไร?

มาลองกัน!!!!

ลักษณะการวางอุปกรณ์การทดลอง

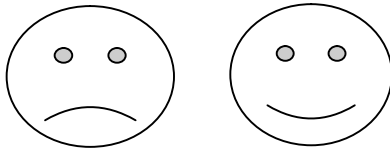


วิธีการทดลอง

1. วาดวางอุปกรณ์ดังภาพ โดยนำแผ่นดินน้ำมันมาเป็นแผ่นกันในการรับลูกกลมต่างๆ โดยนำมาติดกับฉากรับแรง
2. กำหนดระยะห่างของการออกแรงที่กระทำต่อลูกปัดและลูกเหล็กให้มีระยะห่างเท่ากันและห่างจากแผ่นดินน้ำมันไม่มากนัก
3. ในการออกแรงกระทำต่อลูกปัดและลูกเหล็กจะใช้ปืนปากกาสปริงในการยิง เพื่อควบคุมในการออกแรงที่มีขนาดเท่ากัน และในขณะยิงควรบังคับทิศทางของการเคลื่อนที่ให้เป็นแนวเส้นตรงมากที่สุด
4. บันทึกผลการทดลองที่ได้

ตารางบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

เหตุการณ์ที่สังเกต	เหตุการณ์ที่สังเกตจากการทดลอง	
	ลูกปัด	ลูกเหล็ก
1. ลักษณะการเคลื่อนที่หรือความเร็วที่เกิดขึ้นจากจากได้รับแรงกระทำ		
2. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแผ่นดินน้ำมัน เมื่อเคลื่อนที่กระทบ (ความกว้าง, ความลึก)		



ตอนที่ 2 กิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาถึงตัวแปรต่างๆรวมถึงวิธีการทดลองในหนังสือเรียน หน้า 15 และนำมาเขียนวิธีการทดลองตามความเข้าใจของกลุ่ม

จุดประสงค์

.....

วัสดุอุปกรณ์.....

.....

สมมติฐาน.....

.....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการออกแบบการทดลองทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

จากตารางผลการทดลอง ในการทดลองจะทำการจำเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ในระยะทางที่กำหนด คือ 0.5 m ให้นักเรียนออกแบบวิธีคิดในการหาความเร็วปลายว่ามีวิธีการหาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

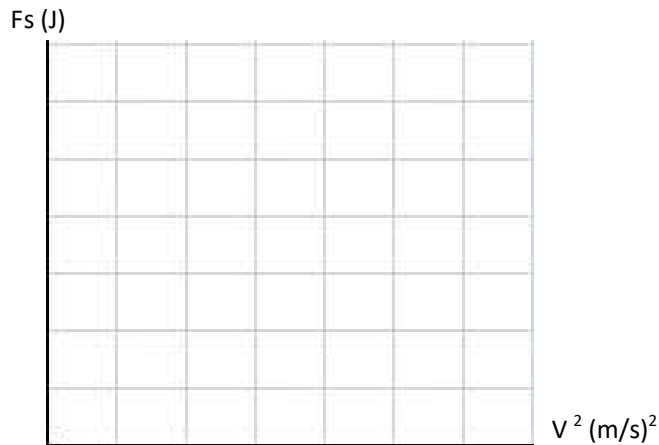
.....

.....

g ค่าแรงโน้มถ่วง 9.8 m/s²

จำนวน นี้อย	มวล ของนี้อย m'(kg)	มวล ของรถ m(kg)	ขนาดของแรง ดึงรถ $F = \frac{mm'}{m+m'} g$ (N)	ระยะที่รถ เคลื่อนที่ S (m)	เวลาในการเคลื่อนที่ (s)				ความเร็ว ปลาย v (m/s)	V^2 (m/s) ²	งานที่ทำ โดยแรง F Fs (J)
					จำนวนครั้ง			t _{AV}			
					1	2	3				
1				0.50							
2				0.50							
3				0.50							

เขียนกราฟระหว่าง งาน (Fs) กับความเร็วสุดท้ายยกกำลังสอง v^2



อภิปรายผลการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

.....

2. จากลักษณะของกราฟ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างงานกับความเร็วสุดท้ายยกกำลังสองได้อย่างไร

.....

3. จากกราฟระหว่างงาน Fs กับ v^2 ความชันของกราฟมีค่าเท่าไร และมีหน่วยอะไร และมีค่าใกล้เคียงกับวัสดุหรืออุปกรณ์ใดในการทดลอง

.....

อธิบายและสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริงจากการทำนาย

1. ลูกบอลหรือวัตถุที่อยู่นิ่งกับลูกบอลหรือวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีพลังงานหรือไม่ อย่างไร

.....

2. ผลของการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงที่กระทำต่อลูกกลมทั้งสองที่กระทำต่อดินน้ำมันเป็นอย่างไร แตกต่างกันหรือไม่ เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น

.....

3. ความเร็วของลูกปัด และลูกกลมเหล็ก เป็นอย่างไร

.....

4. จากคำกล่าวที่ว่า พลังงานเป็นปริมาณที่บอกถึง ความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากสถานการณ์เราออกแรงทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือมีความเร็วในการเคลื่อนที่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า งานที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับพลังงานอย่างไร

.....

.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

v คือ ความเร็วของวัตถุ (m/s)

The diagram illustrates a block of mass m on a horizontal surface. A force $\vec{F}$ is applied to the left of the block, pointing to the right. Above the block, two velocity vectors are shown: $\vec{u}$ (initial velocity) and $\vec{v}$ (final velocity), both pointing to the right. Below the block, a horizontal double-headed arrow indicates a distance s .

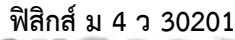
$v^2 = u^2 + 2as$ จะได้ว่า $v^2 - u^2 = 2as$ จากความเร่ง $\vec{a}$ ของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{\vec{F}}{m}$ จะได้ว่า

$$Fs=W=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mu^2 \quad \text{หรือ} \quad Fs=W=E_{k2}-E_{k1}=\Delta E_k$$

ตัวอย่างการคำนวณ

1. รถยนต์หนัก 2000 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พลังงานจลน์ของรถคันนี้มีค่าเท่ากับกี่จูล (4×10^5)

2. ลูกปืนมวล 2.0 กรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 300 เมตรต่อวินาที ไปกระทบเป้าซึ่งเป็นต้นไม้ใหญ่ ลูกปืนจมลงไปในเนื้อไม้ลึก 5.0 เซนติเมตร จงหาแรงเฉลี่ยของลูกปืนที่กระทำต่อเนื้อไม้ และงานที่ลูกปืนทำในการเคลื่อนที่เข้าไปในเนื้อไม้ ($w = 90 \text{ J}$, $F = 1800 \text{ N}$)



ใบงาน เรื่อง พลังงานจลน์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. ลูกปืน 1 ลูก มีมวล 2 กรัม เมื่อยิงปืนลูกปืนวิ่งออกจากลำกล้องยาว 0.25 เมตร ด้วยความเร็ว 150 m/s จงหา
พลังงานจลน์ของลูกปืนมีค่ากี่จูล และแรงเฉลี่ยที่ใช้ดันลูกปืนออกจากลำกล้องมีค่ากี่นิวตัน

2. รถยนต์มีมวล 1000 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อที่จะให้รถหยุดใน 5 วินาที จะต้องทำงานกี่จูล

3. นักตัวหนึ่งมีมวล 0.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมบนท้องฟ้าด้วยรัศมีการเคลื่อนที่ 15 เมตร โดยใช้เวลาเคลื่อนที่ 1 รอบ 1 นาที จงหาพลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่ที่มีค่าเท่าไร (ใบ้ : ใช้ความเร็วจากเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม)

4. ลูกบอลมวล 0.5 กิโลกรัม ถูกปล่อยจากขอบหน้าต่างสูง 30 เมตร ทำให้ลูกบอลตกลงในแนวดิ่งโดยมีความเร็วต้นเป็นศูนย์ เมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที ลูกบอลนี้จะมีพลังงานจลน์กี่จูล (En47 มี.ค.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. กล้องใบหนึ่งมีมวล 2 กิโลกรัม ไถลบนพื้นราบด้วยความเร็วต้น 2 m/s เมื่อไถลไปได้ 1 เมตร ก็หยุดนิ่ง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล้องและพื้นเป็นเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิษิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นจูล (J) ซึ่งมีหน่วยเดียวกันกับงาน โดย $1\text{ J} = 1\text{ Nm}$ ซึ่งพลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่ความสูงจากระดับอ้างอิง เมื่อวัตถุที่มีมวล m อยู่ที่มีความสูง h จะมีพลังงานศักย์ $E_p = mgh$ โดยที่งานและพลังงานศักย์มีความสัมพันธ์กัน โดยงานที่ทำได้โดยแรงลัพธ์จะเท่ากับพลังงานศักย์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป หรือ

$$Fd = W = mgh_2 - mgh_1 = E_{p2} - E_{p1} = \Delta E_p$$

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน

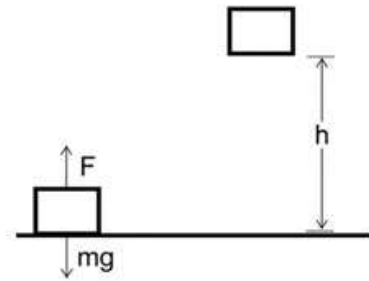
4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของพลังงานศักย์ โน้มถ่วงได้ (K)
2. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุได้ (P)
3. คำนวณหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุเมื่อทราบมวลและความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิงได้ (P)
4. จิตวิทยาาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุ เมื่ออยู่บนที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก หรือ คำน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากระดับอ้างอิง สามารถหาค่าได้

จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวดิ่ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม สามารถหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง จากงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุเมื่ออยู่บนที่สูง



ภาพที่ 1 การตกอิสระของวัตถุ

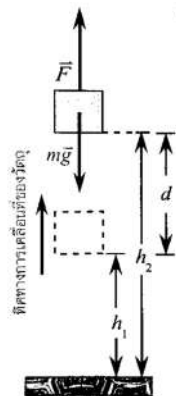
จากภาพในการยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้นไปในแนวดิ่งสูงจากพื้นความสูง h จะต้องออกแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg ดังนั้นงานในการยกวัตถุนี้เท่ากับ Fh เท่ากับ mgh ดังนั้นจะได้ว่า

$$Fh = mgh$$

งานของแรง F ที่ยกวัตถุนี้ให้สูงขึ้นจากพื้นดินเป็นระยะ h มีค่าเป็นบวก เพราะแรงมีทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ และเรียกปริมาณนี้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง

$$E_p = mgh$$

นอกจากนี้ในการทำงานในกรณีที่ยกวัตถุที่ไม่ได้อยู่ในระดับพื้นดิน โดยมีระดับอ้างอิง จะสามารถหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่มีค่าขึ้นกับความสูงของวัตถุเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงได้จาก



$$Fd = W = mgh_2 - mgh_1 = E_{p2} - E_{p1} = \Delta E_p$$

ภาพที่ 2 การยกวัตถุจากระดับอ้างอิง

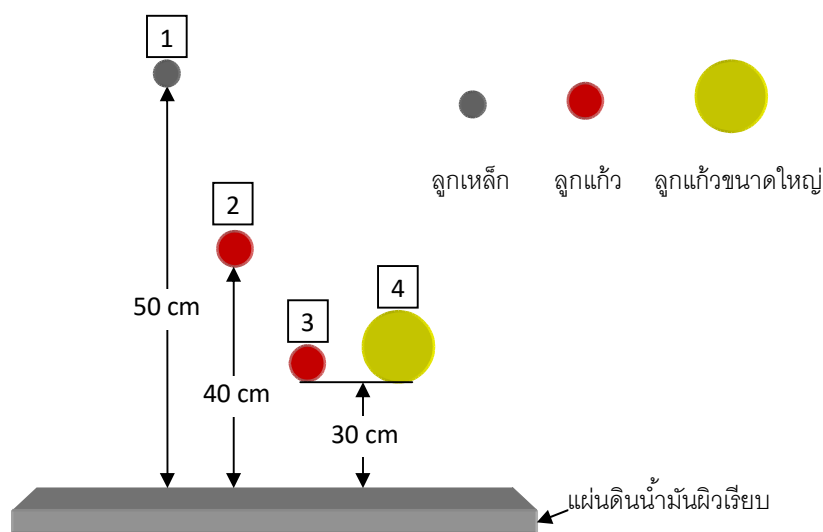
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสอนแบบ (POE)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำนาย (Predict)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน และสนทนากับนักเรียนโดยการทบทวนถึงพลังงานจลน์ว่ามีลักษณะอย่างไร และสัมพันธ์กับงานอย่างไร

2. ครูสนทนากับนักเรียนต่อว่าเวลาเดินไต่ต้นมะพร้าว และเดินไต่ต้นแตงโม เราลูกสีกระแวง หรือรู้สีกระแวงไต่ต้นอะไรดีกว่ากัน เพราะอะไร (นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม โดยครูยังไม่อธิบายคำตอบ)
3. ครูสนทนากับนักเรียนโดยถามนักเรียนว่า ลูกมะพร้าวกับลูกแตงโมที่อยู่บนต้น มีพลังงานหรือไม่อย่างไร และถ้ามีอะไรมีมากกว่ากัน (นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม โดยครูยังไม่อธิบายคำตอบ)
4. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 4.1 โดยครูสร้างกิจกรรม ลูกกลมทรงพลัง โดยตั้งสถานการณ์เกี่ยวกับการปล่อยลูกกลมในแนวดิ่งว่า โดยให้นักเรียนทำนายผลถึงการปล่อยว่าลักษณะใดจะมีการยุบตัวของแผ่นดินน้ำมันมากกว่ากัน เพราะอะไร

สถานการณ์การทดลอง

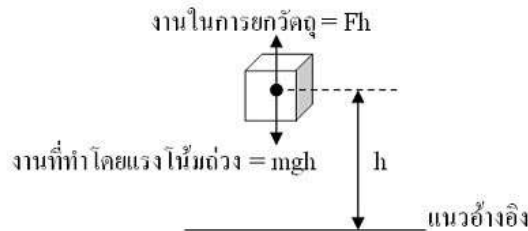


ภาพที่ 3 สถานการณ์การทดลอง

5. ครูให้นักเรียนทำนายจากสถานการณ์ว่าในสถานการณ์การปล่อยลูกกลม ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อเคลื่อนที่ตกลงมาบนแผ่นดินน้ำมัน ตำแหน่งใดจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงต่อดินน้ำมันมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับอุปกรณ์ และทำการทดลองปล่อยลูกกลมต่างๆแต่ละสถานการณ์ตามที่ได้ทำนายไว้ เพื่อดูผลของการทดลองว่าเป็นไปอย่างไร
7. ครูสุ่มนักเรียนสองถึงสามกลุ่มในการอธิบายว่าแต่ละสถานการณ์เป็นอย่างไร
8. ครูถามถึงผลของนักเรียนว่ามีแรงอะไรที่กระทำกับลูกกลมบ้าง และความสูงมีผลต่อลูกกลมในการเคลื่อนที่หรือไม่ (ครูสุ่มนักเรียน 2-3 กลุ่ม ในคำตอบ จนได้ข้อสรุปว่า แรงที่กระทำต่อ

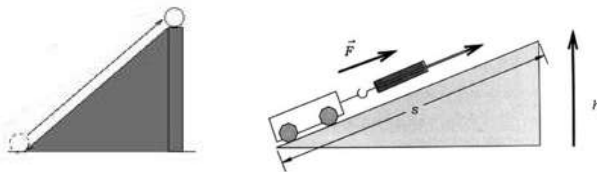
ลูกกลมคือแรงโน้มถ่วง และความสูงมีผลต่อค่าพลังงานที่สะสมในลูกเหล็ก ซึ่งพลังงานนี้เราเรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy)

9. จากนั้น ครูกับนักเรียนร่วมกันอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง งานกับพลังงานศักย์ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในการวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อวัตถุ จนกระทั่งสรุปได้ว่า เมื่อออกแรงยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งงานที่ทำได้จะเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์

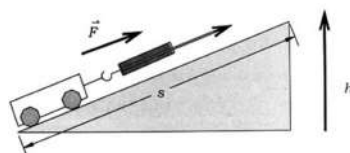
10. จากนั้นครูให้ตัวแทน 1 กลุ่มนำลูกกลมแต่ละอันไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาแรงที่กระทำต่อแผ่นดินน้ำมันว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของทฤษฎีบทงานและพลังงานหรือไม่
11. จากนั้นครูถามนักเรียนว่า ถ้าเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ได้อยู่ในแนวตั้ง แต่วัตถุถูกยกให้สูงขึ้นเท่าเดิม เช่นในกรณีลากวัตถุขึ้นบนพื้นเอียง ให้นักเรียนทำนายว่างานที่ทำได้จะเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงเหมือนเดิมหรือไม่ เพราะอะไร



ภาพที่ 5 สถานการณ์การออกแรงลากวัตถุขึ้นไปบนพื้นเอียง

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต/ทดลอง/สืบค้นข้อมูล (Observe)

1. ครูแจกใบกิจกรรมในการทดลอง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. ในการทำกิจกรรมเพื่อศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลองและรับชี้แจงการทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบในแต่ละสถานการณ์ในการทำนายเพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางแผนในการทดลอง
3. ซึ่งกิจกรรมที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์ มีลักษณะการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ดังนี้



ภาพที่ 6 การทดลอง

4. นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตาราง และร่วมกันตอบคำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน

ขั้นที่ 3 อธิบาย (Explain)

1. ครูสุ่มให้นักเรียน 2-3 กลุ่มในการอธิบาย และร่วมกันอธิบายถึงผลที่นักเรียนได้ศึกษาจากการทำนายมาอธิบายในสถานการณ์ที่ได้ทำนายไว้ ว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเรื่องพลังงานศักย์และความสัมพันธ์ของงานและพลังงานศักย์ โดยควรได้ข้อสรุปร่วมกันดังนี้
 1. พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุ เมื่ออยู่บนที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก หรือ ค่าน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากพื้นโลก สามารถหาค่าได้จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวตั้ง
 2. การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุจะไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่จะขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงเพียงอย่างเดียว
3. ครูอธิบายถึงกรณีดังกล่าวที่เป็นการพิจารณาเมื่อวัตถุไม่ได้อยู่ในระดับพื้นดิน หรือจุดอ้างอิงอยู่ในตำแหน่งความสูงใดๆ แล้วงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนไป โดยพิจารณาได้จากสมการ

$$Fd=W=mgh_2-mgh_1=E_{p2}-E_{p1}=\Delta E_p$$

4. ครูยกตัวอย่างการคำนวณเรื่องพลังงานตามหนังสือเรียนเพิ่มเติม
5. ครูให้นักเรียนทำใบงานแบบอัตโนมัติ 5 ข้อ 15 คะแนน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการทดลอง พลังงานศักย์ และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์
2. ใบกิจกรรม POE เรื่อง พลังงานศักย์
3. ชุดอุปกรณ์การทดลองพลังงานศักย์และชุดความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์
4. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
6. ใบความรู้เรื่องพลังงานศักย์

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

แบบบันทึกการสังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียน
 สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

เรื่อง..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

กลุ่มที่	รายการประเมิน																รวมคะแนน
	ตอบคำถามได้ถูกต้อง				มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม				การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน				การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม				
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1		

ข้อคิดเห็น.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะที่เรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

แบบบันทึกการสังเกตการปฏิบัติงานกลุ่ม

เรื่องชั้น วันที่ กลุ่ม

คำชี้แจง สังเกตการทำงานรายกลุ่มของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

พฤติกรรม กลุ่มที่	การแสดงออกใน ความคิดเห็น				การวางแผน ร่วมกัน				ความตรงต่อ เวลา				การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย				รวม คะแนน (16)
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานกลุ่ม 4 = ปฏิบัติตลอดเวลาที่ร่วมกิจกรรม ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 3 = ปฏิบัติบางครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 2 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่ม 1 = ปฏิบัติเพียง 1 – 2 ครั้ง ผลจากการปฏิบัติมีประโยชน์ต่อกลุ่มเล็กน้อย	เกณฑ์การประเมิน <table border="1"> <tr> <th>ช่วง คะแนน</th><th>ผลการ ประเมิน</th></tr> <tr> <td>1 – 5</td><td>ปรับปรุง</td></tr> <tr> <td>6 – 10</td><td>พอใช้</td></tr> <tr> <td>11 – 16</td><td>ดี</td></tr> <tr> <td colspan="2"> เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป </td></tr> </table>	ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน	1 – 5	ปรับปรุง	6 – 10	พอใช้	11 – 16	ดี	เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	
ช่วง คะแนน	ผลการ ประเมิน										
1 – 5	ปรับปรุง										
6 – 10	พอใช้										
11 – 16	ดี										
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป											

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

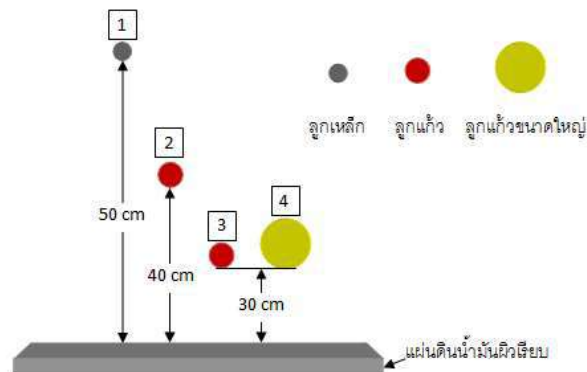
...../...../.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมทำนายลูกเหล็กทรงพลัง และความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานศักย์	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องพลังงานจลน์
--	--	---

กลุ่มที่.....

กิจกรรมคำถามเพื่อทำนายสถานการณ์

จากสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายว่าที่ความสูงต่างกันและลูกกลมต่างชนิดกันดังสถานการณ์ในภาพ ให้นักเรียนทำนายว่าตำแหน่งหมายเลขใดมีผลต่อการยุบตัวของดินน้ำมันมากที่สุด



ผลการทำนาย

เรียงลำดับหมายเลขที่มีผลต่อการยุบตัวของดินน้ำมันจากมากไปน้อย

> > >

เพราะอะไร (อธิบายตามความคิดเห็น)

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

ผลการทดลองที่เกิดขึ้น

> > >

เพราะอะไร และอะไรบ้างที่เป็นตัวกำหนด.....

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

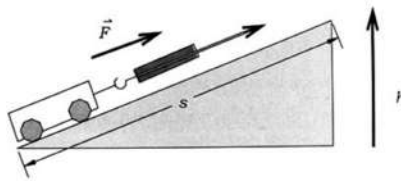
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมการทดลองเข็นรถทรง พลังงานศักย์	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องพลังงานจลน์
---	--	--

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

กิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์

ให้นักเรียนทำนายผลก่อนการทดลอง



จากภาพให้นักเรียนทำนายว่าถ้าระยะทางเท่ากันคือระยะทางบนพื้นเอียง แต่ความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นักเรียนคิดว่า งานที่เกิดขึ้น และพลังงานศักย์เนื่องจากความสูง จะเท่ากันหรือไม่

ทำนายผล.....เพราะ.....

.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาถึงตัวแปรต่างๆรวมถึงวิธีการทดลองในหนังสือเรียน หน้า 23 และนำมาเขียนวิธีการทดลองตามความเข้าใจของกลุ่ม

จุดประสงค์

วัสดุอุปกรณ์.....

สมมุติฐาน.....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการออกแบบการทดลองทั้งหมด

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

g ค่าแรงโน้มถ่วง 9.8 m/s²

น้ำหนักรถทดลอง mg (N)

ความสูง h (m)	ขนาดของแรง ดึงดูดขึ้น F (N)	ขนาดของแรง ดึงดูดปล่อยรถลง F (N)	แรงดึงดูด เฉลี่ย F _{av} (N)	ระยะทาง บนพื้นเอียง S (m)	งานที่ทำโดย แรงดึงดูด w=F _{av} S (J)	พลังงานศักย์ โน้มถ่วง E _p =mgh (J)
0.30						
0.40						
0.50						

อภิปรายผลการทดลอง

1. ในการทดลองแต่ละครั้ง ขณะที่รถเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วคงที่ตามแนวรางไม้ ขนาดของแรงดึงดูดทดลองเท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร
-
-
2. งานที่ทำโดยแรงดึงดูด F_{av} จากการทดลองที่มุมเอียงต่าง ๆ กัน เท่ากันหรือไม่ อย่างไร
-
-
3. งานที่ทำโดยแรงดึงดูด F_{av} จะเท่ากับพลังงานศักย์โน้มถ่วงของรถทดลองที่เพิ่มขึ้นหรือไม่
-
-

อธิบายและสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริงจากการทำนาย

จากการทำนายเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

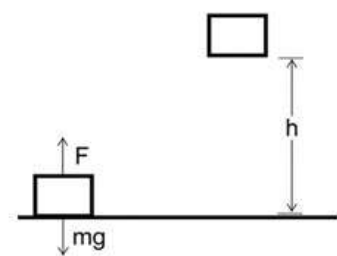
โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

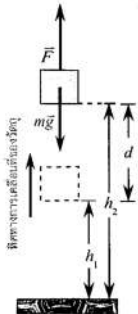
พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุ เมื่ออยู่บน ที่สูง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก หรือ ค่าน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากระดับอ้างอิง สามารถหาค่าได้จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยน

ตำแหน่งของวัตถุในแนวตั้ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม สามารถหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง จากงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุเมื่ออยู่บนที่สูง จากภาพในการยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้นไปในแนวตั้งสูงจากพื้นความสูง h จะต้องออกแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับ



ภาพที่ 7 การตกอิสระของวัตถุ



ขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg ดังนั้นงานในการยกวัตถุนี้เท่ากับ Fs เมื่อ $s=h$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$W = Fs = mgh$$

งานของแรง F ที่ยกวัตถุนี้ให้สูงขึ้นจากพื้นดินเป็นระยะ h มีค่าเป็นบวก เพราะแรงมีทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ และเรียกปริมาณนี้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง

$$E_p = mgh$$

นอกจากนี้ในการทำงานในกรณีที่ยกวัตถุที่ไม่ได้อยู่ในระดับพื้นดิน โดยมีระดับอ้างอิง จะสามารถหา พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่มีค่าขึ้นกับความสูงของวัตถุเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงได้จาก

$$Fd = W = mgh_2 - mgh_1 = E_{p2} - E_{p1} = \Delta E_p$$

ดังนั้น งานของแรงที่ยกวัตถุ ให้สูงขึ้นจากระดับเดิม จะเท่ากับผลต่างของพลังงานงานศักย์โน้มถ่วงที่ระดับที่สอง คือพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่เพิ่มขึ้น

ตัวอย่างการคำนวณ

1 วัตถุก้อนหนึ่งอยู่สูงจากพื้น 10 m มีพลังงานศักย์ เทียบกับพื้นดิน 200 จูล ถ้าวัตถุตกลงมาต่ำกว่าตำแหน่งเดิม 3 เมตร จงหาพลังงานศักย์เทียบกับพื้นดิน

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปล่อยลูกบอลมวล 0.5 kg จากที่สูง 2 m เมื่อลูกบอลกระทบพื้นได้ ศูนย์เสียพลังงานศักย์ไป 20 เปอร์เซ็นต์ จงหาว่าลูกบอลจะกระดอนขึ้นไปได้สูงกี่เมตร

.....

.....

.....

.....

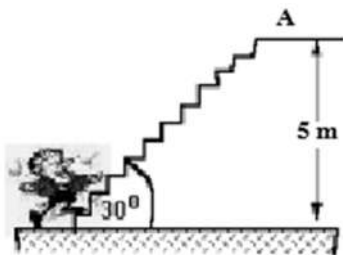
.....

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน
ใบงานเรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. พลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจะมีค่า(มข 29)
 - ก. แปรโดยตรงกับระยะทางจากพื้นโลก
 - ข. แปรผกผันกับระยะทางจากพื้นโลก
 - ค. แปรโดยตรงกับกำลังสองของระยะทางจากพื้นโลก
 - ง. แปรผกผันกำลังสองของระยะทางจากพื้นโลก
2. มวล A ขนาด 10 กิโลกรัม อยู่สูงจากพื้นโลก 1 เมตร กับมวล B ขนาด 5 กิโลกรัม อยู่สูงจากพื้นโลก 1.5 เมตร อัตราส่วนของพลังงานศักย์ของ A ต่อ B เป็นเท่าไร

3. นักเรียนคนหนึ่งมวล 40 กิโลกรัม เดินขึ้นบันไดดังรูป เมื่อถึงจุด A นักเรียนต้องทำงานอย่างน้อยที่สุดเท่าไร



4. วัตถุมวล 10 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 1.25 เมตร ลงกระทบพื้นทราย พบว่าจมลงไปในทราย 50 เซนติเมตร แล้วหยุด จงหาแรงต้านเฉลี่ยของทรายกระทำต่อวัตถุในหน่วยนิวตัน

5. ชายคนหนึ่งยกกล่องที่มีขนาดเท่ากัน 6 ใบ มาซ้อนกัน กล่องแต่ละใบมีมวล 10 กิโลกรัม และสูง 0.4 เมตร
จงหา

ก. พลังงานศักย์ของกล่องใบที่ 1

ข. งานที่ชายคนนี้ทำในการยกกล่องใบที่สองซ้อนกล่องใบที่หนึ่งแล้วนำใบที่สามซ้อนใบที่สองและกระทำ
เช่นนี้จนครบหกใบ

ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของกล่องทั้งหมด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิชิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elasticity Potential Energy) เป็นพลังงานในวัตถุที่มีกรเคลื่อนที่คล้ายแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่าย มีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เช่น ขดลวดสปริง ยาง หนังสือตกที่ถูกยืด สายคันธนูที่ถูกโก่งงอ เป็นต้น トラバใดที่สิ่งเหล่านี้ยังไม่ถูกปล่อยจากแรงกระทำให้เคลื่อนที่อิสระ トラバนั้นก็จะมีพลังงานศักย์สะสมในตัวมันเอง เมื่อปล่อยให้มันเป็นอิสระ พลังงานศักย์ดังกล่าวจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกล

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

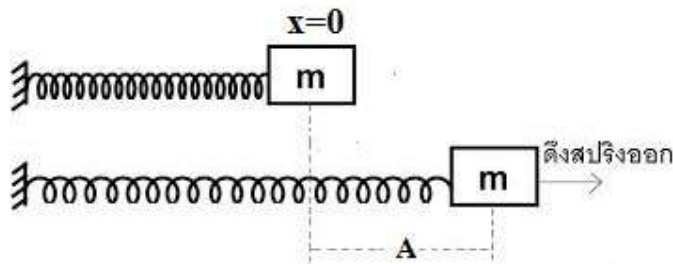
1. อธิบายความหมายของพลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้ (K)
2. อธิบายความหมายของตำแหน่งสมดุลของสปริงได้ (K)
3. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่ยืดออกได้ (P)
4. อธิบายกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกในการอธิบาย พลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้ (K)
5. คำนวณหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงเมื่อทราบค่าคงตัวสปริง และระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุลได้ (P)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elasticity Potential Energy) เป็นพลังงานในวัตถุที่มีการเคลื่อนที่คล้ายแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่าย มีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เช่น ขดลวดสปริง ยาง หนังสือที่ถูกล็อก สายคันธนูที่ถูกโก่งนิ้ว เป็นต้น トラバใดที่สิ่งเหล่านี้ยังไม่ถูกปล่อยจากแรงกระทำทำให้เคลื่อนที่อิสระ トラバนั้นก็จะมีพลังงานศักย์สะสมในตัวมันเอง เมื่อปล่อยให้มันเป็นอิสระ พลังงานศักย์ดังกล่าวจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกล ซึ่งในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงสปริง (F) กับระยะยืด (X) พบว่าเมื่อออกแรงมากสปริงจะยืดมาก นำค่าแรงดึง F และระยะยืด X มาเขียนกราฟจะได้กราฟเส้นตรง ดังนั้น $F \propto X$ หรือ $F = kX$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของสปริงหรือค่านิสสปริง แต่งานที่ใช้ในการกดหรือดึงสปริงคือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

$E_p = \frac{1}{2} kX^2$ ซึ่งในการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจะมีค่าเท่ากับ ศูนย์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาอยู่ ณ ตำแหน่งสมดุล $X = 0$ และมากที่สุดเมื่อ $X = A$ คือ อยู่ ณ ปลายทางจร ดังนั้นกล่าวได้ว่า

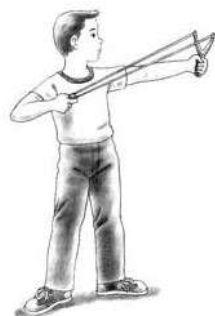


$$E_p = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} kA^2$$

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสอนแบบ (POE)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำนาย (Predict)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน และสนทนากับนักเรียนโดยการทบทวนถึงรูปแบบพลังงานต่างๆที่ได้เรียนผ่านมามีอะไรบ้าง และสัมพันธ์กับงานอย่างไร
2. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันที่นักเรียนพบเห็นที่เกี่ยวข้องแต่ละรูปแบบของพลังงาน พร้อมอธิบายเหตุผลนั้น (เช่น การออกแรงเตะลูกฟุตบอลให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว การเคลื่อนที่ของลูกบอลมีพลังงานจลน์ หรือการตกของลูกแอปเปิ้ลจากพื้นดินเป็นพลังงานศักย์สะสมในรูปของพลังงานศักย์โน้มถ่วง)
3. ครูถามนักเรียนต่อว่า นอกจากพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์โน้มถ่วงแล้ว ยังมีรูปแบบพลังงานอื่นอีกหรือไม่ (ครูให้ตัวแทนกลุ่มตอบคำถามพร้อมอธิบายในคำถาม)
4. ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าการยิงหนังสติ๊กโดยการออกแรงดึง หนังสติ๊กมีพลังงานหรือไม่ ถ้าเป็นรูปแบบพลังงานใด เพราะอะไร (ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาถึงสถานการณ์ที่เป็นไปได้ เกี่ยวกับลักษณะของหนังสติ๊ก)



ภาพที่ 1 การยิงหนังสติ๊ก

5. ครูยกสถานการณ์การยิงหนังสติ๊กให้นักเรียนทำนาย ว่า

1. หนังสติ๊กขณะดึงนั้นเกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่อย่างไร ถ้าเกิดงาน งานนี้สัมพันธ์กับพลังงานหรือไม่

2. ถ้าจะทำหนังสติ๊กให้เด็กอายุ 3 ขวบ เล่นโดยต้องการให้หนังสติ๊กสามารถยิงลูกหินได้ไกลที่สุดสำหรับเด็กอายุ 3 ขวบ ควรใช้ยางหนังสติ๊กขนาดใหญ่หรือเล็ก เพราะเหตุใด ถ้าสมมุติว่ายางที่ใช้ทำหนังสติ๊กเป็นยางชนิดเดียวกัน

3. ในการพิสูจน์ในการหางานที่เกิดขึ้น โดยครูให้สถานการณ์เพื่อการพิสูจน์ในการทำนาย โดยครูชี้แจงว่าอุปกรณ์ที่ในการทดลองให้ประกอบด้วย

1. เครื่องชั่งสปริง
2. หนังสติ๊ก 2 เส้นที่มีขนาดต่างกัน
3. ไม้บรรทัด

ครูใช้คำถามชี้นำสถานการณ์ว่า งานสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ ดังนั้น ถ้าหนังสติ๊กเกิดงานหรือทำงานได้มาก พลังงานที่เกิดขึ้นก็มีมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งส่งผลให้สามารถยิงหนังสติ๊กได้ไกลขึ้นเช่นกัน จากคำถามนี้ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการทดลอง ตารางการทดลอง ในการหางานที่เกิดขึ้นโดยหนังสติ๊ก ว่ามีวิธีการทดลองอย่างไรเพื่อนำไปหาพลังงานในการอธิบายการยิงของหนังสติ๊กว่าเส้นเล็กกับเส้นใหญ่อันไหนยิงได้ไกลกว่ากัน สำหรับเด็กอายุสามขวบ

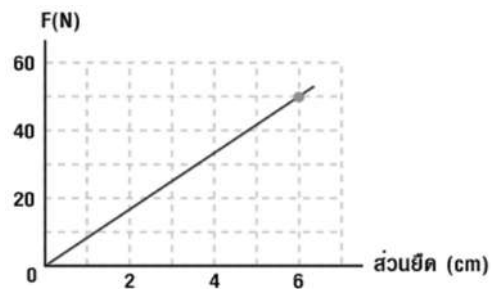
6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำนาย และออกแบบวิธีการทดลอง ตารางการทดลอง ที่จะทดลองเพื่อหางานด้วยวิธีใดจะง่ายที่สุดโดยเขียนลงในกระดาษปรูเตอร์ (ครูกำหนดเวลาในการออก 15 นาที)

7. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทำนายและวิธีการออกแบบในกลุ่มว่าวางแผนในการทดลองอย่างไร โดยครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาจนได้ข้อสรุปถึงวิธีการทดลอง (ในการทดลองจะมีลักษณะการทดลองดังนี้ โดยในการทดลองจะใช้ตาชั่งสปริงในการดึงหนังสติ๊กออก โดยกำหนดระยะยืดของหนังสติ๊ก เช่น ระยะยืด 0 cm จากนั้นอ่านค่าแรงจากเครื่องชั่งสปริง

จากนั้นยืดออกอีก 5, 10, 15 cm และอ่านค่าแรงจากเครื่องชั่งสปริง ตามลำดับ โดยกระทำทั้งสองขนาด โดยการออกแบบตารางบันทึกผลอาจมีดังนี้

เส้นเล็ก		เส้นใหญ่	
ระยะยืด (cm)	แรง (N)	ระยะยืด (cm)	แรง (N)
0		0	
0.5		0.5	
1		1.0	
1.5		1.5	

จากนั้นนำค่า แรง และ ระยะยืดไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ โดยที่ตัวแปรต้น คือระยะยืดคือแกน นอน และตัวแปรตาม แรง คือแกนตั้ง



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยกราฟ

จากกราฟสำหรับการวิเคราะห์ ค่าความชัน คือค่าคงตัวของหนึ่งยาง (ถ้าใช้สปริงแทน จะเป็นค่าคงที่ของสปริง k) และพื้นที่ใต้กราฟคืองานที่เกิดขึ้น)

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต/ทดลอง/สืบค้นข้อมูล (Observe)

1. ครูแจกใบกิจกรรมตัวอย่าง ในการทดลอง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ร่วมกันออกแบบการทดลอง ตารางผลการทดลอง
3. นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตาราง และร่วมกันตอบคำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explain)

1. ครูสุ่มให้นักเรียนในการอธิบาย และร่วมกันอธิบายถึงผลที่นักเรียนได้ศึกษาจากการทำนายนมาอธิบายในสถานการณ์ที่ได้ทำนายไว้ ว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเรื่องพลังงานศักย์ยืดหยุ่นและความสัมพันธ์ของงานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น โดยควรได้ข้อสรุปร่วมกันดังนี้

1. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic Potential Energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุที่ติดกับสปริงที่ถูกทำให้ยืดออก หรือ หดเข้า จากตำแหน่งสมดุล แรงที่กระทำต่อสปริงมีค่าไม่คงที่ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์ แรงที่นำไปใช้จึงเป็นค่าเฉลี่ย

2. งานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$w = E_p = \frac{1}{2} kx^2$$

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายจากใบความรู้เพิ่มเติมและให้นักเรียนทำแบบทดสอบ

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการทดลอง ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น
2. ใบกิจกรรมการทำนาย
3. ชุดอุปกรณ์การทดลอง
4. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
6. ใบความรู้เรื่องพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมทำนายการยิงหนังสติ๊ก	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องพลังงานศักย์ยืดหยุ่น
---	---	---

กลุ่มที่.....

กิจกรรมคำถามเพื่อทำนายสถานการณ์

จากสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายว่าในการทำหนังสติ๊กให้เด็กเล่นและยิงได้ไกลที่สุด ควรจะใช้เส้นยางหนังสติ๊กเล็กหรือเส้นใหญ่



เส้นใหญ่



เส้นเล็ก

1. หนังสติ๊กขณะตึงนั้นเกิดงานทางฟิสิกส์หรือไม่อย่างไร ถ้าเกิดงาน งานนี้สัมพันธ์กับพลังงานหรือไม่

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าจะทำหนังสติ๊กให้เด็กอายุ 3 ขวบ เล่นโดยต้องการให้หนังสติ๊กสามารถยิงลูกหินได้ไกลที่สุดสำหรับเด็กอายุ 3 ขวบ ควรใช้เส้นยางหนังสติ๊กขนาดใหญ่หรือเล็ก เพราะเหตุใด ถ้าสมมุติว่าอย่างที่ใช้ทำหนังสติ๊กเป็นยางชนิดเดียวกัน

.....

.....

.....

.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม งานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น อย่างสติก	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องพลังงานศักย์ยืดหยุ่น
--	--	--

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนจุดประสงค์ของการทดลองในการศึกษาตามแนวคิดของกลุ่มในการหางานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของหนังสติก



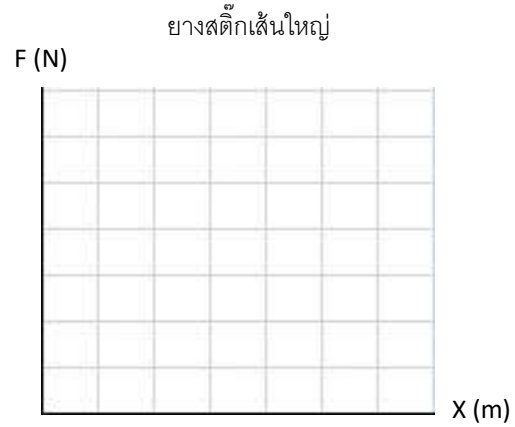
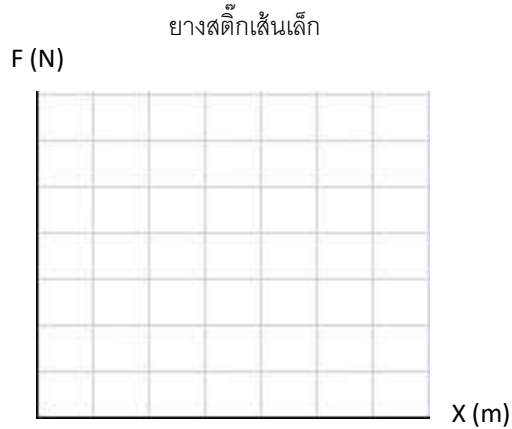
ถ้าจะทำหนังสติกให้เด็กอายุ 3 ขวบ เล่น โดยต้องการให้หนังสติกสามารถยิงลูกหินได้ไกลที่สุดควรใช้จะใช้หนังสติกขนาดใหญ่หรือเล็ก เพราะเหตุใด ถ้าสมมุติว่ายางที่ใช้ทำหนังสติกเป็นยางชนิดเดียวกัน และเด็กสามารถออกแรงได้มาสุด 9 N

.....
.....

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง นักเรียนร่วมกันออกแบบตารางผลทดลองในการหางาน

เขียนกราฟในการหางาน (Fs) ของหนังสติ๊ก



อภิปรายผลการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

.....

2. ความชันของกราฟคือค่าอะไร

.....

3. จากกราฟระหว่าง F กับ S พื้นที่ใต้กราฟคือค่าอะไร ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ ในการอธิบาย พร้อมหาค่าพื้นที่ใต้กราฟนั้น

.....

.....

.....

อธิบายและสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริงจากการทำนาย

1. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีสมการสัมพันธ์กับงานอย่างไร และมีความหมายว่าอย่างไร

.....

.....

2. จากกราฟระหว่างยางหนังสติ๊กเส้นใหญ่กับเส้นเล็ก อะไรมีเกิดงาน และมีพลังงานมากกว่ากัน

.....

.....

3. ถ้าจะทำหนังสติ๊กให้เด็กอายุ 3 ขวบ เล่น โดยต้องการให้หนังสติ๊กสามารถยิงลูกหินได้ไกลที่สุดควรใช้ยางหนังสติ๊กขนาดใหญ่หรือเล็ก เพราะเหตุใด ถ้าสมมุติว่ายางที่ใช้ทำหนังสติ๊กเป็นยางชนิดเดียวกัน และเด็กสามารถออกแรงได้มากที่สุด 9 N

.....

.....

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้ เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

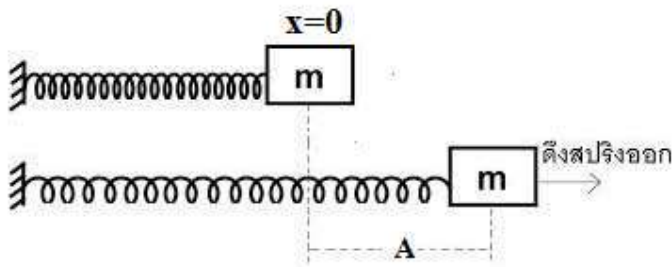
ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elasticity Potential Energy) เป็นพลังงานในวัตถุที่มีการเคลื่อนที่คล้ายแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกอย่างง่าย มีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เช่น ขดลวดสปริง ยาง หนังสือที่ถูกยืด สายคันธนูที่ถูกโก่งนิ้ว เป็นต้น トラバใดที่สิ่งเหล่านี้ยังไม่ถูกปล่อยจากแรงกระทำทำให้เคลื่อนที่อิสระ トラバนั้นจะมีพลังงานศักย์สะสมในตัวมันเอง เมื่อปล่อยให้มันเป็นอิสระ พลังงานศักย์ดังกล่าวจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลซึ่งในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงสปริง (F) กับระยะยืด (X) พบว่าเมื่อออกแรงมากสปริงจะยืดมาก นำค่าแรงดึง F และระยะยืด X มาเขียนกราฟจะได้กราฟเส้นตรง ดังนั้น $F \propto X$ หรือ $F = kX$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของสปริงหรือค่านิจสปริง แต่งานที่ใช้ในการกดหรือดึงสปริงคือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

$E_p = \frac{1}{2} kX^2$ ซึ่งในการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจะมีค่าเท่ากับ ศูนย์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาอยู่ ณ ตำแหน่งสมดุล $X = 0$ และมากที่สุดเมื่อ $X = A$ คือ อยู่ ณ ปลายทางจร ดังนั้นกล่าวได้ว่า



$$E_p = \frac{1}{2} kS^2$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานจลน์ (จูล)
k คือ ค่านิจสปริง (N/m)
S คือ ระยะยืดหรือหด (m)

$$E_p = \frac{1}{2} kS^2 = \frac{1}{2} kA^2$$

ตัวอย่างการคำนวณ

1. เครื่องชั่งสปริงสามารถอ่านได้การยืดออกของสปริงที่ระยะ 20 cm ได้ 40 N จงหาค่านิจของสปริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สปริงตัวหนึ่งมีค่านิจสปริง 250 N/m วางอยู่บนพื้นโต๊ะเกลี้ยง ออกแรงดึงสปริงขนาดเท่ากับพื้น ให้ยืดออกเป็นระยะ 5 cm จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นมีค่ากี่จูล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

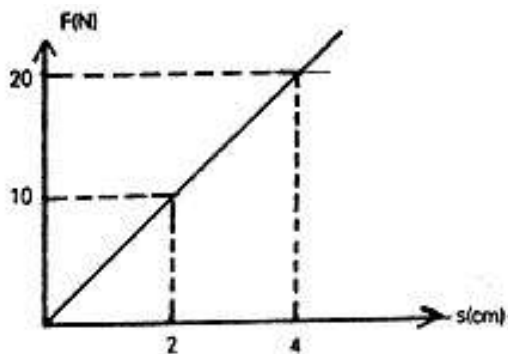
.....

.....

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน
ใบงานเรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. สปริงตัวหนึ่งมีความยาวปกติ 1 เมตร และมีค่านิจสปริง 100 นิวตัน/เมตร ต่อมาถูกแรงกระทำแล้วทำให้ยืดออกและมีความยาวเปลี่ยนเป็น 1.2 เมตร จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นขณะที่ถูกแรงนี้กระทำ
2. สปริงตัวหนึ่งเมื่อออกแรงกระทำ 100 นิวตัน จะยืดได้ 0.5 เมตร หากเปลี่ยนแรงกระทำเป็น 200 นิวตัน ขณะนั้นสปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่าใด
3. จากการทดลองในการหาความสัมพันธ์ของขนาดของแรงกับระยะยืดออกได้กราฟดังรูป จงหาค่านิจของสปริงมีค่าเท่าไร



4. จากข้อ 3 จงหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ถ้าสปริงถูกทำให้ยืดออก 10 cm

5. กล่องใบหนึ่งมวล 3 กิโลกรัม ถูกนำไปวางบนลวดสปริง จากนั้นพบว่า สปริงหดเข้าไปเป็นระยะ 10 เซนติเมตร จงหาค่านิสของสปริงตัวนี้มีค่ากี่ นิวตันต่อเมตร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิชิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

1. “พลังงานในระบบ จะไม่สูญหาย แต่พลังงานสามารถที่จะเปลี่ยนรูปได้ ดังนั้นพลังงานของระบบหนึ่งจะมีค่าคงที่” เราเรียกหลักการนี้ว่า การอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นในเครื่องกลใดๆ ที่นำมาใช้งาน แล้วงานที่ได้ จากการทำงานไปนั้น ไม่เท่าเดิม เป็นผลสืบเนื่องมาจาก การเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่น เมื่อรวมพลังงานนั้นแล้วก็จะปฏิบัติตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ประสิทธิภาพของเครื่องกลจะมีค่ามากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับว่า มีการสูญเสียไปเป็นพลังงานในรูปอื่นมากน้อยต่างกันอย่างไร ถ้าสูญเสียไปเป็นพลังงานรูปอื่นที่เราไม่ต้องการมาก แสดงว่าประสิทธิภาพของเครื่องกลก็จะต่ำ

2. พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ โดยเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ได้ พลังงานที่มาจากเปลี่ยนรูปนี้จะมีค่าเท่ากับพลังงานเดิม ซึ่งเป็นไปตาม กฎการอนุรักษ์พลังงาน (law of conservation of energy) ขณะที่โยนลูกบอลขึ้นจากพื้น พลังงานเคมีในร่างกายบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของลูกบอล จึงทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ได้เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่สูงขึ้น ความเร็วจะลดลง นั่นคือพลังงานจลน์ของลูกบอลจะลดลงโดยเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง ณ ตำแหน่งสูงสุด ของการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์ของลูกบอลเป็นศูนย์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าสูงสุด ขณะที่ลูกบอลเคลื่อนที่ลง พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ และเมื่อลูกบอลกระทบพื้นพลังงานจลน์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและเสียง

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายและใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในสถานการณ์ต่างๆ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

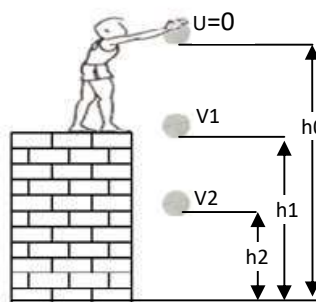
1. อธิบายความหมายของกฎการอนุรักษ์พลังงานได้ (K)
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุจากแถบกระดาษการตกอย่างอิสระแบบเสรีของวัตถุ และอธิบายความสัมพันธ์ของพลังงานทั้งสองได้ (K)
3. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุได้ (P)
4. ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานในการอธิบายความสัมพันธ์ในการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบอื่นๆได้ (K)
5. คำนวณหาพลังงานกลของวัตถุที่ตำแหน่งใดๆได้ (P)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

การอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

การอนุรักษ์พลังงาน คือการเคลื่อนที่แบบเสรีของวัตถุภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงอื่นมากระทำ พลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆจะมีค่าคงที่เสมอ นั่นหมายความว่า เมื่อวัตถุตกลง พลังงานศักย์จะมีค่าลดลงและพลังงานจลน์จะมีค่าเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าพลังงานของวัตถุไม่มีการสูญหายแต่อาจเปลี่ยนรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้

โดยสามารถพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m เคลื่อนที่แบบเสรีตกลงมาจากความสูง h ด้วยความเร็วต้น $u=0$ และความเร็วปลาย v ดังนี้



รูปที่ 1 การปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกแบบเสรี

ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ (Work-Kinetic energy theorem)

$$Fs = W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

พิจารณาขณะมีความเร็ว v_1 จะได้ว่า

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mu^2 = Fs = mg(h_0 - h_1)$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_0$$

พิจารณาขณะมีความเร็ว v_2 จะได้ว่า

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mu^2 = Fs = mg(h_0 - h_2)$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = mgh_0$$

ดังนั้นจะได้ว่าพลังงาน ณ ตำแหน่ง $v_1 = v_2$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

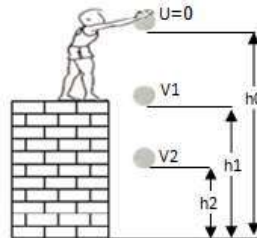
$$E_1 = E_2$$

เมื่อ E คือพลังงานกลของวัตถุ โดยสมการนี้แสดงถึงพลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆ มีค่าเท่ากัน

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสอนแบบ (POE)

ขั้นที่ 1 ขั้นทำนาย (Predict)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน และสนทนากับนักเรียน โดยครูถามนักเรียนถึงความหมายของการอนุรักษ์พลังงานตามความเข้าใจของนักเรียนมีความเข้าใจอย่างไร และยกตัวอย่างการอนุรักษ์พลังงาน (ครูให้นักเรียนนำเสนอความคิดเห็น ตามความเข้าใจของนักเรียน)
2. ครูสนทนาทบทวนถึงรูปแบบพลังงานต่างๆที่ได้เรียนผ่านมามีอะไรบ้าง แต่ละพลังงานมีลักษณะอย่างไร (พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น)
3. ครูถามนักเรียนว่าพลังงานที่กล่าวมาข้างต้นนี้เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่อย่างไร (ครูให้นักเรียนนำเสนอความคิดเห็น ตามความเข้าใจของนักเรียน)
4. ครูถามนักเรียนต่อว่า พลังงานที่กล่าวมา สามารถเปลี่ยนรูปแบบพลังงานได้หรือไม่ เช่น พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ หรือพลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ (ครูไม่เฉลย ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและร่วมกันสนทนา)
5. ครูสร้างสถานการณ์ การปล่อยวัตถุจากที่สูงลงมายังพื้น เพื่อนำเข้าสู่การเรียนรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน



ภาพที่ 1 การปล่อยวัตถุอย่างอิสระ

6. ครูถามคำถามให้นักเรียนทำนายโดยมีสถานการณ์คำถามดังต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำนายว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าเปลี่ยนไปหรือไม่ ถ้า

เปลี่ยน เปลี่ยนแปลงอย่างไรในการปล่อยวัตถุจากที่สูงลงมายังพื้นอย่างอิสระ

2. ตำแหน่งความสูงเท่าไรที่พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน
3. ที่ตำแหน่งใดๆ ถ้านำพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มารวมกัน ผลรวมที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร

7. ครูให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการทำนายแต่คำถามลงในกระดาษคำตอบ พร้อมทำแผนนำเสนอในผลการทำนาย

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต/ทดลอง/สืบค้นข้อมูล (Observe)

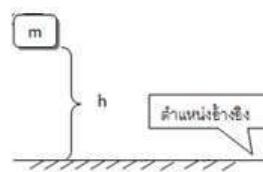
1. ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของการทำนายในการเปรียบเทียบพลังงานของวัตถุตกอย่างอิสระ โดยชี้แจงอุปกรณ์ในการศึกษาทดลองมีดังนี้

1. ถุงทราย
2. โทรศัพท์มือถือในการถ่ายวิดีโอ
3. ไม้เมตร
4. โต๊ะ

2. ครูตั้งคำถามในการชี้แนะในการทดลอง

1. ในการหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะใช้จุดหรือตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งอ้างอิง (พื้นโต๊ะ, พื้นห้อง เป็นต้น)
2. ในการวัดหรือหาค่าความเร็ว ณ ตำแหน่งความสูงต่างๆ สามารถหาได้จากการทดลองอย่างไร (สามารถหาได้จากการคำนวณ โดยใช้สมการ $v=u+gt$)
3. ครูสนทนาเกี่ยวกับวิธีการทดลอง และวิธีการบันทึกผลการทดลอง จนได้ข้อสรุปโดยรวม โดยมีลักษณะดังนี้

บันทึกวิดีโอการเคลื่อนที่



ภาพที่ 2 ลักษณะการจัดอุปกรณ์การทดลอง

3. ครูสุ่มนักเรียนว่าในการออกแบบตารางผลการทดลอง จะต้องทำการบันทึกค่าอะไรบ้างเพื่อตอบคำถามที่ได้ทำนายไว้ (ตำแหน่ง, ความสูง, อัตราเร็ว, พลังงานศักย์โน้มถ่วง, พลังงานจลน์, ผลรวมของพลังงาน เป็นต้น)

ลักษณะ ตารางบันทึกผล

ตำแหน่ง	ความสูง h (m)	อัตราเร็ว v (m/s)	พลังงานศักย์โน้มถ่วง mgh (J)	พลังงานจลน์ $\frac{1}{2}mv^2$ (J)	ผลรวม พลังงาน

4. ครูแจกใบกิจกรรมการขึ้นบันทึกรายการทดลอง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลอง ตารางผลการทดลอง
6. นักเรียนบันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง และร่วมกันลงข้อสรุปของตอบคำถามที่ได้ทำนาย

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explain)

1. ครูสุ่มให้นักเรียน 2-3 กลุ่มในการอธิบาย และร่วมกันอธิบายถึงผลที่นักเรียนได้ศึกษาจากการทดลองมาอธิบายในสถานการณ์ที่ได้ทำนายไว้ ว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเรื่องการอนุรักษ์พลังงานว่าการตกแบบเสรีภายใต้สนามโน้มถ่วงโดยไม่มีแรงอื่นมากระทำ พลังงานรวมหรือที่เรียกว่า พลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆ จะมีค่าเท่ากันเสมอ
3. ครูถามนักเรียนเพิ่มเติมว่านอกจากกรณีการตกอย่างอิสระแล้วมีกรณีอื่นอีกหรือไม่เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน (ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น)
4. ครูให้นักเรียนชมการสาธิตเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในการเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่น กระบองไอสไตร์



ภาพที่ 3 กระบองไอสไตร์

โดยการสาธิตจะออกแรงผลักกึ่งกระบองไปด้านหน้าและจะพบว่ากระบองนั้นกลับกลับมา

โดยให้นักเรียนทราบถึงหลักการอนุรักษ์พลังงานจลน์กับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

เนื่องจากภายในกระป๋องจะมีตัวถ่วง เส้นยางไว้ เมื่อออกแรงผลักกระป๋องให้เคลื่อนที่ ตัวถ่วง จะหมุนรอบเส้นยางและเมื่อหยุดเคลื่อนที่เส้นยางจะคล้ายตัวออกจึงทำให้วัตถุเคลื่อนที่กลับ

5. ครูให้นักเรียนศึกษาจากใบความรู้เพิ่มเติมและทำโจทย์คำนวณในใบงานแบบ แบบอัตรันัย 5 ข้อ 20 คะแนน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการทดลอง การอนุรักษ์พลังงาน
2. ใบกิจกรรม POE เรื่อง การอนุรักษ์พลังงาน
3. ชุดอุปกรณ์การทดลองการอนุรักษ์พลังงาน
4. ชุดอุปกรณ์การสาธิต
5. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
6. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
7. ใบความรู้ เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบ คำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม -แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	-การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน

การประเมินผล

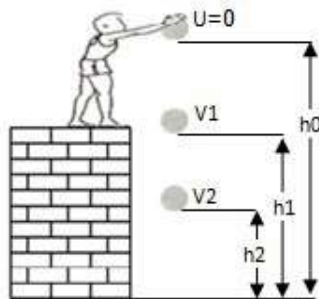
เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมทำนายพลังงาน	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
---	---	---

กลุ่มที่.....

กิจกรรมคำถามเพื่อทำนายสถานการณ์

จากสถานการณ์ให้นักเรียนทำนายสถานการณ์การปล่อยวัตถุจากที่สูงดังต่อไปนี้



1. ให้นักเรียนทำนายว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าเปลี่ยนไปหรือไม่ ถ้าเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงอย่างไรในการปล่อยวัตถุจากที่สูงลงมาสู่พื้นอย่างอิสระ

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนคาดคะเนว่าตำแหน่งความสูงเท่าไรที่พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน

.....

.....

.....

3. ณ ที่ตำแหน่งความสูงใดๆ ถ้านำพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มารวมกัน ผลรวมที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม กิจกรรมการทดลองการอนุรักษ์พลังงาน	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน
---	---	---

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนออกแบบตารางผลการทดลอง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ตารางผลการทดลอง

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มีค่าเปลี่ยนไปหรือไม่ ถ้าเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงอย่างไรในการปล่อยวัตถุจากที่สูงลงมาสู่พื้นอย่างอิสระ
.....
.....
2. ให้นักเรียนคาดคะเนว่าตำแหน่งความสูงเท่าไรที่พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน
.....
.....
3. ณ ที่ตำแหน่งความสูงใดๆ ถ้านำพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์มารวมกัน ผลรวมที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร
.....
.....
.....

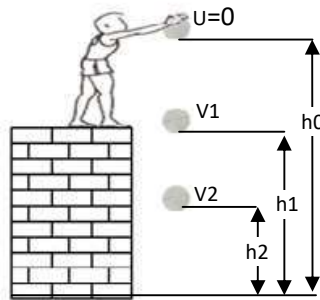
โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้เรื่อง พลังงานจลน์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

การอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

การอนุรักษ์พลังงาน คือการเคลื่อนที่แบบเสรีของวัตถุภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงอื่นมากระทำ พลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆจะมีค่าคงที่เสมอ นั่นหมายความว่า เมื่อวัตถุตกลง พลังงานศักย์จะมีค่าลดลงและพลังงานจลน์จะมีค่าเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าพลังงานของวัตถุไม่มีการสูญหายแต่อาจเปลี่ยนรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้

โดยสามารถพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m เคลื่อนที่แบบเสียดลื่นมาจากความสูง h ด้วยความเร็วต้น $u=0$ และความเร็วปลาย v ดังนี้



รูปที่ 2 การปล่อยวัตถุมวล m ให้ตกแบบเสรี

ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ (Work-Kinetic energy theorem)

$$Fs = W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

พิจารณาขณะมีความเร็ว v_1 จะได้ว่า

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mu^2 = Fs = mg(h_0 - h_1)$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_0$$

พิจารณาขณะมีความเร็ว v_2 จะได้ว่า

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mu^2 = Fs = mg(h_0 - h_2)$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = mgh_0$$

ดังนั้นจะได้ว่าพลังงาน ณ ตำแหน่ง $v_1 = v_2$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

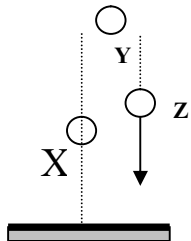
$$E_1 = E_2$$

เมื่อ E คือพลังงานกลของวัตถุ โดยสมการนี้แสดงถึงพลังงานรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆ มีค่าเท่ากัน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน
ใบงานเรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. โยนวัตถุมวล 0.2 กิโลกรัม ขึ้นตามแนวตั้ง เมื่อขึ้นไปได้สูงสุด 3 เมตร วัตถุตกกลับมาที่เดิม ดังรูป x , y และ z เป็นตำแหน่งต่างๆของวัตถุขณะอยู่สูงจากพื้น จงหาพลังงานจลน์ที่ตำแหน่ง Y และ Y เป็นจุดสูงสุดของการเคลื่อนที่



2. ปลอยวัตถุตกจากที่สูงจากพื้น 20 เมตร เมื่อวัตถุตกลงมาถึงพื้นดินจะมีความเร็วเท่าใด

3. (En 31) เสาชิงช้าสูง 20 เมตร ถ้าแกว่งชิงช้าขึ้นจนถึง 90° อัตราเร็วของชิงช้าตอนผ่านจุดต่ำสุด จะเป็นกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4. (En 43/2) รถทดลองมวล 0.5 กิโลกรัม วิ่งด้วยอัตราเร็ว 2.0 เมตรต่อวินาที บนพื้นราบเข้าชน สปริงอันหนึ่งซึ่งมีปลายข้างหนึ่งยึดติดกับผนังและมีค่าคงตัวสปริง 200 นิวตันต่อเมตรสปริงจะหดตัวเท่าใดในจังหวะที่มวลอัตราเร็วลงเป็นศูนย์พอดี

5. 37(En 42/2) กดมวล 1 กิโลกรัม บนสปริงซึ่งตั้งในแนวตั้ง ให้สปริงยุบตัวลงไป 10 เซนติเมตร จากนั้นก็ปล่อยปรากฏว่ามวลถูกดีดให้ลอยสูงขึ้นเป็นระยะ 50 เซนติเมตร จากจุดที่ปล่อยจงหาค่าคงตัวของสปริง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน

เวลา 2 ชั่วโมง

เรื่อง กำลังและเครื่องกล

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิษิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

กำลังเป็นงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ $P = \frac{W}{t}$ กำลังมีหน่วย วัตต์ (W) โดย $1W = 1J/S$ เครื่องกลเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น หรือใช้แรงที่น้อยลง หรือช่วยในการผ่อนแรง เครื่องกลที่จัดเป็นเครื่องกลอย่างง่ายได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ล้อกับเพลาลิม และสกรู โดยหลักการการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายใช้หลักการของงาน

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของกำลังเฉลี่ยและกำลังขณะหนึ่งได้ (K)
2. อธิบายความหมายของประสิทธิภาพเครื่องกล และหาประสิทธิภาพเครื่องกลได้ (K)
3. ใช้หลักการของงานอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ รอก คาน ล้อกับเพลาลิม เอียง ลิมและสกรู ได้ (K)
4. คำนวณหากำลัง (เฉลี่ย) จากงานในช่วงเวลาของการทำงานได้ (P)
5. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

1. กำลัง คือ เวลาในการทำงาน ถ้าคุณทำงานได้เร็วแสดงว่าใช้กำลังมาก ในทางกลับกันถ้าทำงานได้ช้าแสดงว่าใช้กำลังน้อย หน่วยของกำลังคือ วัตต์ (W) $1000 \text{ วัตต์} = 1 \text{ กิโลวัตต์} = 1.341 \text{ กำลังม้า}$ $1 \text{ วัตต์} = 1 \text{ จูลต่อวินาที}$ $1 \text{ แรงม้า} = 0.746 \text{ กิโลวัตต์}$

2. การคำนวณหากำลัง กำลังคือ ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

$$\text{กำลัง} = \frac{\text{งานที่ทำได้อ}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้}} ; P = \frac{W}{t} \quad \text{เมื่อ } P \text{ คือ กำลัง} \quad \text{มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)}$$

W คือ งานที่ทำได้อ มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เนื่องจาก แรง F กำลังที่ใช้คือ

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} ; P = F \cdot v \quad \text{เมื่อ } P \text{ คือ กำลัง} \quad \text{มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)}$$

F คือ แรงที่ทำ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

v คือ ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

3. การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage ; M.A) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขนาดของแรง

ที่ได้รับจากเครื่องกล (F_{out}) ต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล(F_{in}) สมการการได้เปรียบเชิงกล $M.A = \frac{F_{out}}{F_{in}}$

หรือหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เราออกแรงทำงาน (S_{in}) ต่อระยะทางของงานที่ได้รับ (S_{out}) หรือ

$$M.A = \frac{S_{in}}{S_{out}} \quad \text{ประสิทธิภาพ คือ “อัตราส่วนของกำลังที่ได้รับจากเครื่องกล และกำลังที่ให้กับเครื่องกลแก่”}$$

เครื่องกล” สมการหาประสิทธิภาพเชิงกล

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{กำลังที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{กำลังที่ให้กับเครื่องกล}}$$

ในทางอุดมคติ จะถือว่าการทำงานหรือการถ่ายโอนพลังงานหนึ่งไปยังพลังงานอีกอย่างหนึ่ง จะไม่มีการสูญเสีย

ดังนั้นกำลังที่ให้เครื่องกลและที่ได้รับกับเครื่องกลจะมีค่าเท่ากัน นั่นคือ ประสิทธิภาพของเครื่องกลมีค่า

เท่ากับ 1 และถ้าคิดเป็นร้อยละจะได้เท่ากับ 100

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเครื่องกล ยังสามารถหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{งานที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{งานที่ให้กับเครื่องกล}} \times 100\%$$

หลักการทำงานของเครื่องกล

(1) รอก งานที่ให้แก่ออก = FS ส่วนงานที่ได้จากรอก = mgh จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

$FS = mgh$ เมื่อ F คือ แรงที่ออก , S คือ ระยะทางที่ออกแรง , m คือ มวลที่ยกได้ , h คือ ระยะทางที่ยกได้

(2) คาน เมื่อออกแรง F กดปลายคานลงทาง S จะยกมวล m ขึ้นได้สูง h จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

$$FS = mgh$$

- (3) ล้อกับเพลา ถ้าออกแรง F_1 ดึงได้ทาง S_1 จะยกของได้มวล m หรือใช้แรง F_2 ยกของมวล m จนได้ทาง S_2 จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานที่ให้กับล้อ เท่ากับ งานที่ได้จากเพลา หรือ $F_1 S_1 = F_2 S_2$
- (4) พื้นเอียง ถ้าออกแรง F ดึงมวล m จากจุด A ไปจุด B จะได้งานเท่ากับการยกวัตถุมวล m จากจุด C ไปยังจุด B และ D อยู่ระดับเดียวกัน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานที่ใช้ดึงวัตถุบนพื้นเอียง = งานที่ใช้ยกวัตถุนั้นหรือ $FS = mgh$
- (5) สกรู การใช้แม่แรงยกแบบสกรู ถ้าออกแรงบนปลายคันรัศมี R เพื่อยกวัตถุมวล M โดยมีระยะ จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานจากการหมุนปลายคัน 1 รอบ = งานที่ใช้ในการยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งระยะทาง $1F \cdot 2\pi R = mgh$
- (6) ลิ่ม ลิ่มเป็นเครื่องกลรูปสามเหลี่ยม ใช้สำหรับทำให้วัตถุแยกออกจากกัน ใช้หนุนวัตถุ หรือใช้ตรึงวัตถุได้ เมื่อออกแรง F กระทำต่อลิ่มให้เครื่องที่เข้าไปในเนื้อวัตถุ เป็นระยะ H ทำให้วัตถุแยกออกจากกันเป็นระยะ L โดยมีแรงต้านเนื้อวัตถุเท่ากับ W ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานกล จะได้ว่า งานที่ให้กับลิ่ม = งานที่ได้รับจากลิ่ม คือ $FH = WL$

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูสนทนากับนักเรียนถึงเนื้อหาที่ได้เรียนมา ซึ่งได้แก่ ความหมายของงาน พลังงานต่างๆ เช่น พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงาน
2. ครูเล่าประวัติของเจมส์วัตต์ให้นักเรียนฟัง ที่เป็นที่มาเกี่ยวกับกำลัง โดยมีประวัติย่อ คือ เจมส์ วัตต์ (James Watt) (19 มกราคม ค.ศ. 1736 - 19 สิงหาคม ค.ศ. 1819) วิศวกรและนักประดิษฐ์ ชาวสกอตแลนด์ ผู้ปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำ จนนำสหราชอาณาจักรไปสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตและการต่อเรือ และทำให้สหราชอาณาจักรเป็นเจ้าอาณานิคมในเวลาต่อมา เครื่องจักรของวัตต์เป็นต้นแบบของเครื่องจักรที่ใช้น้ำมันในปัจจุบัน เขาเป็นผู้บัญญัติศัพท์ แรงม้า เป็นวิธีคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร และชื่อของเขาได้รับไปตั้งเป็น หน่วยกำลังไฟฟ้า ในระบบหน่วยเอสไอ
3. ครูและนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับความหมายของกำลังว่ามีความหมายอย่างไรตามความเข้าใจของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูให้นักเรียนเข้ากลุ่ม กลุ่ม ละ 3-4 คนในการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ครูตั้งโจทย์ปัญหาให้นักเรียน ดังนี้

นายแข่งออกแรง 10 นิวตัน ลากรถไปได้ไกล 10 เมตร ในเวลา 10 วินาที นายแครงออกแรง 10 นิวตัน ลากรถไปได้ไกล 10 เมตร ในเวลา 5 วินาที ถามว่าใครทำงานเร็วกว่าใคร และใครมีกำลังมากกว่าใคร

3. ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาหาความหมายของกำลังและรวมกันศึกษาจากใบความรู้ เพื่อหาว่านายแข่งและนายแครงใครทำงานเร็วกว่ากัน และใครมีกำลังมากกว่ากัน และนักเรียนจะต้องอธิบายและพิสูจน์ถึงความเข้าใจความหมายของกำลังได้
4. ครูให้นักเรียนรวมกันศึกษากันและลงข้อสรุปภายในกลุ่ม
5. ครูสุ่มนักเรียนประมาณ 2-3 กลุ่มในการอธิบายคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ว่านายแข่งและนายแครงใครทำงานเร็วกว่ากันและใครมีกำลังมากกว่ากัน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนอธิบายความหมายของกำลังและความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงาน และกำลังว่ามีลักษณะสำคัญอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างในกรณีอื่น ที่นักเรียนเข้าใจ
2. ครูกับนักเรียนช่วยกันสรุป เพิ่มเติมในความหมายของกำลัง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูชี้แจงให้นักเรียนทราบว่า นอกจากกำลังที่บอกถึงการทำงานของเครื่องกลแล้วนั้น นักเรียนคิดว่าความหมายของเครื่องกลคืออะไรและเครื่องกลสามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ประเภท (เครื่องกล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือเครื่องกลมาใช้เครื่องยนต์มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น โดยมีลักษณะเด่นคือ จะมีตัวเลขกำกับในการบอกค่ากำลัง และอีกประเภทหนึ่งคือเครื่องกลที่ไม่ได้มีเครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า เช่น รอก คาน เป็นต้น)
2. ครูและนักเรียนรวมกันอธิบายถึงความหมายของเครื่องกลอย่างง่าย และการหาประสิทธิภาพของเครื่องกล ตลอดจน หลักการทำงานของเครื่องกล
3. ครูและนักเรียนศึกษาการหาค่าการไต่เปรียบเชิงกล ของเครื่องกลที่จะช่วยในการผ่อนแรงในการนำงานว่ามีลักษณะอย่างไร และหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ว่ามีลักษณะอย่างไรจากใบความรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในใบความรู้ ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย และยกตัวอย่างในการหา ประสิทธิภาพของเครื่องกล การหาความได้เปรียบเชิงกล
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงาน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
2. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
3. ใบความรู้ เรื่องกำลังและเครื่องกล
4. ใบงานเรื่อง กิจกรรมการหาค่ากำลัง
5. ใบงานเรื่อง แบบฝึกหัด

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบ คำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การสังเกตงาน

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบกิจกรรม การหาค่าลังการทำงาน	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง งานและพลังงาน หน่วยย่อยเรื่องกำลังและเครื่องกล
---	--	--

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง

กิจกรรมคำถามเพื่อทำนายสถานการณ์

นายแข็งออกแรง 10 นิวตัน ลากรถไปได้ไกล 10 เมตร ในเวลา 10 วินาที นายแรงแรงออกแรง 10 นิวตัน ลากรถไปได้ไกล 10 เมตร ในเวลา 5 วินาที ถามว่าใครทำงานเร็วกว่าใคร และใครมีกำลังมากกว่าใคร



กำลังที่นายแข็งมี 	กำลังที่นายแรงแรงมี
เปรียบเทียบกำลังนายแข็งกับนายแรงแรง 	

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้เรื่อง กำลังและเครื่องกล

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. / เลขที่.....

1. กำลัง คือ เวลาในการทำงาน ถ้าคุณทำงานได้เร็วแสดงว่าใช้กำลังมาก ในทางกลับกันถ้าทำงานได้ช้าแสดงว่าใช้กำลังน้อย หน่วยของกำลังคือ วัตต์ (W) $1000 \text{ วัตต์} = 1 \text{ กิโลวัตต์} = 1.341 \text{ กำลังม้า}$ $1 \text{ วัตต์} = 1 \text{ จูลต่อวินาที}$ $1 \text{ แรงม้า} = 0.746 \text{ กิโลวัตต์}$

2. การคำนวณหา กำลัง กำลังคือ ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

$$\text{กำลัง} = \frac{\text{งานที่ทำได้อ}}{\text{ช่วงเวลาที่ใช้}} ; P = \frac{W}{t} \quad \text{เมื่อ } P \text{ คือ กำลัง} \quad \text{มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)}$$

W คือ งานที่ทำได้อ มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เนื่องจาก แรง F กำลังที่ใช้คือ

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} ; P = F \cdot v \quad \text{เมื่อ } P \text{ คือ กำลัง} \quad \text{มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)}$$

F คือ แรงที่ทำ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

v คือ ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

3. การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage ; M.A) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขนาดของแรง

ที่ได้รับจากเครื่องกล (F_{out}) ต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล(F_{in}) สมการการได้เปรียบเชิงกล $M.A = \frac{F_{out}}{F_{in}}$

หรือหาได้จากอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เราออกแรงทำงาน (S_{in}) ต่อระยะทางของงานที่ได้รับ (S_{out}) หรือ

$$M.A = \frac{S_{in}}{S_{out}} \quad \text{ประสิทธิภาพ คือ “อัตราส่วนของกำลังที่ได้รับจากเครื่องกล และกำลังที่ให้กับเครื่องกลแก่”}$$

เครื่องกล” สมการหาประสิทธิภาพเชิงกล

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{กำลังที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{กำลังที่ให้กับเครื่องกล}}$$

ในทางอุดมคติ จะถือว่าการทำงานหรือการถ่ายโอนพลังงานหนึ่งไปยังพลังงานอีกอย่างหนึ่ง จะไม่มีการสูญเสีย ดังนั้นกำลังที่ให้แก่เครื่องกลและที่ได้รับกับเครื่องกลจะมีค่าเท่ากัน นั่นคือ ประสิทธิภาพของเครื่องกลมีค่า

เท่ากับ 1 และถ้าคิดเป็นร้อยละจะได้เท่ากับ 100

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเครื่องกล ยังสามารถหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องกล} = \frac{\text{งานที่ได้รับจากเครื่องกล}}{\text{งานที่ให้กับเครื่องกล}} \times 100\%$$

หลักการงานของเครื่องกล

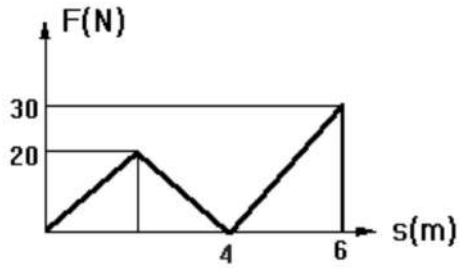
- (1) รอก งานที่ให้แก่วัตถุ = FS ส่วนงานที่ได้จากวัตถุ = mgh จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ $FS = mgh$ เมื่อ F คือ แรงที่ออก, S คือ ระยะทางที่ออกแรง, m คือ มวลที่ยกได้, h คือ ระยะทางที่ยกได้
- (2) คาน เมื่อออกแรง F กดปลายคานลงทาง S จะยกมวล m ขึ้นได้สูง h จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ $FS = mgh$
- (3) ล้อกับเฟลา ถ้าออกแรง F_1 ดึงได้ทาง S_1 จะยกของได้มวล m หรือใช้แรง F_2 ยกของมวล m จนได้ทาง S_2 จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานที่ให้กับล้อ เท่ากับ งานที่ได้จากเฟลา หรือ $F_1S_1 = F_2S_2$
- (4) พื้นเอียง ถ้าออกแรง F ดึงมวล m จากจุด A ไปจุด B จะได้งานเท่ากับการยกวัตถุมวล m จากจุด C ไปยังจุด B และ D อยู่ระดับเดียวกัน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานที่ใช้ดึงวัตถุบนพื้นเอียง = งานที่ใช้ยกวัตถุนั้นหรือ $FS = mgh$
- (5) สกรู การใช้แม่แรงยกแบบสกรู ถ้าออกแรงบนปลายคานรัศมี R เพื่อยกวัตถุมวล M โดยมีระยะ จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ งานจากการหมุนปลายคาน 1 รอบ = งานที่ใช้ในการยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งระยะทาง $1F \cdot 2\pi R = mgh$
- (6) ลิ่ม ลิ่มเป็นเครื่องกลรูปสามเหลี่ยม ใช้สำหรับทำให้วัตถุแยกออกจากกัน ใช้หนุนวัตถุ หรือใช้ตรึงวัตถุได้ เมื่อออกแรง F กระทำต่อลิ่มให้เครื่องที่เข้าไปในเนื้อวัตถุ เป็นระยะ H ทำให้วัตถุแยกออกจากกันเป็นระยะ L โดยมีแรงต้านเนื้อวัตถุเท่ากับ W ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จากกฎการอนุรักษ์พลังงานกล จะได้ว่า งานที่ให้กับลิ่ม = งานที่ได้รับจากลิ่ม คือ $FH = WL$

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน
ใบงานเรื่องกำลังและเครื่องกล

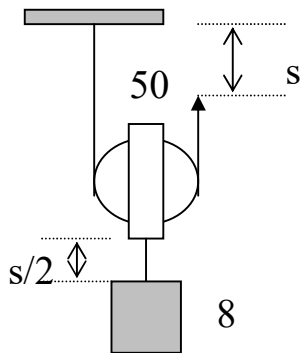
ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. เด็กคนหนึ่งดึงถึงน้ำหนัก 15 kg ขึ้นจากบ่อน้ำลึก 3 m ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอในเวลา 6 วินาที จะใช้กำลังเท่าไร
2. ในการยกกล่องมวล 100 กิโลกรัม จากพื้น โดยใช้กำลัง 1 กิโลวัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที กล่องนั้นจะขึ้นไปได้สูงจากพื้นกี่เมตร
3. จงหากำลังของเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง ซึ่งกำลังยกวัตถุมวล 500 กิโลกรัม ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วคงที่ 1.6 เมตร/วินาที
4. หัวรถจักรออกแรง 100 กิโลนิวตัน ลากขบวนรถให้เคลื่อนด้วยอัตราเร็ว 30 m/s กำลังที่หัวรถจักรกระทำต่อขบวนรถเป็นเท่าใด (ตอบในหน่วยของเมกะวัตต์)
5. รถอีแต่นคันหนึ่งใช้เครื่องยนต์ซึ่งมีกำลัง 5 กิโลวัตต์ สามารถแล่นได้เร็วสูงสุด 36 กิโลเมตร / ชั่วโมง จงหาแรงฉุดสูงสุดของเครื่องยนต์

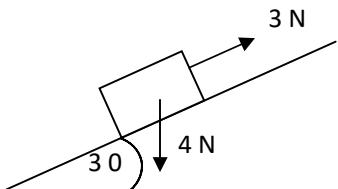
6. งานของแรง F ซึ่งกระทำกับวัตถุหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ s ดังรูป วัตถุใช้เวลาเคลื่อนที่ทั้งหมด 20 วินาทีในการทำงานของแรง F นี้ กำลังเฉลี่ยของแรง F เป็นเท่าใด



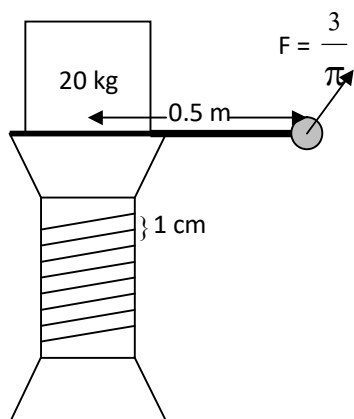
7. ประสิทธิภาพของรอก ดังรูปมีค่าเท่าใด



8. ประสิทธิภาพของพื้นเอียงมีค่าเท่าใด ถ้าใช้เป็นเครื่องกลอันหนึ่ง



9. ประสิทธิภาพของเครื่องกลดังรูปมีค่าเท่าใด



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิษิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

โมเมนตัม คือ ผลคูณระหว่างมวลกับความเร็ว หรือปริมาณที่วัดความพยายามที่จะเคลื่อนที่ข้างหน้า ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางเคลื่อนที่ทิศเดียวกับความเร็ว และมีหน่วยเป็น กิโลกรัม*เมตรต่อวินาที

โมเมนตัม คือ ผลคูณระหว่างมวลและความเร็ว ปริมาณที่วัดความพยายามที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เช่น ถ้าออกแรง F แตะลูกบอลมวล m ลูกบอลกระเด็นไปด้วยความเร็ว v ทำให้เกิดปริมาณในการเคลื่อนที่เนื่องจากมวลของลูกบอลและความเร็วขณะนั้น เรียกปริมาณนั้นว่าโมเมนตัม

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายโมเมนตัม และความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของโมเมนตัมได้ (K)
2. บอกได้ว่าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่มีโมเมนตัม และโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว (K)
3. อธิบายได้ว่า เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปได้ (K)
4. อธิบายได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะเท่ากับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง (K)
5. หาโมเมนตัมของวัตถุเมื่อกำหนดมวลและความเร็วของวัตถุให้ (P)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

โมเมนตัม คือ ผลคูณระหว่างมวลและความเร็ว ปริมาณที่วัดความพยายามที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เช่น ถ้าออกแรง F แตะลูกบอลมวล m ลูกบอลกระเด็นไปด้วยความเร็ว v ทำให้เกิดปริมาณในการเคลื่อนที่เนื่องจากมวลของลูกบอลและความเร็วขณะนั้น เรียกปริมาณนั้นว่าโมเมนตัม

เป็นความพยายามที่จะพุ่งไปข้างหน้าของวัตถุ

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

P = โมเมนตัม m = มวล V = ความเร็ว

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศตามทิศของความเร็ว มีหน่วยเป็นกิโลกรัมเมตรต่อวินาที ในการทำให้วัตถุซึ่งกำลังเคลื่อนที่ให้หยุดนิ่งพบว่า วัตถุที่มีโมเมนตัมมากต้องออกแรงต้านมากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน ที่เรียกว่ากฎของความเฉื่อย สามารถเขียนในรูปโมเมนตัมได้ว่า โมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ นั้น เมื่อวัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}$ มีแรงคงตัว $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนเป็น $\vec{v}$ จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$
$$\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$$

เมื่อ	$\vec{F}$	คือ	แรงลัพธ์ที่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล m
	$m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ
	$m\vec{v}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุหลังออกแรงกระทำ
	$m\vec{v} - m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt
	$\frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปใน 1 หน่วยเวลา หรือ

อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

สรุปได้ว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน กล่าวได้อีกแบบหนึ่งว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุทั้งขนาดและทิศทาง

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

- ครูสนทนากับนักเรียนถึงเนื้อหาในบทที่ 5 เรื่องงานและพลังงาน เพื่อทบทวนความรู้ และกล่าวถึงบทที่ 6 เรื่องโมเมนตัมที่กำลังจะเรียน
- ครูสนทนากับนักเรียนถึงคำว่า โมเมนตัม ว่ามีความหมายอย่างไร และให้นักเรียนยกตัวอย่างวัตถุใดบ้างที่มีโมเมนตัม ที่นักเรียนทราบในชีวิตประจำวัน (ครูยังไม่บอกว่าตัวอย่างนั้นมีโมเมนตัมหรือไม่)

3. จากนั้นครูใช้คำถาม ถามนักเรียนว่าการทำกิจกรรมใดต่อไปนี้จะเกิดหรือมีโมเมนตัม
 - กล้องวางอยู่บนโต๊ะ (ไม่มีโมเมนตัม)
 - ขว้างลูกบอลขึ้นอากาศ (มีโมเมนตัม)
 - บนจอดอยู่นิ่ง (ไม่มีโมเมนตัม)
4. จากนั้นครูนำภาพมาให้ให้นักเรียนแต่ละคนช่วยกันพิจารณาดูว่า กิจกรรมใดบ้างมีโมเมนตัมหรือเกิดโมเมนตัม
5. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6-7 คน เพื่อเล่นเกมทำนายว่าภาพใดเกิดโมเมนตัม

สถานการณ์ได้บ้างเกิดหรือมี โมเมนตัม



6. จากนั้นครูจัดกลุ่มของกิจกรรมให้นักเรียนทราบสถานการณ์ไหนที่เกิดโมเมนตัมหรือมีโมเมนตัม
7. ครูใช้คำถามให้นักเรียนคิดว่า ในการเกิดโมเมนตัม หรือไม่เกิดจะมีปริมาณอย่างหนึ่งที่ใช้ในการแบ่งภาพให้เหตุการณ์ต่างๆที่กำหนด (ครูไม่บอกว่าปริมาณนั้นคือ ความเร็ว)
8. ครูให้นักเรียนลงมือในการเลือกภาพว่าภาพใดเกิดหรือมีโมเมนตัม
9. ครูเดินดูนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นในระหว่างทำกิจกรรม เพื่อประเมินการทำงานร่วมกันตลอดจนให้คำแนะนำนักเรียน
10. ครูร่วมอธิบายว่าวัตถุใดบ้างที่มีโมเมนตัม และให้นักเรียนตอบคำถามว่า สถานการณ์ที่เกิดโมเมนตัม มีปริมาณได้ที่เหมือนกัน นั่นคือ ความเร็ว

สถานการณ์ได้บ้างเกิดหรือไม่ โหมดเต็ม



11. ครูรวมสรุปกับนักเรียนจนได้ข้อสรุปว่า วัตถุที่เคลื่อนที่หรือมีความเร็วจะเกิดโมเมนตัมของวัตถุหรือกล่าวได้ว่า โมเมนตัมคือ ความพยายามของวัตถุในการเคลื่อนที่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูสุมนักเรียนประมาณ 1-2 กลุ่ม ในการทำกิจกรรมรับถุงทราย โดยให้ใช้มือขวาลือถุงทรายถุงหนึ่ง อยู่เหนือมือซ้ายประมาณ 20 เซนติเมตร ปลอ่ยถุงทรายตกลงบนมือซ้าย โดยใช้มือซ้ายรับถุงทรายที่ตกลงมาให้หยุดนิ่งในมือโดยพยายามไม่ให้เคลื่อนที่ ทำการทดลองซ้ำโดยมือขวายู่เหนือมือซ้ายประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วปลอ่ยถุงทรายถุงเดิม ให้นักเรียนเปรียบเทียบแรงที่มือซ้ายรับถุงทราย เพื่อไม่ให้ถุงทรายเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง

2. ครูน่านักเรียนอภิปรายผลจากการทำกิจกรรม โดยตั้งปัญหาคถามนักเรียนว่าในการออกแรงของมือซ้ายที่รับถุงทรายทั้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แรงที่ใช้รับถุงทรายจากระดับที่สูงกว่าจะมีค่ามากกว่าถุงทรายระดับต่ำ)

ความเร็วของถุงทรายขณะที่ตกถึงมือซ้ายทั้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(ถุงทรายที่ปลอ่ยจากระดับสูงจะมีความเร็วมกกว่าถุงทรายที่ปลอ่ยจากระดับต่ำขณะกระทบมือ)

ความเร็วของถุงทรายทั้งสองกรณีเกี่ยวข้องกับการออกแรงรับถุงทรายหรือไม่ อย่างไร(ถุงทรายที่มีความเร็วมกกว่าจะต้องออกแรงรับมากกว่าถุงทรายที่มีความเร็ว้น้อย)

3. ครูให้นักเรียนทำการทดลองใหม่ โดยใช้มือขวารับถุงทราย 1 ถุง จากระดับที่อยู่เหนือมือซ้ายประมาณ 30 เซนติเมตร และใช้มือซ้ายรับถุงทรายให้หยุดนิ่งในมือโดยพยายามไม่ให้ถุงทรายเคลื่อนที่ แล้วทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แต่เปลี่ยนเป็นถุงทราย 2 ถุงมัดติดกัน โดยปลอ่ยถุงทรายที่ระยะความสูง 30 เซนติเมตร เปรียบเทียบแรงที่มือซ้ายต้านถุงทรายเพื่อไม่ให้ถุงทรายเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง

4. ครูน่านักเรียนอภิปรายผลจากการทำกิจกรรม ว่าแรงที่มือซ้ายใช้รับถุงทรายทั้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร(แรงที่ใช้รับถุงทรายที่มีมวลมกจะมีค่ามากกว่าแรงที่ใช้รับถุงทรายที่มีมวลน้อย)

ความเร็วของอุทราหยขณะตกถึงมือซ้ายทั้งสองกรณีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร(ความเร็วของอุทราหยทั้งสองกรณีมีค่าเท่ากัน)

มวลของอุทราหยทั้งสองกรณีเกี่ยวข้องกับการออกแรงรับอุทราหยหรือไม่อย่างไร

(อุทราหยที่มีมวลมาก จะด้อออกแรงรับมากกว่าอุทราหยที่มีมวลน้อย)

5. ครูให้นักเรียนสรุปว่า จากการทำกิจกรรมทั้ง 2 ตอน เราจะสรุปได้ว่าอย่างไร (แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุนั้น)



ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูสุ่มนักเรียน 1-2 กลุ่มในการอธิบายถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้น ว่าแรงที่กระทำต่อมามีมีลักษณะอย่างไร
2. ครูกับนักเรียนช่วยกันสรุป สิ่งที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัม วนนอกจากความเร็วที่มีผลต่อปริมาณโมเมนตัม แล้ว มวลก็อมีผลต่อการเกิดโมเมนตัมเช่นกัน โดยถ้ามวลมาก หรือความเร็วมาก โมเมนตัมก็อจะมีค่ามากเช่นกัน ซึ่งค่าโมเมนตัมสามารถหาได้จากสมการ

$$P = mV$$

P = โมเมนตัม m = มวล V = ความเร็ว

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูถามคำถามนักเรียนว่าการที่วัตถุหรือสิ่งของจะเกิดโมเมนตัมได้นั้น จะต้องมปริมาณใดมากกระทำกับวัตถุ (มีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จึงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว)
2. ครูถามนักเรียนว่า ถ้านำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุจะใช้กฎข้อใดของนิวตัน (กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันนำกฎข้อที่สองของนิวตันมาใช้ในการอธิบายแรงที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ดังนี้

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{และ} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{\Delta t}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{u})}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$$

เมื่อ	$\vec{F}$	คือ	แรงลัพธ์ที่คงตัวที่กระทำต่อวัตถุมวล m
	$m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุก่อนออกแรงกระทำ
	$m\vec{v}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุหลังออกแรงกระทำ
	$m\vec{v} - m\vec{u}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt
	$\frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$	คือ	โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปใน 1 หน่วยเวลา หรือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

4. ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปความหมายของแรงที่กระทำกับวัตถุจนสรุปได้ว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน กล่าวได้อีกแบบหนึ่งว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ เท่ากับ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุทั้งขนาดและทิศทาง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงานที่ 1.1 เรื่องโมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงาน เรื่องโมเมนตัม
2. ชุดอุปกรณ์การทดลองงาน
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้เรื่องโมเมนตัม

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบกิจกรรมที่ - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม POE
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน
	-	-

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

(Momentum and Collision)



โมเมนตัม (Momentum)??



F_{12} F_{21} เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนิวตัน

จากภาพจะเห็นว่าวัตถุที่ถูกชนจะมี
การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ที่เสมอ
จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงวัตถุจะมี
แรงมาเกี่ยวข้องเสมอ

Momentum $จลน.$

สถานการณ์ต่างๆที่เกิดหรือมีโมเมนตัม



กำลังแทงลูกสไนก์เกอร์



ลูกสไนก์เกอร์ชนกันเคลื่อนที่



โดนชนหน้า



ปล่อยลูกเหล็กให้เคลื่อนที่



กำลังยิงปืน



คนยืน



✗ ไม่เกิด M

✓ เกิด M

จากที่กล่าวมา ล้วนเกี่ยวข้องกับ...แรง.....(.....).....

“โมเมนตัม” สัมพันธ์กับ “แรง” อย่างไร

มวล เท่ากัน



ความเร็วมากกว่า
แรงต้านจากมือ
จึงมากกว่า



ความเร็วเท่ากัน



มวลมากกว่า
แรงต้านจากมือ
จึงมากกว่า



“โมเมนตัม” สัมพันธ์กับ “แรง” อย่างไร

การทำให้อัตราการเคลื่อนที่ จะใช้แรงมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของมวลหรือความเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่



ซึ่งผลคูณของมวลและความเร็ว

เรียกว่า โมเมนตัม (**Momentum**) ของวัตถุ



จากคำกล่าวข้างบน โมเมนตัม ของวัตถุ
เป็นปริมาณ.....
และมีทิศทางเดียวกันกับ.....

E1. จงหา โมเมนตัมของรถบรรทุกที่มีมวล $1.5 \times 10^4 \text{ kg}$ กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 km/hr ไปทางทิศตะวันออก

โมเมนตัม (**Momentum**) ของวัตถุ คือผลคูณของมวลและความเร็ว

สมการคือ

m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วย.....
 v คือ ความเร็วของวัตถุ มีหน่วย
 p คือ โมเมนตัมของวัตถุ มีหน่วย.....

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จะได้ว่าโมเมนตัมของวัตถุคงตัวเสมอ หรือสามารถอธิบายด้วยกฎข้อที่.....ของนิวตัน ว่านอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จึงจะทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ หรือทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป

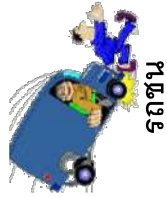
E2. นกตัวหนึ่งมีมวล 30 กรัม บินด้วยอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาที ขนาดของโมเมนตัมของนกตัวนี้มีค่าเป็นเท่าใด

E3. นักกรีฑา A มีมวล 70 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 8 เมตร/วินาที นักกรีฑา B มีมวล 60 กิโลกรัม ต้องวิ่งด้วยความเร็วกี่ เมตร / วินาที จึงจะมีโมเมนตัมเท่ากับนักกรีฑา A

E4. ปล่อยมวล 2 kg ลงมาจากที่สูง 500 m/s ขณะตกกระทบพื้นจะมีโมเมนตัมเท่าไร

แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

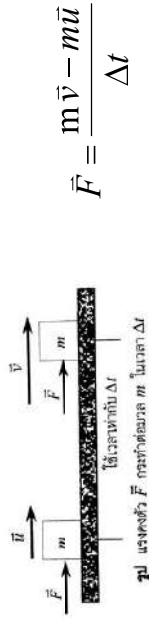
จากคำกล่าวที่ว่า ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว วัตถุนั้นจะมีโมเมนตัม
 นอกจากจะมี**แรงลัพธ์**ที่**ไม่เป็นศูนย์**มากระทำ จึงจะทำให้โมเมนตัมของ
 วัตถุเปลี่ยนไป



จากกฎข้อที่สองของนิวตัน กล่าวว่า ถ้ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำกับ
 วัตถุจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำ

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

จากนิยามของความเร่ง คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา



$$\vec{F} = \frac{m \vec{v} - m \vec{u}}{\Delta t}$$

จากสมการ ถ้าให้

- $m \vec{u} = \vec{p}_1$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุก่อนถูกแรงกระทำ
- $m \vec{v} = \vec{p}_2$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุหลังถูกแรงกระทำ
- $m \vec{v} - m \vec{u} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt
- $\frac{m \vec{v} - m \vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\Delta t}$ เป็น อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

$$\vec{F} = m \vec{a} = \frac{m \vec{v} - m \vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

จะได้ว่า แรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ ทั้งขนาดและทิศทาง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โมเมนตัมและการชน

ใบงาน เรื่อง โมเมนตัม

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตรงข้ามกับความเร็ว
- ข. โมเมนตัมเป็นปริมาณสเกลาร์ มีทิศทางตรงข้ามกับความเร็ว
- ค. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางเดียวกันกับความเร็ว
- ง. โมเมนตัมเป็นปริมาณสเกลาร์ มีทิศทางเดียวกันกับความเร็ว

2. (มข.51) ความหมายของโมเมนตัมของวัตถุ คือข้อใด

- ก. การพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- ข. การพยายามที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ
- ค. การพยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- ง. การพยายามเคลื่อนที่ด้วยความเร่งของวัตถุ

3. (มข.54) รถมอเตอร์ไซด์ 1500 กิโลกรัมวิ่งบนถนนด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีโมเมนตัมเท่าไร

- | | |
|------------------|-------------------|
| ก. 30,000 kg.m/s | ข. 15,000 kg.m/s |
| ค. 54,000 kg.m/s | ง. 108,000 kg.m/s |

4. วัตถุมวล m มีพลังงานจลน์เท่ากับ E มีความเร็วเท่ากับ v จะมีโมเมนตัมเท่าไร

ก. $\frac{2E}{v}$

ข. $\frac{2E}{m}$

ค. $\sqrt{2mv}$

ง. $\sqrt{mEv}$

5. รถยนต์มวล 800 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 12 m/s หลังจากนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ 2 m/s^2 เป็นเวลา 4 วินาที รถยนต์จะมีโมเมนตัมเท่าไร

ก. $1.6 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

ข. $1.12 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

ค. $1.12 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$

ง. $1.60 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

โรงเรียนสตรีศึกษา

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เรื่อง แรงดลและการดล

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 6 ชั่วโมง

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิชิตमार

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. สาระสำคัญ

การดล (Impulse) คือ การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น kg. m/s หรือ N.s

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$$

แรงดล (Impulse Force) คือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม หรือ แรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัม ในช่วงเวลาสั้นๆ

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t = \Delta \vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u}$$

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายโมเมนตัม และความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายได้ว่า ผลคูณของแรงที่ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนโมเมนตัมกับช่วงเวลาที่ใช้เรียกว่าการดลได้ (K)
2. แปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาที่แรงกระทำต่อวัตถุได้ว่าพื้นที่ใต้กราฟ คือ การดลได้ (K)
3. บอกได้ว่า แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่าแรงดล และหาแรงดลจากสูตรที่กำหนดให้ได้โดยถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย (K)

4. อธิบายได้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะเท่ากับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของวัตถุนั้นทั้งขนาดและทิศทาง (K)
5. หาการดลและแรงดลเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆเรียกว่า แรงดล และหาแรงดลจากสูตรที่กำหนดให้โดยถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย (P)
6. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

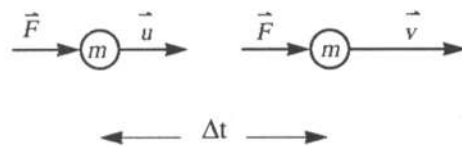
การดล (Impulse) คือ การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น kg. m/s หรือ N.s

ถ้าให้ $\vec{F}$ เป็นแรงลัพธ์คงตัวที่กระทำกับวัตถุในช่วงเวลา Δt

ผลคูณ $\vec{F}$ กับ Δt หรือ $\vec{F}\Delta t$ เรียกว่า การดล

จากสมการ จะได้ว่า

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$$



5.

รูปที่ 1 แรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$

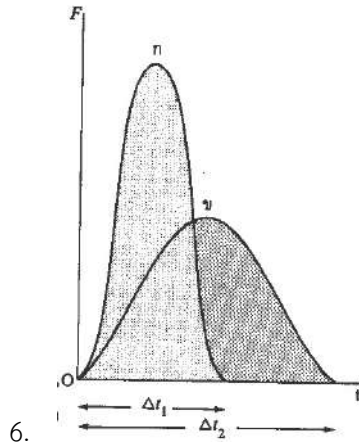
เมื่อมีแรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$ แสดงดังรูปที่ 1 ในกรณีที่วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมในแนวตรง การดลกับโมเมนตัมจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันโดย

ถ้าการดลเป็นบวก (+) หมายความว่า การดลนั้นจะเสริมการเคลื่อนที่ที่ทำให้โมเมนตัมเพิ่มขึ้นในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} > m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} > \vec{u}$)

ถ้าการดลเป็นลบ (-) หมายความว่า การดลนั้นจะต้านการเคลื่อนที่ที่ทำให้โมเมนตัมของวัตถุลดลงในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} < m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} < \vec{u}$)

แรงดล (Impulse Force) คือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม หรือ แรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัม ในช่วงเวลาสั้นๆ

ถ้าวัตถุชิ้นเดียวกันถูกทำให้เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบเดียวกัน แต่ใช้ช่วงเวลา แตกต่างกันไปแล้ว จะเกิดแรงดลไม่เท่ากัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2

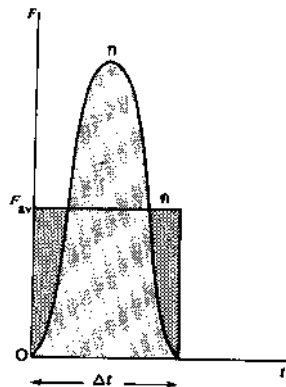


รูปที่ 2 กราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาในกรณีที่วัตถุกระทบกัน

จากรูปจะเห็นว่า ถ้าใช้ช่วงเวลานั้น (Δt_1) แล้วจะเกิดแรงดลมาก ถ้าใช้ช่วงเวลายาว (Δt_2) จะเกิดแรงดลน้อย

จากกราฟ ก ในรูปที่ 2 จะเห็นว่าขนาดของแรงกระทำต่อวัตถุไม่คงตัวในช่วงเวลาในการกระทบ แต่การคำนวณการดล ขนาดของแรง ที่ใช้จะต้องมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง ซึ่งเมื่อเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงนี้กับเวลา จะได้ดังกราฟในรูปที่ 3 โดยพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 3 เท่ากับพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 2 ก ขนาดของแรง จากกราฟรูป 3 นี้เรียกว่า ขนาดของแรงเฉลี่ย ในช่วงเวลา Δt

กรณีที่มีแรงมากกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น รถยนต์ชนกัน การตอกตะปูด้วยค้อน การตีลูกเทนนิส เป็นต้น แรงค่ามากที่กระทำในช่วงเวลาสั้นๆนี้เรียกว่า แรงดล ค่าแรงดลที่เราหาได้จึงถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย



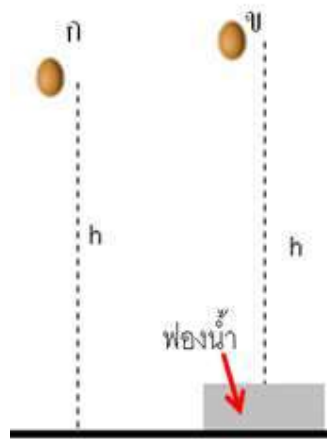
รูปที่ 3 การหาแรงเฉลี่ยจากการดล

7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทบทวนว่า เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป ครูตั้งปัญหาเพื่อนำเข้าสู่การพิจารณาสถานการณ์การปล่อยไข่มวลเท่ากันให้ตกลงบนฟองน้ำหนาๆ และปล่อยให้ตกบนพื้นแข็ง จากที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากัน ถ้าต้องการให้โมเมนตัมของวัตถุ

เปลี่ยนแปลงค่าหนึ่ง ขนาดของแรงกระทำจะเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่ย่อแรงกระทำกับวัตถุหรือไม่
อย่างไร (เกี่ยวข้อง โดยแรงที่กระทำกับไข่รูป ก จะมีค่ามากกว่ารูป ข โดยแรงนี้เรียกว่าแรงดล ที่
มากกว่าเพราะช่วงเวลาที่ไข่กระทบพื้นในรูป กว่า น้อยกว่า รูป ข จึงทำให้ไข่มีอัตราการเปลี่ยน
โมเมนตัมมากกว่า)



2. ครูตั้งสถานการณ์ให้นักเรียนในว่า ถ้ามีไข่ดิบ 1 ฟอง และกระดาษ A4 1 แผ่น นักเรียนจะ
ออกแบบสร้างอุปกรณ์ลดแรงกระแทกได้อย่างไร เพื่อป้องกันไม่ให้ไข่ฟองนี้แตก
3. ครูให้นักเรียนร่วมกันออกแบบและแสดงความคิดเห็นในการสร้างอุปกรณ์นี้
4. ครูสุ่มนักเรียน 1-2 กลุ่ม อธิบายในกลุ่มที่ได้ออกแบบไว้ก่อนลงมือสร้างอุปกรณ์ป้องกันไข่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูนำอุปกรณ์แจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มในการสร้างอุปกรณ์ป้องกัน โดยแจกไข่ต้มในการทดลอง
เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสกปรกภายในห้อง เรียน โดยตั้งเงื่อนไขไว้ว่า ปล่อยไข่แล้วเปลือกไข่จะต้องไม่
มีรอยแตกร้าว
2. ครูชี้แจงเงื่อนไข โดยสามารถปล่อยได้ครั้งเดียวในการเล่นแต่ละกลุ่ม และไข่จะต้องไม่มีรอย
แตกร้าว จะได้คะแนนเต็ม
3. ครูชี้แจงว่าหลังการปล่อยนักเรียนจะต้องอธิบายถึงหลักการที่ได้ว่าทำไมไข่ไม่แตกเนื่องจากสาเหตุ
อะไร

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนสรุปถึงแรงที่กระทำกับไข่ ว่ามีมากหรือน้อยที่ทำให้ไข่ไม่แตก และช่วงเวลาที่แรง
กระทำต่อไข่นั้นมีมากหรือน้อย (โดยมีแนวทางการสรุปดังนี้ คือ แรงที่กระทำต่อไข่ที่ได้ทำกระดาษ
เป็นรูปกรวย จะมีน้อย มากจนไข่ไม่แตก เพราะแรงที่กระทำจะส่งผลไปยังปลายของกรวยกระดาษ
แทน และช่วงเวลาที่แรงจะกระทำต่อไข่อีกใช้เวลานานกว่าด้วยกว่าแรงจะมาถึงไข่)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายถึงหลักการโดยใช้สมการของแรงดลและการดลมาช่วยในการอธิบาย
ความหมาย โดยมีสมการคือ

$$\text{แรงดล} = F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv - mu}{\Delta t}$$

$$\text{การดล} = I = F \Delta t = \Delta p = mv - mu$$

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในการนำหลักการเรื่องการดลและแรงดลไปใช้ ประโยชน์ในชีวิตประจำวันว่ามีอะไรบ้าง (ตัวอย่างเช่นการลดการกระแทกในห้องผู้โดยสาร หรือ อุปกรณ์กีฬาบางชนิด)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายในโจทย์การคำนวณ ที่เกี่ยวข้องกับการดลและแรงดลใน 1 มิติ ว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไรในใบความรู้ เรื่องการดลและแรงดล
3. ครูอธิบายหลักการเรื่องการดลและแรงดล ใน 2 มิติว่ามีหลักการอย่างไรในการพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ในใบความรู้
4. ครูให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในหัวข้อต่างๆ พร้อมสุ่มนักเรียน 2-3 คนในการตอบคำถาม เช่น ความหมายของการดล แรงดล และหลักการพิจารณาการหาแรงดล จากใบความรู้

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงานที่ 1 เรื่อง เรื่องแรงดลและการดล

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงาน เรื่องการดลและแรงดล
2. ชุดอุปกรณ์การทดลองงาน
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้ เรื่องการดลและแรงดล

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบกิจกรรมที่ - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน
	-	-

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

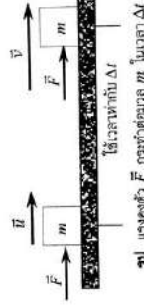
จากคำกล่าวที่ว่า ถ้าวัตถุเคลื่อนด้วยความเร็วคงตัว วัตถุนั้นจะมีโมเมนตัม
นอกจากจะมี**แรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์**มากกระทำ จึงจะทำให้โมเมนตัมของ
วัตถุเปลี่ยนไป



เปลี่ยนไปอย่างไร
ปริมาณได้บ้างมี
การเปลี่ยนแปลง



ลูกสั่นูกเกอร์ชนกันเคลื่อนที่



จากสมการ ถ้าให้

$$m\vec{u} = \vec{p}_1$$

$$m\vec{v} = \vec{p}_2$$

$$m\vec{v} - m\vec{u} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

$$\frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

เป็นโมเมนตัมของวัตถุก่อนถูกแรงกระทำ

เป็นโมเมนตัมของวัตถุหลังถูกแรงกระทำ

เป็นโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

เป็น อัตราการเปลี่ยน โมเมนตัมของวัตถุ

จะได้ว่า แรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง
โมเมนตัมของวัตถุ ทั้งขนาดและทิศทาง

จากกฎข้อที่สองของนิวตัน กล่าวว่า ถ้ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำกับ
วัตถุจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำ

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

จากนิยามของความเร่ง คือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ถ้ามีแรงที่กระทำต่อวัตถุที่ทำให้โมเมนตัมมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งกระทำต่อวัตถุในเวลาอันสั้น ๆ
นั้นคือ $\Delta t \rightarrow 0$ จะได้ว่าแรงที่กระทำนั้นเรียกว่า แรงดล $\vec{F}$ (Impulsive Force)

$$\text{แรงดล} \quad \vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

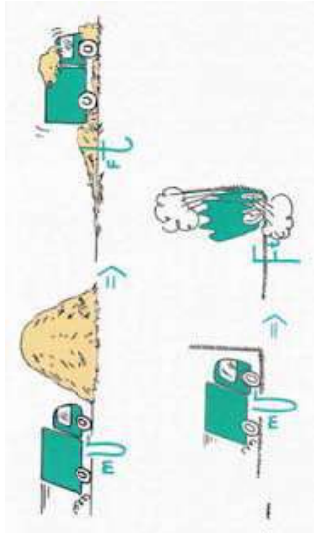
และเรียก ปริมาณ $\vec{F}\Delta t$ ว่า การดล (Impulse, $\vec{I}$)

$$\text{การดล} \quad \vec{I} = \vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u} = \Delta \vec{p}$$

การดล หรือค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป โดยการดล
มีหน่วยเป็น N.s หรือ kg m/s

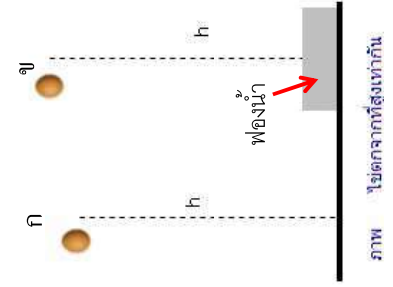


พิจารณาการตกของวัตถุบนพื้น หรือรถเคลื่อนที่ชน

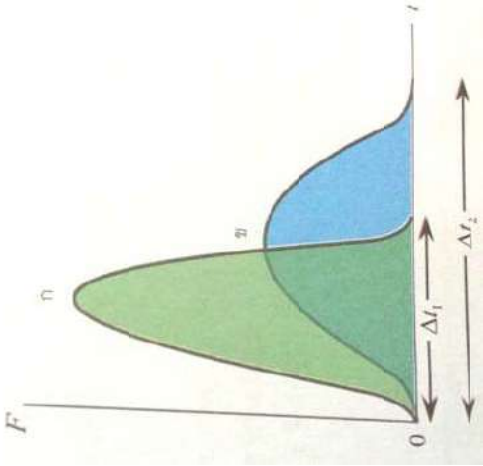
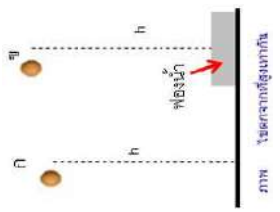


รถชนกองฟางใช้เวลาชนมาก รถไม่พัง
รถชนผนังใช้เวลาชนน้อย รถพัง

ภาพ ก ไข่ที่ตกลงมาจะแตกเนื่องจากแรงกดที่กระทำต่อไข่มีมาก
ภาพ ข ไข่ที่ตกลงมาจะไม่แตกเนื่องจากแรงกดที่กระทำต่อไข่มีค่าน้อย ไข่จึงไม่แตก



การวิเคราะห์ด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลา



สิ่งที่ได้กราฟ
คือ

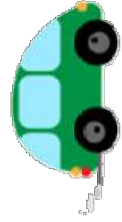
กราฟขนาดของแรงที่พื้นกระทำต่อไข่และเวลาในขณะที่ยากระทบพื้นและฟองน้ำ

การกำหนดทิศทาง

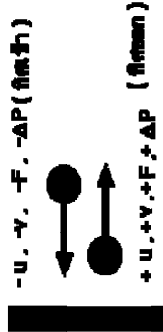
$P_1 = mv$ $+ u, +v, +F, +\Delta P \text{ (ทิศทาง)}$	$P_2 = mv$ $-u, -v, -F, -\Delta P \text{ (ทิศทาง)}$
--	---

ในการพิจารณา เครื่องบอกถึงทิศทางของ โมเมนตัม ความเร็วหรือแรง
ดังนั้น ในการพิจารณาควรกำหนดให้ชัดเจนในแต่ละข้อ

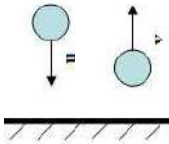
E5. รถยนต์คันหนึ่งมวล 1.5 ตัน เครื่องที่ด้วยความเร็ว 10 m/s จากนั้น คนขับ
เร่งเครื่องยนต์จนกระทั่งรถมีความเร็ว 20 m/s ภายในเวลา 10 วินาที จงหาว่า
แรงเฉลี่ยที่เครื่องยนต์นี้กระทำต่อในการเปลี่ยนแปลงความเร็วมีค่าเท่าไร



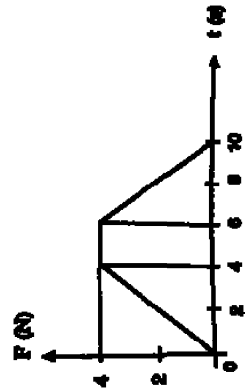
E6. ลูกกลมลูกหนึ่งมวล 2 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1 m/s ไปกระทบฝาผนัง และกระดอนกลับด้วยอัตราเร็ว 1 m/s ถ้าแรงเฉลี่ยที่ผนังกระทำต่อลูกบอลในช่วงเวลาที่มีการชนเป็น 4 N เวลาดังกล่าวมีค่าเท่าไร



E7. วัตถุมวล 4 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว 5 m/s ในแนวระดับไปชนกำแพงที่วางตัวในแนวตั้ง หลังจากชนแล้วกระดอนกลับในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วคงเดิม แต่ทิศทางตรงกันข้าม จงหา
 ก. โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปหรือการดล
 ข. ถ้าเวลาที่วัตถุชนกำแพง 0.5 วินาที แรงเฉลี่ยที่วัตถุกระทำต่อกำแพงเป็นเท่าไร



E8. แรงกระทำต่อวัตถุมวล 2 kg ในแนวแกน x แปรผันกับเวลาตามรูป ถ้าความเร็วเริ่มต้นของวัตถุเป็น -5 m/s ความเร็วสุดท้ายของวัตถุเท่ากับกี่ m/s



กรณีวัตถุเคลื่อนที่ชนใน 2 มิติ

วัตถุเคลื่อนที่ที่กระทำมุมกับกำแพงในแนวตั้ง

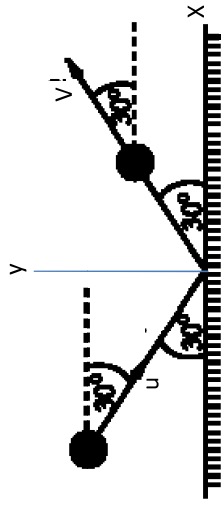
วัตถุเคลื่อนที่ที่กระทำมุมกับกำแพงในแนวราบ

หลักการ !!!!

- ถ้าพื้นผิวของพื้นที่กระทบเป็นผิวเรียบ จะได้ว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
- ทำการแตกเวกเตอร์ความเร็วให้อยู่ในแนวแกน (แกน X หรือ Y)
- พิจารณาการหาโมเมนตัม จากความเร็วใหม่ ในการพิจารณาแต่ละแกน
- กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่หรือการเคลื่อนที่ให้ชัดเจน
- พิจารณาแต่ละกรณีกัน !!!!

หลักการหาการดลและแรงดลในกรณี 2 มิติ

แรงดลและการดลจะเกิดขึ้นใน 2 มิติ เช่นกัน เช่น เกิดแรงดลและการดล ใน มิติของ x หรือแกน x และในมิติของ y หรือแกน y หรือการหาแรงดลหรือการดลเฉลี่ย



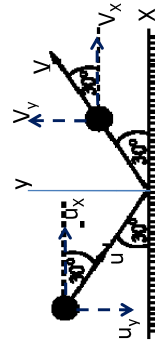
หลักการโดยทั่วไป!!!!!!

ถ้าโจทย์ กำหนดว่า u กับ v มีค่าเท่ากัน และการเคลื่อนที่กระทบมีสิ่งกีดขวาง

มุมตกกระทบทำมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน

แรงดล

ในแนวมิติ X หรือแกน X



แรงดลเฉลี่ย

ในแนวมิติ Y หรือแกน Y

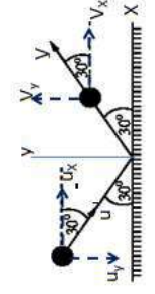
หลักการโดยทั่วไป!!!!!!

ถ้าโจทย์ กำหนดว่า u กับ v มีค่าเท่ากัน และการเคลื่อนที่กระทบมีสิ่งกีดขวาง

มุมตกกระทบทำมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน

การดล

ในแนวมิติ X หรือแกน X



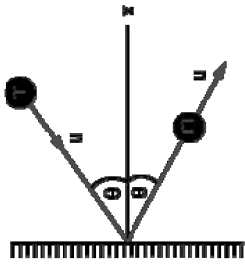
การดลเฉลี่ย

ในแนวมิติ Y หรือแกน Y

สรุปการหาแรงตึงและการดลใน 2 มิติ

ถ้าโจทย์กำหนดให้ u และ v เท่ากัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

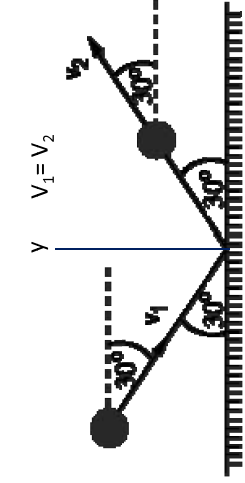
แรงดลและการดล จะมี เฉพาะ ในแนวทิศตั้งฉากกับสิ่งกีดขวางเท่านั้น



$$F = F_x = mu \cos \theta - (-mu \cos \theta)$$

$$\vec{F} = \frac{2mu \cos \theta}{\Delta t}$$

$$\vec{I} = 2mu \cos \theta$$



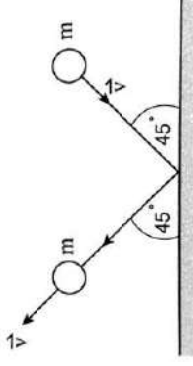
$$F = F_y = mu \sin \theta - (-mu \sin \theta)$$

$$\vec{F} = \frac{2mu \sin \theta}{\Delta t}$$

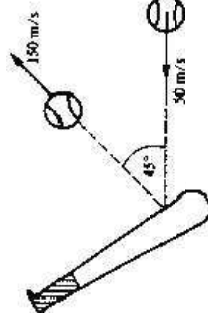
$$\vec{I} = 2mu \sin \theta$$

E10. เด็กคนหนึ่งขว้างลูกบอลมวล 100 g ลงบนพื้นเรียบด้วยความเร็ว 30 m/s และทำมุม 30° กับพื้น ถ้าลูกบอลสะท้อนด้วยมุมสะท้อนด้วยขนาดของความเร็วเท่าเดิม จงหาขนาดของการดลที่เกิดขึ้น

E9. ลูกบอลมวล 0.2 kg ตกทำมุม 45° องศา กับพื้นราบ ด้วยความเร็ว $2\sqrt{2}$ m/s แล้วกระดอนออกไปด้วยความเร็วเท่าเดิม ในทิศทาง 45° องศา กับพื้นราบ ถ้าช่วงเวลาที่อยู่บนอลกระแทกพื้นเป็น 0.01 วินาที จงหาขนาดของการดล และแรงเฉลี่ยที่พื้นกระทำต่อลูกบอล



E11. ลูกเบสบอลมวล 0.4 kg วิ่งเข้าชนไม้ตีด้วยความเร็ว 50 m/s โดยสัมผัสไม้ตีนาน 0.02 วินาที และกระดอนออกไปด้วยความเร็ว 150 m/s ในทิศทางทำมุม 45° กับแนวการชนจงหาแรงเฉลี่ยที่เบสบอลกระทำกับไม้ตี



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โมเมนตัมและการชน
ใบงานเรื่อง แรงและการดล 1 มิติ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

- (มข.51) ข้อใดผิด
 - การดลของแรงไม่มีผลกับมวลของวัตถุ
 - การดลคือการกระทำโดยแรงในช่วงเวลาสั้นๆ
 - การดลของแรงเท่ากับโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง
 - เมื่อมีแรงมากกระทำกับวัตถุจะทำให้วัตถุมีความเร็วเปลี่ยนไปเสมอ
- (มข.53) ถ้าเราทราบค่าการดล (impulse) ซึ่งกระทำต่อวัตถุมวล m ที่เราทราบค่าของมวล เราจะสามารถคำนวณหาค่าอะไรต่อไปนี้ได้
 - ความเร็วเริ่มต้น
 - โมเมนตัมสุดท้าย
 - ความเร็วสุดท้าย
 - ความเร็วที่เปลี่ยนไป
- (มข.55) ชายคนหนึ่งออกแรงผลักรถซึ่งหยุดนิ่งและมีมวล 1200 กิโลกรัม ด้วยแรง 300 นิวตัน เป็นเวลา 2 วินาที จงหาว่าอัตราเร็วของรถที่เคลื่อนไปเนื่องจากการผลักของชายคนนี้มีค่าเท่าใด
 - 0.5 m/s
 - 1.0 m/s
 - 1.5 m/s
 - 2 m/s
- วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เข้าชนกับกำแพงในแนวตั้งฉากแล้วสะท้อนกลับออกมาด้วยอัตราเร็ว $\frac{3}{2}$ เท่าของความเร็วก่อนชน ขนาดของการดลที่กระทำต่อลูกบอลเป็นเท่าไร
 - $2mv$
 - $\frac{3}{2} mv$
 - $\frac{5}{2} mv$
 - $6 mv$

5. ใช้ก้อนมวล 0.5 กิโลกรัม ตอกตะปู ในขณะที่ค้อนใกล้กระทบตะปูนั้นมีขนาดความเร็ว 8 เมตร/วินาที และหลังจากกระทบหัวตะปูแล้วก้อนสะท้อนกลับด้วยความเร็วเท่าเดิม ถ้า ช่วงเวลาที่ก้อนกระทบหัวตะปูเป็น 1 มิลลิวินาที จงหาค่าการดลและแรงดลที่หัวตะปู กระทำต่อค้อน

ก. 8 kg.m/s , 8000 นิวตัน

ข. 16 kg.m/s , 8000 นิวตัน

ค. 8 kg.m/s , 16,000 นิวตัน

ง. 16 kg.m/s , 16,000 นิวตัน

6. กล้องใบหนึ่งอยู่บนรถ ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินาที รถจะต้องเบรกจนหยุดนิ่งในเวลาอย่างน้อยที่สุดเท่าไร กล้องจึงจะไม่ไถลไปบนรถ ถ้าสัมประสิทธิ์ ความเสียดทานระหว่างกล้องกับรถเป็น 0.5

ก. 6 วินาที

ข. 7 วินาที

ค. 8 วินาที

ง. 9 วินาที

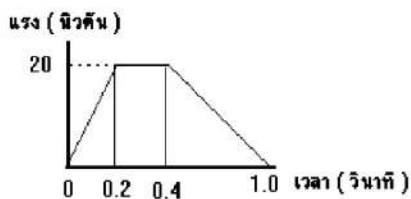
7. (En 42/2) ถ้าแรงกระทำกับวัตถุหนึ่ง(ดังรูป) ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้นจะทำให้วัตถุ เปลี่ยนโมเมนตัมไปเท่าใด

ก. 4.0 kg.m/s

ข. 6.0 kg.m/s

ค. 9.0 kg.m/s

ง. 12.0 kg.m/s



ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

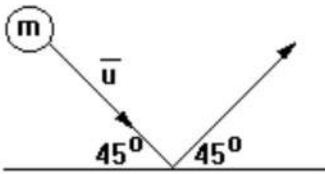
1. จากรูปลูกเทนนิสมวล m ตกกระทบพื้น แล้วกระดอนขึ้นโดยมีขนาดของความเร็วคงที่ข้อใดคือโมเมนตัมของลูกเทนนิสที่เปลี่ยนไป

ก. $mu\sqrt{2}$

ข. $2\sqrt{mu}$

ค. $\frac{mu}{\sqrt{2}}$

ง. $\frac{1}{2}mu$



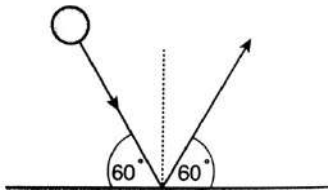
2. ลูกบอลมวล 0.1 kg ถูกปาไปทำมุม 60° กับพื้นราบด้วยความเร็ว 10 m/s ลูกบอลจะกระดอนด้วยความเร็วและมุมเท่าเดิม จงหาขนาดของการดล

ก. $\sqrt{2}$

ข. $\sqrt{3}$

ค. $\sqrt{5}$

ง. $\sqrt{7}$



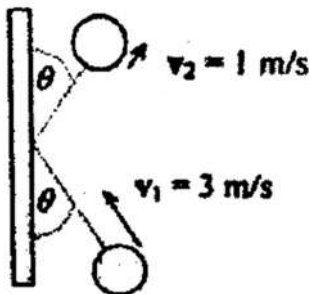
3. (มข.56) ลูกบิลเลียดมวล 200 g เข้าชนขอบโต๊ะบิลเลียดและกระดอนออกมดั่งรูป ถ้าเวลาที่ลูกบิลเลียด กระทบขอบโต๊ะเท่ากับ 40 วินาที จงหาขนาดของแรงเฉลี่ยที่ขอบโต๊ะกระทำต่อลูกบิลเลียด (กำหนดให้ $\tan \theta = \frac{3}{4}$)

ก. 10 N

ข. $4\sqrt{13} \text{ N}$

ค. $8\sqrt{13} \text{ N}$

ง. 20 N



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง การชน

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิษิตมาร

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สาระสำคัญ

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบ

พิจารณาวัตถุ 2 ก้อน เคลื่อนที่ชนกันหรือกระทบกัน วัตถุทั้ง 2 ก้อน จะมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ แสดงว่ามีแรงกระทำกับวัตถุทั้ง 2 ก้อน

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน กล่าวว่า “ทุกแรงกิริยาต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ โดยแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา กระทำต่อวัตถุทั้งก้อน” แสดงว่า แรงกระทำกับวัตถุทั้ง 2 ก้อน

การชน(collision) คือ การที่วัตถุเคลื่อนที่กระทบกันในช่วงเวลาสั้นๆ

การชนใน 1 มิติ(One Dimension Collision) คือ การชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน การชนในแนวเส้นตรงจะเกิดขึ้นได้เมื่อแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชนจะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนเท่านั้น การชนใน 1 มิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic Collision) คือ การชนแบบไม่สูญเสียพลังงานจลน์เลย เช่น การชนของอนุภาคเล็กๆ

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic Collision) คือ การชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปบางส่วน พลังงานที่สูญเสียไปบางส่วนอาจจะเปลี่ยนไปเป็นเสียง, แสง, เปลี่ยนรูปทรง การชนโดยทั่วไปจะเป็นการชนแบบนี้ หรือบางครั้งการชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปมากที่สุด โดยภายหลังการชนวัตถุจะติดกันไปการชนลักษณะอาจเรียกว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์ (Completely Inelastic Collision)

3. ผลการเรียนรู้

อธิบายการชนของวัตถุ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และวิเคราะห์การชนกันของวัตถุ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกได้ว่าเมื่อวัตถุสองก้อนชนกันจะมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองได้ (K)
2. ทดลองการชนของวัตถุในแนวเส้นตรง และการติดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในแนวเส้นตรง และสรุปได้ว่า ผลรวมของโมเมนตัมของระบบคงตัวเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบได้ (P)

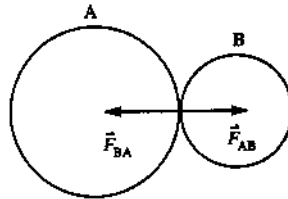
- อธิบายได้ว่า ในการชนแบบยืดหยุ่น ผลรวมของโมเมนตัมของระบบคงตัวและผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบคงตัวด้วย (K)
- อธิบายได้ว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ผลรวมของโมเมนตัมของระบบคงตัว แต่ผลรวมของพลังงานจลน์ระบบไม่คงตัว (K)
- จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สารการเรียนรู้

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบ

พิจารณาวัตถุ 2 ก้อน เคลื่อนที่ชนกันหรือกระทบกัน วัตถุทั้ง 2 ก้อน จะมีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ แสดงว่ามีแรงกระทำกับวัตถุทั้ง 2 ก้อน

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน กล่าวว่า “ทุกแรงกิริยาต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและทิศตรงข้ามเสมอ โดยแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา กระทำต่อวัตถุทั้งก้อน” แสดงว่า แรงกระทำกับวัตถุทั้ง 2 ก้อน จะเป็น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาจากการชนกันของวัตถุ

ให้ $\vec{F}_{AB}$ แทนแรงที่วัตถุ A กระทำต่อวัตถุ B

$\vec{F}_{BA}$ แทนแรงที่วัตถุ B กระทำกับวัตถุ A

Δt แทนช่วงเวลาวัตถุ A ชนกับวัตถุ B

จะได้ $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

$$m_B \left[\frac{\vec{v}_B - \vec{u}_B}{\Delta t} \right] = -m_A \left[\frac{\vec{v}_A - \vec{u}_A}{\Delta t} \right]$$

$$m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B = -m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$$

$$m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B$$

$$\sum \vec{P}_1 = \sum \vec{P}_2 = \text{ค่าคงตัว}$$

เมื่อ $\sum \vec{P}_1$ = ผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนชน

$\sum \vec{P}_2$ = ผลรวมของโมเมนตัมของระบบหลังการชน

ดังนั้น จะได้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ถ้าแรงลัพธ์ภายนอกมากระทำกับระบบมีค่าเป็นศูนย์ ($\sum \vec{F} = 0$) แล้ว ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบ เท่ากับ ผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบเสมอ

$$\sum \vec{P}_1 = \sum \vec{P}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

นั่นคือ $\sum \dot{P} = \text{ค่าคงตัว}$

การชน(collision) คือ การที่วัตถุเคลื่อนที่กระทบกันในช่วงเวลาสั้นๆ

การชนกันของวัตถุใดๆ ถ้าแรงลัพธ์ภายนอกที่กระทำกับระบบมีค่าเป็นศูนย์ ($\sum \vec{F} = 0$) แล้ว ผลรวมของโมเมนตัมของระบบ จะมีค่าคงตัวเสมอ และผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังการชนของระบบเสมอ

$$\sum \dot{P} = \text{ค่าคงตัว}$$

$$\sum \dot{P}_1 = \sum \dot{P}_2$$

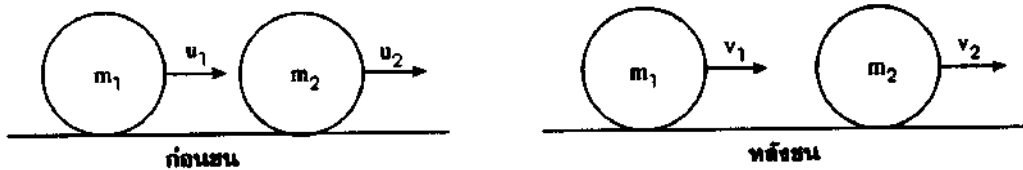
การชนใน 1 มิติ(One Dimension Collision) คือ การชนที่แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันทั้งก่อนการชนและหลังการชน การชนในแนวเส้นตรงจะเกิดขึ้นได้เมื่อแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชนจะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชนเท่านั้น

การชนใน 1 มิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic Collision) คือ การชนแบบไม่สูญเสียพลังงานจลน์ เช่น การชนของอนุภาคเล็กๆ

การวิเคราะห์การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุ 2 ก้อน ในแนวตรง

สมมติให้ m_1 แทนมวลของวัตถุที่วิ่งด้วยความเร็วก่อนชน $\vec{u}_1$ ชนกับวัตถุอีกก้อน (m_2) ทำให้ความเร็วหลังการชนเป็น $\vec{v}_1$ m_2 แทนมวลของวัตถุที่วิ่งด้วยความเร็วก่อนชน $\vec{u}_2$ ชนกับวัตถุอีกก้อน (m_1) ทำให้ความเร็วหลังชนเป็น $\vec{v}_2$



รูปที่ 2 วัตถุ m_1 ชนวัตถุ m_2 ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\sum \dot{P}_1 = \sum \dot{P}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 - m_1 \vec{v}_1 = m_2 \vec{u}_2 - m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 (\vec{u}_1 - \vec{v}_1) = m_2 (\vec{v}_2 - \vec{u}_2) \dots \dots \dots (1)$$

การชนแบบยืดหยุ่นจะได้

$$\sum E_{k1} = \sum E_{k2}$$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$$

$$m_1 u_1^2 - m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 - m_2 u_2^2$$

$$m_1 (u_1^2 - v_1^2) = m_2 (v_2^2 - u_2^2)$$

$$m_1 (u_1 - v_1)(u_1 + v_1) = m_2 (v_2 - u_2)(v_2 + u_2) \dots \dots \dots (2)$$

นำ $\frac{(2)}{(1)}$ จะได้ $\frac{m_1 (u_1 - v_1)(u_1 + v_1)}{m_1 (u_1 - v_1)} = \frac{m_2 (v_2 - u_2)(v_2 + u_2)}{m_2 (v_2 - u_2)}$

$$u_1 + v_1 = u_2 + v_2$$

$$\begin{aligned}\text{เมื่อ} \quad \sum E_{k1} &= \text{ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบก่อนชน} \\ \sum E_{k2} &= \text{ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบหลังการชน}\end{aligned}$$

ดังนั้น การชนแบบยืดหยุ่น จะได้ว่า

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\begin{aligned}\sum \vec{P}_1 &= \sum \vec{P}_2 \\ m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2\end{aligned}$$

สมการพลังงานจลน์

$$\begin{aligned}\sum E_{k1} &= \sum E_{k2} \\ \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 &= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \\ u_1 + v_1 &= u_2 + v_2\end{aligned}$$

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic Collision) คือ การชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปบางส่วน พลังงานที่สูญเสียไปบางส่วนอาจจะเปลี่ยนไปเป็นเสียง, แสง, เปลี่ยนรูปทรง การชนโดยทั่วไปจะเป็นการชนแบบนี้ หรือการชนแบบสูญเสียพลังงานจลน์ไปมากที่สุด โดยภายหลังการชนวัตถุจะติดกันไป อาจเรียกว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์ (Completely Inelastic Collision)

การคำนวณการชนแบบไม่ยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\begin{aligned}\sum \vec{P}_1 &= \sum \vec{P}_2 \\ m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2\end{aligned}$$

สำหรับการชนแบบไม่ยืดหยุ่นโดยสมบูรณ์ จะได้ว่า

$$m_1 u_1 + m_2 u = (m_1 + m_2) v$$

ผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนชน > ผลรวมของพลังงานจลน์หลังชน เสมอ

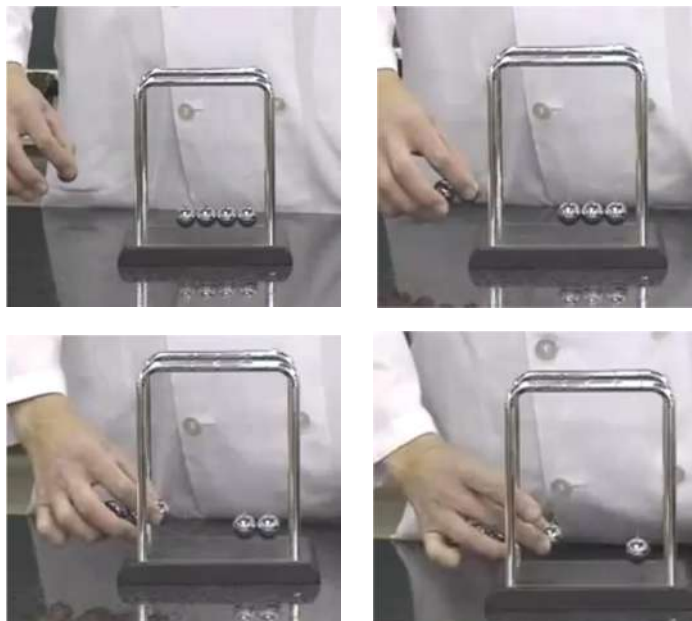
$$\begin{aligned}\sum E_{k1} &> \sum E_{k2} \\ \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 &> \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2\end{aligned}$$

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

- ครูทักทายกับนักเรียน โดยถามถึงเนื้อหาที่ได้เรียนมาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับ โมเมนตัม การดล และแรงดล ว่ามีลักษณะอย่างไรความหมายว่าอย่างไร (โมเมนตัมหรือความพยายามที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยกว่าได้ว่าวัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมเสมอ โดยการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การดล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้ คือแรงดลนั่นเอง)

2. ครูถามนักเรียนว่า การที่วัตถุมีโมเมนตัม เช่นรถเคลื่อนที่ ซึ่งการที่รถเคลื่อนที่ได้ มักจะเกิดอุบัติเหตุ หรือการชนกัน นักเรียนคิดว่าการชนนี้มีลักษณะก่อนชนและหลังชนอย่างไร (ครูยังไม่บอกเหตุผล แต่ให้ตัวแทนนักเรียนบางส่วนอธิบายในความเข้าใจ เช่นชนแล้วแยกออกจากกัน ชนแล้วติดกันไป ชนแล้วมีความเสียหายต่อวัตถุ)
3. ครูนำอุปกรณ์สาธิตการชนมาให้นักเรียนทำนายถึงลักษณะของเหตุการณ์หลังงานชนแต่ละกรณี ดังนี้



รูปที่ 3 ลักษณะการชน

- (หลังการชนรูปบนซ้าย เมื่อปล่อยมวล 1 ลูก จะทำให้ มวล 1 ลูกด้านขวากระดอนขึ้น และลูกที่ 1 หยุดนิ่งแทน กรณี บนขวา จะกระดอนออก 2 ลูก ส่วนกรณีที่ สามและสี่ จะกระดอนออก สามลูก และสี่ลูกเช่นกัน)
4. ครูถามนักเรียนว่า ความเร็วขณะกระทบและขณะที่กระดอนออกมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันหรือไม่ (มีค่าใกล้เคียงกัน)
 5. ครูถามนักเรียนว่า มวลของลูกกลมแต่ละลูกเท่ากันหรือไม่ (เท่ากัน) จากนั้นครูถามนักเรียนต่อว่า ถ้ามวลแต่ละลูกไม่เท่ากัน จะยังเกิดการชนในลักษณะดังกล่าวหรือไม่ (ไม่ เพราะโมเมนตัมที่เกิดมีค่าต่างกัน)
 6. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายจนได้ข้อสรุปว่า “การชนของลูกกลมที่มีมวลเท่ากันทุกลูก ถ้าทำการดึงลูกกลมออกและปล่อยให้เคลื่อนที่หลังการชนลูกที่เข้าชนจะถ่ายโอนโมเมนตัมทั้งหมดให้กับลูกที่ชน ลูกที่เข้าชนจึงหยุดนิ่ง ลูกที่ถูกชนจะถ่ายโอนโมเมนตัมให้กับลูกที่อยู่ถัดไปจนถึงลูกสุดท้าย จึงกระเด็นออกไป”

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูนำเสนอให้นักเรียนว่าจะทำการศึกษาลักษณะการชน โดยลักษณะการชนมี 2 รูปแบบ คือการชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) และการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision) โดยกรณี que ที่ศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของการชนทั้ง 2 รูปแบบว่ามีลักษณะการชนอย่างไร

2. ศึกษาผลของโมเมนตัม ก่อนชนและหลังชน ว่ามีลักษณะอย่างไร

เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่มีอัตราเร็ว ดังนั้นวัตถุจะมีพลังงานจลน์

3. จะศึกษาผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน

โดยมีกรณีที่จะศึกษาแตกต่างกันไป เช่นกรณีดังกล่าวนี้

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

กรณีขนาดมวลเท่ากันวัตถุก้อนหนึ่งอยู่นิ่ง



หลังชนมวลก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน			หลังชน			ผลรวม ($\vec{u} + \vec{v}$)
		$\vec{u}(m/s)$	$\vec{p}(kg.m/s)$	$E_k(J)$	$\vec{v}(m/s)$	$\vec{p}(kg.m/s)$	$E_k(J)$	
1								
2								

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน..... , ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน..... , ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

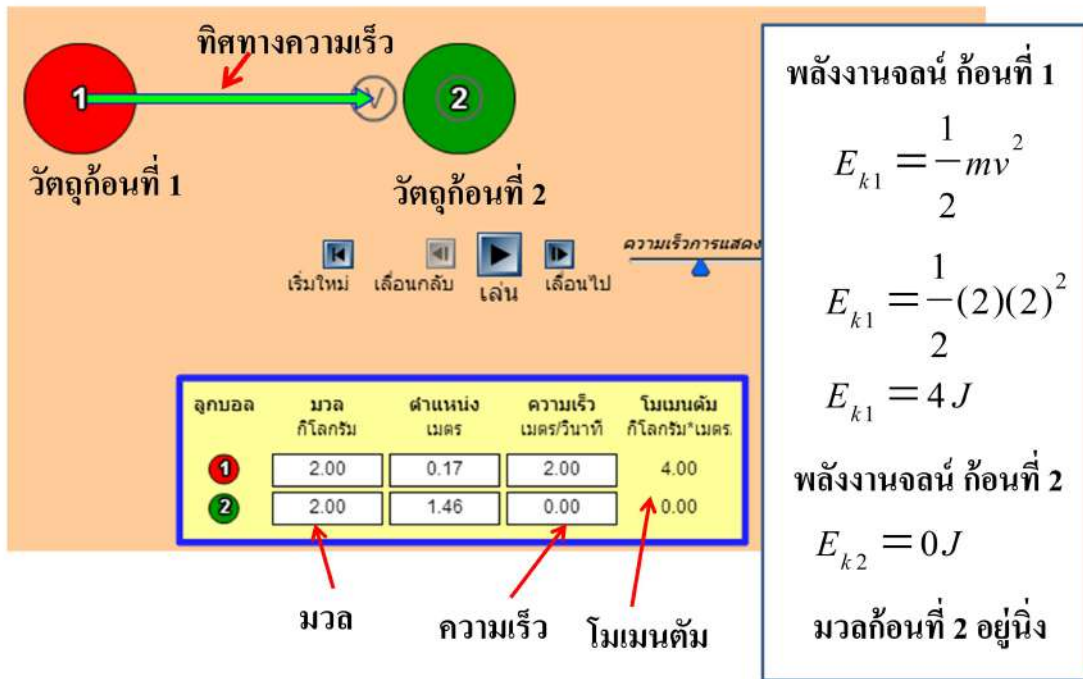
ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

รูปที่ 4 ลักษณะการทดลอง

2. ครูชี้แจงกับนักเรียนว่าในการทดลองจะใช้ Simulation lab ในการช่วยในการทดลอง โดยมีลักษณะการหน้าตาการทดลองดังนี้

กำหนดวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา มีเครื่องหมาย + ทางซ้าย มีเครื่องหมาย -



รูปที่ 5 ตัวอย่างโปรแกรม

- ครูนำเสนอลักษณะของอุปกรณ์ว่าประกอบไปด้วยมวล 2 ก้อน ที่สามารถกำหนดมวลได้ และกำหนดความเร็วแต่ละก้อนได้ จากนั้น จากความเร็วและมวลนี้ เราสามารถหาพลังงานจลน์ของมวลแต่ละก้อนได้ และสามารถคำนวณผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนได้
- ครูอธิบายกับนักเรียนเพิ่มเติมโดยเน้นเรื่องทิศทางการเคลื่อนที่หรือการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ให้ชัดเจน (โดยอาจจะให้เคลื่อนที่ไปทางขวาเป็นบวก และทางซ้ายเป็นลบ)
- ครูแนะนำวิธีการบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 4 ว่า จะทำการบันทึกข้อมูลอะไรบ้าง
- ครูแจ้งนักเรียนว่าจะทำการสังเกตทั้งสองรูปแบบ คือการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยครูจะกำหนดการชนสองลักษณะให้ และอีกสองลักษณะจะให้นักเรียนกำหนดเงื่อนไขเอง โดยเงื่อนไขที่กำหนดให้คือ ขนาดมวลเท่ากัน และวัตถุหนึ่งหยุดนิ่ง
- ครูเริ่มทำการทดลองโดยให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น จากนั้นสุ่มถามนักเรียนว่าผลที่เกิดขึ้นได้ว่ อะไรบ้าง
- ทำการทดลองซ้ำ พร้อมคำนวณสิ่งที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

- ครูให้นักเรียนสรุปลักษณะการชนที่เกิดขึ้นใน 2 กรณี ในกรณียืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่นว่ามีลักษณะอย่างไรตามคำถามต่อไปนี้
การชนแบบยืดหยุ่น/ไม่ยืดหยุ่น

1. ผลรวมโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชน มีลักษณะอย่างไร (ผลรวมโมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนมีค่าเท่ากันเสมอ)
 2. ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนการชนและหลังการชน มีลักษณะอย่างไร (ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนการชนและหลังการชนมีค่าเท่ากันเฉพาะการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่นจะมีค่าไม่เท่ากัน เพราะมีการสูญเสียพลังงาน ในรูปอื่น หรือวัตถุมีการเปลี่ยนรูปทรง)
 3. ผลรวมของความเร็วก่อนการชนและหลังการชนของวัตถุแต่ละก้อนเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน มีลักษณะอย่างไร (ผลรวมของความเร็วก่อนการชนและหลังการชนมีค่าเท่ากันเฉพาะการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่นจะมีค่าไม่เท่ากัน)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเรื่องการชนของวัตถุ ในกรณี 1 มิติ ในรูปแบบการชนแบบยืดหยุ่น และการชนแบบไม่ยืดหยุ่น จนได้ข้อสรุปว่า ว่าการชนทั้งสองรูปแบบมีลักษณะการชนโดยมีค่าโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเท่ากัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม”

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างของการชน ที่มีลักษณะการชนแบบยืดหยุ่น และและไม่ยืดหยุ่นในชีวิตประจำวันว่าอะไรบ้างที่มีลักษณะที่พบเห็นในกรณีดังกล่าว (เช่น การเล่นสนุกเกอร์ เป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนกรณีรถเกิดอุบัติเหตุและเคลื่อนที่ติดกันไป จะเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น)
2. ครูอธิบายให้นักเรียนว่า พลังงานที่สูญเสียไปจากกรณีการชนแบบไม่ยืดหยุ่น อาจเกิดจากวัตถุมีการเปลี่ยนรูปร่าง เกิดเสียงดังขึ้น หรือเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน
3. ครูเพิ่มเติมเกี่ยวกับที่มาของสมการ
$$u_1 + v_1 = u_2 + v_2$$

ว่ามีที่มาจากสมการ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานจลน์ จึงสามารถใช้สมการดังได้ในกรณีการชนแบบยืดหยุ่นเท่านั้น
4. ครูยกตัวอย่างโจทย์การคำนวณให้นักเรียนพิจารณาช่วยในการอธิบายเหตุการณ์ของการชนกรณีต่างๆ ตามใบงาน

ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจในข้อสงสัย
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงานเรื่อง เรื่องการชนในหนึ่งมิติ

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงาน เรื่องการชนใน 1 มิติ
2. ชุดอุปกรณ์การทดลองงาน
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้ที่ เรื่องการชน

7. การวัดผลและการประเมินผล

การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบกิจกรรมที่ - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน
	-	-

การประเมินผล

เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

แบบบันทึกการสังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียน

สำหรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่

เรื่อง..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับพฤติกรรมการตอบคำถาม เพียงข้อละ 1 ช่อง

กลุ่ม ที่/ ร า บ บ ุ ค ค ล	รายการประเมิน																รวม คะแนน
	ตอบคำถามได้ ถูกต้อง				มีส่วนร่วมเสนอ ตนเองในการ ตอบคำถาม				การโต้ตอบ ระหว่างผู้เรียน และผู้สอน				การแสดงควม คิดเห็นและการ ตั้งคำถาม				
	คะแนน				คะแนน				คะแนน				คะแนน				
4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1		

ข้อคิดเห็น.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ตอบคำถามได้ถูกต้อง

- 4 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์ ตรงประเด็น
- 3 คะแนน = ถูกต้อง 80% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 2 คะแนน = ถูกต้อง 50% ยังไม่ตรงประเด็นทั้งหมด
- 1 คะแนน = ถูกต้องต่ำกว่า 50% หรือตอบไม่ถูกเลย

2. มีส่วนร่วมเสนอตนเองในการตอบคำถาม

- 4 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามเป็นประจำ
- 3 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ่อยครั้ง แต่ไม่เป็นประจำ
- 2 คะแนน = ยกมือเสนอตนเองในการตอบคำถามบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่เสนอตนเองในการตอบคำถามเลย

3. การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

- 4 คะแนน = มีการพูดคุยและโต้ตอบกับผู้สอนตลอดเวลา ในขณะเรียน
- 3 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง ค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = มีการโต้ตอบบ้าง แต่ไม่บ่อย
- 1 คะแนน = เงียบตลอด ไม่เคยโต้ตอบกับผู้สอนเลย

4. การแสดงความคิดเห็นและการตั้งคำถาม

- 4 คะแนน = แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สร้างสรรค์
- 3 คะแนน = แสดงความคิดเห็นค่อนข้างบ่อย
- 2 คะแนน = แสดงความคิดเห็นเป็นบางครั้ง
- 1 คะแนน = ไม่เคยแสดงความคิดเห็นเลย

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ผลการประเมิน
1 – 5	ปรับปรุง
6 – 10	พอใช้
11 – 16	ดี
เกณฑ์การผ่าน ระดับคะแนนดีขึ้นไป	

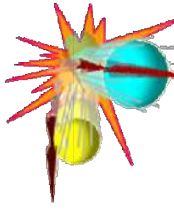
การชน (Collision)



ปล่อยลูกเหล็กให้เคลื่อนที่

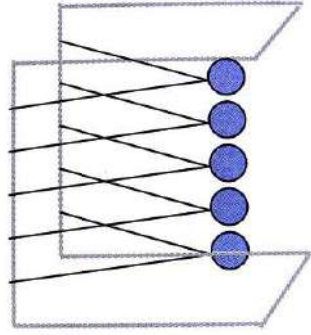


รถชน



ลูกสั่นูกเกอร์ชนกันเคลื่อนที่

การชน คือการที่วัตถุเคลื่อนที่เข้ากระทบกัน



การชนของลูกกลมที่มีมวลเท่ากันทุกลูก ถ้าทำการดึงลูกกลมออกและปล่อยให้เคลื่อนที่หลังการชนลูกที่เข้าชนจะถ่ายโอน โมเมนตัมทั้งหมดให้กับลูกที่ชน ลูกที่เข้าชนจึงหยุดนิ่ง ลูกที่ถูกชนจะถ่ายโอน โมเมนตัมให้กับลูกที่อยู่ติดไปจนกระทั่งถึงลูกสุดท้าย จึงกระเด็นออกไป

การชน (Collision)

ทำนายลักษณะการชนต่อไปนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



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



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



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



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

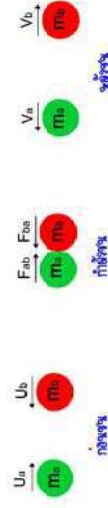
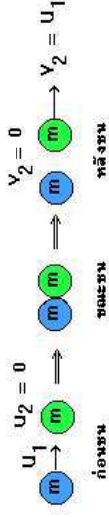
กิจกรรมศึกษาลักษณะการชน (ใน 1 มิติ)

การชน จะมี 2 รูปแบบ คือ การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

การชนแบบ ไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)

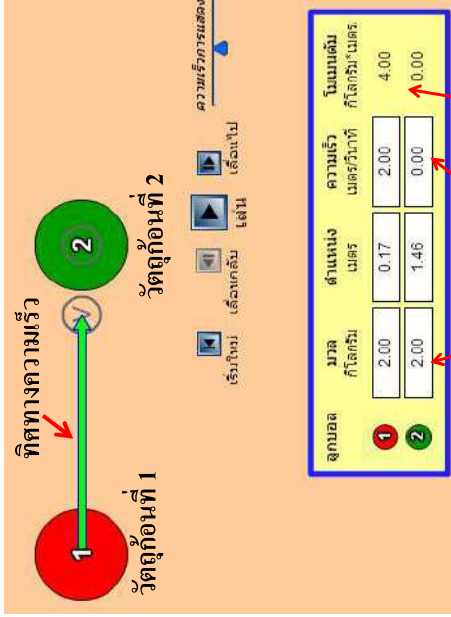
กิจกรรมนี้ จะศึกษา

1. ลักษณะของการชนทั้ง 2 รูปแบบว่ามีลักษณะการชนอย่างไร
2. ศึกษาผลของโมเมนตัม ก่อนชนและหลังชน ว่ามีลักษณะอย่างไร เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่มีอัตราเร็ว ดังนั้นวัตถุจะมีพลังงานจลน์
3. จะศึกษาผลรวมของพลังงานจลน์ก่อนและหลังการชน



การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

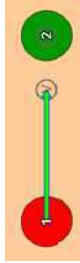
กำหนดวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวา มีเครื่องหมาย + ทางซ้าย มีเครื่องหมาย -



พลังงานจลน์ ก่อนที่ 1
$E_{k1} = \frac{1}{2}mv^2$
$E_{k1} = \frac{1}{2}(2)(2)^2$
$E_{k1} = 4J$
พลังงานจลน์ ก่อนที่ 2
$E_{k2} = 0J$
มวลก่อนที่ 2 อยู่

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)

กรณีชนมวลเท่ากันวัตถุหนึ่งอยู่นิ่ง



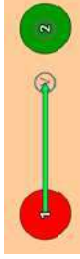
หลังชนมวลก่อนที่ 1 และก่อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน		หลังชน		ผลรวม
		$\vec{u}(m/s)$	$\vec{p}(kg.m/s)$	$\vec{v}(m/s)$	$E_k(J)$	$(\vec{u} + \vec{v})$
1						
2						

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน....., ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....
ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน....., ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....
ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....
ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....
ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก่อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)

กรณีชนมวลเท่ากันวัตถุหนึ่งอยู่นิ่ง



หลังชนมวลก่อนที่ 1 และก่อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

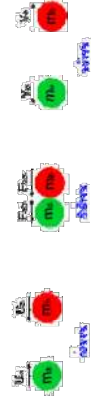
วัตถุ	มวล	ก่อนชน		หลังชน		ผลรวม
		$\vec{u}(m/s)$	$\vec{p}(kg.m/s)$	$\vec{v}(m/s)$	$E_k(J)$	$(\vec{u} + \vec{v})$
1						
2						

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน....., ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....
ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน....., ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....
ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....
ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....
ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก่อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

สรุปประเภทของการชน

การชนมี 2 รูปแบบ คือ

การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision)



การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)



การชนแบบยืดหยุ่น



1

กรณีขนาดมวลเท่ากันวัตถุก้อนที่ 1 เคลื่อนที่ ก้อนที่ 2 อยู่นิ่ง

หลังชนมวลก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน			หลังชน			ผลรวม
		$\vec{u}(m/s)$	$\vec{p}(kg \cdot m/s)$	$E_k(J)$	$\vec{v}(m/s)$	$\vec{p}(kg \cdot m/s)$	$E_k(J)$	
1								
2								

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน..... , ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน..... , ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

2



กรณีขนาดมวลต่างกันก้อนหนึ่งอยู่นิ่ง

หลังชนมวลก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน			หลังชน			ผลรวม
		$\vec{u}(m/s)$	$\vec{p}(kg \cdot m/s)$	$E_k(J)$	$\vec{v}(m/s)$	$\vec{p}(kg \cdot m/s)$	$E_k(J)$	
1								
2								

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน..... , ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน..... , ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

อธิบายผลการทดลอง

1. ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนในกรณีการชนแบบยืดหยุ่นเป็นอย่างไร.....

.....

2. ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนในกรณีการชนแบบยืดหยุ่นเป็นอย่างไร.....

.....

3. ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น



1

กรณีขนาดมวลเท่ากันวัตถุก้อนที่ 1 เคลื่อนที่ ก้อนที่ 2 อยู่นิ่ง

หลังชนมวลก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน			หลังชน			ผลรวม
		$\vec{u} (m/s)$	$\vec{p} (kg \cdot m/s)$	$E_k (J)$	$\vec{v} (m/s)$	$\vec{p} (kg \cdot m/s)$	$E_k (J)$	
1								
2								

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน..... , ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน..... , ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

2



กรณีขนาดมวลต่างกันก่อนหนึ่งอยู่นิ่ง

หลังชนมวลก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2 เคลื่อนที่อย่างไร.....

วัตถุ	มวล	ก่อนชน			หลังชน			ผลรวม
		$\vec{u} (m/s)$	$\vec{p} (kg \cdot m/s)$	$E_k (J)$	$\vec{v} (m/s)$	$\vec{p} (kg \cdot m/s)$	$E_k (J)$	
1								
2								

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชน..... , ผลรวมโมเมนตัมหลังชน.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชน..... , ผลรวมพลังงานจลน์หลังชน.....

ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนเป็นอย่างไร.....

ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

อธิปราชผลการทดลอง

1. ผลรวมโมเมนตัมก่อนชนและหลังชนในกรณีการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเป็นอย่างไร.....

.....

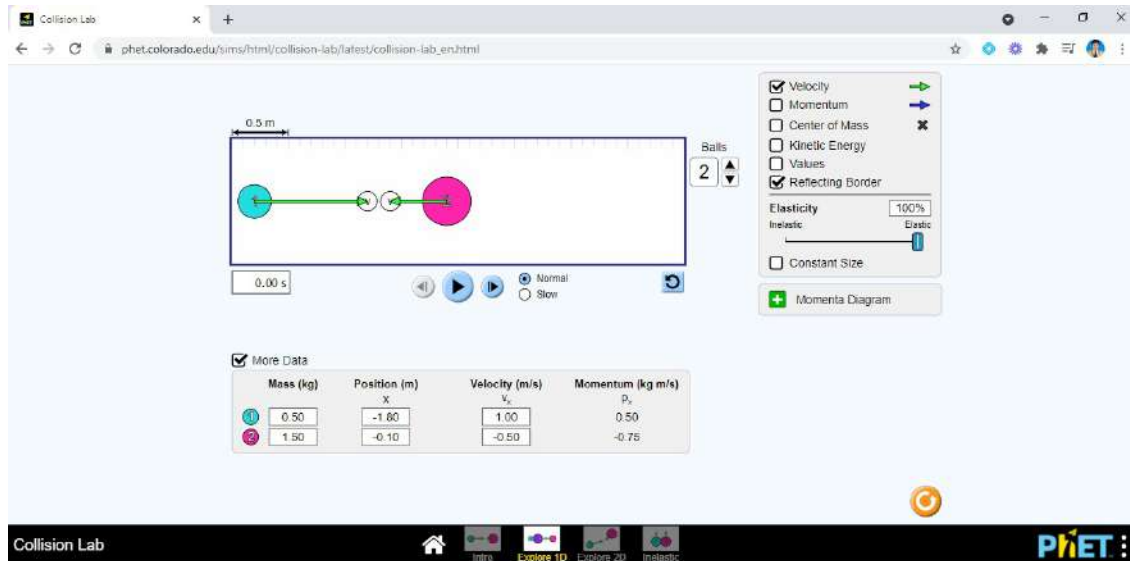
2. ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนในกรณีการชนแบบไม่ยืดหยุ่นเป็นอย่างไร.....

.....

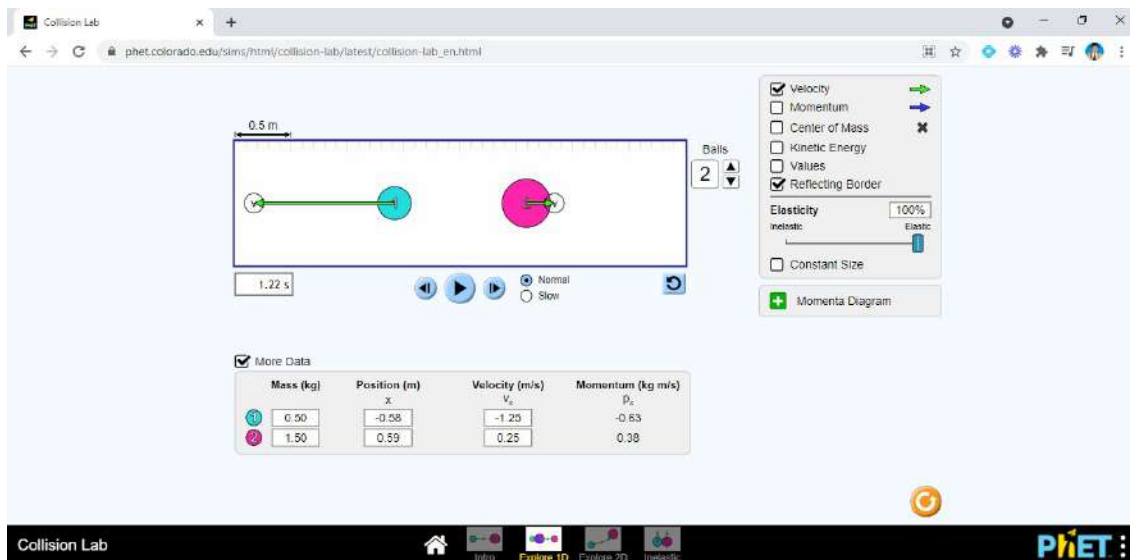
ผลรวมความเร็วต้นและความเร็วปลายของวัตถุก้อนที่หนึ่งและสองมีค่าอย่างไร.....

แหล่งเรียนรู้ https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab_en.html

ก่อนชน



หลังชน



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โมเมนตัมและการชน
ใบงานเรื่อง การชน 1 มิติ

=====

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

=====

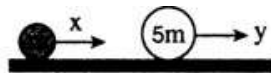
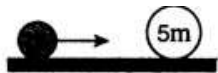
1. (มข.54) วัตถุก้อนที่ 1 เคลื่อนที่เข้าชนกับวัตถุก้อนที่ 2 ที่อยู่นิ่งบนพื้นราบลื่น หลังการชนวัตถุทั้งสอง เคลื่อนที่ติดกันไป ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการชนนี้
 - ก. โมเมนตัมก่อนการชนเท่ากับโมเมนตัมหลังการชน
 - ข. พลังงานกลรวมก่อนการชนเท่ากับพลังงานกลรวมหลังการชน
 - ค. พลังงานจลน์รวมก่อนการชนเท่ากับพลังงานจลน์รวมหลังการชน
 - ง. สรุบไม่ได้เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

2. (มข.52) กล้องไม้พลุ 0.1 กิโลกรัม วางนิ่งอยู่บนพื้นราบลื่น ยิงกระสุนยางมวล 50 กรัม ในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 40 เมตร/วินาที มาชนกล้องไม้พลุหลังชน กระสุนยางกระดอนกลับในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที โดยพื้นไม่มีแรงเสียดทานของกล้อง จงหาอัตราเร็วของกล้องไม้พลุหลังการชน
 - ก. 5 m/s
 - ข. 15 m/s
 - ค. 20 m/s
 - ง. 25 m/s

3. (มข.53) มวลขนาด 8 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ไปชนกับมวลขนาด 2 กิโลกรัม ที่เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที แล้วมวลแรกยังคงเคลื่อนที่ไปทาง ทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที ความเร็วของมวลที่สองมีขนาดและทิศทางอย่างไร
 - ก. 30 เมตร/วินาที ทิศตะวันออก
 - ข. 30 เมตร/วินาที ทิศตะวันตก
 - ค. 60 เมตร/วินาที ทิศตะวันออก
 - ง. 60 เมตร/วินาที ทิศตะวันตก

4. รถบรรทุกมวล 5,000 kg วิ่งด้วยความเร็ว 72 km/hrs เข้าชนรถเก๋งมวล 1,000 kg ที่จอดนิ่งอยู่ หลังการชนกันแล้วรถทั้งสองคันเคลื่อนที่ติดไปด้วยกันด้วยความเร็วเท่าใด
- ก. 66 m/s ข. 26.6 m/s ค. 16.6 m/s ง. 6.6 m/s

5. วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 6 m/s เคลื่อนที่เข้าชนมวล 5m ซึ่งเดิมอยู่นิ่ง ในแนวศูนย์กลางมวลถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน จงหาอัตราเร็วของมวลแต่ละ (x และ y) ก่อนชนที่หลังการชน
- ก. (0 และ 10) ข. (10 และ 0) ค. (10 และ 10) ง. (0 และ 0)



6. ลูกกลมมวล 2 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ไปชนวัตถุที่ซึ่งมีขนาดมวลเท่ากัน และกำลังเคลื่อนที่สวนทางมา ด้วยความเร็ว 6 m/s เมื่อชนแล้ว ลูกแรกสะท้อนกลับไปด้วยอัตราเร็ว 5 m/s จงหาพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการชน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่อง การชน 2 มิติ

ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. สาระสำคัญ

การชนใน 2 มิติ คือ การชนกันของวัตถุ โดยที่วัตถุก่อนชน และหลังการชนไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการชนแบบไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ

การชนใน 2 มิติแบบยืดหยุ่น เป็นการชนที่หลังการชนวัตถุทั้งสองจะแยกออกจากกันเป็นมุม 90°

การชนใน 2 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น หลังการชนวัตถุจะติดกันไป m_1 มีความเร็ว v_1 พุ่งเข้าชนวัตถุอีกก้อนหนึ่งมวล m_2 มีความเร็ว v_2 ในแนวไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล ในแนวทำมุม θ ต่อกัน โดยหลังการชนวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็ว

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายการชนของวัตถุ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และวิเคราะห์การชนกันของวัตถุ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกได้ว่า การชนของวัตถุในสองมิติทั้งการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุก่อนชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมของวัตถุหลังการชน (K)

เขียนเวกเตอร์โมเมนตัมการชนของวัตถุในสองมิติพร้อมคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการชนใน 2 มิติได้ (P)

2. จิตวิทยาาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

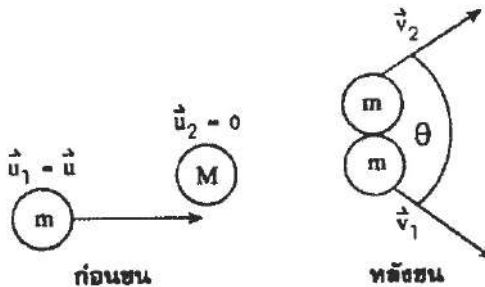
4. สารการเรียนรู้

การชนใน 2 มิติ คือ การชนกันของวัตถุ โดยที่วัตถุก่อนชน และหลังการชนไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการชนแบบไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุ

การชนใน 2 มิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **การชนใน 2 มิติแบบยืดหยุ่น** เป็นการชนที่หลังการชนวัตถุทั้งสองจะแยกออกจากกันเป็นมุม 90°

พิจารณาการชนใน 2 มิติ แบบยืดหยุ่นของวัตถุ 2 ก้อนที่มีมวลเท่ากัน มวล m_1 มีความเร็ว $\vec{u}$ พุ่งเข้าชนวัตถุอีกก้อนหนึ่งมวล m_2 ที่อยู่นิ่งในแนวไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล การชนเป็นแบบยืดหยุ่น ทำให้ความเร็วเปลี่ยนไปเป็น $\vec{v}_1$ และ $\vec{v}_2$ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการชนใน 2 มิติ แบบยืดหยุ่น

จากกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

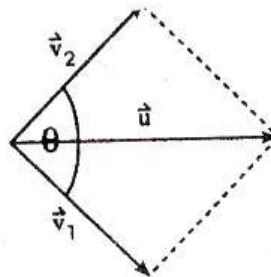
$$\sum \vec{P}_1 = \sum \vec{P}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 + 0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{u} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

พบว่า จะ $\vec{u} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ รวมกันแบบเวกเตอร์ ดังรูป



รูปที่ 2 แสดงการหาเวกเตอร์ความเร็วลัพธ์

จากรูป หาขนาดได้ $u^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \theta \dots \dots \dots (1)$

การชนเป็นแบบยืดหยุ่น จะได้ $\sum E_{k1} = \sum E_{k2}$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + 0 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$u^2 = v_1^2 + v_2^2 \dots \dots \dots (2)$$

นำ (1) – (2) จะได้

$$u^2 - u^2 = (v_1^2 + v_2^2) - (v_1^2 + v_2^2) + 2v_1v_2 \cos \theta$$

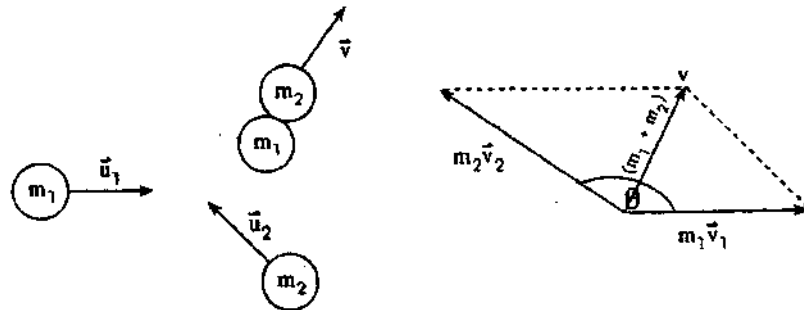
$$0 = 2v_1v_2 \cos \theta$$

$$\cos \theta = 0$$

แสดงว่า

$$\theta = 90^\circ$$

2. การชนใน 2 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น หลังการชนวัตถุจะติดกันไป m_1 มีความเร็ว $\vec{u}_1$ พุ่งเข้าชนวัตถุอีกก้อนหนึ่งมวล m_2 มีความเร็ว $\vec{u}_2$ ในแนวไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล ในแนวทำมุม θ ต่อกัน โดยหลังการชนวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ดังรูปที่ 3



5.

6. รูปที่ 3 แสดงการชนใน 2 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น

จากรูป

$$\begin{aligned} \sum \vec{P}_1 &= \sum \vec{P}_2 \\ m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \\ m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 &= (m_1 + m_2) \vec{v} \end{aligned}$$

7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทบทวนการเนื้อหาการชนใน 1 มิติ โดยถามนักเรียนด้วยคำถามดังนี้

1) วัตถุที่ชนกันใน 1 มิตินั้น ภายหลังการชน วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร (วัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงเดียวกัน)

2) การชนใน 1 มิติ เกิดขึ้นได้อย่างไร (เกิดจากการแนวการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลของวัตถุที่จะเข้าชนจะต้องผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชน)

2. ครูตั้งปัญหาว่า ถ้าเป็นการชนของวัตถุที่อยู่ในแนวจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เข้าชน ไม่อยู่ในแนวจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชน ภายหลังการชนวัตถุจะเคลื่อนที่อย่างไร

3. ครูบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ในหัวข้อนี้ว่า นักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่า การชนใน 2 มิติ มีลักษณะอย่างไร และแตกต่างจากการชนใน 1 มิติอย่างไร พร้อมทั้งต้องคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

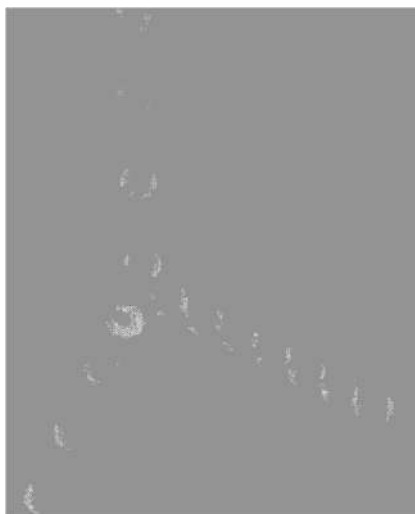
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูสาธิตการชนของการเล่นสนุกเกอร์ ดังนี้ ดังรูปที่ 4 โดยการยิงลูกขาวชนกับลูกสีอื่นๆ หลายๆ ครั้ง ด้วยแรงที่มีขนาดและทิศทางต่างกัน ให้นักเรียนสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกสนุกเกอร์ ทั้งก่อนชนและภายหลังการชน



รูปที่ 4 การยิงลูกสนุกเกอร์

2. ครูนำนักเรียนอภิปรายผลจากการสาธิต ที่นักเรียนสังเกตเห็น จนได้ข้อสรุปว่า
 - ถ้าความเร็วของลูกสนุกเกอร์ที่วิ่งเข้าชนมีทิศทางอยู่ในแนวเดียวกับแนวจุดศูนย์กลางมวลของลูกสนุกเกอร์ทั้งสอง เมื่อชนกันแล้วลูกสนุกเกอร์จะเคลื่อนที่ที่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน
 - ถ้าทิศความเร็วของลูกสนุกเกอร์ที่วิ่งเข้าชนไม่อยู่ในแนวจุดศูนย์กลางมวลของลูกสนุกเกอร์ทั้งสองแท่ง หลังจากการชน ลูกสนุกเกอร์สองแท่งจะแยกไปคนละทาง
3. จากการสาธิต ครูให้ความรู้แก่นักเรียนว่า กรณีที่ถ้าทิศความเร็วของลูกสนุกเกอร์ที่วิ่งเข้าชนไม่อยู่ในแนวจุดศูนย์กลางมวลของลูกสนุกเกอร์ทั้งสองลูก หลังจากการชน ลูกสนุกเกอร์ทั้งสองลูกจะแยกไปคนละทาง เรียกการชนในลักษณะนี้ว่า การชนใน 2 มิติ
4. ครูอธิบายการหาโมเมนตัมของลูกสนุกเกอร์แต่ละลูกก่อนและหลังการชนว่า จะหาได้เมื่อทราบมวลและความเร็วของลูกสนุกเกอร์แต่ละลูก ทั้งก่อนการชน และหลังการชน แต่การวัดความเร็วของลูกสนุกเกอร์ด้วยเครื่องเคาะสัญญาณเวลานั้นทำได้ยาก เพราะเครื่องเคาะสัญญาณเวลาสามารถวัดความเร็วได้เฉพาะการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงและอยู่ในแนวเดียวกันเท่านั้น จึงต้องใช้วิธีการอื่นเพื่อหาความเร็วของวัตถุ เช่น การถ่ายภาพโดยใช้แสงไฟจากแฟลชที่สว่างเป็นจังหวะ อย่างเช่นภาพถ่ายการชนของลูกบิลเลียด 2 ลูก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปถ่ายลูกบิลเลียด 2 ลูกชนกัน

5. จากรูปถ่ายลูกบิลเลียด 2 ลูก ครูแสดงวิธีการหาความเร็วของลูกบิลเลียดก่อนการชน และภายหลังการชน และแสดงให้เห็นว่า ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชน และภายหลังการชนของระบบเท่ากัน
6. ครูย้ำกับนักเรียนว่า การชนใน 2 มิติ ผลรวมของโมเมนตัมก่อนการชน และภายหลังการชนของระบบเท่ากัน เหมือนกับการชนใน 1 มิติ

7. ครูบอกนักเรียนว่า การชนใน 2 มิติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การชนแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น ต่อจากนั้นครูอธิบายถึงการนำหลักกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมมาอธิบายการชนใน 2 มิติทั้ง 2 ประเภท จนได้ข้อสรุปว่า การชนในสองมิติแบบยืดหยุ่น ผลรวมของโมเมนตัมของระบบ และผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัว ส่วนการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ผลรวมของโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว แต่ผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบ มีค่าไม่คงตัว

8. ครูยกตัวอย่างการแก้ปัญหาโจทย์การชนใน 2 มิติจากแบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์และแสดงวิธีทำ

9. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหาเรื่อง การชนใน 2 มิติ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

ขั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ครูนำอภิปราย สรุปเนื้อหา ด้วยคำถามต่อไปนี้

การชนใน 2 มิติ แตกต่างจากการชนใน 1 มิติอย่างไร (การชนใน 2 มิติ แตกต่างจากการชนใน 1 มิติ คือวัตถุก่อนชน และหลังการชนไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน)

การชนใน 2 มิติเกิดขึ้นได้อย่างไร (การชนใน 2 มิติ เกิดจากจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เข้าชนไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่ถูกชน)

การชนใน 2 มิติ แบ่งเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง (การชนใน 2 มิติ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การชนใน 2 มิติแบบยืดหยุ่น และแบบไม่ยืดหยุ่น)

การชนใน 2 มิติแบบยืดหยุ่น และแบบไม่ยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างไร (การชนใน 2 มิติแบบยืดหยุ่น เป็นการชนที่หลังการชนวัตถุทั้งสองจะแยกออกจากกันเป็นมุม 90° การชนใน 2 มิติแบบไม่ยืดหยุ่น หลังการชนวัตถุจะติดกันไป)

8. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงาน เรื่องการชนใน 1 มิติ
2. ชุดอุปกรณ์การทดลองงาน
3. สไลด์นำเสนอประกอบการสอน
4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
5. ใบความรู้ เรื่องการชน

7. การวัดผลและการประเมินผล

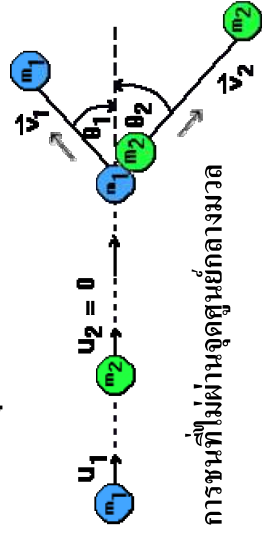
การวัดผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ
ด้านความรู้ (K)	- การออกแบบการทดลอง/การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม - การทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบกิจกรรมที่ - ใบงาน/แบบฝึกหัด
ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)	- การอภิปรายและนำเสนอความรู้ที่ได้รายบุคคล/ รายกลุ่ม - ทักษะกระบวนการ - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- การสังเกตอย่างมีส่วนร่วม - แบบบันทึกใบงานกิจกรรม
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- ความซื่อสัตย์ - การกระตือรือร้นในการเรียน - ความสนใจใฝ่เรียนรู้ - การมีวินัย - ความรับผิดชอบ	- แบบบันทึกพฤติกรรม - การส่งงาน
	-	-

การประเมินผล

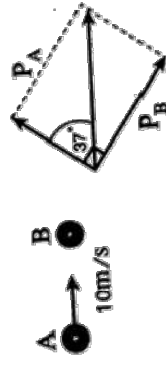
เกณฑ์การวัด	ผลการประเมิน
1. การตอบคำถามรายบุคคล/กลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
2. การทำกิจกรรมและอภิปรายนำเสนอได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
3. การทำโจทย์ฝึกหัด/ใบงานเสริมทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
4. มีทักษะกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....
5. มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ สนใจใฝ่เรียนรู้ มีเจตคติต่อการเรียนในวินัย และความกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ.....

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ชนกันหรือระเบิด ใน 2 มิติ

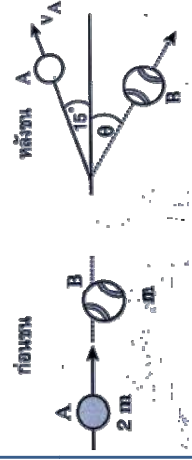


สามารถแบ่งการชนออกได้เป็นสองกรณีคือ

หลังชนมีทิศทางการแยกทิศทางก่อน

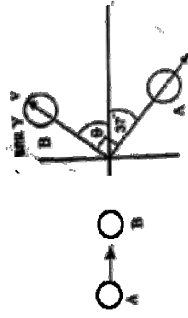


หลังชนมีทิศทางการแยกมุมใด ($\theta \neq 90^\circ$)



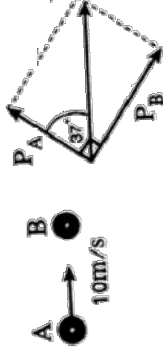
45

E15. ลูกสุนักระเบิด A มีความเร็ว 10 m/s วิ่งเข้าชนลูกสุนักระเบิด B ซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ภายหลังการชน A แลกลับไปในทิศทำมุม 37 องศาจากแนวเดิม จงหาความเร็วของลูกสุนักระเบิดทั้งสองภายหลังการชนกัน



กรณีวัตถุเคลื่อนที่ชนกันหรือระเบิด ใน 2 มิติ

หลังชนมีทิศทางการแยกออกเป็นมุมฉากต่อกัน



ถ้ามวลทั้งสองเท่ากัน เป็นการชนแบบยืดหยุ่นและไม่ได้ผ่านจุดศูนย์กลางมวล จะได้ว่า วัตถุจะแยกออกจากกันเป็นมุมฉากเสมอ

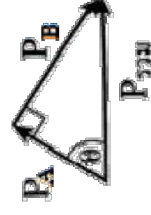
ใช้หลักการของเวกเตอร์ และทฤษฎีพีทาโกรัส

P_A และ P_B ตั้งฉากกัน จะได้ว่า

$$P^2_{รวม} = P^2_A + P^2_B$$

$$P_A = P_{รวม} \cos \theta$$

$$P_B = P_{รวม} \sin \theta$$



เมื่อทราบความสัมพันธ์แล้ว ใช้หลักการของโมเมนตัม

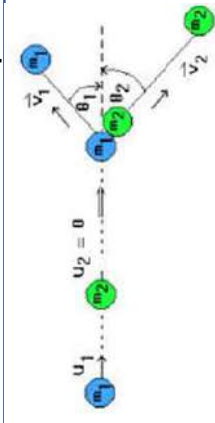
$$\Sigma P_{ก่อนชน} = \Sigma P_{หลังชน} = \Sigma P_{รวม}$$

46

1. วัตถุ A มีความเร็ว V วิ่งเข้าชนวัตถุ B ซึ่งมีมวลเท่ากันและอยู่ติดที่ ภายหลังการชนแบบยืดหยุ่น มีผลทำให้ วัตถุ A เคลื่อนที่ออกไปจากแนวเดิม เป็นมุม 30 องศาทราบว่าวัตถุ B จะกระเด็นออกไปด้วยความเร็วเท่าไร

กรณีวัตถุเคลื่อนที่ชนกันหรือระเบิด ใน 2 มิติ

หลังชนมีทิศทางการแยกออกไม่มุมฉากต่อกัน



พิจารณาโมเมนตัมในแต่ละแกน

$$\sum P_{\text{Before}} = \sum P_{\text{After}}$$

แกน X

$$m_1 u_1 = m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_2 v_2 \cos \theta_2$$

แกน Y

$$0 = m_1 v_1 \sin \theta_1 - m_2 v_2 \sin \theta_2$$

$$m_1 v_1 \sin \theta_1 = m_2 v_2 \sin \theta_2$$

กรณี ให้นำระยะห่างการแยก หรือ $(\theta_1 + \theta_2)$

เขียนแสดงด้วยเวกเตอร์

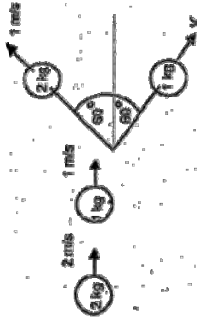


$$\sum P_{\text{Before}} = \sum P_{\text{After}}$$

$$\sum P_{\text{After}} = P_1^2 + P_2^2 + 2P_1 P_2 \cos \theta$$

49

Ex. มวล $m_1 = 2 \text{ kg}$ มวล $m_2 = 1 \text{ kg}$ โดยที่มวลก้อนที่ 1 วิ่งตามมวลก้อนที่ 2 ด้วยอัตราเร็ว 2 m/s และ 1 m/s ตามลำดับ หลังการชนกันมวลทั้งสองแยกออกจากกันเป็นมุม 60° กับแนวระดับ จงหาความเร็วหลังชนของมวล m_2 เมื่อความเร็วหลังการชนของมวล m_1 เป็น 1 m/s



Ex. วัตถุมวล 2 m วิ่งเข้าชนวัตถุมวล m ซึ่งอยู่นิ่งกับที่ ทำให้มวลกระเด็นไปคนละทาง ในทิศทำมุมตั้งฉาก ถ้าการชนเป็นแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ พลังงานจลน์ของ A ก่อนชนชนเป็นเท่าไรของตอนหลังชน



Ex.16. มวล 8 kg วิ่งไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 10 m/s ได้ชนกับมวล 10 kg ที่กำลังเคลื่อนที่มาทางทิศเหนือ ด้วยความเร็ว 6 m/s หลังการชนมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยอัตราเร็วเท่าไร



การประยุกต์โมเมนตัม(การระเบิด)

วัตถุขนาด m เคลื่อนที่แล้วเกิดการระเบิดแยกเป็น 2 ส่วน และมีส่วนใดส่วนหนึ่งตั้งฉาก



$$\Sigma P_{\text{รวมก่อนการชน}} = \Sigma P_{\text{รวมหลังการชน}}$$

แต่จากรูปสามเหลี่ยมหลังการชน

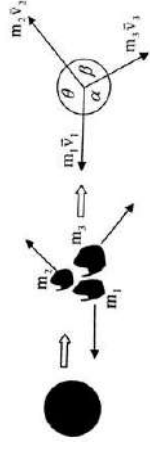
$$P_2^2 = P_{\text{รวมหลังการชน}}^2 + P_1^2$$

ถ้าไม่เป็นมุมฉากจะใช้วิธีตั้งคณิดเดียวกันกับการชนและแยกออกจากกันไม่เป็นมุมฉาก

53

การประยุกต์โมเมนตัม (การระเบิด)

ลูกระเบิดอยู่นิ่งแล้วระเบิดออกเป็น 3 ส่วน โดยสามส่วนตั้งฉากกัน



$$\Sigma P_{\text{รวมก่อนการชน}} = \Sigma P_{\text{รวมหลังการชน}}$$

$$0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3$$

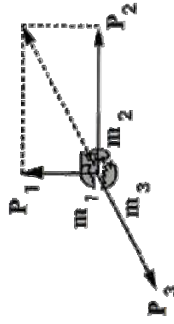
$$m_1 v_1 = \sqrt{(m_2 v_2)^2 + (m_3 v_3)^2} + 2(m_2 v_2)(m_3 v_3) \cos \beta$$

$$m_2 v_2 = \sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_3 v_3)^2} + 2(m_1 v_1)(m_3 v_3) \cos \alpha$$

$$m_3 v_3 = \sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2} + 2(m_1 v_1)(m_2 v_2) \cos \theta$$

54

E17. ก้อนหินก้อนหนึ่งแตกเป็น 3 ส่วน ด้วยแรงระเบิด ส่วนที่หนึ่งมีมวล 1 kg กระเด็นไปด้วยความเร็ว 12 m/s ส่วนที่สองมวล 2 kg กระเด็นไปด้วยความเร็ว 8 m/s โดยสองส่วนนี้ทำมุมฉากต่อกัน และส่วนที่สาม มีมวล 0.5 kg จะกระเด็นไปด้วยอัตราเร็วเท่าไรกับทำได



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โมเมนตัมและการชน

ใบงานเรื่อง แรงและการดล 2 มิติ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

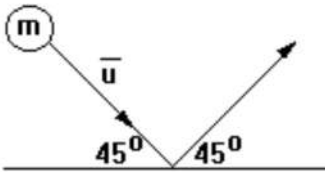
1. จากรูปลูกเทนนิสมวล m ตกกระทบพื้น แล้วกระดอนขึ้นโดยมีขนาดของความเร็วคงที่ข้อใดคือโมเมนตัมของลูกเทนนิสที่เปลี่ยนไป

ก. $mu\sqrt{2}$

ข. $2\sqrt{mu}$

ค. $\frac{mu}{\sqrt{2}}$

ง. $\frac{1}{2}mu$



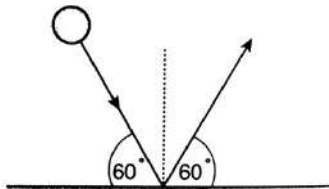
2. ลูกบอลมวล 0.1 kg ถูกปาไปทำมุม 60° กับพื้นราบด้วยความเร็ว 10 m/s ลูกบอลจะกระดอนด้วยความเร็วและมุมเท่าเดิม จงหาขนาดของการดล

ก. $\sqrt{2}$

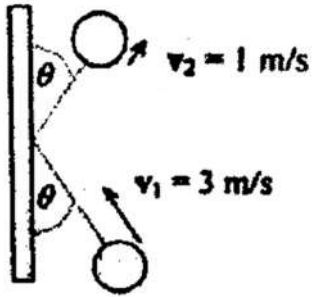
ข. $\sqrt{3}$

ค. $\sqrt{5}$

ง. $\sqrt{7}$



3. (มข.56) ลูกบิลเลียดมวล 200 g เข้าชนขอบโต๊ะบิลเลียดและกระดอนออกมดั่งรูป ถ้าเวลาที่ลูกบิลเลียด กระทบขอบโต๊ะเท่ากับ 40 วินาที จงหาขนาดของแรงเฉลี่ยที่ขอบโต๊ะกระทำต่อลูกบิลเลียด (กำหนดให้ $\tan \theta = \frac{3}{4}$)
- ก. 10 N ข. $4\sqrt{13}$ N ค. $8\sqrt{13}$ N ง. 20 N



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

โรงเรียนสตรีศึกษา	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	เวลา 4 ชั่วโมง
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	ผู้สอน นายปรีทัศน์ พิชิตมาร

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด

ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย และคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่ของวัตถุจะเปลี่ยนไป เมื่อมีแรงที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุและถ้าแรงกระทำนั้นกระทำตลอดเวลา การเคลื่อนที่นั้นจะเปลี่ยนไปทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว วัตถุที่ถูกขว้างหรือโยน จะมีแนวการเคลื่อนที่โค้งคล้ายกราฟพาราโบลา ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุนั้นในแนวตั้ง แต่ในการระดับจะไม่มีแรงใดๆกระทำตลอดการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุในแนวระดับจะคงตัว ส่วนความเร็วในแนวตั้งจะไม่คงตัว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (K)
2. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล ทดลอง เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้ (P)
3. นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้ (P)
4. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

เนื้อหา

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 นักเรียนและครูร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับ เรื่อง “การเคลื่อนที่ของของวัตถุในลักษณะต่างๆ” เพื่อนำไปสู่คำถามที่ว่า “วัตถุที่ถูกขว้างออกไปจากที่สูงจากพื้น หรือ ยิงวัตถุออกไปจากพื้นทำมุมใดๆ กับแนวระดับ แนวการเคลื่อนที่จะโค้งคล้ายกับกราฟพาราโบลา อยากทราบว่า มีแรงกระทำต่อวัตถุนี้อย่างไรหรือไม่ อย่างไร”

1.2 นักเรียนตอบข้อซักถามของครูว่า “วัตถุที่ถูกขว้างออกไปจากที่สูงจากพื้นหรือยัง วัตถุออกไปจากพื้นทำมุมใดๆ กับแนวระดับ แนวการเคลื่อนที่จะโค้งคล้ายกับกราฟพาราโบลา อยากทราบว่า มีแรงกระทำต่อวัตถุนี้หรือไม่ อย่างไร” (ทั้งช่วงให้นักเรียนคิด)

1.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายในแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกความเห็นของกลุ่มในใบงาน 9.1 เฉพาะข้อ 1. และข้อ 2. (เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น โดยยังไม่เน้นถูกผิด)

1.4 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความเห็นของกลุ่ม

1.5 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ “วัตถุที่ถูกขว้างออกไปจากที่สูงจากพื้นหรือยัง วัตถุออกไปจากพื้นทำมุมใดๆ กับแนวระดับ แนวการเคลื่อนที่จะโค้งคล้ายกับกราฟพาราโบลา อยากทราบว่า มีแรงกระทำต่อวัตถุนี้หรือไม่ อย่างไร” แล้วบันทึกลงในใบงาน

1.6 นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวนข้อสอบ 9 ข้อ

1.7 แจ้งให้นักเรียนทราบว่า จะได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากใบความรู้ลงในสมุดบันทึก ในใบงานแล้วสรุปสาระสำคัญ บันทึกลงในสมุดจดบันทึกและตอบคำถาม

2.2 สุ่มนักเรียน 1 กลุ่มเสนอผลการสืบค้นข้อมูล

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนนำข้อมูลจากขั้นการสืบค้น ข้อมูล มาอภิปรายร่วมกัน

3.2 นักเรียนสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพื่อให้ นักเรียนสรุปสาระสำคัญลงในสมุดจดบันทึก

4. ขั้นขยายความรู้

4.1 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และ ตัวอย่างการแก้ปัญหา เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากใบความรู้

4.2 นักเรียนร่วมกันสืบค้น แก้ปัญหา ในใบงาน

4.3 นักเรียนทำแบบฝึกทักษะ

5. ขั้นประเมิน

5.1 นักเรียนเขียน Concept mapping เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในใบกิจกรรม 9

5.2 นักเรียนนำ Concept mapping อภิปรายแลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆ และประเมินผลงาน ให้กับเพื่อน

5.3 นักเรียนที่เป็นเจ้าของผลงาน Concept mapping ที่ได้รับการประเมินจากเพื่อนมา อภิปรายเกี่ยวกับ Concept ในงานนั้น โดยการสุ่มจากครู

5.4 นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

สื่อการเรียนการสอน / แหล่งเรียนรู้

รายการสื่อ	จำนวน	สภาพการใช้สื่อ
1. แบบทดสอบก่อนเรียน	1 ชุด	ใช้ขึ้นสร้างความสนใจ
2. ใบงาน	1 ชุด	ใช้ขึ้นสร้างความสนใจ
3. แบบฝึกทักษะ	1 ชุด	ใช้ขยายความรู้
4. ใบความรู้	1 ชุด	ใช้อธิบายและลงข้อสรุป
7. ใบกิจกรรม	1 ชุด	ใช้ขึ้นประเมินและลงข้อสรุป
8. แบบทดสอบหลังเรียน	1 ชุด	ใช้ขึ้นประเมิน

การวัดผลและประเมินผล

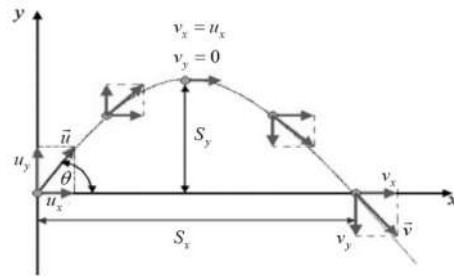
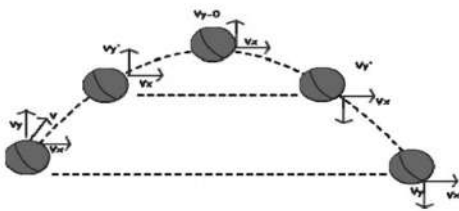
รายการวัดผลและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. การวัดผลคุณธรรม จิตพิสัย	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	-
2. การประเมินผลจากสภาพจริง	ตรวจใบงาน ตรวจแบบฝึกทักษะ ตรวจสมุดจด ตรวจใบกิจกรรม	- ร้อยละ 50 ขึ้นไป - ระดับ 3 ขึ้นไป
3. การวัดผลหลังเรียน	แบบทดสอบรายจุดประสงค์	ร้อยละ 50 ขึ้นไป

กิจกรรมเสริมทักษะหรือซ่อมเสริม

รายการ	วิธีดำเนินการกิจกรรม
1. ปรับปรุง – แก้ไขข้อบกพร่องของผู้เรียน	1. ครูควบคุมดูแลให้อยู่ในกรอบระหว่างเรียน 2. ครูคอยเสริมหรือแก้ไขเมื่อการอภิปรายของนักเรียนไม่สมบูรณ์ 3. ครูชี้แจงข้อบกพร่องในการทำกิจกรรม 4. ครูเฉลยข้อสงสัย ที่นักเรียนทำไม่ได้ 5. สอนซ่อมเสริมนักเรียนที่ไม่ผ่านประเมินหลังเรียน
2. ส่งเสริมความรู้ความสามารถของผู้เรียน	1. ให้นักเรียนทำชิ้นงาน 1 ชิ้นงาน

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
ใบความรู้รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้ที่ 1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิธีโค้ง ซึ่งการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทำมุมกับแนวระดับเราจะพิจารณาในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยมีความเร็วต้น u ทำมุมกับแนวระดับ ด้วยมุม θ ใดๆ ในที่นี้เราไม่คำนึงผลของแรงต้านอากาศ โดยวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นจากจุดเริ่มต้น ขึ้นไปยังจุดสูงสุด แล้วตกลงกลับมาอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยจุดสิ้นสุดอยู่ระดับเดียวกับจุดเริ่มต้น ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบนี้ได้แก่ การเตะลูกบอล การยิงปืนใหญ่ เป็นต้น

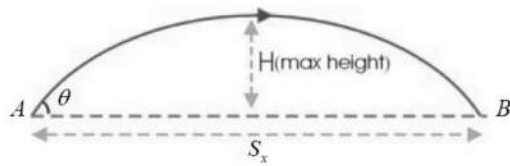


ในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ เราสามารถแยกพิจารณาเป็น 2 แนว คือในแนวระดับ (แกน x) และในแนวตั้ง (แกน y) ดังภาพตัวอย่างมือ

ในแนวระดับ (แกน x)	ในแนวตั้ง (แกน y)
ความเร็วต้นในแนวแกน x $u_x = u \cos \theta$	ความเร็วต้นในแนวแกน y $u_y = u \sin \theta$
ความเร่งในแนวแกน x $a_x = 0$ เนื่องจากไม่มีแรงกระทำในแนวระดับ	ความเร่งในแนวแกน y $a_y = -g = -9.8 \text{ m/s}^2 \approx -10 \text{ m/s}^2$ g มีเครื่องหมายลบเนื่องจากมีทิศตรงข้ามกับ u
ความเร็วในแนวแกน x ที่เวลา t ใดๆ $v_x = u_x$ $= u \cos \theta$	ความเร็วในแนวแกน y ที่เวลา t ใดๆ $v_y = u_y + a_y t$ $= u \sin \theta - gt$
การกระจัดในแนวแกน x ที่เวลา t ใดๆ $s_x = u_x t + \frac{1}{2} a_x t^2$ $= (u \cos \theta) t$	การกระจัดในแนวแกน y ที่เวลา t ใดๆ $s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $= (u \sin \theta) t - \frac{1}{2} g t^2$

การหาสมการการเคลื่อนที่ของโปรเจกไทล์

พิจารณาได้จากภาพ



เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่(A → B)

พิจารณาจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เมื่อ
จุดสิ้นสุดการกระจัดในแนวดิ่งเป็นศูนย์ : $s_y = 0$

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$0 = (u \sin \theta) t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\frac{1}{2} g t^2 = (u \sin \theta) t$$

ดังนั้น $t = \frac{2u \sin \theta}{g}$

และเวลา ถึงจุดสูงสุด

$$t_H = \frac{u \sin \theta}{g} = \frac{u_y}{g}$$

ความสูงสุด (H)

พิจารณาจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ณ
จุดสูงสุดความเร็วในแนวดิ่งเป็นศูนย์: $v_y = 0$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2a_y s_y$$

$$0 = (u \sin \theta)^2 - 2gH$$

$$H = \frac{u_y^2}{2g} = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

ดังนั้น $H = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$

ระยะตกจากจุดยิง (S_x)

พิจารณาจากการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

$$S_x = u_x t$$

$$S_x = \frac{u \cos \theta \cdot 2u \sin \theta}{g} = \frac{2u_x u_y}{g} = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$\frac{S_y}{S_x}$$

ความสูง/ระยะตก ()

$$\frac{S_y}{S_x} = \frac{\frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}}{\frac{u^2 \sin 2\theta}{g}}$$

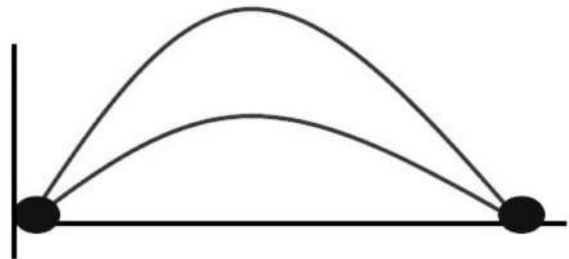
$$= \frac{1}{4} \tan \theta$$

หมายเหตุ

1. มุมปาโปรเจกไทล์ที่ทำให้วัตถุไกลที่สุด
คือมุม 45 องศา

$$S_{\max} = \frac{u^2}{g}$$

2. การยิงโปรเจกไทล์ 2 ครั้ง ถ้า 2 ครั้งนั้น
ยิงด้วยความเร็วต้นเดิม u มุมยิงทั้งสองรวมกัน
ได้ 90 องศา จะตกที่เดียวกันเสมอ โดยมุมโต จะขึ้น
สูงกว่าเสมอ



รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบงานที่ 1.1 กิจกรรมลองคิดลองทำ เรื่อง โพรเจกไทล์	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ (Projectlie motion)
--	---	--

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
6. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
7. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

จุดประสงค์

.....

วัสดุอุปกรณ์.....

.....

สมมุติฐาน.....

.....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการออกแบบการทดลองทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปรับปรุงวิธีการทดลอง

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ตอบคำถามหลังการทดลอง

1. วัตถุนิตเดียวกันตรงถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2.วัตถุต่างชนิดกันตรงถึงพื้นพร้อมกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

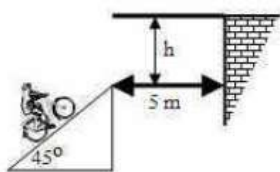
[illegible]

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบงานเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

กำหนดส่ง วัน..... ที่..... เดือน..... พ.ศ.
ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. /..... เลขที่.....

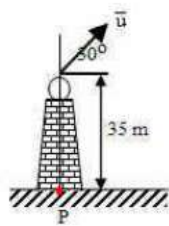
จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ผลักวัตถุออกจากขอบตาดฟ้าตึกสูง 20 เมตร ด้วยความเร็วต้น 15 เมตร/วินาที ตาม แนวระดับ วัตถุจะตกถึงพื้นที่อยู่ห่างกี่เมตรจากฐานตึก
1) 10 2) 20 3) 30 4) 40
2. เครื่องบินทิ้งระเบิดบินในแนวระดับด้วยความเร็ว 200 เมตรต่อวินาที สูงจากพื้นดิน 2000 เมตร เมื่อทิ้งระเบิดที่ตกลงมา จงหาระเบิดตกไกลจากตำแหน่งที่ทิ้งตามแนวระดับเท่าไร
1) 3000 เมตร 2) 3500 เมตร 3) 4000 เมตร 4) 4500 เมตร
3. กำแพงห่างจากปากกระบอกปืน $10\sqrt{2}$ เมตร โดยที่ปากกระบอกปืนเอียงทำมุม 45° เมื่อกระสุนถูกยิงออกจากปากกระบอกปืนด้วยอัตราเร็ว 20 เมตร/วินาที กระสุนปืนจะกระทบกำแพงสูงจากพื้นกี่เมตร
1) 6.0 2) 6.2 3) 9.1 4) 10.6
4. นักขี่จักรยานยนต์ผาดโผน ต้องการจะขี่ข้ามคลองที่กว้าง 5 เมตร ไปยังฝั่งตรงข้าม ถ้าเขาขับรถด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที ก่อนพ้นฝั่งแรกเขาจะข้ามได้โดยไม่ชนฝั่งตรงข้าม h มีค่ามากที่สุดกี่เมตร
1) 1.5 2) 2.5 3) 3.5 4) 4.5



5. ยิงกระสุนปืนมวล 50 กรัม ด้วยความเร็วต้น 100 เมตร/วินาที ทำมุม 60° กับแนวระดับ หลังจากนั้น 5 วินาที กระสุนตกกระทบเป้าหมายหน้าผาที่พุ่งขึ้นสูงจากพื้นระดับที่ยิงเท่าไร
- 1) 228.5 เมตร 2) 308 เมตร 3) 375 เมตร 4) 433 เมตร

6. ตามรูป ลูกบอลถูกขว้างจากกำแพงด้วยความเร็วต้น 80 เมตร/วินาที กำแพงสูง 35 เมตร จุดที่วัตถุตกถึงพื้น จะอยู่ห่างจากกำแพงในแนวราบกี่เมตร



- 1) 704.0 2) 609.7
3) 528.0 4) 665.1

7. ชายคนหนึ่งอยู่บนพื้นสนามราบเขาขว้างลูกบอลขึ้นไปในอากาศ ลูกบอลลอยอยู่ในอากาศนาน 4.0 วินาที โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศ ถ้าลูกบอลไปได้ไกลในแนวระดับ 60.0 เมตร ความเร็วที่ใช้ขว้างลูกบอลมีค่าเท่าไร
- 1) 15.0 m/s 2) 20.0 m/s 3) 25.0 m/s 4) 30.0 m/s

8. ขว้างลูกบอลไปในอากาศลูกบอลลอยในอากาศนาน 2 วินาที ปรากฏว่าบอลตกไปไกล 80 เมตร ขณะขว้างลูกบอล ถ้ามวลลูกบอลจะพุ่งขึ้นไปในอากาศทำมุมเท่าไรกับแนวราบ
- 1) $\tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$ 2) $\tan^{-1}\left(\frac{1}{4}\right)$ 3) $\tan^{-1}\left(\frac{1}{5}\right)$ 4) $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right)$

9. นักรักบี้คนหนึ่งเตะลูกบอลขึ้นด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เป็นมุม 60° กับ แนวระดับ เขาจะต้องวิ่งด้วยความเร็วอย่างน้อยที่สุดเท่าไรจึงจะไปรับลูกบอลที่เขาเตะออกไปเองได้พอดีก่อนตกถึงพื้นดิน(กำหนดให้ $\sin 60^\circ = 0.866$, $\cos 60^\circ = 0.500$)
- 1) 25 เมตร/วินาที 2) 20 เมตร/วินาที 3) 17 เมตร/วินาที 4) 10 เมตร/วินาที

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15

โรงเรียนสตรีศึกษา	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	เวลา 2 ชั่วโมง
เรื่อง การประยุกต์เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	ผู้สอน นายปริทัศน์ พิชิตมาร

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางเป็นแบบพาราโบลา ซึ่งพิจารณาได้ว่าเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว จึงมีความเร็วคงตัว ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวนอน ไม่มีแรงกระทำ จึงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วคงตัว ซึ่งการเคลื่อนที่มีมากมายในชีวิตประจำวันเช่น การเตะฟุตบอล การเล่นบาส การยิงปืน เป็นต้น

1. ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์ปัญหา กำหนดแนวทางและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่กลุ่มกำหนดได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้ (K)
2. ทำการออกแบบ การเคลื่อนที่ของการกำหนดมุม ความเร็ว ของจรวดได้ (P)
3. วิเคราะห์สถานการณ์และกำหนดตัวแปรเพื่อนำไปสู่การออกแบบจรวดได้ (P)
4. สรุปได้ว่า วิธีการออกแบบกำหนดค่าของการเคลื่อนที่ของจรวดได้ (P)
5. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางเป็นแบบพาราโบลา ซึ่งพิจารณาได้ว่าเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว จึงมีความเร็วคงตัว ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวนอน ไม่มีแรงกระทำ จึงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วคงตัว และการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้ง ซึ่งการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทำมุมกับแนวนอนเราจะพิจารณาในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยมีความเร็วต้น u ทำมุมกับแนวนอน ด้วยมุม θ ใด ๆ ดังนั้น เมื่อทราบลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการออกแบบ วางแผนในการยิงจรวดให้เข้าเป้าและถูกต้องแม่นยำ โดยสามารถวิเคราะห์การคำนวณและสร้างเงื่อนไขได้

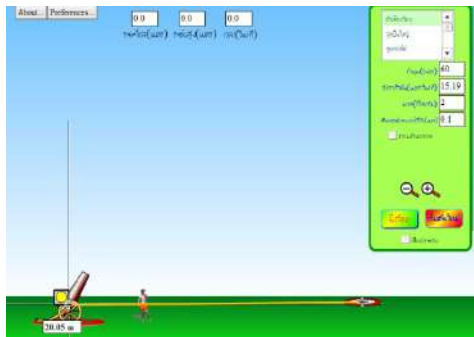
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และครูยกตัวอย่างการยิงจรวด และการเตะฟุตบอล ให้มีการแม่นยำและตรงได้ด้วยวิธีใด (นักเรียนอาจตอบกำหนดทิศทาง กำหนดความเร็ว)
ครูถามนักเรียนต่อว่าถ้าเรามีเครื่องยิงจรวด จะรู้ได้ยังไงว่าเครื่องนี้ส่งแรงให้ความเร็วกับจรวด เราเท่าไร (ทดลองยิงหนึ่งครั้งกับจรวดเพื่อคำนวณหาความเร็วและมุม)
2. ครูถามนักเรียนต่อว่า นักเรียนจะออกแบบอย่างไร เพื่อให้จรวดเคลื่อนที่ได้ตรงตามที่ต้องการ (ครูให้นักเรียนคิดและออกแบบ)
3. ครูทดลองยิงให้นักเรียนดู หนึ่งครั้งทั้งใน simulation และทดลองจริง เพื่อกำหนดทิศทาง และแนวทางของการยิง

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 3-5 คน โดยให้นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันศึกษาในรายละเอียดในงาน ในกิจกรรมการหาระยะยิงหรือมุมสำหรับการยิงให้วัตถุตกตามเป้า โดยครูมีมีสถานการณ์การจำลองมาให้ นักเรียนกำหนดค่า ต่าง ๆ เอง



2. ครูแจ้งนักเรียนว่า สมาชิกในกลุ่มต้องรวมกันปรึกษาหาวิธีแก้ปัญหา โดยให้ลงความคิดเห็นถึงการกำหนดค่าต่าง ๆ ตลาดจนวิธีการต่าง ๆ พร้อมนำมาอธิบายในการแข่งขันก่อนที่จะมีการทดสอบจริง
3. ครูให้นักเรียนออกมาทำการทดสอบ
4. ครูสร้างเงื่อนไขอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนแก้ไข้ปัญหา
5. ครูเดินดูนักเรียนขณะทำการรวบรวมระดมความคิด
6. ครูแจ้งกิจกรรมที่สอง โดยจะให้นักเรียนร่วมกันสร้างจรวด และเพื่อยิงวัตถุให้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนด โดยนักเรียนสามารถกำหนด ลักษณะการยิง ตัวแปร ต่าง ๆ ได้

7. ครูแจ้งว่าจะให้นักเรียนสามารถทดสอบเพื่อหาความเร็วหรือตัวแปรอื่น ๆ ก่อนที่จะมีการทดสอบจริงได้
8. ครูให้นักเรียนลงมือสร้างจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ ในเวลาที่กำหนด
9. หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นครูให้นักเรียน ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ถึงผลที่ได้ก่อนที่จะลงข้อสรุปการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายวิธีการทดลองตลอดผลการทดสอบได้
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปผลที่ได้จากการทดลอง ว่าผลที่ได้เป็นเพราะอะไร มีสาเหตุจากอะไร

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ พร้อมทั้งระบุว่าการเคลื่อนที่ยังมีลักษณะแบบอื่น ๆ โดยครูให้นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่แบบอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยการนำเชือกผูกปลายวัตถุมาทดสอบให้นักเรียนหา ความถี่ และ หาคาบ จากใบงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจ และให้นักเรียนทำใบงานที่ 1.2 โดยสามารถปรึกษากันได้ภายในกลุ่ม
2. ครูเดินดูและให้คำแนะนำนักเรียนระหว่างทำใบงานเพื่อประเมินความเข้าใจในแต่ละกลุ่ม

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงาน กิจกรรมการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยการสร้างจรวด
2. ชุดอุปกรณ์การทดลอง
3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2

เกณฑ์การประเมินผลงาน

การตรวจผลงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

ใบงาน คะแนนทั้งหมด 3 คะแนน

ระดับคะแนน	รายการประเมิน
3	ตอบถูกต้องครบสมบูรณ์ และการคำนวณมีความถูกต้อง
2	ตอบคำถามและคำนวณ ไม่ชัดเจน
1	ตอบคำถามและคำนวณไม่ถูกต้อง

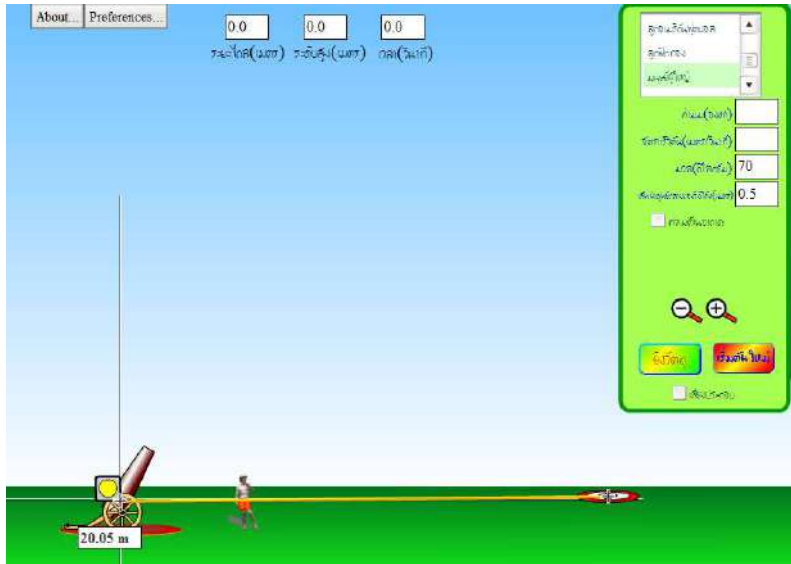
แบบสังเกต คะแนนทั้งหมด 21 คะแนน

ระดับประเมิน	คะแนน
ระดับ 3	20-27
ระดับ 2	11-19
ระดับ 1	7-11
ระดับ 2 ขึ้นไป = ผ่าน	

แบบสังเกตพฤติกรรม

รายการสังเกต		ระดับการปฏิบัติ		
		สม่ำเสมอ (3)	บ่อยครั้ง (2)	น้อยครั้ง (1)
มีวินัย	เข้าเรียนตรงเวลา			
	ส่งงานตรงต่อเวลา			
	ไม่ส่งเสียงดังรบกวนเพื่อน			
ใฝ่เรียนรู้	เข้ากิจกรรมการเรียนรู้			
	สนใจเรียนตลอดเวลา			
	มีส่วนร่วมในชั้นเรียน			
ทำงานกลุ่ม	ทำงานตามหน้าที่ที่รับมอบหมาย			
	รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น			
	แบ่งหน้าที่กันชัดเจน			
รวม				
คะแนนที่ได้				

ใบการกิจกรรม
การศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยใช้โปรแกรม simulation



ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบในการกำหนดค่ามุมที่กระทำกับแนวราบ (θ) และความเร็วเริ่มต้น (u) เพื่อที่จะทำให้ยิงวัตถุจากปืนใหญ่ให้ตรงตามเป้าที่อยู่ห่างจากปืน 20 เมตรโดยประมาณ

$\theta =$

.....

$u =$

.....

พื้นที่ทำการออกแบบและคำนวณ (คำนวณวิธีการทำอย่างพอสังเขต)

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ใบงาน กิจกรรมลองคิดลองทำ เรื่อง โพรเจกไทล์	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ (Projectlie motion)
--	--	--

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

จุดประสงค์

.....

วัสดุอุปกรณ์.....

.....

สมมุติฐาน.....

.....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วิธีการออกแบบการทดลองทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ที่ติดกระดากกราฟ

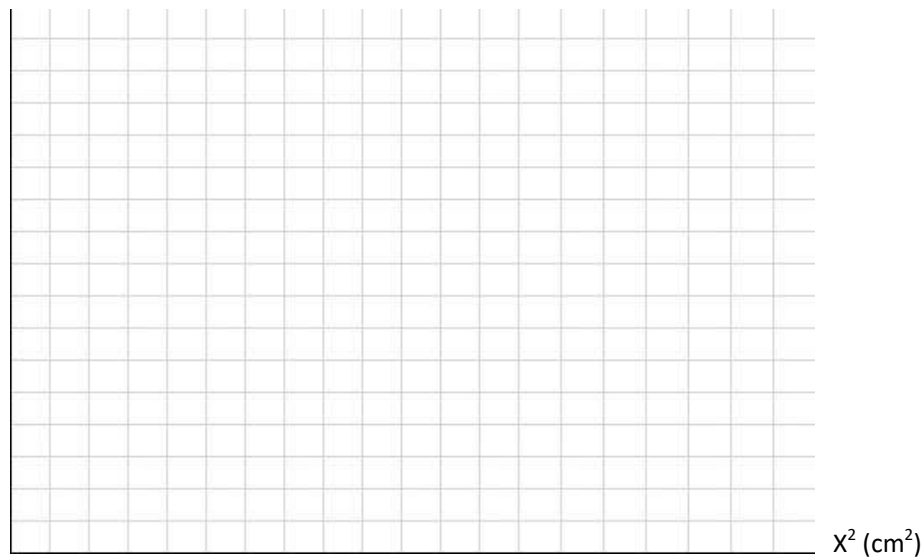
การวิเคราะห์ผลจากกราฟ

ผลการทดลอง

การกระจัดในแนวระดับ x (cm)	การกระจัดในแนวระดับ y (cm)	X^2 (cm ²)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัดในแนวตั้งกับแนวรายยกกำลังสอง

y (cm)



อภิปรายผลการทดลองและสรุปผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทดลอง

1. เพราะเหตุใด ต้องปล่อยลูกกลมโลหะจากตำแหน่งเดียวกันทุกครั้ง

.....

.....

.....

.....

2. แนวการเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะจากกระดานกราฟบนแป้นไม้มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. จากกราฟระหว่างขนาดของการกระจัดในแนวตั้ง y กับขนาดของการกระจัดในแนวระดับ ยกกำลังสอง x^2 จะสรุปลักษณะของแนวการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ว่าเป็นแนวโค้งแบบใด

.....

.....

.....

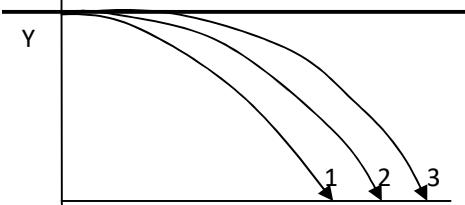
.....

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
 รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 ใบงานเรื่อง การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก

กำหนดส่ง วัน..... ที่..... เดือน..... พ.ศ.
 ชื่อ-สกุล.....ชั้น ม. /..... เลขที่.....

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

- การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก คือการเคลื่อนที่ลักษณะใด

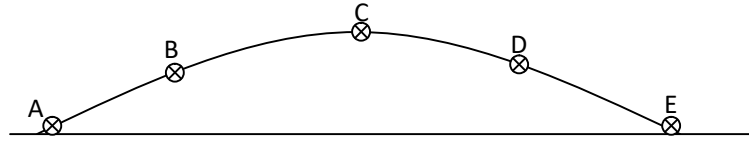
- การออกแรงผลักวัตถุจากยอดตึกความสูง Y ในแนวระดับที่มีค่าต่างกัน โดยมีเส้นทางของวัตถุดังรูป
 จงพิจารณาว่าความเร็วตามแนวระดับของวัตถุแต่ละเส้นทางทั้งสามเส้นเป็นอย่างไร


- นักเรียนยิงธนูออกไปในแนวระดับไปยังเป้า ลูกธนูมีการเคลื่อนที่แนวตรงหรือการเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก จงให้เหตุผล

- ติดเหรียญที่วางบนขอบโต๊ะ ถ้าบริเวณนั้นปราศจากสนามโน้มถ่วง แนวการเคลื่อนที่ของเหรียญที่วางอยู่บนขอบโต๊ะจะเป็นอย่างไร

- การโดนร่มจากเครื่องบินที่กำลังบิน เส้นทางเคลื่อนที่ของนักโดดร่มจะเป็นแบบพาราโบลิกหรือไม่ เพราะอะไร

6. พิจารณาทางเดินของลูกบอลที่ถูกเตะออกไป ดังรูป ขณะที่ลูกบอลลอยอยู่



- ก. ตำแหน่งใดที่มีขนาดของความเร็วในแนวดิ่งมีค่ามากที่สุด.....
 ข. ตำแหน่งใดที่มีขนาดของความเร็วในแนวระดับมีค่าเท่ากันที่สุด.....
 ค. ตำแหน่งใดที่มีขนาดของความเร็วในแนวดิ่งมีค่าน้อยที่สุด.....
 ตำแหน่งใดมีขนาดของการกระจัดมีค่ามากที่สุด.....
7. เด็กคนหนึ่งกำลังเล่นรถบังคับวิทยุบนระเบียงบ้านชั้นสอง ปรากฏว่ารถพุ่งออกนอกกระเบียงตกสู่พื้น
 ด้านล่าง เวลาที่รถตกถึงพื้นขึ้นกับอัตราเร็วขณะพ้นขอบระเบียงหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16

โรงเรียนสตรีศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30201

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

เวลา 8 ชั่วโมง

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ผู้สอน นายปริทัศน์ พิษิตมาร

1. สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเป็นส่วน
ของวงกลมโดยมีแรงที่กระทำเข้าสู่ศูนย์กลาง เร็วกว่าแรงสู่ศูนย์กลาง

2. ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์และอธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและหาความสัมพันธ์ของอัตราเร็วเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่ในแนว
วงกลมได้ (K)
2. บอกได้ว่า เมื่อแกว่งวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมในระนาบระดับ อัตราเร็วของวัตถุมีผลต่อแรง
ดึงในเส้นเชือก และระนาบของวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ (K)
3. บอกได้ว่า วัตถุที่เคลื่อนที่บนแนววงกลม ทิศทางของการเคลื่อนที่เปลี่ยนตลอดเวลาเป็นเพราะ
แรงสู่ศูนย์กลางได้ (K)
4. ทดลองและสรุปได้ว่า แรงที่ใช้ดึงจุกยางแปรผันตรงกับคาบยกกำลังสองและรัศมีการเคลื่อนที่
แปรผันตรงกับคาบยกกำลังสองได้ (P)
5. อธิบายการหาขนาดและทิศทางของความเร่งสู่ศูนย์กลาง และแรงสู่ศูนย์กลางได้(K)
6. อธิบายการเคลื่อนที่ของรถบนทางโค้ง จะต้องใช้แรงสู่ศูนย์กลางซึ่งมาจากแรงเสียดทานระหว่าง
ล้อและพื้นถนนได้ (K)
7. อธิบายและหามุมเอียงของขอบถนนบริเวณทางโค้งได้ (K)
8. จิตวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบ ความสนใจใฝ่รู้ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)
- 9.

4. สาระการเรียนรู้

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือ
เป็นส่วนของวงกลม เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular motion) โดยการเคลื่อนที่
แบบวงกลมที่มีอัตราเร็วคงตัวซึ่งจะเรียกว่า การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform circular motion)
นั่นคือการเคลื่อนที่ที่มีขนาดของความเร็วเท่าเดิม สม่ำเสมอ แต่มีทิศทางเปลี่ยนไปทีละน้อย โดยวัตถุที่มีการ

เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางและแรงเข้าสู่ศูนย์กลางกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ในแนววงกลม การเคลื่อนที่ในแนววงกลม ได้แก่ การเคลื่อนที่ของรถบนทางโค้ง และดาวเทียมที่โคจรในแนววงกลมรอบโลก

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ที่เป็นแบบวงกลม ว่ามีอะไรบ้างที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลม (เช่น พัดลมเพดาน การแกว่งวัตถุ) หลังจากสนทนาครูถามนักเรียนต่อว่า รถได้ถึงเคลื่อนที่ได้อย่างไร ทำไมถึงไม่ตกลงมาขณะมีการเคลื่อนที่ โดยเปิดวิดีโอรถได้ถึงให้ดูเป็นตัวอย่างในการช่วยคิด (ครูยังไม่เฉลยโดยให้นักเรียนช่วยกันอธิบายในสิ่งที่เป็นไปได้)
2. ครูสนทนาในสิ่งที่เป็นไปได้ภายหลังการชมวิดีโอในการเชื่อมโยงไปสู่การสาธิตการทดลองในการเคลื่อนที่แบบวงกลม ครูชี้ให้เห็นว่ารถเคลื่อนที่เป็นวงกลม และเชื่อมโยงเข้าสู่ การทดลองสาธิตแกว่งปากกาโดยการผูกเชือก
3. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสาธิตทดลองว่า มีปริมาณทางฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนโค้งของวงกลมก่อนที่จะมีการสาธิต ครูแจกใบความรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

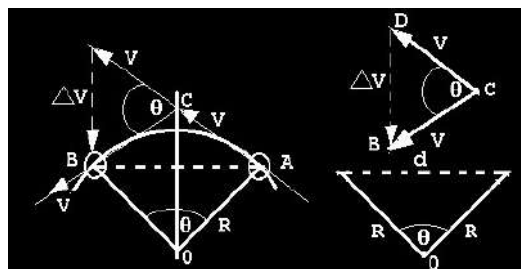
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูให้นักเรียนเข้ากลุ่มในที่นั่งติดกันประมาณกลุ่มย่อยๆ 2-3 คน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันคิดก่อนที่จะมีการตอบคำถาม ในระหว่างการสาธิต ที่มีคำถามระหว่างการสาธิต คือ ตามความหมายของความถี่ คือจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ต่อเวลา เราจะหาความถี่นี้ได้อย่างไร และคาบ อัตราเร็ว ความเร็วของการเคลื่อนที่ทำได้จากอะไร และอธิบายร่วมกัน
2. ครูชี้แจงการเรียนรู้ว่าจะมีการสุ่มตัวแทนมาทำการสาธิต และร่วมกันอธิบายในสิ่งที่เกิดขึ้น
3. ครูให้ตัวแทนนักเรียนออกมาสามารถโดย ก่อนสาธิต ได้ใช้คำถามว่า มีปากกา 1 ด้ามกับเชือก 1 เส้น จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้อย่างไร (นักเรียนกลุ่มย่อยร่วมกันคิดและออกแบบเพื่อให้นักเรียนทำการสาธิตตาม)
4. ครูให้ความหมายของความถี่ และคาบของการเคลื่อนที่ ว่ามีนิยามและความหมายอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสาธิตหมุนปากกาที่มัดด้วยเชือกหนึ่งด้าย จำนวน ห้ารอบ จากนั้นถามนักเรียนว่า ถ้าจะหาความถี่และคาบการแกว่งดังกล่าวมีวิธีการหาได้อย่างไรบ้าง ให้นักเรียนในกลุ่มย่อยร่วมกันออกแบบวิธีการทดลองโดยชี้แนะให้เชื่อมโยงกับนิยามของความถี่และคาบ

- ให้นักช้กลุ่มย่อยออกมานำเสนอวิธีการหาความถี่และคาบ (โดยวิธีการหาอาจจะจับเวลาจำนวนรอบทั้งหมดที่กำหนด จากนั้นนำไปคำนวณหาความถี่และคาบของการเคลื่อนที่ได้)
- ครูถามนักเรียนต่อว่า จะหาความเร็วของการเคลื่อนที่ได้อย่างไร เนื่องจากการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และจะหาระยะทางการเคลื่อนที่ได้อย่างไร โดยเรียนจะต้องคิดประยุกต์ความรู้เก่าเกี่ยวกับวงกลม โดยใช้เส้นรอบวงในการหาระยะทาง
- ถ้าไม่ใช้เส้นรอบวงในการหาความเร็ว สามารถหาความเร็วด้วยวิธีอื่นได้หรือไม่ อย่างไร จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นแนวคิดว่าการเคลื่อนที่ครบ หนึ่งรอบมีค่าใดที่เพิ่มขึ้นและซ้ำเดิมตลอด โดยใช้ อนิเมชัน เปิดให้นักเรียนสังเกตมุมที่เพิ่มขึ้นและเปลี่ยนไปว่าความเร็วสามารถหาได้จากมุมที่เพิ่มขึ้นและเปลี่ยนไปในเวลาใดๆ โดยให้นักเรียนร่วมกันซักถามซึ่งกันและกันจนได้ข้อสรุปตามใบความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

- ครูใช้คำถามชวนคิดว่า ทำไมปากกาจึงลอยดูในอากาศได้เวลาแกว่ง มีแรงอะไรที่กระทำต่อปากกา โดยเชื่อมโยงไปสู่การวาดภาพอธิบายในการหาแรงต่างๆโดยให้นักเรียนภายในกลุ่มเขียนลงกระดาษก่อนที่จะลงข้อสรุปร่วมกันว่ามีแนวทางของแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อปากกา โดยแนะนำให้เชื่อมโยงกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน โดยมีภาพของส่วนโค้งของการเคลื่อนที่แบบวงกลมในการวิเคราะห์ เพื่อหาความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางและความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางซึ่งควรสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง และความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่



ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูสนทนาเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคาบการสั่นที่ผ่านมาและร่วมกันทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อที่จะเชื่อมโยงไปสู่การขยายความรู้ที่สิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้
- ครูเปิดวิดีโอแสดงการเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถมอเตอร์ไซด์บนทางโค้งที่มีความลาดชันในระดับที่ความชันที่แตกต่างกันโดยให้นักเรียนสังเกตมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่ต่างกัน



3. ให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าเพราะเหตุใดถึงต้องทำถนนในทางโค้งให้มีความลาดชัน
4. ครูแจกใบความรู้ ครูและนักเรียน โดยร่วมกันอภิปรายการเคลื่อนที่บนทางโค้งตามรายละเอียดในใบความรู้ จนได้ข้อสรุปว่า การที่รถจะเคลื่อนที่และผ่านทางโค้งไปได้นั้น จะต้องเอียงทำมุมกับถนนและความเร็วมากที่สุดที่รถสามารถผ่านทางโค้งไปได้โดยไม่ล้ม และไม่หลุดโค้ง จนสรุปความสัมพันธ์ของสมการได้ว่า $\tan \theta = \mu = \frac{v^2}{Rg}$ พร้อมอธิบายการวิเคราะห์โจทย์และแก้ปัญหาโจทย์ ข้อที่ 1 และ 2 ในใบงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ครูอธิบายจนนักเรียนเข้าใจทุกคน และให้นักเรียนทำใบงาน
2. ครูเดินดูนักเรียนทำแบบฝึกหัดและแนะนำเป็นรายกลุ่ม จนนักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน

6. สื่อ/วัสดุ/อุปกรณ์/ แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว
2. ใบความรู้เรื่อง การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แบบวงกลม
3. ใบงานเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม
4. ใบงานเรื่องการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. วิดีโอการเคลื่อนที่บนทางโค้ง 1. <http://www.youtube.com/watch?v=ufAnL8Pxu1k>
2. http://www.youtube.com/watch?v=VALA-8yH_u8
6. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม ๒
7. สไลด์ประกอบการสอน

7. การวัดและการประเมินผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	-ตรวจใบงาน	-ใบงาน	- ผลงานถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
ด้านทักษะ/ กระบวนการ (P)	-ตรวจใบงาน -ตรวจใบงาน	-ตรวจใบงาน -ตรวจใบงาน	- ผลงานถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ (A)	ตรวจแบบบันทึก พฤติกรรม	แบบบันทึกพฤติกรรม	- มีคะแนนรวม 70 % ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงาน

การตรวจผลงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

ใบงาน คะแนนทั้งหมด 3 คะแนน

ระดับคะแนน	รายการประเมิน
3	ตอบถูกต้องครบสมบูรณ์ และการคำนวณมีความถูกต้อง
2	ตอบคำถามและคำนวณ ไม่ชัดเจน
1	ตอบคำถามและคำนวณไม่ถูกต้อง

แบบสังเกต คะแนนทั้งหมด 21 คะแนน

ระดับประเมิน	คะแนน
ระดับ 3	20-27
ระดับ 2	11-19
ระดับ 1	7-11
ระดับ 2 ขึ้นไป = ผ่าน	

แบบสังเกตพฤติกรรม

รายการสังเกต		ระดับการปฏิบัติ		
		สม่ำเสมอ (3)	บ่อยครั้ง (2)	น้อยครั้ง (1)
มีวินัย	เข้าเรียนตรงเวลา			
	ส่งงานตรงต่อเวลา			
	ไม่ส่งเสียงดังรบกวนเพื่อน			
ใฝ่เรียนรู้	เข้ากิจกรรมการเรียนรู้			
	สนใจเรียนตลอดเวลา			
	มีส่วนร่วมในชั้นเรียน			
ทำงานกลุ่ม	ทำงานตามหน้าที่ที่รับมอบหมาย			
	รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น			
	แบ่งหน้าที่กันชัดเจน			
รวม				
คะแนนที่ได้				

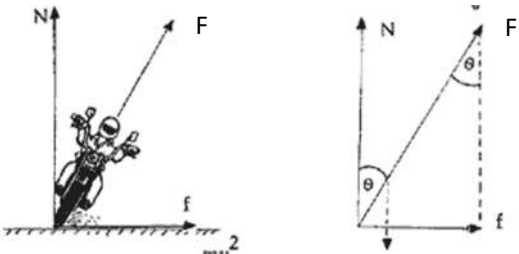
โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
ใบความรู้รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบความรู้เรื่องการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่พบในชีวิตประจำวันต่างๆที่สามารถนำมาประยุกต์ได้ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ของรถบนทางโค้ง ทางโค้งยกระดับ วัตถุเคลื่อนที่บนวงกลม แรงตึงเชือกที่กระทำต่อวัตถุ ตลอดจนการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยสามารถพิจารณาแยกเป็นกรณีได้ดังต่อไปนี้

การเคลื่อนที่บนทางโค้ง

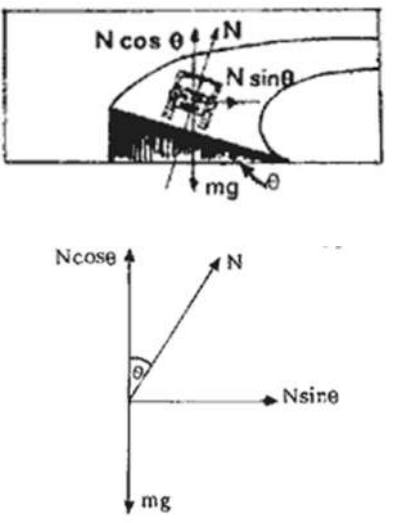
การเคลื่อนที่บนทางโค้งในแนวราบ

การที่วัตถุหรือรถจะเลี้ยวโค้งต้องมีแรงสู่ศูนย์กลางเสมอ ในขณะที่รถเลี้ยวโค้งแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อรถก็คือ แรงเสียดทาน โดยแรงเสียดทานมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางในขณะที่รถเลี้ยวโค้งการหาความเร็วที่พอดีทำให้รถเลี้ยวโค้งได้รถจะเลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้งของถนน(R) และมุม (θ) ที่รถเอียงจากแนวดิ่ง ถ้า R และ θ มีค่ามาก รถจะเลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วสูง

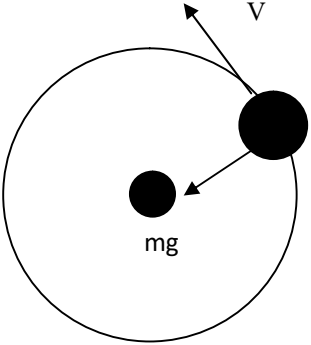
	$F_c = f = \frac{mv^2}{R}, N = mg$ $\tan \theta = \frac{f}{N} = \mu = \frac{mv^2}{R} / mg$ $\tan \theta = \mu = \frac{v^2}{Rg}$ $v = \sqrt{Rg \tan \theta} = \sqrt{\mu Rg}$	θ = มุมที่รถเอียงจากแนวดิ่ง R = รัศมีความโค้งของทางโค้ง μ = สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน
--	---	--

การเคลื่อนที่เป็นทางโค้งบนถนนลื่นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ

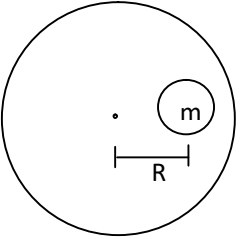
ในกรณีทางโค้งนิยมยกขอบด้านนอกให้สูงกว่าด้านใน เพื่อช่วยทำให้เกิดแรงสู่ศูนย์กลางโดยไม่ต้องอาศัยแรงเสียดทาน

	ความเร็วพอดีกับมุมที่ยกขึ้น หาได้ดังนี้ $F_c = N \sin \theta$ $\frac{mv^2}{R} = N \sin \theta$ $N \cos \theta = mg$ $N = mg / \cos \theta$ จะได้ $\frac{mv^2}{R} = mg \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$ $v^2 = Rg \tan \theta$ $\tan \theta = v^2 / Rg$	θ = มุมที่ผิวถนนกระทำต่อพื้นราบ v = อัตราเร็วที่พอดีกับมุมที่ยกผิวถนน R = เป็นรัศมีความโค้ง g = ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง
---	---	--

การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

	น้ำหนักดาวเทียมลงสู่โลก เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง $mg = \text{แรงสู่ศูนย์กลาง}$ $mg = \frac{mv^2}{R}$ หรือ $\frac{mv^2}{R} = \frac{GmM_e}{R^2}$ $\frac{v^2}{R} = g_h$ $\therefore v = \sqrt{g_h R} = \sqrt{g_h (r + h)}$ หรือ $\frac{mv^2}{R} = \frac{GmM_e}{R^2}$ $v^2 = \frac{GM_e}{R}$ $v = \sqrt{\frac{GM_e}{R}}$	คาบเวลาของดาวเทียม $v^2 = \frac{GM_e}{R}$ $\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{GM_e}{R}$ $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_e}$ m = มวลดาวเทียม M_e = มวลโลก R = รัศมีโคจร (วัดจากศูนย์กลางโลก) r = รัศมีโลก h = ความสูงดาวเทียมจากผิวโลก v = อัตราเร็ว T = คาบ G = ค่าโน้มถ่วงสากล (6.67×10^{-11} N.m²/kg²)
---	--	---

เหรียญบาทบนแผ่นวงกลม

	$F_c = f_s = \frac{mv^2}{R}, N = mg$ $\mu mg = \frac{mv^2}{R}$ $\mu = \frac{v^2}{gR} = \frac{\omega^2 R}{g}$ ความถี่ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$	F_s = แรงเสียดทาน m = มวลเหรียญ R = รัศมี (วัดจากศูนย์กลาง) v = อัตราเร็ว f = ความถี่ μ = สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน ω = อัตราเร็วเชิงมุม
---	---	--

รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบงานเรื่อง การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่แบบวงกลม

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ถนนราบโค้งมีรัศมีความโค้ง 50 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างยางกับ ถนนของรถคันหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 0.2 รถคันนี้จะเลี้ยวโค้งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไรจึงจะไม่ไถลออกนอกโค้ง

2. กำหนดให้รถจักรยานยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนรัศมีความโค้ง 0.1 km ด้วยอัตราเร็ว 36 km/hr ได้อย่างปลอดภัย แม้ฝนตกทางลื่น คนขับต้องเอียงตัวมุมมุมกับแนวตั้งเท่าใด

3. ผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนราบที่มีรัศมีความโค้ง 40 เมตร คนขับต้อง เอียงรถทำมุม 37° กับแนวตั้ง ขณะนั้นผู้ขับขี่ขีรถในอัตราเร็วกี่เมตร/วินาที

4. รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง เมื่อรถคันนี้เลี้ยวโค้งบนถนนมีรัศมี ความโค้ง 150 เมตร พื้นถนนควรเอียงทำมุมกับแนวระดับเท่าใด รถจึงจะเลี้ยวโค้งได้อย่างปลอดภัย

5. ดาวเทียมดวงหนึ่งโคจรรอบโลกเป็นวงกลมรัศมี 8×10^6 เมตร และที่ความสูงระดับนี้ แรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 8 นิวตัน / กิโลกรัม จงคำนวณหาความเร็วในการโคจรของดาวเทียมดวงนี้

6.ดาวเทียมมวล 6 kg หมุนรอบโลกเป็นวงกลมรัศมี 7000 km และที่ความสูงระดับแรงดึงดูดของโลกมีค่าเท่ากับ 7 N/kg จงคำนวณหาความเร็วและคาบการหมุนของดาวเทียม

7.ดาวเทียมเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบโลก โดยมีรัศมีวงโคจร 12.8×10^6 เมตร อัตราเร็วของ ดาวเทียม มีค่ากี่ เมตรต่อวินาที (กำหนด มวลโลก = 6×10^{24} kg)

8.แผ่นเสียงแผ่นหนึ่งวางอยู่ในแนวระดับ เมื่อเอาเหรียญอันหนึ่งมาวางไว้ห่างจากจุดศูนย์กลางกลางของแผ่นเสียงเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ปรากฏว่าเหรียญนี้จะหมุนติดไปกับแผ่นเสียงได้โดยไม่ไถลหลุดจากโต๊ะ ถ้าอัตราการหมุนของแผ่นน้อยกว่า 1 รอบต่อวินาที จงหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างเหรียญกับแผ่นเสียง

โรงเรียนสตรีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ใบงานเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของการเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัวและอธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว.....
.....
.....
2. ถ้านำลูกยางมาแกว่งให้เคลื่อนที่แบบวงกลม ถ้าเชือกที่ผูกลูกยางขาดลูกยางจะเคลื่อนที่อย่างไร.....
.....
.....
3. แรงที่กระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่ที่ตกแบบเสรี แบบโปรเจกไทล์ และแบบวงกลม กับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสามกรณีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร.....
.....
.....
4. จากการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุหนึ่งพบว่าช่วงเวลา 2 วินาที เคลื่อนที่ได้ 10 รอบรัศมีวงกลมมีค่าเท่ากับ 0.2 เมตร ค่าของความถี่, คาบ และอัตราเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่นี้มีค่าเท่าใดตามลำดับ
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
5. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบจุดจุดหนึ่งด้วยความถี่ 7 รอบ/วินาที จงหาอัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่
.....
.....
.....
.....
.....

6. การหมุนรอบตัวของโลกรอบละ 24 ชั่วโมง กำหนดให้ รัศมีโลกเท่ากับ 6.37×10^6 เมตร จงหา อัตราเร็วเชิงมุมที่ผิวโลก.....

.....

.....

.....

7. จากข้อที่ผ่านมา จงหาอัตราเร็วของวัตถุที่ผิวโลก

.....

.....

.....

8. จากข้อที่ผ่านมา จงหาอัตราเร่งสู่ศูนย์กลางที่เส้นศูนย์สูตร

.....

.....

.....

9. จงหาความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นรูปวงกลมรัศมี 8 เมตร ด้วยอัตราเร็ว 20 เมตร/วินาที และหามวลที่เคลื่อนที่มีขนาด 5 กิโลกรัม จงหาแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. การเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ถ้าอัตราเร็วของการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น เป็น 2 เท่า โดยที่รัศมียังคงเท่าเดิม จะต้องใช้แรงเข้าสู่ศูนย์กลางเป็นกี่เท่าของเดิม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. วัตถุมวล m ถูกบังคับให้เคลื่อนที่เป็นวงกลม รัศมี R ด้วยแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง F_c ถ้าวัตถุนี้เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี $4R$ ด้วยแรงเข้าสู่ศูนย์กลางค่าเดิม คาบของการโคจรใหม่จะเป็นกี่เท่าของค่าเดิม

.....

.....

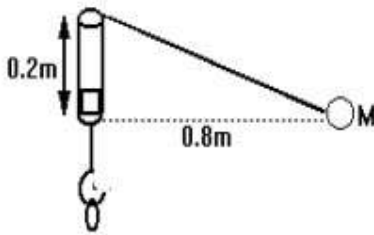
.....

.....

.....

.....

12. ถ้าในการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ขณะที่วัตถุมวล M เคลื่อนที่ด้วยรัศมีความโค้ง 0.8 เมตรนั้น น้ำหนักของวัตถุทำให้วัตถุอยู่ต่ำกว่าปลาย เชือกที่แกนหมุน 0.2 เมตร ดังรูปอัตราเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่ จะต้องเป็นเท่าไรในหน่วยเรเดียน/วินาที



.....

.....

.....

.....

.....

.....

13. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม ผูกด้วยเชือกยาว 0.5 เมตร แล้วแกว่งเป็นวงกลมในระนาบระดับด้วยรัศมี 0.3 เมตร จงหาอัตราเร็วของวัตถุ

.....

.....

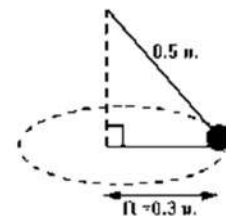
.....

.....

.....

.....

.....



14. จากข้อที่ผ่านมา จงหาแรงตึงในเส้นเชือก

.....

.....

.....

.....

