



2025

แผนการจัดการเรียนรู้
รายวิชาฟิสิกส์
(๖30201)

ภาคเรียนที่ 2

จัดทำโดย
นางสภารินทร์ เศรษฐากา

กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โรงเรียนสตรีศึกษา

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ *

สาระฟิสิกส์

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

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี	<ul style="list-style-type: none"> • ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ • การค้นคว้าหาคำรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต • ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ เป็นพื้นฐานในการแสวงหาคำรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมถึงการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็มีส่วนในการค้นหาคำรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ด้วย
ม.4	2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟวิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง	<ul style="list-style-type: none"> • ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนหนึ่งได้จากการทดลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข และหน่วยวัด • ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่าง ๆ โดยตรงหรือทางอ้อม หน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์ คือ ระบบหน่วยระหว่างชาติ เรียกว่า ระบบเอสไอ • ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 มาก ๆ นิยมเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือเขียนโดยใช้คำนำหน้าหน่วยของระบบเอสไอ การเขียนโดยใช้สัญกรณ์วิทยาศาสตร์เป็นการเขียนเพื่อแสดงจำนวนเลขนัยสำคัญที่ถูกต้อง • การทดลองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ การบันทึกปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยจำนวนเลขนัยสำคัญที่เหมาะสมและค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์และการแปลความหมายจากกราฟ เช่น การหาความชันจากกราฟเส้นตรง จุดตัดแกน พื้นที่ใต้กราฟ เป็นต้น • การวัดปริมาณต่าง ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนเสมอขึ้นอยู่กับเครื่องมือวิธีการวัด และประสบการณ์ของผู้วัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถแสดงในการรายงานผลทั้งในรูปแบบตัวเลขและกราฟ • การวัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่น การวัดความยาวของวัตถุที่ต้องการความละเอียดสูง อาจใช้เวอร์เนียร์ แคลลิเปอร์ส หรือไมโครมิเตอร์ • ฟิสิกส์อาศัยคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า และการสื่อสาร

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	<p>3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยความเร็วและความเร่งมีทั้งค่าเฉลี่ยและค่าขณะหนึ่ง ซึ่งคิดในช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัวมีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = u + at$ $\Delta x = \left(\frac{u + v}{2}\right) t$ $\Delta x = ut + \frac{1}{2}at^2$ $v^2 = u^2 + 2a\Delta x$ • การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถเขียนอยู่ในรูปกราฟตำแหน่งกับเวลา กราฟความเร็วกับเวลา หรือกราฟความเร่งกับเวลา ความชันของเส้นกราฟตำแหน่งกับเวลาเป็นความเร็ว ความชันของเส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นความเร่ง และพื้นที่ใต้เส้นกราฟความเร็วกับเวลาเป็นการกระจัด ในกรณีที่ผู้สังเกตมีความเร็ว ความเร็วของวัตถุที่สังเกตได้เป็นความเร็วที่เทียบกับผู้สังเกต • การตกแบบเสรีเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติที่มีความเร่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก
	<p>4. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> • แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงมีทั้งขนาดและทิศทางกรณีที่มีแรงหลาย ๆ แรงกระทำต่อวัตถุสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุโดยใช้วิธีเขียนเวกเตอร์ของแรงแบบหางต่อหัว วิธีสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานของแรง และวิธีคำนวณ
<p>ม.4</p>	<p>5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • สมบัติของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกว่า ความเฉื่อยมวลเป็นปริมาณที่บอกให้ทราบว่าวัตถุใดมีความเฉื่อยมากหรือน้อย • การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุสามารถเขียนเป็นแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระได้ • กรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากกระทำ วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน • กรณีที่มีแรงภายนอกมากกระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ มวลและความเร่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=0}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน • เมื่อวัตถุสองก้อนออกแรงกระทำต่อกัน แรงระหว่างวัตถุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้ามและกระทำต่อวัตถุคนละก้อน เรียกว่า แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน และเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่วัตถุทั้งสองสัมผัสกันหรือไม่สัมผัสกันก็ได้

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	<ul style="list-style-type: none"> แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงที่มีมวลสองก้อนดึงดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามและเป็นไปตามกฎความโน้มถ่วงสากล เขียนแทนได้ด้วยสมการ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ รอบโลกมีสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุน้ำหนัก
	7. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน	<ul style="list-style-type: none"> แรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุสองก้อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ หรือแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า แรงเสียดทานแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่ง ๆ ขณะออกแรงพยายามแต่วัตถุยังคงอยู่นิ่งแรงเสียดทานมีขนาดเท่ากับแรงพยายามที่กระทำต่อวัตถุนั้น และแรงเสียดทานมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกแรงเสียดทานนี้ว่า แรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะกำลังเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ คำนวณได้จากสมการ $f_s \leq \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$ การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
	8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวม ของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง	<ul style="list-style-type: none"> สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิม คือ หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=0}^n \vec{F}_i = 0$ วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=0}^n M_i = 0$ <p>โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$</p>
ม.4	9. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	<ul style="list-style-type: none"> เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน ในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	10. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	<ul style="list-style-type: none"> งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาได้จากผลคูณของขนาดของแรงและขนาดของการกระจัดกับโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัดตามสมการ $W = F\Delta x \cos\theta$ หรือหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับตำแหน่ง โดยแรงที่กระทำอาจเป็นแรงคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย ดังสมการ $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$
	11. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์	<ul style="list-style-type: none"> พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ แบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง คำนวณได้จากสมการ $E_p = mgh$ และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น คำนวณได้จากสมการ $E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$ พลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ ตามสมการ $E = E_k + E_p$ แรงที่ทำให้เกิดงานโดยงานของแรงนั้นไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เช่น แรงโน้มถ่วงและแรงสปริง เรียกว่า แรงอนุรักษ์ งานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป ตามทฤษฎีบทงาน-พลังงานจลน์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $W = \Delta E_k$
	12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	<ul style="list-style-type: none"> ถ้างานที่เกิดขึ้นกับวัตถุเป็นงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์เท่านั้น พลังงานกลของวัตถุจะคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โดยที่พลังงานศักย์อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก
	13. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	<ul style="list-style-type: none"> การทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ้ม สกรู และล้อกับเพลลา ใช้หลักการของงานและสมมูลกลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพคำนวณได้จากสมการ $\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$ การได้เปรียบเชิงกลคำนวณได้จากสมการ $M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{s_{in}}{s_{out}}$

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการตกลงจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	<ul style="list-style-type: none"> • วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ดังสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ • เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ • แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่า การดล ตามสมการ $\vec{I} = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \right) \Delta t$ <p>ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา</p>
	15. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	<ul style="list-style-type: none"> • ในการชนกันของวัตถุและการตีตัวออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำโมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัวซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม • ในการชนกันของวัตถุ พลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัว หรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น
	16. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	<ul style="list-style-type: none"> • การเคลื่อนที่แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอนระดับพร้อมกัน และเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำ จึงมีความเร็วไม่คงตัว ปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ตามสมการ $v_y = u_y + a_y t$ $\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t$ $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$ $v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$ <p>ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวนอนไม่มีแรงกระทำจึงมีความเร็วคงตัว ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา มีความสัมพันธ์ตามสมการ $\Delta x = u_x t$</p>
ม.4	17. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่	<ul style="list-style-type: none"> • วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม เรียกว่า วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ ซึ่งแรงสู่ศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ • นอกจากนี้ การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ $v = \omega r$ และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุม ตามสมการ

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	$F_c = m\omega^2 r$

* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551. (กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2560)

คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 80 ชั่วโมง/ปี

ศึกษางานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง กำลังเฉลี่ย พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ งานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล การทำงาน ประสิทธิภาพ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกลในการพิจารณา โมเมนตัมของวัตถุ การดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น การติดตัวแยกจากกันหนึ่งมิติที่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม สมมูลกลของวัตถุ โมเมนตัม และผลรวมของโมเมนตัมที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ ผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุ แผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล สมมูลของแรงสามแรง สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ การเคลื่อนที่แนวโค้ง โพรเจกไทล์และแบบวงกลม

โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบายและการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตของตนเอง ตลอดจนมี จิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้อง

ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนตัม และผลรวม ของโมเมนตัมที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบ ที่มีต่อสมมูลของวัตถุเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรงได้
- สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผล ของศูนย์กลางถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้
- วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ยได้
- อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงาน จลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับ ระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่าง งานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ได้
- อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่ ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลได้

6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลได้
7. อธิบายและคำนวณโมเมนต์ของวัตถุและการตลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงตลกับโมเมนต์ได้
8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนต์ได้
9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

รวมทั้งหมด 10 ผลการเรียนรู้

โครงสร้างรายวิชา ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
1.	สภาพสมมูล	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวม ของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรงได้ สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้ 	<p>สมมูลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมหรือหยุดนิ่ง (สมมูลสถิต) หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว (สมมูลจลน์) วัตถุที่สมมูลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ และวัตถุจะสมมูลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์</p> <p>เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมมูลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมมูลต่อการหมุน</p> <p>การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล</p> <p>เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวรานั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเคลื่อนที่โดยไม่หมุน</p> <p>วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p>	20
2.	งานและพลังงาน	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ยได้ อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงาน 	<p>เมื่อมีแรงคงตัวกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ การกระจัดจะเกิดงานของแรงนั้น ซึ่งหาได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับขนาดของการกระจัดและโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับการกระจัด หรือหาจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับการกระจัด โดยงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ย</p> <p>พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างของวัตถุ ซึ่งแบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น โดยพลังงานกลเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์</p>	20

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
		<p>ของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และ คำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ได้</p> <p>5. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกลได้</p> <p>6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลได้</p>	<p>ซึ่งงานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป พลังงานต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนเป็นอีกพลังงานหนึ่งได้แต่ผลรวมของพลังงานยังคงเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยกฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การเคลื่อนที่ของวงกลมในระนาบตั้ง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก เป็นต้น</p> <p>เครื่องกลเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น หรือช่วยในการผ่อนแรง เครื่องกลที่จัดเป็นเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรู และล้อกับเพลลา โดยการทำงานใช้หลักการของงาน และสมดุลกล ประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย</p>	
3.	โมเมนตัมและการชน	<p>7. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัมได้</p> <p>8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้</p>	<p>วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็ของวัตถุ เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่าแรงดล โดยผลคูณของแรงดลกับเวลา เรียกว่าการดล ซึ่งการดลอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง แรงดลกับเวลา</p> <p>เมื่อวัตถุชนกัน โมเมนตัมก่อนการชนของระบบเท่ากับโมเมนตัมหลังการชนของระบบ เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งในการชนกันของวัตถุที่พลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น โดยกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมช่วยในการอธิบายการชนและการระเบิดของวัตถุ</p>	20

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
4	การเคลื่อนที่แนวโค้ง	<p>9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และ ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์</p> <p>10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม</p>	<p>การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็น การเคลื่อนที่เป็นแนววิถีโค้งภายใต้แรง เนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก ที่วัตถุเคลื่อนที่ในสองแนวพร้อม ๆ กัน คือการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวตั้ง แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางคงตัวตลอดเวลา โดยทำมุมใด ๆ กับทิศของความเร็ว</p> <p>การเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีลักษณะเป็นแนวตรง หรือแนวโค้ง ขึ้นอยู่กับทิศของแรงที่มากกระทำกับทิศของการเคลื่อนที่ โดยทิศของแรงอยู่ในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง ทิศของแรงทำมุมใด ๆ กับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลา วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ส่วนการเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้นแรงจะทามุมตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลาการเคลื่อนที่ และแรงที่กระทำจะมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเรียกแรงนี้ว่า แรงสู่ศูนย์กลาง</p>	20

โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

เวลา 80 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด/รูปแบบการสอน/ วิธีการสอน/เทคนิค	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
5. สภาพสมมูล	แผนที่ 1 สภาพสมมูล	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียน - สังเกตการอภิปราย เรื่อง สภาพสมมูลพร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ - ตรวจผังมโนทัศน์ เรื่อง สภาพสมมูล - ตรวจใบงานที่ 7.1 เรื่อง สภาพสมมูล - ตรวจสอบฝึกหัดที่ 1.1 เรื่อง สภาพสมมูล 	2
	แผนที่ 2 สมดุลต่อการเคลื่อนที่	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตการทำกิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง - ตรวจการนำเสนอผังมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ - ตรวจผังมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ - ตรวจใบงานที่ 7.2 แบบบันทึกกิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง - ตรวจการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ - ตรวจสอบฝึกหัดที่ 2.1-2.2 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ 	4
	แผนที่ 3 สมดุลต่อการหมุน	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ - ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตการอภิปราย เรื่อง โมเมนต์ - ตรวจการนำเสนอผังมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลต่อการหมุน - ตรวจผังมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลต่อการหมุน - ตรวจใบงานที่ 7.3 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน - ตรวจการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน - ตรวจสอบฝึกหัดที่ 3.1 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน 	4
	แผนที่ 4 ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจการนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง - ตรวจผังมโนทัศน์ เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง 	5

			<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบงานที่ 7.4 เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 4.1-4.2 เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางวง 	
แผนที่ 5 สมดุลของวัตถุ	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตการอภิปราย เรื่อง สมดุลของวัตถุ - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง สมดุลของวัตถุ - ตรวจสอบงานที่ 7.5 เรื่อง สมดุลของวัตถุ - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง สมดุลของวัตถุ - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 5.1 เรื่อง สมดุลของวัตถุ 	3	
แผนที่ 6 เสถียรภาพของวัตถุ	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบผลงานการนำเสนอ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ - ตรวจสอบงานที่ 7.6 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 6.1 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ 	3	
แผนที่ 7 การนำหลักสมมูลไปประยุกต์	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบแบบทดสอบหลังเรียน - ตรวจสอบการนำเสนอผลงาน เรื่อง เครื่องกลที่นำหลักสมมูลไปประยุกต์ตามที่กำหนด - ตรวจสอบรายงาน เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง การนำหลักการไปประยุกต์ - ตรวจสอบงานที่ 7.7 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 7 เรื่อง การนำหลักการไปประยุกต์ - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 7.1 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ 	9	

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด/รูปแบบการสอน/ วิธีการสอน/เทคนิค	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
6. งานและพลังงาน	แผนที่ 1 แรงและงาน	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียน - สังเกตการอภิปราย เรื่อง งานในทางฟิสิกส์ - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง แรงและงาน - ตรวจสอบงานที่ 5.1 เรื่อง แรงและงาน - ตรวจสอบงานที่ 5.2 เรื่อง งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ - ตรวจสอบงานที่ 5.3 เรื่อง การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟ - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 1.1-1.3 เรื่อง แรงและงาน - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 5 เรื่อง แรงและงาน 	5
	แผนที่ 2 พลังงาน	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตการทำกิจกรรมพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง และพลังงานศักย์ยืดหยุ่น - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง พลังงาน - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 2.1 เรื่อง พลังงาน - ตรวจสอบงานที่ 5.4 แบบบันทึกกิจกรรมพลังงานจลน์ - ตรวจสอบงานที่ 5.5 แบบบันทึกกิจกรรมพลังงานศักย์โน้มถ่วง - ตรวจสอบงานที่ 5.6 แบบบันทึกกิจกรรมพลังงานศักย์ยืดหยุ่น - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 5 เรื่อง พลังงาน 	7
	แผนที่ 3 กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - สังเกตการอภิปราย เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบงานที่ 5.7 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 5 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 3.1 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงานกล 	3

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด/รูปแบบการสอน/ วิธีการสอน/เทคนิค	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
	แผนที่ 4 การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบการนำเสนอสถานการณ์การเคลื่อนที่ตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกลจากที่กำหนดให้ - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบใบงานที่ 5.8 เรื่อง การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบใบงานที่ 5.9 เรื่อง โจทย์การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 4.1 เรื่อง การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงานกล 	3
	แผนที่ 5 กำลัง	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง กำลัง - ตรวจสอบใบงานที่ 5.10 เรื่อง กำลัง - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 5 เรื่อง กำลัง - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 5.1-5.2 เรื่อง กำลัง 	2
	แผนที่ 6 เครื่องกล	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ - ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบการนำเสนอ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง เครื่องกล - ตรวจสอบใบงานที่ 5.11 เรื่อง เครื่องกล - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 5 เรื่อง เครื่องกล - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 6.1-6.3 เรื่อง เครื่องกล 	3
	แผนที่ 7 แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบแบบทดสอบหลังเรียน - ตรวจสอบผังมโนทัศน์ เรื่อง แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน - ตรวจสอบใบงานที่ 5.12 เรื่อง แหล่งพลังงานและการใช้พลังงาน 	1

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด/รูปแบบการสอน/ วิธีการสอน/เทคนิค	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
7. โมเมนตัมและการชน	แผนที่ 1 โมเมนตัม	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียน - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง โมเมนตัม - สังเกตการอภิปราย เรื่อง โมเมนตัม - ตรวจสอบงานที่ 6.1 เรื่อง โมเมนตัม - ตรวจสอบงานที่ 6.2 เรื่อง โจทย์โมเมนตัม - ตรวจสอบฝึกหัดที่ 1.1-1.3 เรื่อง โมเมนตัม 	3
	แผนที่ 2 แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบการนำเสนอ เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม - ตรวจสอบงานที่ 6.3 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 2.1 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม 	4
	แผนที่ 3 การดลและแรงดล	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบการนำเสนอสถานการณ์ตามหลักของการดลและแรงดล - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง การดลและแรงดล - ตรวจสอบงานที่ 6.4 เรื่อง โจทย์การดลและแรงดล - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง การดลและแรงดล - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 3.1-3.2 เรื่อง การดลและแรงดล 	5
	แผนที่ 4 การชน	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้ - ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบทดสอบหลังเรียน - สังเกตการทำกิจกรรมการชนกันของวัตถุในแนวเส้นตรง - สังเกตการทำกิจกรรมการตีตัวแยกจากกันของวัตถุในแนวเส้นตรง - ตรวจสอบการนำเสนอผลงาน เรื่อง การชน - ตรวจสอบโน้ตค้น เรื่อง การชน - ตรวจสอบงานที่ 6.5 แบบบันทึกกิจกรรมการชนกัน 	14

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด/รูปแบบการสอน/ วิธีการสอน/เทคนิค	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
				ของวัตถุในแนวเส้นตรง - ตรวจสอบงานที่ 6.6 แบบบันทึกกิจกรรมการดีดตัว แยกจากกันของวัตถุในแนวเส้นตรง - ตรวจสอบการทำแบบฝึกหัดจาก Unit Question 6 เรื่อง การชน - ตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 4.1-4.2 เรื่อง การชน	
8. การเคลื่อนที่แนวโค้ง	แผนที่ 1 การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	- ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้	- ตรวจสอบงานทบทวนการเคลื่อนที่แนวตรง - ตรวจสอบงานการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	12
	แผนที่ 1 การเคลื่อนที่แบบ วงกลม	แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)	- ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการสื่อสาร - ทักษะการสังเกต - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการนำความรู้ไปใช้	- ตรวจสอบงานการเคลื่อนที่แบบวงกลม	12

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

สภาพสมดุล

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายความหมายของสภาพสมดุลได้ (K)
- เขียนสภาพสมดุลแต่ละประเภทที่พิจารณาจากลักษณะการเคลื่อนที่ได้ (P)
- รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา


4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สภาพสมดุล (equilibrium) คือ สภาพที่วัตถุไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ ซึ่งวัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุไว้ หากพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถแบ่งสภาพสมดุลได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ สมดุลต่อการเคลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และสมดุลสัมบูรณ์

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนเข้าสู่กิจกรรม
3. ครูถามคำถาม Big Question เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 94 ว่า เหตุใดหอเอนเมืองปิซา ยังสามารถตั้งอยู่ได้มาเป็นเวลานานโดยไม่ล้มลง โดยให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบ
4. ครูชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยตั้งคำถามว่า กล่องวางอยู่บนโต๊ะ รถยนต์วิ่งเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ อยู่ในสภาพนี้ตลอดไปได้หรือไม่ เพื่อนำไปสู่คำถามที่ว่า กล่องที่วางอยู่บนโต๊ะ หรือรถยนต์ที่วิ่งเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ จะมีแรงกระทำหรือไม่ อย่างไร และให้นักเรียนช่วยกันตอบปากเปล่าโดยครูจะยังไม่เฉลยว่าถูกหรือผิด

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 95 ว่า การเคลื่อนที่ของเครื่องบินเกี่ยวข้องกับสภาพสมดุลหรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล
 2. ครูถามคำถามนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยตั้งคำถามว่า ตามความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนคิดว่าคำว่า สมดุล หมายถึงอะไร และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่าโดยไม่มีการเฉลยว่าถูกหรือผิด
- (หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
3. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ แล้วช่วยกันศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 95-96
 4. ครูกำหนดให้นักเรียน ยกตัวอย่างสถานการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ที่สามารถนำความรู้ เรื่อง สภาพสมดุล มาใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่หรือการเปลี่ยนแปลงได้ โดยเขียนสรุปองค์ความรู้จากสิ่งที่ได้ศึกษา ลงในกระดาษ A4
 5. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่ออภิปรายผลการศึกษา และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูให้นักเรียนดูภาพเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและตั้งคำถามว่า นักเรียนคิดว่า กิจกรรมแต่ละอย่างอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ อย่างไร



2. เมื่อนักเรียนตอบ ให้ครูเฉลยไปพร้อมกับนักเรียนว่าถูกหรือไม่
3. ครูให้นักเรียนสรุปว่าลักษณะกิจกรรมแบบใดบ้างที่อยู่ในสภาพสมดุลตามความคิดของตนเอง

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสรุป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูเปิด PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล แล้วอธิบายลงข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาในหัวข้อ สภาพสมดุล
2. ครูแจกใบงานที่ 7.1 เรื่อง สภาพสมดุล ให้นักเรียนทุกคน
3. ครูให้นักเรียนศึกษาใบงานที่แจกให้ แล้วลงมือทำ จากนั้นตัวแทนนักเรียนรวบรวมใบงานที่ 7.1 เรื่อง สภาพสมดุล ส่งครูท้ายชั่วโมง
4. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง สภาพสมดุล ลงในกระดาษ A4
5. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1.1 เรื่อง สภาพสมดุล จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7

ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจก่อนเรียนของนักเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 7.1 เรื่อง สภาพสมดุล
3. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 1.1 จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
4. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล และการทำงานกลุ่ม
5. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง สภาพสมดุล ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นจากขั้นขยายความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง สภาพสมดุล	- ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน	- แบบทดสอบก่อนเรียน	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) สภาพสมดุล	- ตรวจสอบใบงานที่ 7.1 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาพสมดุล
- 2) แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาพสมดุล
- 3) ใบงานที่ 7.1 เรื่อง สภาพสมดุล
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 7.1

เรื่อง สภาพสมดุล

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. สะพานข้ามแม่น้ำแควอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ อย่างไร

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

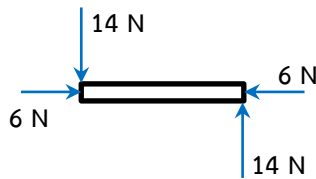
2. สมดุลสมบูรณ์ของวัตถุจะต้องเป็นอย่างไร

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

3. มีแรง 3 แรง ขนาด 25 20 และ 10 N กระทำต่อวัตถุให้สมดุลได้หรือไม่

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

4. แท่งไม้มีแรง 4 แรงกระทำดังรูป แท่งไม้อยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่อย่างไร



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

5. เปิดพัดลมเพดานให้หมุนเป็นการสมดุลชนิดใด

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

ใบงานที่ 7.1

เรื่อง สภาพสมดุล

เฉลย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. สะพานข้ามแม่น้ำแควอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ อย่างไร

..... สะพานข้ามแม่น้ำแควอยู่ในสภาพสมดุล และเป็นสภาพสมดุลสถิต เนื่องจากว่าสะพานอยู่นิ่งโดยไม่ล้ม.....

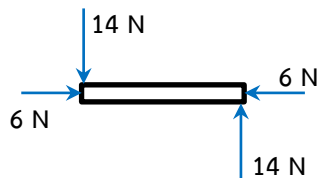
2. สมดุลสมบูรณ์ของวัตถุจะต้องเป็นอย่างไร

..... วัตถุต้องอยู่ในสมดุลต่อการเลื่อนที่ และสมดุลต่อการหมุนพร้อมกัน.....

3. มีแรง 3 แรง ขนาด 25 20 และ 10 N กระทำต่อวัตถุให้สมดุลได้หรือไม่

..... แรงทั้ง 3 นั้น มีขนาดต่างกัน เมื่อกระทำกับวัตถุแล้วจะทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุน วัตถุนั้นจึงไม่อยู่ในสภาพสมดุล.....

4. แท่งไม้มีแรง 4 แรงกระทำ ดังภาพ แท่งไม้อยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่อย่างไร



..... เนื่องจากแรงขนาด 6 นิวตัน กระทำกับแท่งไม้ในทิศทางตรงข้ามกัน และแรงขนาด 14 นิวตัน กระทำกับแท่งไม้ในทิศตรงข้ามกัน ดังนั้น แท่งไม้นี้ไม่มีการหมุนหรือเคลื่อนที่จึงอยู่ในสภาพสมดุล.....

5. เปิดพัดลมเพดานให้หมุนเป็นการสมดุลชนิดใด

..... สมดุลจลน์.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

สมดุลต่อการเลื่อนที่

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายว่า เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเลื่อนที่โดยมีแรงหลายแรงมากระทำ ถ้าแยกแรงออกเป็นองค์ประกอบในแนวแกนตั้งฉากกันสองแกน แรงลัพธ์ในแต่ละแกนมีค่าเป็นศูนย์ได้ (K)
- เขียนเวกเตอร์แทนแรงแสดงการหาแรงลัพธ์ได้ (P)
- วิเคราะห์และคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องของ เมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุและวัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่ โดยใช้วิธีการแยกแรงได้
- รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
<ul style="list-style-type: none">วัตถุจะสมดุลต่อการเลื่อนที่ คือ หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ วัตถุอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เช่น ยืดหดได้ ยุบตัว หรือมีการโค้งงอ เป็นต้น เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาระบบสมดุล วัตถุที่กล่าวถึงในบทนี้จะเป็น วัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) ที่มีรูปร่างและสภาพวัตถุคงเดิมเหมือนมีแรงมากระทำ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
<ol style="list-style-type: none">ความสามารถในการสื่อสารความสามารถในการคิด<ol style="list-style-type: none">ทักษะการวิเคราะห์ทักษะการสื่อสาร	<ol style="list-style-type: none">มีวินัยใฝ่เรียนรู้มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 97 ว่า ถ้าวัดเกิดสมมูลต่อการเลื่อนที่ แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะเป็นอย่างไร และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล
3. ครูทบทวนกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน โดยใช้คำถามถามนักเรียนว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันกล่าวไว้ว่าอย่างไร
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนอย่างอิสระ
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม โดยใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวตุ้มทราย 1 ถัง ถือไว้หนึ่ง ๆ แล้วสังเกตผล
3. ครูตั้งคำถามกับนักเรียน เกี่ยวกับกิจกรรมที่กำลังทำอยู่
 - 1) ตุ้มทรายมีน้ำหนักเท่าใด
 - 2) สภาพการเคลื่อนที่ของตุ้มทรายขณะนี้เป็นอย่างไ
 - 3) มีแรงใดกระทำต่อตุ้มทรายบ้าง
- 4) แรงที่กระทำต่อตุ้มทรายเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- 5) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน สรุปได้ว่าอย่างไร
4. ครูให้นักเรียนแต่ละคู่ช่วยกันศึกษาเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการเลื่อนที่ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 97-99
5. ครูให้นักเรียนเขียนสรุปสาระสำคัญจากสิ่งที่ได้ศึกษา ลงในสมุดประจำตัว ตามความเข้าใจของตนเอง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูพูดคุยสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่ได้ศึกษาด้วยตนเองว่ามีความเข้าใจมากน้อยขนาดไหน
2. ครูอธิบายเนื้อหาเพิ่มหลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาและจดบันทึกเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อสร้างความเข้าใจของนักเรียนให้มากขึ้น โดยครูเปิด PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล ใช้ในการอธิบายควบคู่ไปกับหนังสือเรียน
3. ครูอธิบายจนถึงหัวข้อ สมดุลของแรงสามแรงไม่ขนานกัน ครูสุ่มเรียกนักเรียนให้ออกมาอธิบาย ทฤษฎีของ ลามิ ตามความเข้าใจของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยครูสังเกตการณ์ และให้คอยอธิบายในสิ่งที่ถูกต้อง
4. ครูมอบหมายให้นักเรียนกลับไปศึกษาแบบฝึกหัดที่ 2.1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม. 4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาตัวอย่างที่ 7.1-7.2 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 100-101 โดยแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ลงในสมุดประจำตัวของแต่ละคน
2. ครูสุ่มนักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณหน้าชั้นเรียน
3. ครูแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา โดยการวาดภาพ และใส่เวกเตอร์ของแรงทั้งหมดที่เกิดขึ้น เพื่อทราบทิศทาง และขนาดของแรงที่โจทย์กำหนดให้ และง่ายต่อการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป
4. ครูสังเกตการณ์ขณะที่นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณบนกระดานหน้าชั้นเรียน
5. ครูตรวจสอบความถูกต้อง จากสิ่งที่ตัวแทนนักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณ ตัวอย่างที่ 7.1-7.2 บนกระดานหน้าชั้นเรียน โดยครูอาจให้คะแนนพิเศษ สำหรับนักเรียนที่แก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องเป็นรายบุคคล
6. ครูบอกให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน จากนั้นครูนำตัวอย่างที่ 7.3 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม. 4 เล่ม 2 หน้า 102-104 เปิดผ่านเครื่องฉาย (projector) ให้นักเรียนดูเฉพาะโจทย์
7. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างที่ 7.3-7.4 โดยแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ ลงในกระดาษ A4 เป็นรายบุคคล ห้ามเปิดหนังสือหรือสืบค้นวิธีทำจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และห้ามปรึกษากับเพื่อน เพื่อเป็นการทดสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน เสร็จแล้วตัวแทนนักเรียนรวบรวมส่งครูท้ายชั่วโมง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูตรวจสอบผลการศึกษาตัวอย่างที่ 7.3 ในเบื้องต้น หลังจากที่นักเรียนรวบรวมมาส่ง
2. ครูอธิบายถึงหลักการและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตัวอย่างที่ 7.3 โดยอธิบายควบคู่ไปกับหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 102-104
3. ครูพูดคุยสอบถามนักเรียนว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจบ้าง และครูอธิบายให้นักเรียนฟังอีกครั้งในส่วนที่ยังไม่เข้าใจ หรือยังไม่ชัดเจน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบละความสามารถ (เก่ง-ค่อนข้างเก่ง-ปานกลาง-อ่อน) อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กลุ่มละ 5-6 คน โดยครูเป็นผู้เลือกนักเรียนเข้ากลุ่ม
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าไปศึกษาการทดลองเสมือนจริง เรื่อง สมดุลของแรง 3 แรง จากเว็บไซต์ http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/suttirut_sri2/physic02/lab/ph14th/equilibrium_th.htm แล้วเขียนบันทึกขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อกันลงในสมุดประจำตัว (หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันศึกษาวิธีการทำกิจกรรม สมดุลของแรงสามแรง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 105
4. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมารับอุปกรณ์กลับไปกลุ่มตนเอง แล้วให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมตามขั้นตอน และบันทึกผลการทำกิจกรรมลงในแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง กิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง จากใบงานที่ 7.2 เรื่อง กิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง โดยครูจะสังเกตการณ์ และคอยให้คำปรึกษา (หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม)
5. ครูเน้นย้ำให้นักเรียน ตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ หลังจากการทำกิจกรรม ในแบบบันทึกกิจกรรม จากใบงานที่ 7.2 เรื่อง กิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง
 - 1) ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงทั้ง 3 ตัว มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
 - 2) เมื่อนำแนวแรงที่ได้มาเขียนเวกเตอร์โดยวิธีหางต่อหัว ภาพที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร และเวกเตอร์ลัพธ์จะมีค่าเป็นเท่าไร

อธิบายความรู้ (Explain)

1. หลังการทำกิจกรรม ครูสุ่มตัวแทนบางกลุ่ม ออกมาอธิบายถึงผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม
2. ครูและนักเรียนร่วมกันลงข้อสรุปผลการทำกิจกรรม สมดุลของแรงสามแรงว่า เมื่อมีแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุในแนวเส้นตรงเดียวกันแล้ววัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์จะมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยแรงลัพธ์ของสองแรงแรกมีขนาดเท่ากับแรงที่สาม แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน
3. ครูแนะนำให้ความรู้เพิ่มเติมถึงผลจากการทำกิจกรรมว่า เมื่อมีแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แรงทั้งสามจะอยู่ในระนาบเดียวกัน ครูอาจสาธิตโดยใช้เส้นเชือกสามเส้น ผูกปลายข้างหนึ่งเข้าด้วยกันให้เป็นปม ดึงปลายที่เหลือของเชือกทั้งสามเส้นให้ปมเชือกหยุดนิ่ง สังเกตระนาบของแรงทั้งสาม และเมื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงใดแรงหนึ่งไปอยู่ในระนาบอื่น อีกสองแรงที่เหลือจะเปลี่ยนไปอยู่ในระนาบเดียวกันเสมอ

ขั้นสรุป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูเปิด PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล ให้นักเรียนดูเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้ง
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และครูให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด Unit Question 7 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 132-139 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ลงในสมุดประจำตัว
4. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ลงในกระดาษ A4
5. ครูอธิบายสรุปสาระสำคัญ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 97-104 เรื่องสมดุลต่อการเคลื่อนที่ ให้นักเรียนฟังอีกครั้ง
6. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน นำเสนอผังมโนทัศน์ของตนเอง
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
7. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 2.2 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 7.2 แบบบันทึกกิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง
2. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัดที่ 2.1-2.2 จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
3. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรม การตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน
4. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นจากชั้น ขยายความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) สมดุลต่อการเคลื่อนที่	- ตรวจใบงานที่ 7.2 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาวะสมดุล
- 2) แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาวะสมดุล
- 3) ใบงานที่ 7.2 แบบบันทึกกิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาวะสมดุล

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ
- 4) เว็บไซต์ (http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/suttirut_sri2/physic02/lab/ph14th/equilibrium_th.htm)

ใบงานที่ 7.2

เรื่อง กิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง

คำชี้แจง : บันทึกผลการทำกิจกรรม สมดุลของแรงสามแรง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 105 ลงในตาราง พร้อมทั้งอภิปรายท้ายกิจกรรม และตอบคำถาม

สมาชิกกลุ่ม

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

6.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

แนวแรงและขนาดของแรงดึงในเส้นเชือกที่บันทึกได้

รวมเวกเตอร์ของแรงทั้งสาม โดยวิธีการเขียนรูปแบบทางต่อหัว

หาแรงลัพธ์ของสองแรง

สรุปและอภิปรายท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงทั้ง 3 ตัว มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

2. เมื่อนำแนวแรงที่ได้มาเขียนเวกเตอร์โดยวิธีหางต่อหัว ภาพที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร และเวกเตอร์ลัพธ์จะมีค่าเท่าไร

ใบงานที่ 7.2

เฉลย

เรื่อง กิจกรรมสมดุลของแรงสามแรง

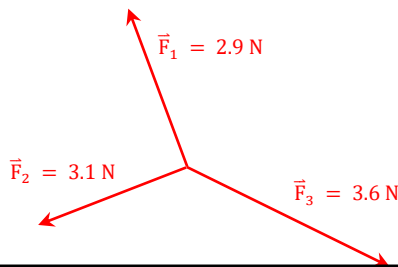
คำชี้แจง : บันทึกผลการทำกิจกรรม สมดุลของแรงสามแรง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 105 ลงในตาราง พร้อมทั้งอภิปรายท้ายกิจกรรม และตอบคำถาม

สมาชิกกลุ่ม

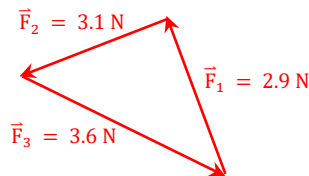
- | | |
|--------|--------|
| 1..... | 2..... |
| 3..... | 4..... |
| 5..... | 6..... |

จุดประสงค์การทดลองสรุปเงื่อนไขของแรงสามแรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งสมดุลต่อการเคลื่อนที่ และหาแรงลัพธ์ของแรงทั้งสามด้วยวิธีการเขียนเวกเตอร์แบบหางต่อหัว.....

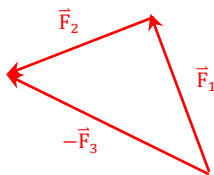
แนวแรงและขนาดของแรงดึงในเส้นเชือกที่บันทึกได้



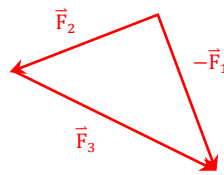
รวมเวกเตอร์ของแรงทั้งสาม โดยวิธีการเขียนรูปแบบหางต่อหัว



หาแรงลัพธ์ของสองแรง



(ก) แรงลัพธ์ของแรง F_1 กับแรง F_2 มีขนาดเท่ากับแรง F_3 แต่ทิศทางตรงข้ามกัน



(ข) แรงลัพธ์ของแรง F_2 กับแรง F_3 มีขนาดเท่ากับแรง F_1 แต่ทิศทางตรงข้ามกัน

สรุปและอภิปรายท้ายกิจกรรม

จากการทำกิจกรรมจะได้ว่า เมื่อเขียนแนวแรงของเส้นเชือกทั้งสาม และอ่านแรงดึงในเส้นเชือกจากเครื่องชั่งสปริง จะสามารถเขียนเวกเตอร์ของแรงทั้งสามแบบทางต่อหัวได้ ซึ่งจะได้อุปสามเหลี่ยมปิด จึงกล่าวได้ว่า เมื่อมีแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุในแนวเส้นตรงเดียวกันแล้ววัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์ของแรงทั้งสามแรงจะมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยแรงลัพธ์ของสองแรงแรกมีขนาดเท่ากับแรงที่สาม แต่มีทิศตรงกันข้าม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงทั้ง 3 ตัว มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงแต่ละตัวอาจไม่เท่ากัน และเมื่อแรงทั้งทั้ง 3 ไม่ได้อยู่ในเส้นตรงเดียวกัน กระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเกิดสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์ของแรงทั้ง 3 จะเท่ากับศูนย์

2. เมื่อนำแนวแรงที่ได้มาเขียนเวกเตอร์โดยวิธีทางต่อหัว ภาพที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร และเวกเตอร์ลัพธ์จะมีค่าเท่าไร

เมื่อเขียนเวกเตอร์ของแรงทั้งสามแบบทางต่อหัวจะพบว่า เวกเตอร์ของแรงทั้งสามต่อกันเป็นสามเหลี่ยมปิด และเวกเตอร์ลัพธ์จะมีค่าเท่ากับศูนย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

สมดุลต่อการหมุน

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายได้ว่าวัตถุที่สมดุลต่อการหมุนนั้น วัตถุอาจหยุดนิ่งไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว (K)
- คำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการหมุนได้ (P)
- รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
<ul style="list-style-type: none">วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุน หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุนการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุแข็งเกร็ง โดยแนวแรงนั้นลากผ่านศูนย์กลางมวล จะพบว่า วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วเชิงเส้น แต่ถ้าแนวแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุนั้นจะเกิดการหมุนโดยมีศูนย์กลางมวลเป็นจุดหมุน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
<ol style="list-style-type: none">ความสามารถในการสื่อสารความสามารถในการคิด<ol style="list-style-type: none">ทักษะการวิเคราะห์ทักษะการสื่อสารทักษะการสังเกต	<ol style="list-style-type: none">มีวินัยใฝ่เรียนรู้มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 6) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ว่า วัตถุที่หยุดนิ่งสามารถเกิดสมดุลต่อการหมุนได้หรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล
3. ครูและนักเรียนสนทนาทบทวนเกี่ยวกับสมดุลกลและเงื่อนไขของสมดุล ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิดหาคำตอบ นักเรียนรู้อะไรมาแล้วบ้างเกี่ยวกับทอร์กของแรงหรือโมเมนต์ของแรง ให้ทุกคนเขียนสิ่งที่ตนเองรู้มา แล้ว ลงในสมุดบันทึกของตนเอง
4. ให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนอย่างอิสระ จากนั้นให้สลับกันเล่าถึงสิ่งที่ตนเองรู้มาแล้วเกี่ยวกับทอร์กของแรง แล้ว โมเมนต์ของแรง ซึ่งกันและกัน

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูสุ่มนักเรียนประมาณ 5-6 คน แล้วถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน
2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน แล้วให้สมาชิกแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดและตั้งคำถามที่อยากรู้เกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุน อย่างน้อยกลุ่มละ 1 คำถาม โดยเขียนลงในกระดาษ A4 จากนั้นให้นักเรียนเสนอคำถามของกลุ่ม และให้ทุกคนเขียนคำถามของแต่ละกลุ่มลงสมุดบันทึกของตนเอง
3. ครูสนทนากับนักเรียน โดยให้นักเรียนคิดว่าสมดุลต่อการหมุนมีเงื่อนไขเป็นอย่างไร เกี่ยวข้องกับปริมาณอะไรบ้าง
4. ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า เวลานั้นนักเรียนจะเปิดขวดน้ำดื่ม นักเรียนจะต้องออกแรงอย่างไร เพื่อให้ฝาขวดน้ำเกิดการเคลื่อนที่แบบหมุน สุ่มถามนักเรียนพร้อมสาธิตประกอบ แรงรูปแบบเช่นนี้ทางฟิสิกส์เรียกว่าแรงอะไร ส่งผลต่อสภาพของวัตถุอย่างไร ถ้าวัตถุถูกแรงรูปแบบนี้กระทำจะส่งผลให้วัตถุนั้นสมดุลต่อการหมุนหรือไม่ เพราะเหตุใด

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

5. ครูให้นักเรียนกลับเข้ากลุ่มที่ได้แบ่งไว้ในชั่วโมงที่แล้ว จากนั้นให้สมาชิกแต่ละคนร่วมกันศึกษา เรื่อง สมดุลต่อการหมุน โมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบ จากหนังสือเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
6. ครูกำหนดให้นักเรียนจดบันทึกองค์ความรู้ หรือสรุปสาระสำคัญในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และเป็นสิ่งที่นักเรียนคิดว่าจำเป็นต่อการนำไปใช้ นำไปแก้โจทย์ปัญหา ลงในสมุดประจำตัว
7. ครูเน้นย้ำกับนักเรียนว่า หลังจากศึกษาเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการหมุนเสร็จแล้ว ให้นักเรียนตอบคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
8. สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันพูดคุยอภิปรายผลการศึกษา โดยให้แต่ละคนเล่าสิ่งที่ตนเองเข้าใจ ตนครบทุกคน จากนั้นตัวแทนกลุ่มสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม
9. ครูให้แต่ละกลุ่มเขียนสรุปความคิดเห็นของกลุ่มจากการอภิปรายผลร่วมกัน ลงในกระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
10. ครูเตรียมสลากหมายเลข ตามจำนวนนักเรียนในห้องเรียน
11. ครูจับสลากหมายเลขที่เตรียมไว้ โดยเมื่อจับได้หมายเลขใดแล้ว ให้นักเรียนที่มีเลขประจำตัวนั้นเป็นตัวแทนกลุ่มนำผลงานการศึกษา เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ออกมาแสดงให้ครูและเพื่อนดู พร้อมทั้งอภิปรายหน้าชั้นเรียน
12. ครูสุ่มจับสลากไปเรื่อย ๆ จนตัวแทนนักเรียน ออกมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนครบทุกกลุ่ม เพื่อเป็นการทดสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ศึกษามาแล้ว และแสดงให้เห็นได้ว่านักเรียนแต่ละคนมีความสนใจที่จะศึกษาหรือไม่

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูอธิบายเนื้อหาที่นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาให้ละเอียดมากขึ้นตั้งแต่ เรื่อง สมดุลต่อการหมุน โมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบ โดยเปิด PowerPoint เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ควบคู่ไปกับการอธิบายเนื้อหาจากหนังสือเรียน
2. ครูแนะนำคำตอบของคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ให้นักเรียนได้ตรวจสอบคำตอบของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ เพื่อให้นักเรียนทุกคนเกิดความเข้าใจในที่ตรงกันมากขึ้น

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ (เก่ง-ค่อนข้างเก่ง-ปานกลาง-อ่อน) อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กลุ่มละ 5-6 คน โดยครูเป็นผู้เลือกนักเรียนเข้ากลุ่ม
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับสมมูลต่อการหมุนโดยใช้วัตถุอุปกรณ์ง่าย ๆ ได้แก่ ไม้เมตร อุปกรณ์สำหรับหมุนไม้เมตร นอต กลุ่มละ 5 ตัว พร้อมกับให้นักเรียนสร้างคำอธิบายตามสถานการณ์ จงลงข้อสรุปเกี่ยวกับ โมเมนต์ของแรง แรงคู่ควบ และโมเมนต์ ของแรงคู่ควบ เงื่อนไขของสมมูลต่อการหมุน สมดุลสัมบูรณ์ โดยบันทึกในสมุดบันทึกประจำตัวของตนเอง
3. ขณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสมมูลต่อการหมุน และสมดุลสัมบูรณ์ ครูเดินไปตามกลุ่มนักเรียนเพื่อให้ความช่วยเหลือกรณีที่นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ได้
4. ครูให้สมาชิกแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่ออภิปรายผลเกี่ยวกับโมเมนต์ที่นักเรียนได้ร่วมกันศึกษา
5. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 โดยแสดงวิธีการคำนวณลงในสมุดประจำตัว

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันพูดคุย แลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง สมดุลต่อการหมุน และครูอธิบายวิธีการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้อง โดยครูแสดงสิ่งที่ถูกต้องบนกระดานหน้าชั้นเรียน ควบคู่กับการอธิบายจากหนังสือเรียน
2. ครูให้นักเรียนตรวจสอบสิ่งที่ตนเองทำในสมุดประจำตัว กับสิ่งที่ครูอธิบายหน้าชั้นเรียน ว่ามีสิ่งไหนที่ผิดพลาดไปบ้าง
3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 3.1 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
4. ครูแจกใบงานที่ 7.3 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ให้นักเรียน แล้วมอบหมายให้นักเรียนนำกลับไปศึกษา แล้วลงมือทำการบ้าน โดยนำกลับมาส่งครูในชั่วโมงถัดไป

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นสรุป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูเปิด PowerPoint เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ให้นักเรียนดูเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้ง
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และครูให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด Unit Question 7 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ลงในสมุดประจำตัว
4. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ลงในกระดาษ A4

- ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน นำเสนอผังมโนทัศน์ของตนเอง
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

ตรวจสอบผล (Evaluate)

- ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 7.3 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน
- ครูตรวจสอบแบบฝึกหัดจากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
- ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน
- ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นจากชั้นขยาย ความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) สมดุลต่อการหมุน	- ตรวจใบงานที่ 7.3 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.3 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาพสมดุล
- แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 สภาพสมดุล
- ใบงานที่ 7.3 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน
- PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน
- ห้องสมุด
- แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

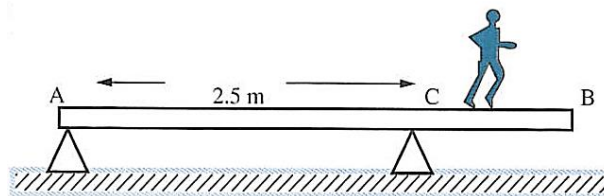
ใบงานที่ 7.3

เรื่อง สมดุลต่อการหมุน

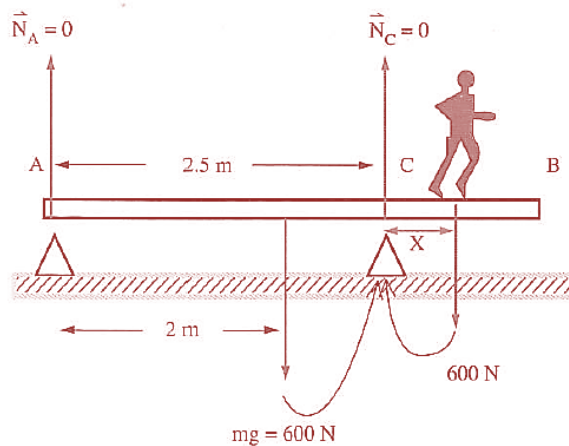
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์

แผ่นไม้สม่ำเสมอแผ่นหนึ่งยาว 4.0 เมตร มีมวล 60 กิโลกรัม วางพาดอยู่บนหมอนหนุนที่จุด C และปลาย A ตั้งอยู่บนคมิต์ ชายคนหนึ่งมวล 60 กิโลกรัม เดินบนแผ่นไม้จาก A ไปยัง B ดังภาพ จงหาว่าเขาจะเดินไปไกลจาก A เป็นระยะทางมากที่สุดเท่าใด กระดานนี้จึงจะยังคงสภาพสมดุลครั้งสุดท้ายอยู่ได้



วิธีทำ ... จากหลักสมดุลต่อการหมุน กำหนดให้จุด C เป็นจุดหมุน ชายคนนี้เดินเลยจุด C ไปได้ระยะ x โดยที่คานยังคงสภาพสมดุล ซึ่งหากเดินเลยไปจากระยะ x ปลายคานที่จุด A จะมีแรงกระทำในแนวตั้งฉาก ทำให้ปลาย A กระดกขึ้น ดังนั้น ถ้าแผ่นไม้ยังคงสภาพสมดุลถือว่า $\vec{N}_A = 0$ และขณะเดียวกันโมเมนต์ของ $\vec{N}_C = 0$ เพราะแนวแรงผ่านจุดหมุน



จากสมการ

$$\Sigma M_{ตามเข็มนาฬิกา} = (600)(0.5)$$

$$\Sigma M_{ทวนเข็มนาฬิกา} = (600)(x) = x = 0.5$$

ดังนั้น ชายคนนี้จะเดินห่างจากจุด A ได้มากที่สุด $2.5 + 0.5 = 3$ เมตร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีเสถียรภาพของวัตถุได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายความหมายศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางได้ (K)
- สามารถหาตำแหน่งของศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางได้ (P)
- รับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้เพิ่มเติม	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่แข็งแรง เสียความมั่นคงในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เมื่อออกแรงในแนวระดับกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นลื่น แล้ววัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ โดยไม่หมุนแนวแรงนั้นจะผ่าน ศูนย์กลางมวล และในกรณีที่วัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วงเดียวกัน ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร	1. มีวินัย
2. ความสามารถในการคิด	2. ใฝ่เรียนรู้
1) ทักษะการวิเคราะห์	3. มุ่งมั่นในการทำงาน
2) ทักษะการสื่อสาร	
3) ทักษะการสังเกต	
4) ทักษะการทำงานร่วมกัน	

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูทบทวนเนื้อหาเดิมของเรื่องที่ได้ศึกษามาแล้วก่อนหน้านี้ โดยการตั้งคำถามแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ซึ่งครูจะยังไม่เฉลยว่าคำตอบนั้นถูกหรือผิด แต่จะถามย้ำ ๆ กับนักเรียนแต่ละคนไปเรื่อย ๆ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและความมั่นใจในคำตอบของตนเอง
3. ครูสนทนากับนักเรียนต่อไปโดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ว่า วัตถุทุกชนิดมีศูนย์กลางหรือไม่ และอยู่ที่ตำแหน่งใด และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล
4. ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยตั้งคำถามว่า นักเรียนรู้จักหอเอนเมืองปิซาหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร และทำไมหอเอนเมืองปิซาจึงตั้งเอนอยู่โดยไม่ล้มลง เปิดโอกาสให้นักเรียนตอบได้อย่างอิสระ
5. ครูกระตุ้นความสนใจต่อโดยการบอกให้นักเรียนนั่งตัวตรง เท้าวางตั้งฉากกับพื้น จากนั้นให้นักเรียนลองลุกขึ้นยืน แต่มีเงื่อนไขว่า ห้ามโน้มตัวมาข้างหน้า และห้ามเลื่อนเท้าเข้าหาเก้าอี้ ผลคือ นักเรียนไม่สามารถลุกจากเก้าอี้ได้ จากนั้นเปลี่ยนให้นักเรียนลุกขึ้นจากเก้าอี้ โดยโน้มตัวมาข้างหน้า ปรากฏว่านักเรียนลุกขึ้นจากเก้าอี้ได้อย่างสบาย ครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคลว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น เพื่อทดสอบความเข้าใจเบื้องต้น

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. จากการสาธิต การลุกจากเก้าอี้ ครูตั้งคำถามว่า เพราะเหตุใดเราจึงลุกจากเก้าอี้ไม่ได้ เมื่อนั่งตัวตรงและห้ามเลื่อนเท้าเข้าหาเก้าอี้ โดยให้นักเรียนร่วมกันสรุปตามความเข้าใจ
2. ครูทบทวนเกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุนของวัตถุทั้งสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ โดยการยกตัวอย่างจนได้ว่า วัตถุที่ไม่หมุนหรือกำลังหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงตัว จะอยู่ในสมดุลต่อการหมุน และเน้นว่าจะศึกษาเฉพาะกรณีที่ไม่มีหมุนก่อน

3. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้าง ๆ จากนั้นครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันศึกษา เรื่อง ศูนย์กลางมวล จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
4. ครูสุ่มนักเรียนบางคู่ให้ออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่ออภิปรายสรุปผลการศึกษา เรื่อง ศูนย์กลางมวล
5. ครูสาธิตเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจ โดยออกแรงดันลูกทรายที่วางบนพื้นราบ จะพบตำแหน่งที่ออกแรงดันแล้วลูกทรายไม่หมุนแต่เลื่อนไปข้างหน้าอย่างเดียว จากนั้นเปลี่ยนเป็นออกแรงดันด้านข้างของลูกทรายอีกข้างหนึ่ง จนได้ตำแหน่งที่ออกแรงดันแล้วลูกทรายเลื่อนแต่ที่โดยไม่หมุน

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย จนได้ข้อสรุปว่า ตำแหน่งที่ออกแรงกระทำต่อลูกทราย ทำให้ลูกทรายเลื่อนที่อย่างเดียวมีหลายแนวแรง แนวแรงเหล่านั้นจะไปผ่านจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเสมือนเป็นศูนย์รวมของมวลวัตถุทั้งก้อน จึงเรียกว่า ศูนย์กลางมวล
2. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า การพิจารณาศูนย์กลางมวลนั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นวัตถุก้อนเดียว อาจเป็นของระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายก้อนก็ได้ ศูนย์กลางมวลจะอยู่ระหว่างวัตถุเหล่านั้นก่อนไปทางก้อนที่มีมวลมาก
3. ครูเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า แนวแรงที่กระทำต่อวัตถุที่ผ่านศูนย์กลางมวลนั้น จะทำให้วัตถุเลื่อนที่เพียงอย่างเดียวไม่มีการหมุน แต่ถ้าแนวแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ผ่านศูนย์กลางมวล วัตถุจะมีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และมีการหมุนเกิดขึ้นด้วย

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนกับเพื่อนที่เคยจับคู่กันเมื่อชั่วโมงที่แล้ว ร่วมกันศึกษา เรื่อง ศูนย์ถ่วง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
2. ครูให้นักเรียนแต่ละคนจดบันทึกสาระสำคัญจากเรื่องที่กำลังศึกษาอยู่ ลงในสมุดประจำตัว
3. ครูเน้นย้ำให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับตุ้กตาล้มลุก จากกรอบ Physics in real life
4. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียนเพื่ออภิปรายผลการศึกษา เรื่อง ศูนย์ถ่วง รวมถึงการอธิบายหลักการสร้างตุ้กตาล้มลุก หรือวัตถุอื่น ๆ ที่นำหลักการของศูนย์ถ่วงไปใช้
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
5. ครูทำการสาธิตเพื่ออธิบายความหมายของศูนย์ถ่วง โดยใช้ก้านไม้ขีดไฟ 2 ก้าน และช้อนส้อม 1 คู่ เสียบปลายช้อนเข้ากับซี่ของส้อม แล้วใช้ไม้ขีดไฟก้านหนึ่ง เอาปลายด้านหางไม้ขีดเสียบเข้าระหว่างซี่ของส้อม ใช้มือถือไม้ขีดไฟอีกก้านทางหาง แล้วเอาทางด้านหัวรองรับที่ปลายของไม้ขีดไฟด้านที่เสียบกับช้อนส้อมในตำแหน่งที่จะทำให้อยู่ในสมดุลได้ โดยไม้ขีดไฟก้านบนอยู่ในแนวระดับ และก้านที่มีมือถืออยู่ในแนวตั้ง
6. ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนคิดว่า เหตุใดช้อนส้อมจึงวางอยู่บนก้านไม้ขีดไฟโดยไม่ตก

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูอธิบายเน้นย้ำเกี่ยวกับศูนย์ถ่วงหลังจากที่นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาแล้วว่า ศูนย์ถ่วง คือ จุดที่เปรียบเสมือนศูนย์รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน โดยแนวแรงของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อนจะมีทิศผ่านศูนย์ถ่วง
2. ครูอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งของศูนย์ถ่วงเมื่อวัตถุวางอยู่ในลักษณะต่าง ๆ โดยเปิด PowerPoint เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วง ควบคู่ไปกับการอธิบายเนื้อหา จากหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ

ไปในแนวทางเดียวกันว่า เมื่อแนวแรงของน้ำหนักที่ผ่านศูนย์กลางหรือแนวศูนย์กลางยังอยู่ในฐานของวัตถุวัตถุ จะไม่ล้มลง แต่เมื่อมีแรงมากกระทำแล้วทำให้แนวศูนย์กลางอยู่นอกฐานของวัตถุ วัตถุก้อนนั้นจะล้มลง

2. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับกิจกรรมที่นักเรียนได้ลองทำกันไปทั้งการลุกขึ้นจากเก้าอี้ และก้านไม้ขีดไฟกับข้อล้อย่น จนได้ข้อสรุปว่า ศูนย์ถ่วงเป็นศูนย์กลางรวมน้ำหนักของวัตถุ เมื่อออกแรงดึงวัตถุผ่านจุดนี้ วัตถุจะสมดุลอยู่ได้โดยไม่หล่นสู่พื้น ส่วนการลุกขึ้นจากเก้าอี้เมื่อนั่งตัวตรงไม่ได้นั้น เนื่องจากศูนย์กลางของคนอยู่นอกเท้าซึ่งเป็นฐานในการรับน้ำหนัก เมื่อพยายามลุกขึ้นเกิดโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนัก ทำให้ลุกขึ้นไม่ได้ แต่เมื่อนั่งตัวมาด้านหน้าและสอดเท้าเข้าใต้เก้าอี้ ศูนย์ถ่วงของคนจะอยู่บริเวณเท้า เมื่อให้เท้าเป็นจุดหมุนจึงไม่เกิดโมเมนต์ที่ดึงคนกลับลงมาจึงลุกขึ้นจากเก้าอี้ได้

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำสื่อการเรียนรู้เพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง มาเปิดให้นักเรียนดูเพื่อเป็นความรู้เสริมจากหนังสือเรียน เช่น นำวิดีโอจาก YouTube เรื่อง จุดศูนย์กลาง ที่ได้อธิบายเกี่ยวกับการลุกขึ้นจากเก้าอี้ (<https://www.youtube.com/watch?v=iRtpUBMuOr8>)
2. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
3. เมื่อนักเรียนศึกษาตัวอย่างเสร็จแล้ว ครูกำหนดโจทย์ปัญหาในลักษณะเดียวกัน ซึ่งครูอาจเปลี่ยนตัวแปรจากโจทย์ในตัวอย่าง แล้วให้นักเรียนทำลงในสมุดบันทึกประจำตัว โดยครูกำหนดให้นักเรียนปิดหนังสือเรียน แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ด้วยตนเองตามความเข้าใจ
4. ครูให้เวลานักเรียนแก้โจทย์ปัญหาสักครู่ โดยครูคอยสังเกตการณ์และให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนสงสัยหรือเกิดปัญหา
5. ครูเดินตรวจวิธีการคำนวณและผลลัพธ์ที่นักเรียนแต่ละคนได้ทำในสมุดบันทึกประจำตัว เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังจากที่ได้ศึกษาตัวอย่างโจทย์ในลักษณะนี้มาแล้ว
6. ครูสุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ (เก่ง-ค่อนข้างเก่ง-ปานกลาง-อ่อน) ออกมาหน้าชั้นเรียน แล้วแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากโจทย์ที่ครูกำหนดให้ ตามที่ตนเองได้ทำลงในสมุดบันทึกประจำตัว

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูอธิบายขั้นตอนและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากตัวอย่างและโจทย์ที่ครูกำหนดให้นักเรียนได้ลองทำ โดยครูแสดงวิธีการคำนวณบนกระดานหน้าชั้นเรียน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 2 ข้อที่ได้ศึกษากันไปแล้ว
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างจากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 โดยจดบันทึกลงในสมุดประจำตัว
2. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่อแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากตัวอย่าง บนกระดานหน้าชั้นเรียน
3. ครูนำวิดีโอจาก YouTube เช่น <https://www.youtube.com/watch?v=3uutWPPsHWA> มาเปิดหน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติมนอกเหนือจากหนังสือเรียน
4. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 4-5 คน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง จากแหล่งข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
5. ครูแจกกระดาษปรีฟขนาด A1 ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น แล้วให้นักเรียนเขียนสรุปองค์ความรู้ หรือสาระสำคัญ เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ที่ได้ร่วมกันศึกษาทั้งจากหนังสือเรียน และแหล่งข้อมูลสารสนเทศ โดยครูกำหนดให้แต่ละกลุ่มยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ตัวอย่างน้อย 1 สถานการณ์ เพื่อไม่ให้ซ้ำกับกลุ่มอื่น ๆ พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงามตามระดับความรู้ และความสามารถ
6. ครูสุ่มลำดับการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม แล้วให้สมาชิกแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนตามลำดับที่ครูกำหนดให้ และนำเสนอด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย และมีเทคนิคการนำเสนอที่น่าสนใจ
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูนำสรุปผลการนำเสนอผลงาน และการยกตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกมานำเสนอไปแล้ว
2. ครูเน้นกับนักเรียนว่าการหาศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางนั้น หาได้โดยวิธีที่แตกต่างกัน ศูนย์ถ่วงหาได้จากการที่ออกแรงต้านน้ำหนักของวัตถุตรงตำแหน่งที่พอดีทำให้วัตถุสมดุล แนวแรงที่ต้านน้ำหนักของวัตถุจะผ่านศูนย์กลางพอดี แต่การหาศูนย์กลางมวลหาได้จากการออกแรงดันวัตถุแล้วทำให้วัตถุเลื่อนที่โดยไม่เกิดการหมุน แนวแรงนี้จะผ่านศูนย์กลางมวล
3. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ของวัตถุรูปทรงเรขาคณิต และเน้นกับนักเรียนว่าศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางไม่จำเป็นต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน แต่โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน
4. ครูแจกใบงานเรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง แล้วมอบหมายให้นักเรียนนำกลับไปศึกษาและลงมือทำการบ้าน นำกลับมาส่งครูในชั่วโมงถัดไป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูเก็บรวบรวมใบงานเรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ที่นักเรียนนำกลับไปทำเป็นการบ้าน
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น
3. ครูเปิด PowerPoint เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ให้นักเรียนดูเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้ง
4. ครูถามคำถามกับนักเรียนเพื่อทดสอบความรู้ ความเข้าใจ หลังจากที่ได้ศึกษาเนื้อหาแล้ว เช่น
 - ศูนย์กลางมวลของวัตถุ คืออะไร
 - ศูนย์ถ่วงของวัตถุ คืออะไร
 - ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางของวัตถุใด ๆ จำเป็นต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่
5. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด Unit Question 7 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ลงในสมุดประจำตัว
6. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ลงในกระดาษ A4

ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงาน เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง
2. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
3. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน
4. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง ที่นักเรียนได้สร้างขึ้น จากขั้นขยายความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง	- ตรวจสอบใบงานที่ - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการ	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	ระดับคุณภาพ 2

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ทำงานรายบุคคล	การทำงานรายบุคคล	การทำงานรายบุคคล	ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 สภาพสมดุค
- 2) แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 สภาพสมดุค
- 3) ใบงาน เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วง
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุค
- 5) กระดาษปฎิพขนาด A1

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ
- 4) เว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=iRtpUBMuOr8>
- 5) เว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=3uutWPPsHWA>

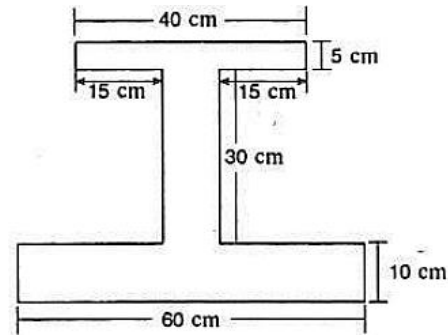
ใบงานที่ 7.4

เรื่อง ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วง

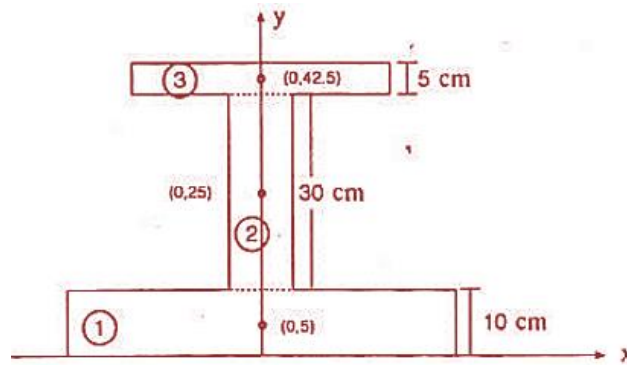
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์

จากภาพ แผ่นโลหะสม่ำเสมอ จงหาว่าศูนย์กลางมวลโลหะแผ่นนี้อยู่ที่ตำแหน่งใด



- วิธีทำ 1. แบ่งพื้นที่แผ่นโลหะออกเป็นสามส่วนย่อย ๆ แล้วกำหนดจุดศูนย์กลางมวล (cm) ของแต่ละส่วนย่อยก่อน
2. กำหนดขนาดมวล (m) และขนาดพื้นที่ (A) จะได้ ดังภาพ



3. จากภาพ สามารถหาพื้นที่แต่ละส่วนย่อยของแผ่นโลหะได้ ดังนี้ พื้นที่ $A_1 = 60 \times 10 = 600$ เซนติเมตร พื้นที่ $A_2 = 10 \times 30 = 300$ เซนติเมตร พื้นที่ $A_3 = 5 \times 40 = 200$ เซนติเมตร

4. ระยะ $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ และ $y_1 = 5$ เซนติเมตร $y_2 = 25$ เซนติเมตร $y_3 = 42.5$ เซนติเมตร 5.

จากสมการ
$$y_{cm} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$y_{cm} = \frac{(600)(5) + (300)(25) + (200)(42.5)}{600 + 300 + 200}$$

$$y_{cm} = \frac{3,000 + 7,500 + 8,500}{1,100}$$

$$y_{cm} = 17.27 \text{ cm}$$

ดังนั้น แผ่นโลหะนี้มีศูนย์กลางมวลอยู่ที่ตำแหน่ง (0, 17.27) เซนติเมตร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

สมดุลของวัตถุ

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- บอกความหมายของสมดุลของวัตถุได้ (K)
- คำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลของวัตถุได้ (P)
- รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา


4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

วัตถุที่อยู่ในสมดุลอาจอยู่ในสมดุลของการเลื่อนตำแหน่งหรือสมดุลต่อการหมุน หรือทั้งสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน โดยวัตถุที่สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งอาจหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ส่วนวัตถุที่สมดุลต่อการหมุนอาจหยุดนิ่งหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูทบทวนความรู้เดิมจากเรื่องที่ได้ศึกษามาแล้วก่อนหน้านี้ โดยการตั้งคำถามแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ซึ่งครูจะยังไม่เฉลยว่าคำตอบนั้นถูกหรือผิด แต่จะถามย้ำ ๆ กับนักเรียนแต่ละคนไปเรื่อย ๆ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและความมั่นใจในคำตอบของตนเอง
3. ครูสนทนากับนักเรียนต่อไป เพื่อชักชวนเข้าสู่บทเรียน โดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ว่า วัตถุซึ่งวางนิ่งอยู่บนพื้นราบอย่างสมดุล มีแรงชนิดใดกระทำต่อวัตถุบ้าง ครูเว้นช่วงเวลาให้นักเรียนคิด แล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบได้อย่างอิสระ
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
4. ครูถามนักเรียนต่อว่า รถยนต์ที่จอดอยู่ หนังสือที่วางอยู่บนบนโต๊ะ มีแรงกระทำต่อวัตถุเหล่านี้หรือไม่ อย่างไร ครูสุ่มถามนักเรียนไปเรื่อย ๆ เพื่อทดสอบความรู้และความแตกต่างของคำตอบ โดยจะยังไม่เฉลยว่าคำตอบนั้นถูกต้องหรือผิด

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แบบคละหญิงชายและความสามารถ และให้นักเรียนมอบหมายหน้าที่การทำงานโดยไม่ให้ซ้ำกัน
2. ครูให้นักเรียนที่ทำหน้าที่เป็นฝ่ายวัสดุในวันนี้รับกระดานโต้ตอบ (response board) พร้อมตะกร้าอุปกรณ์ของกลุ่ม
3. ครูใช้คำถามเดิมจากขั้นกระตุ้นความสนใจว่า รถยนต์ที่จอดอยู่ หนังสือที่วางอยู่บนบนโต๊ะ มีแรงกระทำต่อวัตถุเหล่านี้หรือไม่ อย่างไร
4. ครูให้นักเรียนร่วมกันกันพูดคุยและอภิปรายผลภายในกลุ่ม แล้วเขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อหนังสือที่วางนิ่งบนโต๊ะ บนกระดานโต้ตอบ (response board) ของกลุ่ม จากนั้นเมื่อทุกกลุ่มเสร็จแล้ว ครูให้ทุกกลุ่มชูกระดานขึ้น
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
5. ครูสำรวจความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่นิ่ง
6. ครูสนทนากับนักเรียนโดยถามนักเรียนว่า ตอบได้หรือไม่ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อหนังสือที่อยู่นิ่งมีขนาดเท่าใด สอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันอย่างไร
7. ครูนำกล่องสี่เหลี่ยมวางหน้าชั้นเรียน แล้วกระทำดังต่อไปนี้
 - 1) วางวัตถุอยู่นิ่งโดยไม่ออกแรงกระทำใด ๆ
 - 2) ออกแรง F กระทำทางด้านข้างของวัตถุ ซึ่งอยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ h_1 โดยที่วัตถุยังคงนิ่งเหมือนเดิม
 - 3) ครูทำการเปลี่ยนตำแหน่งที่ออกแรงดันกล่องให้สูงขึ้น จนกระทั่งกล่องเริ่มล้ม สมมติให้สูงจากพื้นเป็นระยะ h_2

8. ครูให้นักเรียนศึกษา เรื่อง สมดุลของวัตถุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 โดยจดบันทึกหรือสรุปสาระสำคัญลงในสมุดประจำตัว

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

9. ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อดิจิทัล โดยนำสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตมาเปิดแอปพลิเคชันไลน์ (Line) จากนั้นนำไปสแกน QR Code เรื่อง สมดุลของวัตถุ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 เพื่อเป็นการให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง
10. ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 โดยจดบันทึกลงในสมุดประจำตัว
11. ครูนำโจทย์ปัญหาเพิ่มเติมนอกเหนือจากในหนังสือเรียน ที่มีลักษณะคล้ายกันมาให้นักเรียนได้ลองแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)
12. ครูเดินสังเกตการณ์ และคอยให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาหรือมีข้อสงสัยในระหว่างแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากโจทย์ในตัวอย่าง และโจทย์ที่ครูนำมาให้นักเรียนเพิ่มเติม
2. นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องจากสิ่งที่ตนเองทำกับสิ่งที่ครูอธิบายหน้าชั้นเรียน
3. ครูให้นักเรียนกลับเข้ากลุ่มเดิมที่ได้แบ่งไว้แล้ว แล้วให้สมาชิกแต่ละคนร่วมกันศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม และพูดคุยเล่าความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง สมดุลของวัตถุ จากนั้นหัวหน้ากลุ่มอภิปรายสรุปผลภายในกลุ่ม พร้อมทั้งเขียนสรุปเป็นองค์ความรู้ ลงในกระดาษ A4
4. ครูสุ่มลำดับของแต่ละกลุ่ม แล้วให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่ออภิปรายผลการศึกษา เรื่อง สมดุลของวัตถุ หน้าชั้นเรียน
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายลงข้อสรุปเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุ ดังนี้
 - 1) เมื่อยังไม่ได้ออกแรงผลักวัตถุ แรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ แรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ (W) มีขนาดเท่ากับแรงที่พื้นดันวัตถุในแนวตั้งฉาก (N)
 - 2) หากออกแรง F กระทำกับวัตถุในแนวระดับซึ่งสูงจากพื้นค่าหนึ่ง โดยที่วัตถุยังคงอยู่นิ่งแสดงถึงวัตถุนั้นยังไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่และไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการหมุน
 - 3) หากเปลี่ยนตำแหน่งการออกแรงให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ จะพบว่าวัตถุเริ่มเอียงและล้มในแนวระดับ
6. ครูแจกใบงาน ให้นักเรียน แล้วมอบหมายให้นักกลับไปศึกษาและลงมือทำการบ้าน
7. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

ขั้นสรุป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูเก็บรวบรวมใบงาน เรื่อง สมดุลของวัตถุ ที่นักเรียนนำกลับไปทำเป็นการบ้าน
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง สมดุลของวัตถุ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น
3. ครูเปิด PowerPoint เรื่อง สมดุลของวัตถุ ให้นักเรียนดูเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้ง
5. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 เรื่อง สมดุลของวัตถุ ลงในสมุดประจำตัว
6. ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง สมดุลของวัตถุ ลงในกระดาษ A4

ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงาน เรื่อง สมดุลของวัตถุ
2. ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
3. ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน
4. ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง สมดุลของวัตถุ ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นจากขั้นขยายความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) สมดุลของวัตถุ	- ตรวจใบงาน - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงาน - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัยใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 สภาพสมบูรณ์
- 2) แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 สภาพสมบูรณ์
- 3) ใบงาน เรื่อง สมดุลของวัตถุ
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาพสมบูรณ์
- 5) กระดานโต้ตอบ (response board)

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

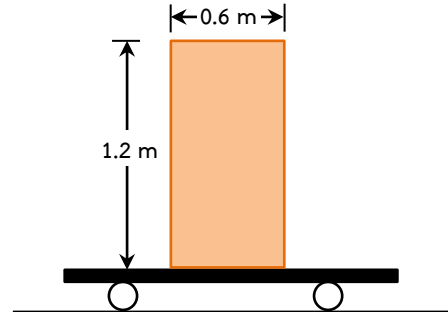
ใบงานที่ 7.5

เรื่อง สมดุลของวัตถุ

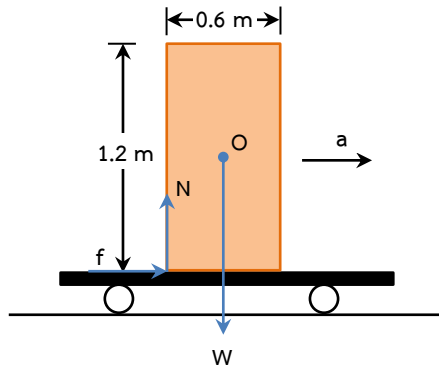
เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์

กล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสูง 1.2 เมตร กว้าง 0.6 เมตร วางนิ่ง
 พื้นรถบรรทุก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน 0.2 เมื่อ
 รถบรรทุกเพิ่มความเร่งขึ้นเรื่อย ๆ อยากทราบว่ากล่องใบนี้จะไถล
 ล้มก่อน



วิธีทำ จากโจทย์สามารถใส่แรงที่กระทำต่อกกล่องได้ ดังนี้



พิจารณากรณีกล่องเริ่มไถล

จากสมการ

$$\Sigma F = ma$$

$$f = ma$$

$$\mu mg = ma$$

$$a = 0.2 \times 9.8 = 2 \text{ m/s}^2$$

จะได้ว่า กล่องจะเริ่มไถลเมื่อรถบรรทุกมีความเร่ง 2 เมตรต่อวินาที²

พิจารณากรณีกล่องเริ่มล้ม

จากสมการ

$$\Sigma M_{\text{จุดหมุน}} = \Sigma M_{\text{จุดหมุน}}$$

ให้จุด O เป็นจุดหมุน

$$N \times 0.3 = f \times 0.6$$

$$mg \times 0.3 = ma \times 0.6$$

$$a = \frac{0.3 \times 9.8}{0.6} = 5 \text{ m/s}^2$$

จะได้ว่า กล่องจะเริ่มล้มเมื่อรถบรรทุกมีความเร่ง 5 เมตรต่อวินาที²

ดังนั้น กล่องจะไถลก่อนล้ม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

การนำหลักสมมูลไปประยุกต์

เวลา 9 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

- อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีผลต่อสมมูลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรงได้
- สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (K)
- คำนวณหาการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายได้ (P)
- รับผิดชอบหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สารการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
<ul style="list-style-type: none">สมมูลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิม คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัววัตถุจะสมมูลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ$\sum_{i=0}^n \vec{F}_i = 0$วัตถุจะสมมูลต่อการหมุนคือไม่หมุน หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ$\sum_{i=0}^n M_i = 0$โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M = Fl$เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมมูลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมมูลต่อการหมุนการเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
<p>ผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล</p> <ul style="list-style-type: none"> - เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน ในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน - วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ 	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

หลักการสมดุลมีใช้มากมายในชีวิตประจำวัน ในที่นี้จะกล่าวถึงการนำหลักของสมดุลและโมเมนต์มาใช้สร้างเครื่องมือเครื่องใช้เพื่อช่วยในการผ่อนแรงหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน เช่น คีมตัดลวด ไขควง รอก ล้อ และเพลา คานประเภทต่าง ๆ เป็นต้น โดยเครื่องกลจะทำให้เราทำงานได้ง่ายขึ้นหรือออกแรงทำงานน้อยลง

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
<ol style="list-style-type: none"> 1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด <ol style="list-style-type: none"> 1) ทักษะการวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการสังเกต 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการนำความรู้ไปใช้ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีวินัย 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้



แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ 5Es (5Es Instructional Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมดุล สมดุลต่อการเคลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน สมดุลสัมบูรณ์ และเสถียรภาพของวัตถุ ที่ได้ศึกษามาแล้ว

2. ครูสนทนากับนักเรียนต่อไป เพื่อชักชวนเข้าสู่บทเรียน โดยถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ว่า หลักของสมมูลนำมาประยุกต์สร้างเครื่องมือเครื่องใช้ได้อย่างไร ครูเว้นช่วงเวลาให้นักเรียนคิด แล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบได้อย่างไม่จำกัด

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

3. ครูตั้งคำถามกระตุ้นความสนใจต่อ นักเรียนรู้จักเครื่องกลอย่างง่าย อะไรบ้าง ในชีวิตประจำวัน โดยครูจะยังไม่เฉลยว่าคำตอบนั้นถูกหรือผิด
4. ครูทบทวนความรู้ว่า เครื่องกลอย่างง่าย คือ เครื่องมือเครื่องใช้ที่ช่วยผ่อนแรงหรือช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน
5. ครูนำอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น กรรไกร คีม ไขควง ตะเกียบ ช้อน มาสาธิตการใช้งานให้นักเรียนดู พร้อมเสนอแนะว่า อุปกรณ์เหล่านี้ถือเป็นเครื่องกลอย่างง่ายที่เราใช้และพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน หลักการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการสมมูล นักเรียนคิดว่าเราจะใช้หลักการของสมมูลอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกลเหล่านี้ได้อย่างไร
6. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนศึกษา เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 โดยครูกำหนดให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ได้ศึกษา ลงในสมุดประจำตัว
2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละเท่ากัน ๆ 3-4 คน แล้วร่วมกันพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้ที่ตนเองมีหลังจากที่ได้ศึกษาด้วยตนเองแล้ว
3. ครูให้แต่ละกลุ่มศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม เกี่ยวกับการได้เปรียบเชิงกล จากแหล่งข้อมูลสารสนเทศ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพูดคุยอภิปรายผลกันภายในกลุ่ม

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาหน้าชั้นเรียน
5. ครูชวนสนทนาเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย โดยยกตัวอย่างขึ้นมาแล้วสุ่มนักเรียนที่เป็นตัวแทน วาดภาพเครื่องกลอย่างง่ายนั้น ๆ พร้อมทั้งเขียนเวกเตอร์ของแรงพยายามและแรงต้านทานที่เกิดขึ้น ครูสุ่มเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

6. ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้ โดยการศึกษา เรื่อง หลักการของงานกับเครื่องกล จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูนำอธิบายเนื้อหาให้นักเรียนฟัง ดังนี้

เครื่องกล เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยเหลือ หรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน การสร้างเครื่องกลแต่ละประเภทยังคงคำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน โดยจะพิจารณาจากประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลนั้น ๆ ซึ่งการได้เปรียบเชิงกลสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงต้านทานกับขนาดของแรงพยายาม หากการได้เปรียบเชิงกลมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าเครื่องกลนั้นไม่ช่วยผ่อนแรง หากการได้เปรียบเชิงกลมากกว่า 1 แสดงว่าเครื่องกลนี้ช่วยผ่อนแรง หากการได้เปรียบเชิงกลน้อยกว่า 1 แสดงว่าเครื่องกลนี้ไม่ช่วยผ่อนแรง

2. ครูสุ่มนักเรียนแล้วให้นักเรียนอธิบายถึงความหมายและหลักการทำงานของเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับสมดุลแบบเบี่ยงต้น

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนศึกษา เรื่อง คาน จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
2. ครูให้นักเรียนทุกคนจดบันทึกเนื้อหาที่กำลังศึกษาในสมุดประจำตัว
3. ครูให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติม เกี่ยวกับคานประเภทต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูลสารสนเทศ เช่น อินเทอร์เน็ต
4. ขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาเพิ่มเติม ครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน เมื่อนักเรียนศึกษา ค้นคว้าเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนแยกเข้ากลุ่มตามที่ครูได้จัดเอาไว้แล้ว
5. นักเรียนร่วมกันพูดคุย และอภิปรายผลการศึกษาร่วมกันภายในกลุ่ม
6. ครูแจกกระดาษปฐพีขนาด A1 ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 แผ่น
7. ครูกำหนดให้แต่ละกลุ่ม ร่วมกันระดมความรู้ และความคิด โดยการสร้างสรรค์ผลงานขึ้นมาเพื่อเป็นการสรุปองค์ความรู้ หรือสาระสำคัญของ เรื่อง คาน ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาแล้ว ซึ่งอาจนำเสนอคานแต่ละประเภท เพื่อให้เข้าใจการทำงานมากขึ้น พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
8. ครูให้นักเรียนเตรียมตัวสำหรับการนำเสนอผลงานที่กลุ่มตนเองได้ร่วมกันสร้างสรรค์ขึ้นมาหน้าชั้นเรียน

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore) (ต่อ)

9. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลงานที่ได้สร้างสรรค์ขึ้นในชั่วโมงที่แล้ว
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
10. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนจนครบทุกกลุ่ม จากนั้นครูให้นักเรียนนำผลงานของกลุ่มตนเองไปติดไว้ที่ผนังโดยรอบห้องเรียน
11. ครูแจกกระดาษโน้ตชนิดมีกาว (Post-it Notes) ให้แต่ละกลุ่ม จำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่มของนักเรียนทั้งหมด
12. ครูให้นักเรียนเดินชมผลงานของเพื่อน ไปพร้อมกันเป็นกลุ่ม โดยเริ่มต้นจากผลงานของเพื่อนกลุ่มที่ติดผลงานไว้ถัดจากกลุ่มตนเองทางขวามือ ซึ่งครูจะกำหนดเวลาในการชมผลงานกลุ่มละ 2-3 นาที โดยในการ

ชมผลงานนั้น แต่ละกลุ่มจะต้องประเมินและให้คะแนนผลงานของเพื่อนพร้อมทั้งเขียนความคิดเห็นที่เป็น
มติของกลุ่ม ลงในกระดาษโน้ตชนิดมีกาว แล้วติดไว้ที่ผลงานที่จัดแสดง

13. ครูเน้นย้ำว่า จะต้องเขียนชื่อกลุ่มหรือสัญลักษณ์ประจำกลุ่มลงในกระดาษโน้ตชนิดมีกาวที่นำไปติดไว้ด้วย
จากนั้นครูจะให้สัญญาณในการเปลี่ยนไปชมผลงานของกลุ่มต่อไป ซึ่งจะเปลี่ยนไปที่ผลงานที่ติดไว้ทาง
ขวามือ (ในกรณีนี้ทุกกลุ่มจะเปลี่ยนพร้อมกัน เพื่อลดความวุ่นวาย) โดยจะเปลี่ยนวนไปจนครบทุกกลุ่ม
14. เมื่อเดินวนจนครบทุกกลุ่มแล้ว ในรอบสุดท้ายทุกกลุ่มจะวนมาอยู่ที่ผลงานของตนเอง ซึ่งครูกำหนดให้
นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินและให้คะแนนกลุ่มของตนเองด้วย จากนั้นครูให้นักเรียนอ่านความคิดเห็นและ
ข้อเสนอแนะของเพื่อนที่ติดไว้บนผลงาน แล้วนำคะแนนทั้งหมดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
15. ครูเดินตรวจผลงานของนักเรียนอีกครั้ง พร้อมทั้งประเมินและให้คะแนน จากนั้นครูถามคะแนนของแต่ละ
กลุ่มว่า ประเมินตนเองเท่าไร เพื่อนประเมินเท่าไร และครูประเมินเท่าไร
(หมายเหตุ: ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินผลงาน/ชิ้นงาน)

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูอธิบายเนื้อหาบททบทวนความรู้จากสิ่งที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และทำกิจกรรมเกี่ยวกับการนำหลักสมมูล
ไปประยุกต์ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
2. ครูถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง คาน กับนักเรียน เช่น
 - คาน สามารถจำแนกได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
 - คานอันดับ 1 มีลักษณะอย่างไร พร้อมยกตัวอย่าง
 - คานอันดับ 2 มีลักษณะอย่างไร พร้อมยกตัวอย่าง
 - คานอันดับ 3 มีลักษณะอย่างไร พร้อมยกตัวอย่าง
3. ครูเปิดวิดีโอจาก <https://www.youtube.com/watch?v=41Sa58RqEGU> ให้นักเรียนศึกษา เพื่อเป็น
ความรู้เสริม
4. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนที่นั่งข้างกัน แล้วช่วยกันศึกษาตัวอย่าง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์
ม.4 เล่ม 2
2. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2-4 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน
3. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ จากโจทย์ปัญหาตัวอย่าง
4. ครูถามนักเรียนว่า คำตอบที่ได้จากตัวอย่างนี้ เท่ากับเท่าใด แสดงว่าเครื่องกลนี้ช่วยผ่อนแรงหรือไม่ อย่างไร
ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นของแต่ละคน
5. ครูนำโจทย์ปัญหาเพิ่มเติมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่าง มาให้นักเรียนศึกษา และลองแสดงวิธีการ
คำนวณหาผลลัพธ์ โดยทำลงในกระดาษ A4
6. ครูเดินสังเกตการณ์นักเรียนทุกคน และคอยให้คำปรึกษาหรือชี้แนะเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยหรือเกิดปัญหา
จากการศึกษาและแก้โจทย์ปัญหา

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้น แล้วให้นักเรียนนำกระดาษ A4 ที่แสดงวิธีการคำนวณลงไปมาส่งให้ครู จากนั้นให้แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์บนกระดานหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบความถูกต้องจากสิ่งที่นักเรียนทำบนกระดานหน้าชั้นเรียนกับสิ่งที่นักเรียนทำลงในกระดาษ A4 ที่นำส่งครูแล้ว เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจเบื้องต้น
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายสรุปเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา และวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ ตัวอย่าง และ โจทย์ปัญหาที่ครูให้เพิ่มเติม

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษา เรื่อง รอก จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน้า 126 โดยจดบันทึกสรุปสาระสำคัญลงในสมุดประจำตัว
2. ครูแนะนำนักเรียนกลับไปศึกษา เรื่อง เครื่องกล ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ รอก จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
3. เมื่อนักเรียนศึกษาเนื้อหาเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
4. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนอย่างอิสระ โดยมีเงื่อนไขว่า แต่ละคู่จะต้องเป็นชายและหญิง และห้ามจับคู่กับเพื่อนที่นั่งติดกัน
5. ครูนำโจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ เรื่อง รอก ประมาณ 3-4 ข้อ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่าง มาให้นักเรียนแต่ละคู่ศึกษา และลองแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยปิดหนังสือเรียน และร่วมกันใช้ความคิดแก้โจทย์ปัญหา
6. ครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละคู่แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์โจทย์ปัญหาที่ครูมอบหมายให้เพิ่มเติม ลงในกระดาษ A4 เขียนด้วยตัวบรรจง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูเรียกเก็บรวบรวมกระดาษ A4 ที่นักเรียนแก้โจทย์ปัญหา
2. ครูตรวจสอบผลการแสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์รวมทั้งคำตอบที่ได้ในเบื้องต้น
3. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน แล้วให้แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์จากที่ตนเองและเพื่อนได้ร่วมกันศึกษามา
4. ครูอธิบายขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละข้อ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

ชั่วโมงที่ 7

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนศึกษา เรื่อง ล้อและเพลลา จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 โดยจดบันทึกสรุปสาระสำคัญลงในสมุดประจำตัว
2. ครูแนะนำนักเรียนกลับไปศึกษา เรื่อง เครื่องกล ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ ล้อและเพลลา จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2

3. เมื่อนักเรียนศึกษาเนื้อหาเสร็จแล้ว ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างจากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม. 4 เล่ม 2
4. ครูเดินสังเกตการณ์ขณะนักเรียนศึกษาตัวอย่าง และคอยให้คำปรึกษาหรือชี้แนะเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา
5. ครูสุ่มนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียน 2 ชุด ชุดละ 3-4 คน แล้วเลือกตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการคำนวณบนกระดานหน้าชั้นเรียน โดยไม่ดูหนังสือเรียน เพื่อทดสอบความเข้าใจ และความสนใจในการศึกษาด้วยตนเอง

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายลงข้อสรุปเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาจากตัวอย่าง
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาและลงมือทำแบบฝึกหัด เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ จากแบบฝึกหัด ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
3. ครูสุ่มนักเรียนอธิบายวิธีการแก้โจทย์ปัญหาจากแบบฝึกหัด

ชั่วโมงที่ 8

ขั้นสอน

สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหา เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์
2. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ (เก่ง-ค่อนข้างเก่ง-ปานกลาง-อ่อน) อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กลุ่มละ 4-5 คน โดยครูเป็นผู้เลือกนักเรียนเข้ากลุ่ม
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนทำรายงาน เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ โดยการเขียนด้วยลายมือตนเอง ตัวบรรจง ลงในกระดาษ A4 พร้อมทั้งตกแต่งให้สวยงาม ครูกำหนดให้นักเรียนว่า ในเล่มรายงานนี้อาจจะมีการกล่าวนำ เรื่อง สมมูล มาก่อนก็ได้ และจะต้องมีการนำเสนอทั้งในส่วนของ คาน รอก ล้อและเพลลา รวมทั้งมีการยกตัวอย่างเครื่องกลแต่ละประเภท และมีโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องด้วย
4. โดยครูคอยสังเกตการณ์ และให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา

อธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับการนำหลักสมมูลไปประยุกต์ในภาพรวมหลังจากที่ได้ร่วมกันศึกษาอีกครั้ง
2. ครูแจกใบงานที่ 7.7 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนนำใบงานที่ 7.7 กลับไปศึกษาและลงมือทำเป็นการบ้าน

ชั่วโมงที่ 9

ขั้นสรุป

ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ตัวแทนนักเรียนเก็บรวบรวมใบงานที่ 7.7 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ส่งคืนครู

- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น
- ครูเปิด PowerPoint เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ให้นักเรียนดูเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้ง
- ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด Unit Question 7 จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ลงในสมุดประจำตัว
- ครูให้นักเรียนทำสรุปผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ลงในกระดาษ A4
- ครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง โดยทำ Self Check จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ลงในสมุดประจำตัว
- ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตรวจสอบผล (Evaluate)

- ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียน
- ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 7.7 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์
- ครูตรวจการทำแบบฝึกหัดจาก Unit question 7 เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ในสมุดประจำตัว
- ครูตรวจสอบแบบฝึกหัด จากแบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2
- ครูตรวจสอบผลการทำรายงาน เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์
- ครูตรวจสอบผลการตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง Self Check จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 ในสมุดประจำตัว
- ครูประเมินผล โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล การทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงาน
- ครูวัดและประเมินผลจากชิ้นงานการสรุปเนื้อหา เรื่อง การนำหลักสมมูลไปประยุกต์ ที่นักเรียนได้สร้างขึ้น จากชิ้นขยายความเข้าใจเป็นรายบุคคล

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สมมูล	- ตรวจสอบแบบทดสอบหลังเรียน	- แบบทดสอบหลังเรียน	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) การนำหลักสมมูลไปประยุกต์	- ตรวจสอบใบงานที่ 7.7 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 7.7 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 สภาพสมดุล
- 2) แบบฝึกหัดฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ สภาพสมดุล
- 3) ใบงานที่ 7.7 เรื่อง การนำหลักสมดุลไปประยุกต์
- 4) PowerPoint เรื่อง สภาพสมดุล
- 5) กระดาษปฐูฟ ขนาด A1
- 6) กระดาษโน้ตชนิดมีกาว (Post-it Notes)

8.2 แหล่งการเรียนรู้

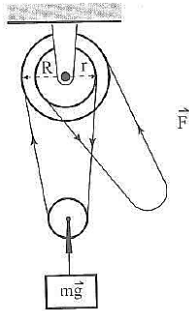
- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) แหล่งข้อมูลสารสนเทศ

ใบงานที่ 7.7

เรื่อง การนำหลักสมดุลไปประยุกต์

คำชี้แจง : แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์

1. รอกพวง 2 ชั้นผ่อนแรง (differential pulley) ดังภาพ รอกเล็กและใหญ่มีรัศมี r และ R มีค่าเท่ากับ 13 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ ออกแรงขนาด 30 นิวตัน ดึงโซ่ที่คล้องรอกใหญ่ทำให้สามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนัก 180 นิวตัน ขึ้นได้ อยากทราบว่า การได้เปรียบเชิงกลมีค่าเท่าใด



.....

.....

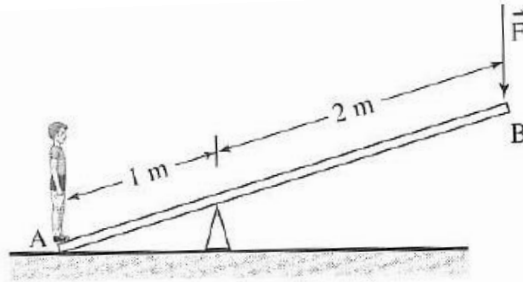
.....

.....

.....

.....

2. เด็กคนหนึ่งยืนที่ปลายคาน AB ไม่มีน้ำหนัก ดังภาพ ออกแรง F อย่างน้อยที่สุดที่จุด B ให้สามารถยกเด็กที่จุด A ขึ้นได้ ถ้าเด็กคนนี้น้ำหนัก 350 นิวตัน การได้เปรียบเชิงกลของคานนี้มีค่าเท่าใด



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

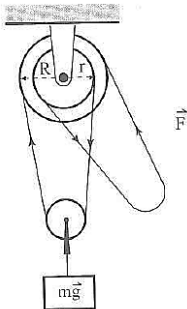
ใบงานที่ 7.7

เรื่อง การนำหลักสมดุลไปประยุกต์

เฉลย

คำชี้แจง : แสดงวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์

1. รอกพวง 2 ชั้นผ่อนแรง (differential pulley) ดังภาพ รอกเล็กและใหญ่มีรัศมี r และ R มีค่าเท่ากับ 13 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ ออกแรงขนาด 30 นิวตัน ดึงโซ่ที่คล้องรอกใหญ่ทำให้สามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนัก 180 นิวตัน ขึ้นได้ อยากทราบว่า การได้เปรียบเชิงกลมีค่าเท่าใด



จากสมการ $M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$

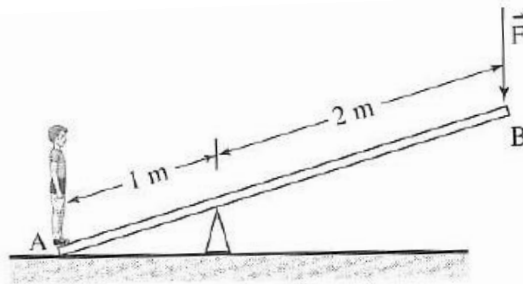
$M.A. = \frac{W}{F}$

$M.A. = \frac{180}{30}$

$M.A. = 6$

ดังนั้น การได้เปรียบเชิงกลของรอกพวงนี้เท่ากับ 6

2. เด็กคนหนึ่งยืนที่ปลายคาน AB ไม่มีน้ำหนัก ดังภาพ ออกแรง F อย่างน้อยที่สุดที่จุด B ให้สามารถยกเด็กที่จุด A ขึ้นได้ ถ้าเด็กคนนี้น้ำหนัก 350 นิวตัน การได้เปรียบเชิงกลของคานนี้มีค่าเท่าใด



จากสมการ

$\Sigma M_{clockwise} = \Sigma M_{counterclockwise}$

$(350)(1) = F(2)$

$F = 175 \text{ N}$

พิจารณาการได้เปรียบเชิงกลของคานนี้

จากสมการ

$M.A. = \frac{F_{out}}{F_{in}}$

$M.A. = \frac{350}{175}$

$M.A. = 2$

ดังนั้น การได้เปรียบเชิงกลของคานนี้เท่ากับ 2