แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม

ชั้นเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6

รหัสวิชา ว30204

นางฐิติกานต์ เค้ามาก

ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนสตรีศึกษา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชาฟิสิกส์5 (ว 30204)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

จัดทำโดย

นางฐิติกานต์ เค้ามาก

ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด
รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ว30204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้	รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)	ทำอะไร			สมรรถนะ
		พุทธพิสัย (K)	ทักษะพิสัย (P)	จิตพิสัย (A)	
1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์	1. เส้นสนามแม่เหล็ก	1. อธิบายสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1. สังเกตสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. ฟลักซ์แม่เหล็ก	1. อธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้	1. สามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้		
	1. สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1. อธิบายสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1. ทดลองและสังเกตสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้		

ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	
2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1. แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	1. อธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้ 2. อธิบายรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กได้	1. คำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 2. คำนวณหารัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้

	1. แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1. อธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กได้	1. ทำกิจกรรมและสังเกตแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้ 2. คำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก		เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	
2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน			รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
	1. แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	1. อธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1. สามารถเขียนแผนภาพการต่อเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าได้		

3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	1. โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	1. อธิบายโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กได้	1. สามารถคำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้		4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้	1. สามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 2. สามารถทำกิจกรรมเรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้		
ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	
4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็ม	1. กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์	1. อธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้ 2. อธิบายทิศทางของ	1. ทดลองและสังเกตการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด

เอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า		กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้	2. หาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้		(สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1. อธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้	1. ทดลองและสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้		
	1. การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ	1. อธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้	1. สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้		

ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	

5. อธิบายและคำนวณความความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส	1. ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กระแสไฟฟ้ากับเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ของกระแสไฟฟ้าสลับได้ 2. อธิบายความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้	1. สามารถคำนวณหาค่าความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	1. การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการส่งไฟฟ้ากระแสสลับไปตามบ้านเรือนได้	1. คำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ได้		
	1. หลักการทำงานของหม้อแปลง	1. อธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงได้	1. คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้	รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)	ทำอะไร			สมรรถนะ
		พุทธพิสัย (K)	ทักษะพิสัย (P)	จิตพิสัย (A)	
7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	1. อุณหภูมิ 2. ความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ	1. บอกระดับความร้อนของวัตถุด้วยอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสและเคลวินได้ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนอุณหภูมิกับความจุความร้อน ความร้อนจำเพาะได้	1. คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่าน
	1. ความร้อนแฝง 2. การถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน	1. อธิบายการเปลี่ยนสถานะของสสารที่เกี่ยวข้องกับความร้อนแฝงได้ 2. อธิบายการถ่ายโอนความร้อน สมดุลความ	1. คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

		ร้อนได้			คอมพิวเตอร์)

ผลการเรียนรู้	รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)	ทำอะไร			สมรรถนะ
		พุทธพิสัย (K)	ทักษะพิสัย (P)	จิตพิสัย (A)	
8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	1. แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ	1. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้	1. สามารถสร้างและประดิษฐ์แผ่นพับเรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่าน
	1. กฎของแก๊สอุดมคติ	1. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติได้	1. คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้		
9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	1. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส 2. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสข	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิได้ 3. อธิบายความสัมพันธ์	1. สามารถสร้างและประดิษฐ์ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้ 2. คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

	องโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ	ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิได้			คอมพิวเตอร์)

ผลการเรียนรู้	รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)	ทำอะไร			สมรรถนะ
		พุทธพิสัย (K)	ทักษะพิสัย (P)	จิตพิสัย (A)	
10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน	1. พลังงานภายในระบบ	1. อธิบายความหมายพลังงานภายในระบบได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องพลังงานภายในระบบได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
	1. งานที่ทำโดยแก๊ส	1. อธิบายความหมายงานที่ทำโดยแก๊สได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องงานที่ทำโดยแก๊สได้		
	1. กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

		กับงานที่ทำโดยแก๊สได้			4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์	1. อธิบายการนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้	1. สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้		

ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	
11. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่างๆ รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง	1. สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง	1. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ ได้	1. สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัด

และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	1. ความเค้นและความเครียดของของแข็ง	1. อธิบายความหมายของความเค้นตามยาว และความเครียดตามยาวได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเค้นตามยาวและความเครียดตามยาวได้		กลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. มอดุลัสของยัง 2. การประยุกต์ใช้สภาพยืดหยุ่นในชีวิตประจำวัน	1. อธิบายความหมายของมอดุลัสของยังและการนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1. ทดลองความเค้นตามยาว และความเครียดตามยาวของวัสดุได้ 2. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมอดุลัสของยังได้		

ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	
14. ทดลอง อธิบายและคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบาย	1. แรงดึงผิวของของเหลว	1. อธิบายความหมายแรงดึงผิวของของเหลวได้	1. ทดลองแรงดึงผิวของของเหลวได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด

แรงหนืดของของเหลว	1. ความตึงผิวของของเหลว	1. อธิบายความหมายความตึงผิวของของเหลวได้	1. ทดลองความตึงผิวของของเหลวได้ 2. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องความตึงผิวของของเหลวได้		เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. ความหนืดของของเหลว	1. อธิบายแรงหนืดของของเหลวได้	1. ทดลองและสังเกตแรงหนืดของของเหลวได้		

ผลการเรียนรู้	**รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)**	**ทำอะไร**			**สมรรถนะ**
		พุทธพิสัย (K)	**ทักษะพิสัย (P)**	**จิตพิสัย (A)**	

12. อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	1. ความดันในของไหล	1. อธิบายความดันในของไหล ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในของเหลวกับความหนาแน่นของของเหลว ความลึกของของเหลว และความเร่งโน้มถ่วงของโลกได้	1. ทำกิจกรรมความดันในของเหลวได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
	1. ความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศได้	1. คำนวณหาความดันต่าง ๆ ได้		
	1. อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดัน	1. อธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ และบารอมิเตอร์ได้	1. สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้		
	1. กฎของพาสคัล	1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

ผลการเรียนรู้	รู้อะไร (สาระการเรียนรู้)	ทำอะไร			สมรรถนะ
		พุทธพิสัย (K)	ทักษะพิสัย (P)	จิตพิสัย (A)	
13. ทดลอง อธิบายและคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	1. แรงพยุงจากของไหล	1. อธิบายขนาดแรงพยุงจากของไหลได้	1. ทดลองหาขนาดแรงพยุงจากของไหลได้	1. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1. ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน) 2. ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป) 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้) 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ) 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)
15. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ	1. ของไหลอุดมคติ	1. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สายกระแสหลอดการไหล และอัตราการไกลได้	1. สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้		
	1. สมการความต่อเนื่อง	1. อธิบายสมการความต่อเนื่องได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้		
	1. สมการแบร์นูลลี	1. อธิบายสมการแบร์นูลลีได้ 2. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้สมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีได้	1. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้		

โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัส ว30204

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 **เวลา 80 ชั่วโมง** **จำนวน 2.0 หน่วยกิต**

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า				28	20

		แผนที่ 1 เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์	- เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ แท่งแม่เหล็กก็จะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้เสมอ โดยปลายที่ชี้ไปทางทิศเหนือเรียกว่าขั้วเหนือ และปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้เรียกว่าขั้วใต้ แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ เมื่อนำขั้วแม่เหล็กเข้าใกล้กันขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดึงดูดกัน - สารที่ถูกแม่เหล็กดึงดูดได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล เรียกว่าสารแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงจากแท่งแม่เหล็กกระทำกับสารแม่เหล็กหรือเข็มทิศ เรียกว่าเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก และเรียกเส้นที่แสดงการเรียงตัวของผงเหล็กหรือแนวการวางตัวของเข็มทิศในสนามแม่เหล็กว่าเส้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะมีทิศทางออกจาก ขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก โดยไม่ตัดกันบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่น แสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่ามาก	2	1
		แผนที่ 2 เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก		- ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\emptyset}{A}$	2	1
				-		

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				**28**	**20**
		แผนที่ 3 เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์	- เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ หาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้โดย ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวารอบลวดตัวนำเส้นตรงทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก - เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์หรือลวดตัวนำวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก หาทิศทางของสนามแม่เหล็กภายในโซเลนอยด์ได้โดยใช้มือขวาวนนิ้วทั้ง สี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก	2	1
		แผนที่ 4 เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้ง	- เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า +q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะมีขนาดของแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ตามสมการ $F = qvBsin\theta$ ทิศทางของแรงแม่เหล็ก หาได้โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้ววนนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็กนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงแม่เหล็ก ซึ่งตั้งฉากกับความเร็วและสนามแม่เหล็ก หากเป็นประจุ	2	1

			ของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่า	ลบแรงที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของนิ้วหัวแม่มือ กรณีที่อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กโดยทิศทางความเร็วของอนุภาคตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก		

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				28	20
				อนุภาคจะเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก โดยมีรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ r ตามสมการ $r = \frac{mv}{qB}$		
		แผนที่ 5 เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน		- ลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่าน I วางทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ โดยมีความยาวของลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับลวดตัวนำด้วยขนาด $F = ILBsin\theta$ หาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า แล้วงอนิ้วทั้งสี่ปาหาทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงซึ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ	2	1
		แผนที่ 6 เรื่อง แรงระหว่างลวด		- ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน จะมีแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยดึงดูดกันถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน แต่ผลักกัน ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสอง	2	1

		ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า		มีทิศทางตรงข้ามกัน		
		แผนที่ 7 เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- เมื่อนำขดลวดตัวนำจำนวน N รอบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A วางในสนามแม่เหล็ก และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านโดยระนาบของขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด มีขนาดเป็น$M = NIABcos\theta$	2	2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				**28**	**20**
		แผนที่ 8 เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- แกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และหมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงเป็นเครื่องมือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่กับแกนซึ่ง หมุนได้คล่องและอยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนต่อเนื่องรอบแกน การทำงานแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้าใช้หลักโมเมนต์แรงคู่ควบของขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	2	2

		แผนที่ 9 เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์	4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า	- เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลง $\Delta\emptyset_B$ ตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε ในขดลวดตัวนำนั้นเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำนั้น เมื่อเทียบกับเวลา อธิบายได้โดยกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เขียนแทนด้วยสมการ $\varepsilon = -\frac{\Delta\emptyset_B}{\Delta t}$ เครื่องหมายลบ หมายถึง อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กใหม่ ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำและตัดผ่านขดลวดนั้นตามกฎของเลนส์	2	2

ลำดับที่	**ชื่อหน่วยการเรียนรู้**	**แผนการจัดการเรียนรู้**	**ผลการเรียนรู้**	**สาระสำคัญ**	**เวลา (ชั่วโมง)**	**น้ำหนักคะแนน**
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				**28**	**20**

		แผนที่ 10 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า	- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก ปลายขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก	2	2
		แผนที่ 11 เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ		- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก ปลายขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก	2	2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				28	20
				- อีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ ตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$ เมื่อต่ออีเอ็มเอฟกับตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ i ที่ผ่านตัวต้านทานและความต่างศักย์ v ระหว่างปลายตัวต้านทานที่เวลา t ใด ๆ เป็นไปตามสมการ $i = I_0 sin(\omega t)$ และ $v = V_0 sin(\omega t)$		
		แผนที่ 12 เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	5. อธิบายและคำนวณความความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส	- การระบุค่ากระแสไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับเป็นค่าคงตัว ใช้การเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรงที่ให้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากันแก่ตัวต้านทาน ซึ่งเรียกว่า ค่ายังผล หรือ ค่ามิเตอร์ ค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย หรือค่าอาร์เอ็มเอส โดย $I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ และ $V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$	2	1
		แผนที่ 13 เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณ	- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดวางทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน เมื่อหมุนแท่งแม่เหล็กจะเกิดอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุด มีเฟสต่างกัน 120 องศา ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้า	2	2

			ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด ทำให้การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีประสิทธิภาพมากกว่าไฟฟ้า 1 เฟส		

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	**หน่วยที่ 15 แม่เหล็กและไฟฟ้า (ต่อ)**				28	20
			6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณ	- การส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปยังผู้ใช้นั้น จะเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า เพื่อลดการสูญเสีย ดังกล่าวจึงต้องลดกระแสไฟฟ้าที่ส่ง โดยการเพิ่มความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟให้สูงขึ้นก่อนทำการส่งไฟฟ้าแล้วจึงลดความต่างศักย์ให้ต่ำลงจนเหมาะกับการใช้งานโดยใช้หม้อแปลง		

		แผนที่ 14 เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง	ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด พันอยู่บนแกนเหล็กเดียวกัน โดยขดลวดที่ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดที่ใช้ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ เมื่อต่อขดลวดปฐมภูมิกับไฟฟ้ากระแสสลับเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε_1 ในขดลวดปฐมภูมิ จะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε_2 ในขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ N_1 และทุติยภูมิ N_2 ตามสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ - หาก $N_2 > N_1$ จะได้ $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ เรียกหม้อแปลงขึ้น และถ้า $N_2 < N_1$ จะได้ $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$ เรียกหม้อแปลงลง	2	1

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
2	**หน่วยที่ 16 ความร้อนและแก๊ส**				**24**	**20**
		แผนที่ 15	7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ	- **อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics)** เป็นการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างความร้อน และพลังงาน	2	1

		เรื่อง อุณหภูมิ และความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ	ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	กล ระดับความร้อนของวัตถุสามารถระบุได้ด้วยอุณหภูมิ (temperature) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ เรียกว่า**เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer)** หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้ทั่วไปคือ **องศาเซลเซียส (degree Celsius, °C)** แต่การศึกษาในวิชาอุณหพลศาสตร์ใช้อุณหภูมิในหน่วย **เคลวิน (Kelvin, K)** ซึ่งบางครั้งเรียกว่า **อุณหภูมิสัมบูรณ์(absolute temperature)** - เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหรืออาจเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง กรณีที่สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้แก่สารต่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เรียกว่า **ความจุความร้อน (heat capacity, C)** ส่วนความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลจะขึ้นกับสารแต่ละชนิด เรียกว่า **ความร้อนจำเพาะ (specific heat, c)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิคำนวณได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ กรณีที่สสารเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่ง โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารหนึ่งหน่วยมวล เรียกว่า **ความร้อนแฝง (latent heat, L)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$		

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
2	**หน่วยที่ 16 ความร้อนและแก๊ส (ต่อ)**				**24**	**20**
		แผนที่ 16 เรื่อง ความร้อนแฝง และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน	7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน	- ความร้อนสามารถถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่อีกวัตถุหนึ่งที่มีอุณหภูมิ ต่ำกว่าได้การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ นำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายโอนความร้อนดังกล่าวจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อไม่มีการถ่ายโอนความร้อนให้กับ สิ่งแวดล้อมภายนอก ปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งสูญเสียจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่อีกวัตถุหนึ่งได้รับ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$ การที่วัตถุมีการถ่ายโอนความร้อนจนไม่มีการถ่ายโอนความร้อนเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่า วัตถุทั้งสองอยู่ใน**สมดุลความร้อน (thermal equilibrium)**	2	1
		แผนที่ 17 เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ	8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- สารในสถานะแก๊ส ประกอบด้วยโมเลกุลฟุ้งกระจายเต็มภาชนะบรรจุ เพื่อให้การอธิบายพฤติกรรมของแก๊สได้ง่ายขึ้น จึงมีการสร้าง**แบบจำลองแก๊สอุดมคติ (ideal gas)** ขึ้นมา โดยกำหนดให้แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สโมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น	2	2

		แผนที่ 18 เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ	8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติมีความสัมพันธ์เป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ (ideal gas law) เขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_BT$ -	2	1

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
2	**หน่วยที่ 16 ความร้อนและแก๊ส (ต่อ)**				**24**	**20**
		แผนที่ 19 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส	9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊สและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	- **ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases)** เป็นการอธิบายพฤติกรรมแก๊สในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การอธิบายธรรมชาติของแก๊สที่เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดที่อยู่ในระบบ เช่น อุณหภูมิของแก๊ส ปริมาตรของแก๊ส และความดันของแก๊ส โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}k_BT$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สความดันกับปริมาตรของแก๊สเป็นไปตามสมการ $PV = \frac{2}{3}N\bar{E}_{\mathrm{k}}$ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสกับอุณหภูมิของ	2	2
		แผนที่ 20 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส (ต่อ)			2	2

		แผนที่ 21 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ		โมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3}{2}\frac{k_B T}{m}}$	2	2
		แผนที่ 22 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ			2	1

ลำดับที่	**ชื่อหน่วยการเรียนรู้**	**แผนการจัดการเรียนรู้**	**ผลการเรียนรู้**	**สาระสำคัญ**	**เวลา (ชั่วโมง)**	**น้ำหนักคะแนน**
2	**หน่วยที่ 16 ความร้อนและแก๊ส (ต่อ)**				**24**	**20**
		แผนที่ 23 เรื่อง พลังงานภายในระบบ	10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ	- พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบเรียกว่า **พลังงานภายในระบบ (internal energy of a system)** ซึ่งจะหมายถึง **พลังงานภายใน (internal energy)** ของแก๊ส แทนด้วยสัญลักษณ์ U สำหรับแก๊สอุดมคติสามารถหาพลังงานภายในระบบได้จากสมการ	2	2

		แผนที่ 24 เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส	และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน	$U = \frac{3}{2}Nk_B\ T = \frac{3}{2}nRT$ พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงานซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า **กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics)** เขียนแทนด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า**ความร้อน (heat, Q)** เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอน ในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น ความรู้พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ -	2	2
		แผนที่ 25 เรื่อง กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์			2	1
		แผนที่ 26 เรื่อง การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์			2	3

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	**หน่วยที่ 17 ของแข็งและของไหล**				**28**	**20**

		แผนที่ 27 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง	11. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่างๆ รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- สสารและสิ่งของต่างๆ ในสภาพปกติโดยทั่วไปมี 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส สสารที่มีสถานะเป็นของเหลวหรือแก๊สสามารถเรียกว่า ของไหล เนื่องจากของเหลวและแก๊สสามารถไหลได้ - สสารในสถานะของแข็งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากพอที่จะทำให้โมเลกุลของของแข็งอยู่ ใกล้กันและรูปทรงของของแข็งไม่เปลี่ยนแปลงมาก ของแข็งจะมีรูปร่างและปริมาตรคงตัว สำหรับของแข็ง ที่ถูกแรงกระทำแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม และเมื่อหยุดแรงกระทำวัตถุสามารถกลับคืนสู่ รูปร่างเดิมได้ เรียกว่ามีสภาพยืดหยุ่น (elasticity) ถ้าหยุดแรงกระทำแล้ววัตถุคงรูปร่างที่เปลี่ยนไป เรียกว่ามีสภาพพลาสติก(plasticity)แรงกระทำตั้งฉากต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ เรียกว่าความเค้นตามยาว (longitudinal stress)หาได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ความยาวของวัตถุที่เปลี่ยนไปต่อ ความยาวเดิม เรียกว่าความเครียดตามยาว (longitudinal strain) หาได้จากสมการ $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ อัตราส่วนระหว่างความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดุลัสของยัง (Young's modulus) หาได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ เมื่อออกแรงกระทำตามยาวกับวัตถุไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง (proportional limit) ความเค้นจะแปรผันตรงกับความเครียด หากออกแรงกระทำมากกว่าขีดจำกัดการแปร	2	1
		แผนที่ 28 เรื่อง ความเค้นและความเครียดของของแข็ง			2	1
		แผนที่ 29 เรื่อง มอดุลัสของยังและการประยุกต์ใช้สภาพยืดหยุ่นในชีวิตประจำวัน			2	2

ลำดับ	ชื่อ	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา	น้ำหนัก

ที่	หน่วยการเรียนรู้				(ชั่วโมง)	คะแนน
3	**หน่วยที่ 17 ของแข็งและของไหล (ต่อ)**				28	20
				ผันตรง แต่ไม่เกินขีดสภาพยืดหยุ่น (Elastic limit) วัตถุสามารถคืนรูปร่างเดิมได้ และถ้าแรงมากกว่าขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นไม่สามารถคืนรูปร่างเดิมได้ การเลือกวัสดุไปใช้งานต้องคำนึงถึงสภาพยืดหยุ่นให้ เหมาะสมกับงาน		
		แผนที่ 30 เรื่อง แรงดึงผิวของของเหลว	14. ทดลอง อธิบายและคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว	- สำหรับของเหลวจะมีแรงระหว่างโมเลกุลมีแรงเชื่อมแน่น (cohesive force) ซึ่งเป็นแรงระหว่าง โมเลกุลชนิดเดียวกันยึดโมเลกุลของเหลวเข้าด้วยกันและแรงยึดติด (adhesive force) ซึ่งเป็นแรงระหว่าง โมเลกุลต่างชนิดกัน ส่วนบริเวณผิวของเหลวจะมีแรงกระทำต่อวัตถุโดยแรงนี้ขนานกับผิวของเหลวและ ตั้งฉากกับวัตถุที่ผิวของเหลวสัมผัส เรียกว่าแรงดึงผิว ค่าแรงดึงผิวต่อหน่วยความยาววัตถุที่ผิวของเหลวสัมผัส เรียกว่า ความตึงผิว (Surface tension) หาได้จากสมการ $\gamma = \frac{F}{l}$ ในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ของเหลว จะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียก แรงหนืด และเรียกสมบัตินี้ว่า ความหนืด(Viscosity)	2	2
		แผนที่ 31 เรื่อง ความตึงผิวของของเหลว			2	2
		แผนที่ 32 เรื่อง ความหนืดของของเหลว			2	2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	**หน่วยที่ 17 ของแข็งและของไหล (ต่อ)**				**28**	**20**
		แผนที่ 33 เรื่อง ความดันในของไหล	12. อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	- ของไหลมีแรงกระทำทุกทิศทุกทางและตั้งฉากกับพื้นที่ที่ของไหลสัมผัส แรงกระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ของไหลสัมผัส เรียกว่า ความดัน (pressure) ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกและ ความหนาแน่นของเหลว ตามสมการ $P_g = \rho gh$ เรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure) และผลรวมของ ความดันเกจกับความดันบรรยากาศ (Atmosphere pressure) เรียกว่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) ตามสมการ $P_g = P_0 + \rho gh$ ในของเหลวชนิดเดียวกัน ที่ระดับความลึกเดียวกันมีความดันเท่ากัน - บารอมิเตอร์(Barometer) เป็นเครื่องวัดความดันบรรยากาศ แมนอมิเตอร์ (Manometer)เป็นเครื่องวัดความดันเกจ - เมื่อเพิ่มความดันให้ของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุกๆจุดในของเหลวนั้น หลักการนี้เรียกว่า กฎพาสคัล (Pascal’s law) และนำไปประยุกต์ใช้	2	2
		แผนที่ 34 เรื่อง ความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ			2	1
		แผนที่ 35 เรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดัน			2	1
		แผนที่ 36 เรื่อง กฎของพาสคัส			2	1

				ในเครื่องอัดไฮดรอลิก		
		แผนที่ 37 เรื่อง แรงพยุงจากของไหล	13. ทดลอง อธิบายและคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	- เมื่อวัตถุอยู่ในของไหลจะเกิดแรงพยุง (buoyant force) กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของ ไหลที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่อยู่ในของไหลนั้น ขนาดของแรงพยุงหาได้จากสมการ $F_B = \rho V g$	2	2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	**หน่วยที่ 17 ของแข็งและของไหล (ต่อ)**				**28**	**20**
		แผนที่ 38 เรื่อง ของไหลอุดมคติ	15. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่อง	- พฤติกรรมการไหลของของไหลสามารถทำให้ง่ายต่อความเข้าใจด้วยของไหลอุดมคติ ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้ อย่างสม่ำเสมอหรือที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งในของไหล ความเร็วและความดันคงตัว ไม่มีแรงหนืด บีบอัดไม่ได้หรือมีความหนาแน่นคงตัว และไหลโดยไม่หมุนวน อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ไปตามสาย กระแสที่ไม่ตัดกัน ปริมาตร	2	1
		แผนที่ 39 เรื่อง สมการความต่อเนื่อง			2	1

		แผนที่ 40 เรื่อง สมการแบร์นูลลี	และสมการแบร์นูลลีไป อธิบายหลักการทำงานของ อุปกรณ์ต่างๆ	ของของไหลที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลาเป็นอัตราการไหล (Flow rate) ตามสมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) $Av =$ ค่าคงตัว - เมื่อของไหลมีการไหลในท่อ ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรและพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีค่าคงตัวเสมอ ซึ่งเป็นไปตาม สมการแบร์นูลลี ดังนี้ $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh$ = ค่าคงตัวสามารถนำไปอธิบายการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากรูรั่วของภาชนะ เครื่องฉีดน้ำ และอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านปีกเครื่องบิน	2	1
รวม					**80**	**50**
สอบกลางภาค						**20**
สอบปลายภาค						**30**
คะแนนรวม						**100**

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30204 2.0 หน่วยกิตชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เวลาเรียน 80 ชั่วโมง/ภาคเรียน

ศึกษาสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำกับขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ไฟฟ้ากระแสสลับ ความร้อน แก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ของแข็ง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง ความตึงผิว ความหนืดของของเหลว ความดันในของไหล แรงพยุง ของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์
2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก
แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน
3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ
ที่เกี่ยวข้อง
4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า
5. อธิบายและคำนวณความความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส
6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะและความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

11. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่างๆ รวมทั้งทดลอง อธิบาย และคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

12. อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

13. ทดลอง อธิบายและคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล

14. ทดลอง อธิบายและคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว

15. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

รวมทั้งหมด 15 ผลการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสังเกตสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ แท่งแม่เหล็กก็จะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้เสมอ

โดยปลายที่ชี้ไปทางทิศเหนือเรียกว่าขั้วเหนือ และปลายที่ชี้ไปทางทิศใต้เรียกว่าขั้วใต้ แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ เมื่อนำขั้วแม่เหล็กเข้าใกล้กัน ขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดึงดูดกัน

สารที่ถูกแม่เหล็กดึงดูดได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล เรียกว่าสารแม่เหล็ก บริเวณที่มีแรงจากแท่งแม่เหล็กกระทำกับสารแม่เหล็กหรือเข็มทิศ เรียกว่าเป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก และเรียกเส้นที่แสดงการเรียงตัว ของผงเหล็กหรือแนวการวางตัวของเข็มทิศในสนามแม่เหล็กว่า เส้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะมีทิศทางออกจาก ขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กโดยไม่ตัดกัน บริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่น แสดงว่าเป็นบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีค่ามาก

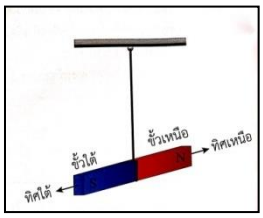
5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

สนามแม่เหล็ก

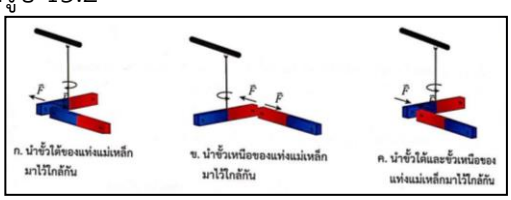
ชาวกรีกโบราณค้นพบแร่ชนิดหนึ่งที่สามารถดึงดูดได้ เรียกแร่นั้นว่า **แมกนีไทต์ (magnetite)** ปัจจุบันเรียกวัสดุที่ดึงดูดเหล็กได้ว่า **แม่เหล็ก (magnet)** ด้วยสมบัติการวางตัวของแม่เหล็ก จึงมีการประยุกต์นำไปสร้างเป็นเข็มทิศเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง

เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้หมุนได้อย่างอิสระในแนวราบ ดังรูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ โดยปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่า **ขั้วเหนือ (north pole)** ใช้อักษรตัวย่อ N ส่วนปลายอีกด้านที่ชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่า **ขั้วใต้ (south pole)** ใช้อักษรตัวย่อ S



รูป 15.1 แท่งแม่เหล็กจะวางตัวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้เสมอ

แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ โดยจะไม่มีแม่เหล็กที่มีเฉพาะขั้วเหนือหรือขั้วใต้เพียงอย่างเดียว เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน ขั้วต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังรูป 15.2

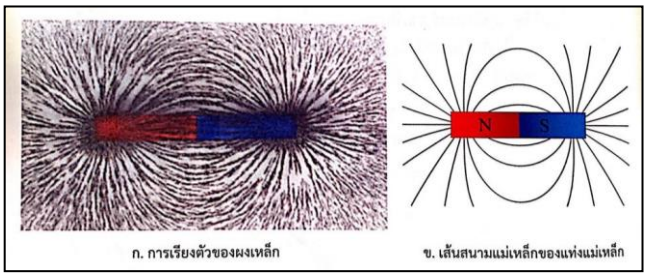


รูป 15.2 แรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก

เส้นสนามแม่เหล็ก

เมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้โลหะบางชนิด เช่น เหล็ก นิกเกิล แม่เหล็กจะดึงดูดโลหะข้างต้น เรียกสารที่ถูกดึงดูดดังกล่าวว่า **สารแม่เหล็ก (magnetic substance)** และหากใช้สารแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นผงสารแม่เหล็ก เช่น ผงเหล็ก จะพบว่าผงเหล็กวางตัวหนาแน่นบริเวณที่เป็น **ขั้วแม่เหล็ก (magnetic pole)**

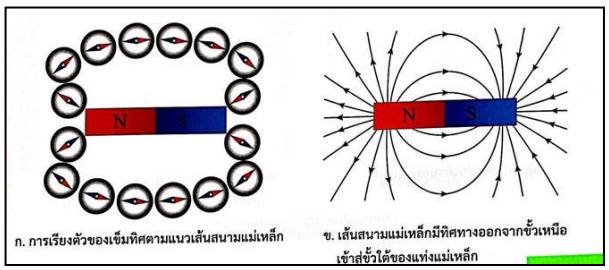
วางกระดาษขาวบนแท่งแม่เหล็ก แล้วยึดกระดาษขาวให้แน่น จากนั้นโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนว ดังรูป 15.3 ก. แสดงว่าบริเวณรอบแท่งแม่เหล็กมีแรงจากแม่เหล็กกระทำกับผงเหล็ก เรียกบริเวณนี้ว่าบริเวณที่มี **สนามแม่เหล็ก (magnetic field)**



รูป 15.3 การเรียงตัวของผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

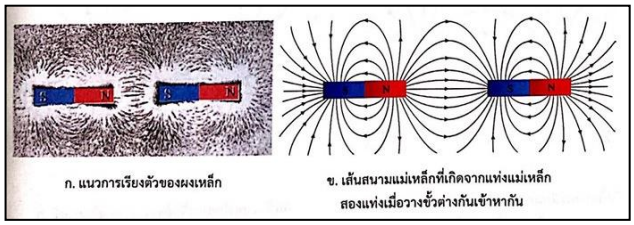
เมื่อพิจารณาแนวการเรียงตัวของผงเหล็กสามารถเขียนเส้นแสดงการเรียงตัวของผงเหล็กได้ดังรูป 15.3 ข. เส้นเหล่านี้เป็นผลมาจากสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)**

หากนำเข็มทิศวางใกล้แท่งแม่เหล็กตามแนวเส้นสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อเข็มทิศให้เบนไปวางตัวอยู่ในแนวเส้นสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.4 ก. แสดงให้เห็นว่าเส้นสนามแม่เหล็กมีทิศออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นเส้นสนามแม่เหล็กแสดงทิศทางได้ ดังรูป 15.4 ข.



รูป 15.4 การหาทิศทางของเส้นสนามแม่เหล็ก

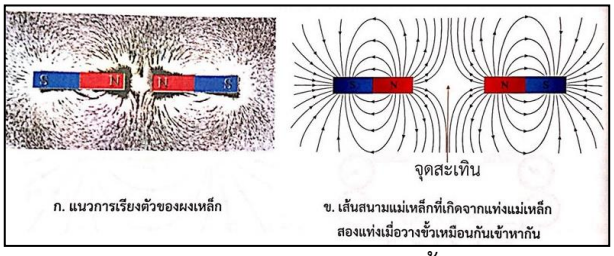
หากนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.5 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.5 ข.



รูป 15.5 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน

จากรูป 15.5 ข. บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น

กรณีนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน เช่น ขั้วเหนือกับขั้วเหนือ แล้วโรยผงแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว ดังรูป 15.6 ก. และเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.6 ข.



รูป 15.6 วางแท่งแม่เหล็กสองอันใกล้กัน โดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน

จากรูป 15.6 ข. เมื่อนำแท่งแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกันมาวางใกล้กัน จะสังเกตเห็นว่าบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กค่าน้อยและตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ เรียกตำแหน่งนี้ว่า **จุดสะเทิน (neutral point)**

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

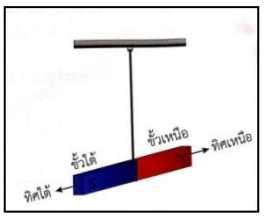
7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน ดังนี้

1) ครูจัดอุปกรณ์สำหรับการสาธิต (อุปกรณ์ 1. เส้นด้าย 2. แท่งแม่เหล็ก) โดยให้แท่งเหล็กวางตัวในแนวราบโดยสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระ (ดังรูป) จากนั้นให้นักเรียนผลักให้แท่งแม่เหล็กเบนไปจากแนวเดิมที่ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วปล่อย

2) ให้นักเรียนสังเกตการวางตัวของแท่งแม่เหล็กเมื่อหยุดนิ่งเทียบกับแนวการวางตัวของเข็มทิศ พร้อมตอบคำถาม ดังนี้



คำถาม เมื่อนักเรียนผลักให้แท่งแม่เหล็กเบนไปจากแนวเดิมที่ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วปล่อย เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งแนวการวางตัวของเข็มทิศเป็นอย่างไร

แนวการตอบ แท่งแม่เหล็กวางตัวในแนวราบและหมุนได้อย่างอิสระ

คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือใต้เสมอหรือไม่

แนวการตอบ เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือใต้เสมอ

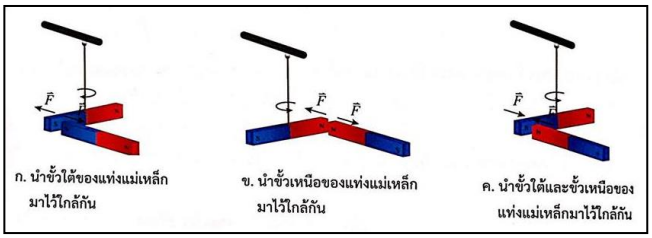
คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือใต้ ปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือ เรียกว่าอะไร และใช้อักษรตัวย่ออะไร

แนวการตอบ เรียกว่า ขั้วเหนือ (north pole) ใช้อักษรตัวย่อ N

คำถาม เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดนิ่งจะวางตัวในแนวทิศเหนือใต้ ปลายแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศใต้ เรียกว่าอะไร และใช้อักษรตัวย่ออะไร

แนวการตอบ เรียกว่า ขั้วใต้ (south pole) ใช้อักษรตัวย่อ S

1.2 ครูนำรูปภาพให้นักเรียนศึกษา แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้



ครูนำอธิบายว่า แท่งแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้เสมอ โดยจะไม่มีแม่เหล็กที่มีเฉพาะขั้วเหนือหรือขั้วใต้เพียงอย่างเดียว

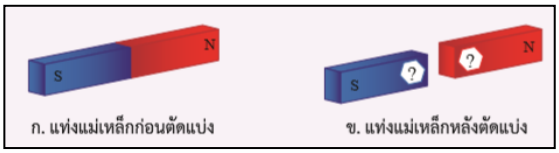
จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นหรือไม่ว่า เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วชนิดเดียวกันจะเกิดอะไรขึ้น

คำถาม แนวการตอบ ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน

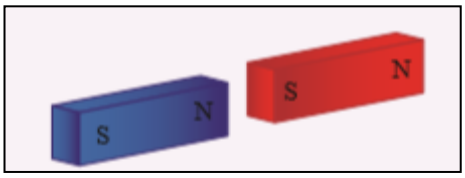
คำถาม จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นหรือไม่ว่า เมื่อนำขั้วแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กสองแท่งมาไว้ใกล้กัน ขั้วต่างชนิดกันจะเกิดอะไรขึ้น

แนวการตอบ ขั้วต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน

1.3 ให้นักเรียนลองทำชวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 6 หากนำแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง ดังรูป ก. มาตัดแบ่งเป็นสองแท่ง ดังรูป ข. ตรงปลายที่ตัดแบ่งจะมีขั้ว แม่เหล็กหรือไม่อย่างไร



แนวคำตอบ ปลายที่ตัดแบ่งจะมีขั้วแม่เหล็ก โดยแท่งแม่เหล็กส่วนที่เป็นขั้วใต้ปลายที่ถูกตัดแบ่งจะ เป็นขั้วเหนือและแท่งแม่เหล็กส่วนที่เป็นขั้วเหนือ ปลายที่ถูกตัดแบ่งจะเป็นขั้วใต้ดังรูป



1.4 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

1) หากพิจารณาบริเวณอื่นๆ รอบแท่งแม่เหล็ก ผงเหล็กจะวางตัวอย่างไร

2) เส้นสนามแม่เหล็กมีทิศทางอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทดลอง ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบค้นและผลการทดลองสนามแม่เหล็ก

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุปโดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
เพราะเหตุใด

2) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วชนิดเดียวกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย และเคลื่อนที่ออกจากกัน)

3) เมื่อวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขั้วต่างชนิดกันเข้าหากัน ลักษณะผงเหล็กเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ ผงเหล็กเรียงตัวเป็นแนว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากัน จะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น และเคลื่อนที่เข้าหากัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก ดังนี้

- เมื่อโรยผงเหล็กกระจายรอบแท่งแม่เหล็กพร้อมทั้งเคาะกระดาษเบา ๆ จนผงเหล็กขยับเรียงตัวเป็นแนวบริเวณรอบแท่งแม่เหล็ก

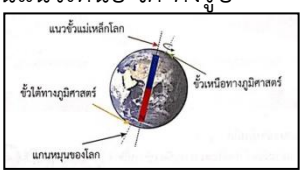
- เมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วต่างกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัว บริเวณระหว่างแท่งแม่เหล็กทั้งสองที่หันขั้วต่างกันเข้าหากันจะมีเส้นสนามแม่เหล็กอยู่หนาแน่นมากขึ้น แสดงว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้มีค่ามากขึ้น

- เมื่อนำแท่งแม่เหล็กสองอันมาวางโดยหันขั้วเหมือนกันเข้าหากัน แล้วโรยผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็กทั้งสอง ผงเหล็กจะเรียงตัวเช่นกัน และบริเวณที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กนั้น มีเส้นสนามแม่เหล็กหนาแน่นน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นสนามแม่เหล็กมีค่าน้อย

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ขั้วแม่เหล็กโลก

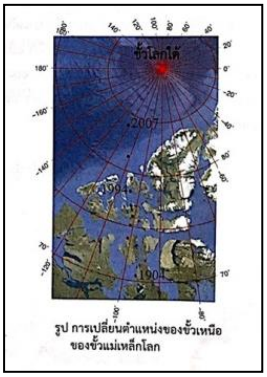
โลกในสนามแม่เหล็ก **ขั้วแม่เหล็กโลก (geomagnetic pole)** จะอยู่ใกล้กับ **ขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์ (geographical north pole)** และ**ขั้วใต้ทางภูมิศาสตร์ (geographical south pole)** ซึ่งเปรียบเทียบแท่งแม่เหล็กวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ดังรูป



รูปขั้วแม่เหล็กโลก

เมื่อวางเข็มทิศในบริเวณที่ไม่มีแม่เหล็กอื่นรบกวน เข็มชี้ทิศเหนือของเข็มทิศ จะชี้ไปยังขั้วใต้ของแม่เหล็กโลกซึ่งเป็นด้านขั้วโลกเหนือทางภูมิศาสตร์ และเข็มชี้ทิศใต้ของเข็มทิศจะชี้ไปยังขั้วเหนือของขั้วแม่เหล็กโลก ซึ่งเป็นด้านขั้วโลกใต้ทางภูมิศาสตร์ จะเห็นว่าเข็มชี้ของเข็มทิศจะชี้ไปยังขั้วแม่เหล็กโลกซึ่งจะตรงข้ามกับขั้วทางภูมิศาสตร์

ขั้วแม่เหล็กโลกนั้นไม่ได้อยู่นิ่งที่ตำแหน่งเดิมตลอด แต่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปในแต่ละปี ดังรูป



รูป การเปลี่ยนตำแหน่งของขั้วเหนือของขั้วแม่เหล็กโลก

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

8.3 ใบความรู้ เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field lines)

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสังเกตสนามแม่เหล็กและเส้นสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วน
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรมได้ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วน
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน 3 หมายถึง ระดับดีมาก

คะแนน 2 หมายถึง ระดับดี

คะแนน 1 หมายถึง ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้าน ความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ $B = \frac{\emptyset}{A}$

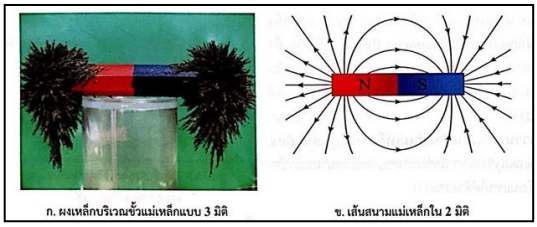
5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ฟลักซ์แม่เหล็ก

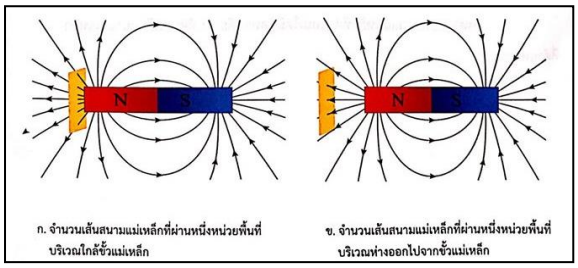
สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก

การเรียงตัวของผงเหล็กมีลักษณะ ดังรูป 15.7 ก. สามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็กที่เป็นเส้นโค้งชี้ออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้แบบ 2 มิติ ได้ดังรูป 15.7



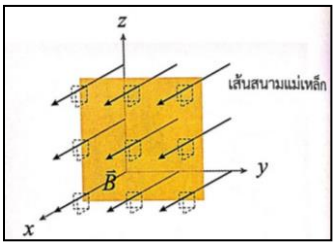
รูป 15.7 สนามแม่เหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก เช่น ในบริเวณพื้นที่สีเหลือง จะพบว่าบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็ก ดังรูป 15.8 ก. มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป ดังรูป 15.8 ข.



รูป 15.8 ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก

ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย เช่น สนามแม่เหล็กบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กในรูป 15.8 ก. มีค่ามากกว่าในบริเวณ
ที่ห่างออกไปใน รูป 15.8 ข.



รูป 15.9 ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจากเส้นสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับพื้นที่

พิจารณารูป 15.9 จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณานี้ แสดงถึง **ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)** ในพื้นที่นั้น ซึ่งกล่าวได้ว่า ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)** คือ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$B = \frac{\emptyset}{A}$$

โดย B คือ ขนาดสนามแม่เหล็ก (หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก)
มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m^2) หรือเทสลา (T)

$\emptyset$ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใดมีทิศทางเดียวกับทิศทางเส้นสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งนั้น

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

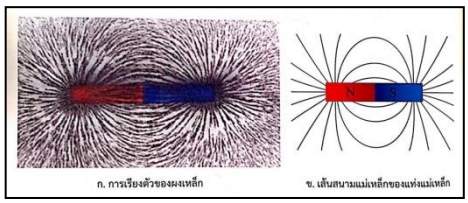
6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการหาคำตอบ

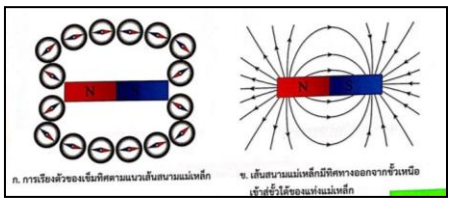
7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.1 เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก พร้อมนำภาพประกอบอธิบาย

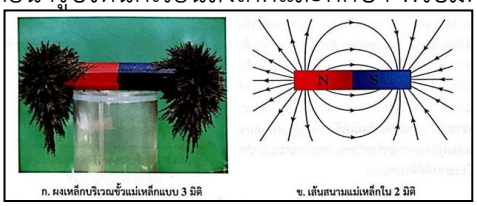


ก. การเรียงตัวของผงเหล็ก ข. เส้นสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก



ก. การเรียงตัวของเข็มทิศตามแนวเส้นสนามแม่เหล็ก ข. เส้นสนามแม่เหล็กมีทิศทางออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็ก

1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยนำรูปให้นักเรียนสังเกตและศึกษา พร้อมตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ



ก. ผงเหล็กบริเวณขั้วแม่เหล็กแบบ 3 มิติ ข. เส้นสนามแม่เหล็กใน 2 มิติ

คำถาม ถ้าพิจารณาสนามแม่เหล็กจากรูป จะมีลักษณะอย่างไร

แนวการตอบ สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กมีทุกทิศทุกทางรอบแท่งแม่เหล็กในสามมิติ

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก ดังนี้

1) เมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดเท่ากัน ณ ตำแหน่งซึ่งอยู่ห่างจากขั้วแม่เหล็กต่างกัน ดังรูป 15.8 จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ทั้งสองมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

2) เส้นสนามแม่เหล็กมีความหนาแน่นแตกต่างกันหรือไม่

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก ในหนังสือเรียน หน้า 9-10

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

2.3 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

2.4 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 12 จนได้สมการ

$$\emptyset = BA\sin\theta$$

2.5 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.1 และ 15.2 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 13-14

2.6 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3 ลงในสมุด

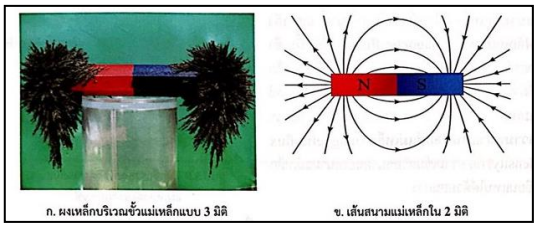
ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 3 คน ในการเฉลยแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3 หน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก นักเรียนสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็ก แบบ 2 มิติ ได้อย่างไร

แนวการตอบ



2) หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กอย่างไรเมื่อเทียบกับบริเวณที่ห่างออกไป (แนวการตอบ บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป)

3) ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กอย่างไร (แนวการตอบ บริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย)

4) จงบอกความหมายของฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux) (แนวการตอบ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา)

5) อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า (แนวการตอบ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density))

6) จงบอกความหมายของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density) (แนวการตอบ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก)

7) จงเขียนสมการหาขนาดแม่เหล็ก (แนวการตอบ $B = \frac{\emptyset}{A}$)

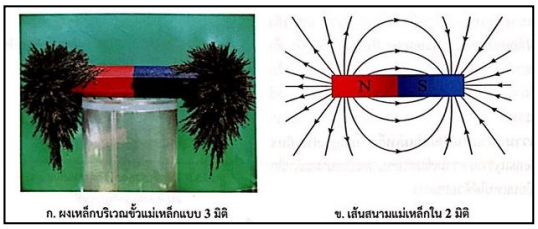
8) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ B มีหน่วยเป็น (แนวการตอบ เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m^2) หรือเทสลา (T))

9) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ $\emptyset$ คืออะไร และมีหน่วยเป็น (แนวการตอบ $\emptyset$ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb))

10) จากสมการหาขนาดแม่เหล็ก สัญลักษณ์ A คืออะไร และมีหน่วยเป็น (แนวการตอบ A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2))

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า เรื่อง ฟรักซ์แม่เหล็ก ดังนี้

- สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแท่งแม่เหล็กจะมีอยู่รอบแท่งแม่เหล็กเป็น 3 มิติ เมื่อให้ดึงดูดผงเหล็ก การเรียงตัวของผงเหล็ก สามารถเขียนแสดงได้ด้วยเส้นสนามแม่เหล็กที่เป็นเส้นโค้งชี้ออกจากขั้วเหนือไปขั้วใต้แบบ 2 มิติ



- หากพิจารณาความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็ก หรือจำนวนเส้นสนามแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็ก บริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป

- ความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กในบริเวณที่พิจารณา แสดงถึงความเข้มหรือขนาดสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของเส้นสนามแม่เหล็กมาก จะมีขนาดสนามแม่เหล็กมากด้วย

- ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ จำนวนเส้นสนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา และอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กต่อพื้นที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่า **ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)** คือ ความเข้มหรือขนาดของสนามแม่เหล็ก เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$B = \frac{\emptyset}{A}$$

โดย B คือ ขนาดสนามแม่เหล็ก (หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก)
มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m^2) หรือเทสลา (T)

$\emptyset$ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใดมีทิศทางเดียวกับทิศทางเส้นสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งนั้น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ตัวอย่างขนาดของสนามแม่เหล็กจากแหล่งต่างๆ แสดงดังตาราง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 11

ตาราง 15.1 สนามแม่เหล็กจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่ง	ขนาดสนามแม่เหล็ก (T)
แม่เหล็กโลก	2×10^{-5} - 6×10^{-5}
แม่เหล็กติดตู้เย็น	5×10^{-3} - 10×10^{-3}
แม่เหล็กนีโอไดเมียม	1.0 - 1.4
แม่เหล็กเครื่องเอ็มอารีไอ	0.5 - 3.0
แม่เหล็กตัวนำยวดยิ่ง	2 - 32

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

8.3 ใบความรู้ เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก 2) 1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก 3) แบบฝึกหัด 15.1 ข้อ 1-3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	สามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือ ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายเส้นสนามแม่เหล็ก อธิบายและคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งสังเกตและอธิบายสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงและโซเลนอยด์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทดลองและสังเกตสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ หาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้โดย ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวารอบ ลวดตัวนำเส้นตรง ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์หรือลวดตัวนำวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก หาทิศทางของสนามแม่เหล็กภายในโซเลนอยด์ได้โดยใช้มือขวาวนนิ้วทั้ง สี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

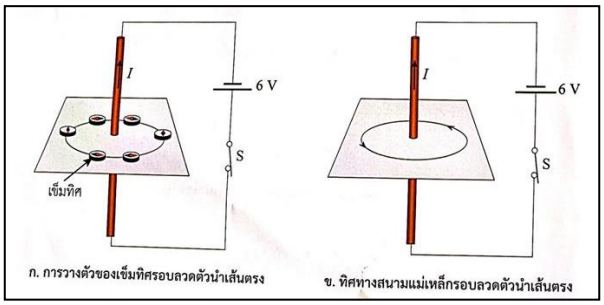
สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ในปี พศ. 2363 **ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans C. Oersted)** ชาวเดนมาร์กสังเกตเห็นเข็มทิศเบนไป เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่วางบนเข็มทิศ แสดงว่า กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ สนามแม่เหล็กที่ได้จากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่เออร์สเตดพบ รวมทั้งกรณีอื่น ๆ เช่น กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วง เรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์ (solenoid)

จากกิจกรรม 15.1 ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ ดังรูป 15.10

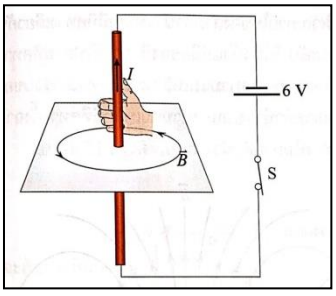
รูป 15.10 แนวการเรียงตัวของผงเหล็กรอบลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.11 ก. โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เส้นตรงมีทิศทาง ดังรูป 15.11 ข.



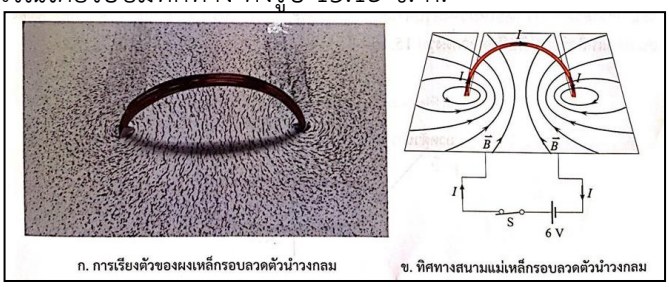
รูป 15.11 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำสันตรงเมื่อมีกระแลไฟฟ้าผ่าน

การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจาก กระแสไฟทำผ่านลวดตัวนำนตรทำได้โดยใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า จากนั้นกำมือขวารอบลวดตัวนำเส้นตรง ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.12



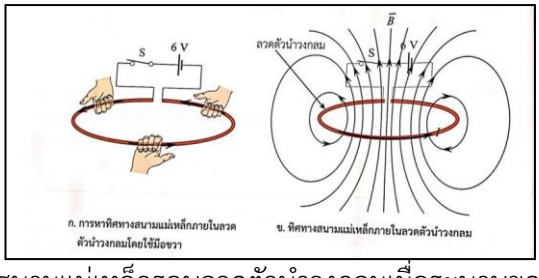
รูป 15.12 การหาทิศทางสนามแม่หล็กรอบเส้นสวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านโดยใช้มือขวา

กรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงรอบลวดตัวนำดังรูป 15.13 เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของ สนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง ดังรูป 15.13 ข. ก.



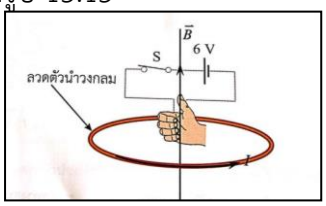
รูป 15.13 สนามแม่หล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากรูป 15.13 ข. จะเห็นว่าสนามแม่หล็กบริเวณภายในของลวดตัวนำวงกลมมีทิศทางเดียวกัน หากพิจารณากรณีตัวนำวงกลมอยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับ ใช้นิ้วหัวแม่มือของมือขวาชี้ไปตามทิศทาง ของกระแสไฟฟ้าของลวดตัวนำวงกลมในแต่ละส่วน จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามทิศทางการวนของ นิ้วทั้งสี่ ดังรูป 15.14 ก. จึงสรุปได้ว่าบริเวณพื้นที่ภายในขดลวดตัวนำวงกลมสนามแม่เหล็กมีทิศทางตั้งฉาก กับระนาบของลวดตัวนำ สามารถขียนเส้นสนามแม่หล็กภายในลวดตัวนำวงกลมได้ดังรูป 15.14 ข.



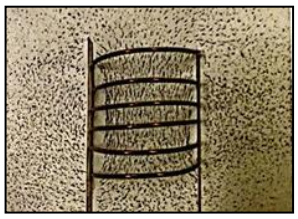
รูป 15.14 สนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำวงกลมเมื่อระนาบขดลวดอยู่ในแนวขนานกับระนาบระดับและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

นอกจากวิธีการข้างต้นอาจหาทิศทางของสนามแม่เหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง ดังนี้กำมือขวาบนระนาบขดลวดตัวนำ โดยให้นิ้วทั้งสี่วนตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปตามทิศทางของ สนามแม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่ขดลวด ดังรูป 15.15



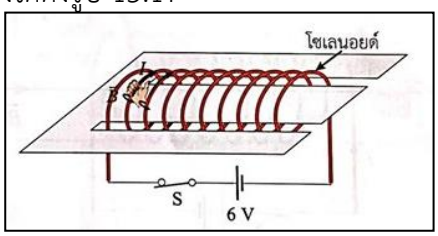
รูป 15.15 การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลมที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านอีกวิธีหนึ่ง

กรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์ จะสังเกตเห็นการเรียงตัวของผงเหล็ก มีลักษณะดังรูป 15.16



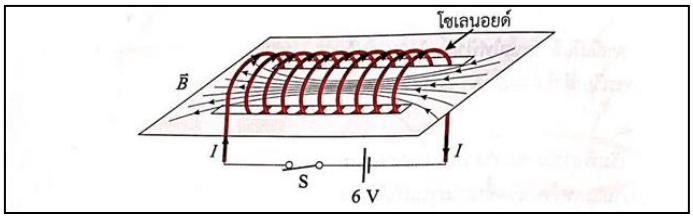
รูป 15.16 การเรียงตัวของผงเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

เริ่มพิจารณาขดลวดวงกลมสองวงของโซเลนอยด์ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นสามารถใช้มือขวาในการหาทิศทางได้ โดยใช้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางการวนของนิ้วทั้งสี่ จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก แสดงได้ดังรูป 15.17



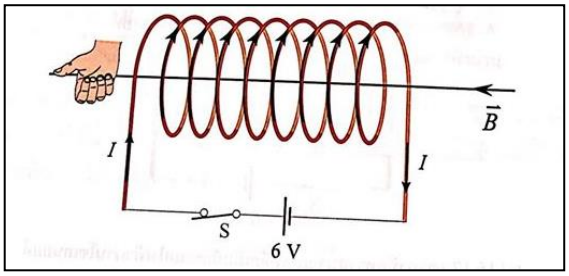
รูป 15.17 การหาทิศทางสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านโซเลนอยด์

จะเห็นว่าบริเวณภายในของขดลวดวงกลมวงที่อยู่ถัดกัน ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณขดลวดวงกลมซ้อนกันหลายวง สนามแม่เหล็กจึงรวมกันทำให้เกิดสนามเหล็กบริเวณแกนของโซเลนอยด์มีขนาดมากกว่าบริเวณอื่น ทิศทางสนามแม่เหล็กด้านอกโซเลนอยด์จะมีทิศทางออกจากปลายด้านหนึ่ง และเข้าสู่ปลายอีกด้านหนึ่งตามแกนโซเลนอยด์ มีลักษณะคล้ายกับสนามแม่เหล็กจากแห่งแม่เหล็ก จึงสรุปได้ว่าโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน สามารถเขียนเส้นสนามแม่เหล็กได้ ดังรูป 15.18



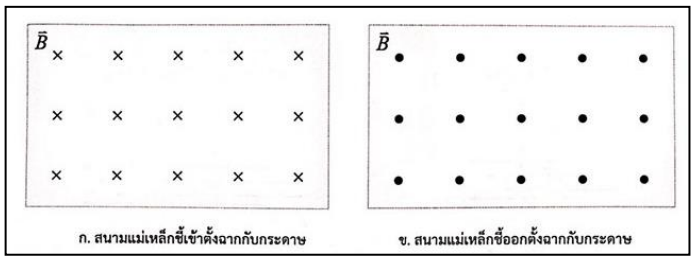
รูป 15.18 เส้นสนามแม่เหล็กของโซเลนอยด์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กในแนวแกนของโซเลนอยด์ อีกวิธีหนึ่งคล้ายกับการหาทิศทาง ของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลม โดยใช้มือขวาวนนิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟที่ผ่านลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.19



รูป 15.19 การหาทิศทางสนามแม่หล็กของโซเลนอยต์โดยใช้มือขวา

การเขียนทิศทางของสนามแม่เหล็กนอกจากการเขียนเส้นลูกศรแสดงทิศทางแล้ว ยังใช้สัญลักษณ์ X แสดงสนามแม่หล็กที่ชี้เข้าตั้งฉากกับกระดษ ดังรูป 15.20 ก. และใช้สัญลักษณ์ • แสดง สนามแม่เหล็กที่ชี้ออกตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป 15.20 ข.



รูป 15.20 การใช้สัญลักษณ์ X และ • แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็ก

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.2 เรื่อง ฟลักซ์แม่เหล็ก

1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยนำรูปนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งให้นักเรียนศึกษา พร้อมตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ

คำถาม นักวิทยาศาสตร์คนนี้ชื่อว่าอะไร

แนวการตอบ ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด

คำถาม นักวิทยาศาสตร์คนนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอะไร

แนวการตอบ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วง เรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก เรียกว่า โซเลนอยด์ (solenoid) มีลักษณะอย่างไร

2) วางเข็มทิศบนพื้นราบ เข็มทิศจะวางตัวอย่างไร (แนวการตอบ เข็มทิศจะวางตัวในแนวเหนือใต้)

3) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำมีลักษณะอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
เพราะเหตุใด

2) แนวการเรียงตัวของผงเหล็กของสามกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

(แนวการตอบ แตกต่างกันโดย

- กรณีลวดตัวนำเส้นตรงผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด
- กรณีลวดตัวนำวงกลมบริเวณใกล้ ๆ ลวดตัวนำ ผงเหล็กจะเรียงตัวเป็นวงกลมรอบเส้นลวด คล้ายกรณีลวดตัวนำเส้นตรง แต่บริเวณกึ่งกลางของลวดตัวนำวงกลม ผงเหล็กมีการเรียงตัว ตั้งฉากกับระนาบลวดตัวนำวงกลม
- กรณีโซเลนอยด์ บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก)

3) ขณะไม่มีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ การวางตัวของเข็มทิศต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แนวการตอบ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เข็มทิศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ วางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน (ในแนวสนามแม่เหล็กโลก) ส่วนกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะเห็นเข็มทิศ แต่ละตำแหน่งเบนไปจากแนวเดิม)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ดังนี้

ในกรณีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง แล้วโรยผงเหล็กรอบ ๆ จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงกลมรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศมาวางรอบลวดตัวนำเส้นตรงตามการเรียงตัวของผงเหล็ก จะทราบทิศทางของสนามแม่เหล็ก โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ เส้นตรงมีทิศทางกรณีลวดตัวนำวงกลม เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำวงกลม จะสังเกตเห็นผงเหล็กเรียงตัวเป็นวงรอบลวดตัวนำ เมื่อนำเข็มทิศวางรอบเส้นลวดตัวนำทั้งสองข้าง จะได้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก บริเวณโดยรอบมีทิศทาง กรณีโซเลนอยด์บริเวณภายในโซเลนอยด์ผงเหล็กมีการเรียงตัวอยู่ในแนวแกนโซเลนอยด์ ภายนอกรอบ ๆ โซเลนอยด์ ผงเหล็กจะเรียงตัวคล้ายกับการเรียงตัวของผงเหล็กรอบแท่งแม่เหล็ก

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก และการหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 18-23

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชวนคิด หน้า 19

- จากรูป 15.11 เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางอย่างไร

แนวคำตอบ สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กก่อนกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า เช่น จากรูป 15.11 สนามแม่เหล็กมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าสนามแม่เหล็กจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา หากกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

4.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวการเรียงตัวของผงเหล็ก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 18-20

4.4 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.1

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามแม่เหล็ก

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้าน ความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้

2) นักเรียนอธิบายรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

2) นักเรียนคำนวณหารัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า +q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะมีขนาดของแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ตามสมการ $F = qvBsin\theta$ ทิศทางของแรงแม่เหล็ก หาได้โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้ววนนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็กนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงแม่เหล็กซึ่งตั้งฉากกับความเร็วและสนามแม่เหล็ก หากเป็นประจุลบแรงที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศทางตรง

ข้ามกับทิศทางของนิ้วหัวแม่มือ กรณีที่อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็กโดยทิศทางความเร็วของอนุภาคตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก
อนุภาคจะเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก โดยมีรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ r ตามสมการ $r = \frac{mv}{qB}$

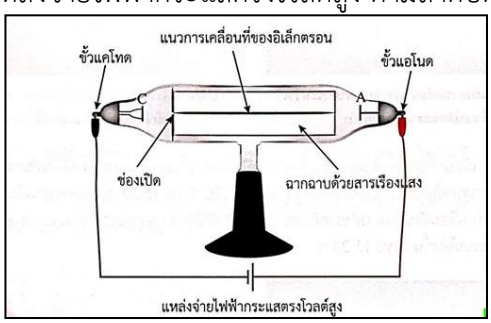
5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แรงแม่หล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟอยู่ในสนามไฟฟ้า จะเกิดแรงไฟกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้านั้น หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น

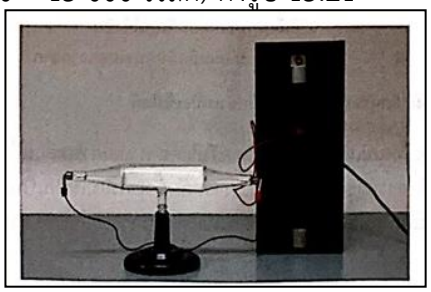
หลอดรังสีแคโทดเป็นหลอดสุญญากาศชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยขั้วแคโทดและขั้วแอโนด สำหรับ
ต่อเข้ากับขั้วลบและขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ตามลำดับดังรูป



รูป ตัวอย่างหลอดรังสีแคโทด

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงเข้ากับขั้วแคโทดและแอโนด ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากแผ่นแคโทด C เคลื่อนที่ผ่านฉากที่ฉาบด้วย**สารเรืองแสง (phosphor)** ไปยังแผ่นแอโนด A ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแผ่นแคโทด C ทำให้ปรากฏเป็นแนวสว่างขึ้น เรียกว่า **แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน**

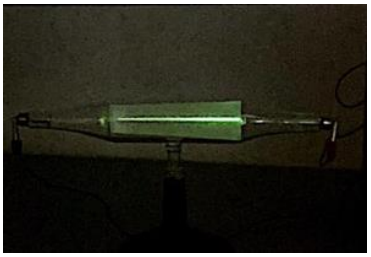
ต่อขั้วแคโทดของหลอดรังสีแคโทดเข้ากับขั้วลบ และต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่าย
ไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง (12 000 – 15 000 โวลต์) ดังรูป 15.21



รูป 15.21 การจัดอุปกรณ์

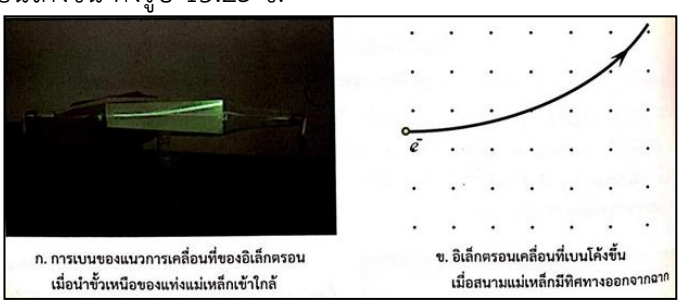
เปิดสวิตซ์ให้เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงทำงาน สังเกตผลที่เกิดขึ้นในกรณีนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและในกรณีสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นขั้วใต้

จากสถานการณ์ข้างต้น เมื่อเปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง หลอดรังแคโทดทำงาน จะเห็นแนวสว่างหรือแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นเส้นตรงเกิดขึ้นระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนดดังรูป 15.22



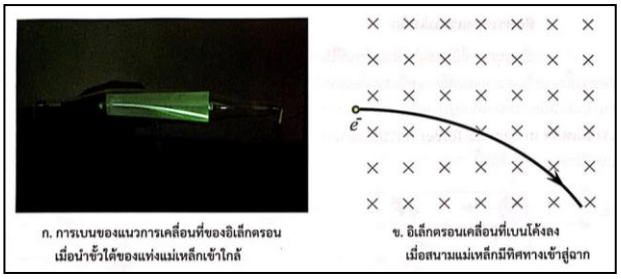
รูป 15.22 แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด

เมื่อนำขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้ในทิศทางตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จะเห็นว่าแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเบนไปจากแนวเดิม ดังรูป 15.23 ก. อิเล็กตรอนเป็นอนุภาค ประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีทิศทางออกจากฉาก แนวการเคลื่อนที่ อิเล็กตรอนจะเบนโค้งขึ้น ดังรูป 15.23 ข.



รูป 15.23 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วเหนือเข้าใกล้

เมื่อสลับขั้วแท่งแม่เหล็ก โดยนำขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กเข้าใกล้หลอดรังสีแคโทด แนวการเคลื่อนที่
ของอิเล็กตรอนจะเบนจากแนวเดิมในทิศทางเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ก. การสลับขั้วแท่งแม่เหล็กเป็นการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่หล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางเข้าสู่ฉาก ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของ
อิเล็กตรอนเบนโค้งลง ดังรูป 15.24 ข.

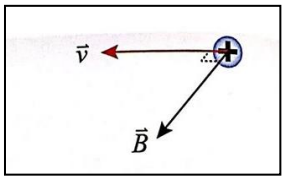


รูป 15.24 การเบนของแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำแม่เหล็กขั้วใต้เข้าใกล้

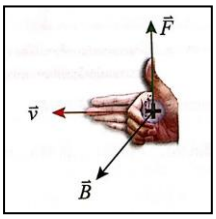
การที่อิเล็กตรอนภายในหลอดรังสีแคโทดเคลื่อนที่เบนโค้งในสนามแม่เหล็ก แสดงว่ามีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอน

ทิศทางของแรงแม่เหล็ก

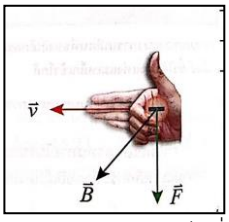
เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้น หรือเรียกว่า **แรงแม่เหล็ก (magnetic force)** พิจารณาทิศทางและขนาดของแรงได้ดังนี้



ก.อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก



ข.ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก โดยใช้มือขวา



ค.ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ โดยใช้มือขวา

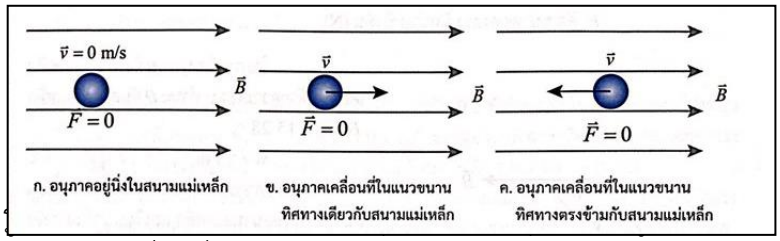
รูป 15.25 การหาทิศทางของแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

ทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ($\vec{v}$) ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ดังรูป 15.25 ก. หาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคโดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของความเร็ว แล้ววนนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือ จะชี้ทิศทางของแรง ($\vec{F}$) ดังรูป 15.25 ข.

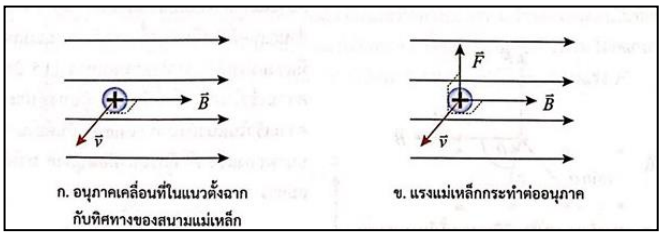
สำหรับการหาทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ ยังคงใช้มือขวา ในการหาทิศทางของแรง $\vec{F}$ ได้ แต่ทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศของนิ้วหัวแม่มือ ดังรูป 15.25 ค.

ขนาดของแรงแม่เหล็ก

สำหรับอนุภาคที่มีประไฟฟ้าแต่อยู่นิ่ง ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ก. หรือเคลื่อนที่ในแนวขนานกันทิศทางสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.26 ข. และ 15.26 ค. ตามลำดับ จะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำกับอนุภาคนั้น



เคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์



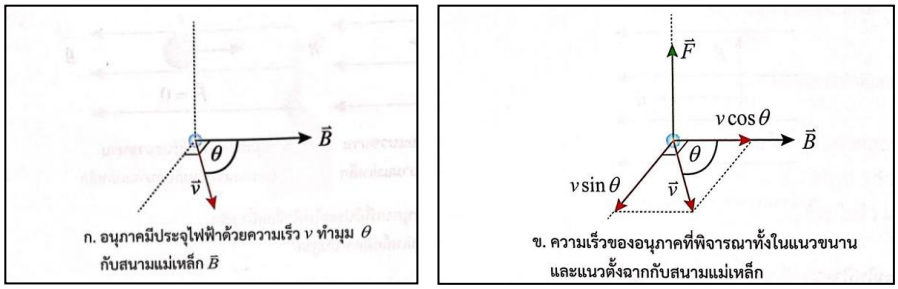
รูป 15.27 แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

แต่ในกรณีอนุภาคเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.27 ก. จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ดังรูป 15.27 ข. โดยขนาดแรงแม่เหล็กหาได้จากสมการ

$$F = qvB$$

เมื่อ	F	คือ	ขนาดของแรง	มีหน่วย นิวตัน (N)
	q	คือ	ขนาดของประจุไฟฟ้า	มีหน่วย คูลอมบ์ (C)
	v	คือ	ขนาดของความเร็ว	มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)
	B	คือ	ขนาดของสนามแม่เหล็ก	มีหน่วย เทสลา (T)

ในกรณีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ดังรูป15.28 ก. พิจารณาได้ว่าอนุภาคนี้มีองค์ประกอบความเร็วของการเคลื่อนที่ทั้งในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก และในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กพร้อมกัน ดังรูป 15.28 ข.



รูป 15.28 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

การเคลื่อนที่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กจะไม่มีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาค ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำตามสมการ $F = qvB$ โดยความเร็วในสมการนี้มีค่าเท่ากับองค์ประกอบความเร็วในแนวตั้งฉาก ($vsin\theta$) นั่นคือในกรณีนี้ขนาดของแรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่ออนุภาค หาได้จากสมการ

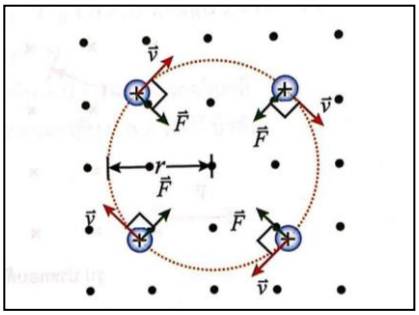
$$F = q(vsin\theta)B$$
$$F = qvBsin\theta$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างความเร็ว v ของอนุภาคกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$

การเคลื่อนที่ของนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคดังกล่าว หากความเร็วของอนุภาคนี้มีทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กตลอดเวลา อนุภาคจะมีการเคลื่อนที่เป็นแบบใด พิจารณาได้ดังนี้

เมื่ออนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวก q มวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ แรงแม่เหล็ก $\vec{F}$ ที่เกิดขึ้นมีทิศทางตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลา ทำให้อนุภาคมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.29



รูป 15.29 อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่แบบวงกลมในสนามแม่เหล็ก

พิจารณารัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลม (r) ของอนุภาคมีประจุไฟฟ้าได้ดังนี้ แรงแม่เหล็กตั้งฉากกับความเร็วตลอดเวลาและทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง จะได้

$$F = F_c$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \qquad \text{หรือ} \qquad r = \frac{mv}{qB}$$

เมื่อ r คือ รัศมีการเคลื่อนที่แบบวงกลมของอนุภาคมวล m ที่มีประจุไฟฟ้า q

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อ 15.1.3 เรื่อง สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ

1.2 ครูทบทวนเกี่ยวกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้าจะมีแรงเนื่องจากสนามไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาค

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กและไม่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้นหรือไม่ อย่างไร

2) ลักณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูสาธิตการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็กด้วยหลอดรังสีแคโทด ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน (หรือเปิดคลิปวีดีโอ) จากนั้นให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

2.2 นักเรียนตอบคำถาม จำนวน 2 ข้อ ดังนี้ลงในสมุดของตนเอง

1) จากการสาธิต เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

2) จากการสาธิต เมื่อมีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหา ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 27-36 จนได้สมการต่าง ๆ

2.4 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.3 15.4 และ 15.5 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

2.5 นักเรียนทำคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 ลงในสมุดของตนเอง

2.6 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการสาธิต เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็น แนวเส้นตรง แสดงว่าไม่มีแรงกระทำต่ออิเล็กตรอน)

2) จากการสาธิต เมื่อมีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

(แนวการตอบ เมื่อมีสนามแม่เหล็ก โดยนำขั้วเหนือหรือขั้วใต้ของแท่งแม่เหล็กใกล้กับแนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในทิศทางตั้งฉาก แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเบนตรงข้ามกัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชวนคิด หน้า 29 และ 35

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกต หน้า 30 กับ 33

4.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนที่เป็นเกลียวของอนุภาคที่มีประจุบวก ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 38

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

8.3 อินเทอร์เน็ต

8.4 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กได้ 2) นักเรียนอธิบายรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 2) นักเรียนคำนวณหารัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.2 3) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน 3 หมายถึง ระดับดีมาก

คะแนน 2 หมายถึง ระดับดี

คะแนน 1 หมายถึง ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทำกิจกรรมและสังเกตแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้

2) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

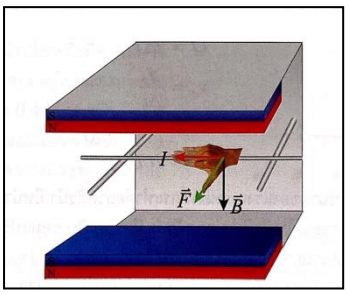
ลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่าน I วางทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ โดยมีความยาวของลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับลวดตัวนำด้วยขนาด $F = ILBsin\theta$ หาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา ชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า แล้ววนนิ้วทั้งสี่ปาหาทิศทางสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงซึ่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากกิจกรรม 15.2 พบว่า เมื่อลวดตัวนำเส้นตรงมีกระแสไฟฟ้าผ่านขณะอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนั้น และเมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าหรือทิศทางของสนามแม่เหล็กพบว่าแรงกระทำจะกลับทิศทางด้วย แสดงว่าแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำมีความสัมพันธ์กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก หาทิศทางของแรงได้โดยใช้มือขวาชี้นิ้วทั้งสี่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า I แล้ววนนิ้วทั้งสี่ไปหาทิศทางสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรง $\vec{F}$ ดังรูป 15.30



รูป 15.30 ทิศทางของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และแรงกระทำต่อลวดตัวนำ

จากแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงดังกล่าว พิจารณาขนาดของแรงได้ ดังนี้

- กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเส้นตรงเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระด้วยความเร็วลอยเลื่อน v_d ดังนั้นเมื่อลวดตัวนำวางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e เหล่านี้ตามสมการ

$$F_e = ev_dB$$

เมื่อ F_e คือ แรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระประจุ e

พิจารณาตลอดความยาวลวดมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวน N อนุภาคอยู่ภายในลวดตัวนำ ดังนั้นขนาดแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อลวดตัวนำเท่ากับผลรวมแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระ N อนุภาค ตามสมการ

$$F = Nev_dB$$

แทนค่า $Q = Ne$ ในสมการนี้จะได้

$$F = Qv_dB$$

ถ้าประจุไฟฟ้า Q เคลื่อนที่ผ่านภาคตัดขวางของลวดตัวนำในเวลา Δt เป็นระยะทางเท่ากับความยาวลวดตัวนำ L ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จากนิยามของกระแสไฟฟ้า เขียนได้ว่า

$$Q = I\Delta t$$

และ $$v_d = \frac{L}{\Delta t}$$

จะได้ $$F = (I\Delta t)\left(\frac{L}{\Delta t}\right)B$$

$$F = ILB$$

เมื่อ F คือ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

L คือ ความยาวลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เมตร (m)

B คือ ขนาดของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T)

พิจารณาทำนองเดียวกันกับกรณีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ไม่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้า q ตามสมการ $F = qvBsin\theta$ จะนำมาใช้หาแรงกระทำต่อลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขณะลวดตัวนำวางตัวในแนวทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ เป็นไปตามสมการ

$$F = ILBsin\theta$$

โดย θ คือ มุมระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในเรื่อง ทิศทางของแรงแม่เหล็ก โดยใช้มือขวา ขนาดของแรงแม่เหล็ก และการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ถ้านำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไปไว้ในสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำนั้น หรือไม่ อย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
เพราะเหตุใด

2) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจาก B ไป A สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด (แนวการตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ออกจากแม่เหล็กรูปตัวยู)

3) กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงมีทิศทางจากA ไป B สนามแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ไปทางใด (แนวการตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่เข้าหาแม่เหล็กรูปตัวยู)

4) ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงหรือไม่อย่างไร (แนวการตอบ มีผล เพราะ เมื่อกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม)

5) เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กรูปตัวยู สนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางใด และลวดตัวนำ
เคลื่อนที่อย่างไร เมื่อเทียบกับตอนแรก (แนวการตอบ เมื่อกลับขั้วของแม่เหล็กรูปตัวยู สนามแม่เหล็กมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม มีผล ทำให้ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก)

6) ทิศทางของสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ มีผล เพราะเมื่อกลับทิศทางของสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำเส้นตรงจะมีทิศทางตรงข้าม)

7) เพราะเหตุใดเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงจึงเคลื่อนที่ได้ (แนวการตอบ เพราะมีแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดตัวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก)

8) ในแต่ละกรณี ลวดตัวนำเส้นตรงเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็กหรือไม่ (แนวการตอบ ลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็ก)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ดังนี้

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรงที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำ โดยทิศทางของแรงที่กระทำกับลวดตัวนำขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและ ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งหาทิศทางของแรงได้โดยใช้มือขวา

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงจนได้สมการที่เกี่ยวข้อง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 41-42

4.2 ครูอธิบายโจทย์ตัวอย่าง 15.6 และ 15.7 อย่างละเอียด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3 ลงในสมุด

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

8.3 ใบความรู้ เรื่อง สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1) นักเรียนทำกิจกรรมและสังเกตแรงกระทำต่อลวดตัวนำเส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กได้ 2) นักเรียนคำนวณหาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) ตรวจสมุดในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2) ตรวจสมุดในการทำแบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 3) แบบฝึกหัด 15.2 ข้อที่ 3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน
	1	แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง

ด้าน คุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

หมายเหตุ หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

2. อธิบายและคำนวณแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก รัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่เมื่อประจุเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนาคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการต่อเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

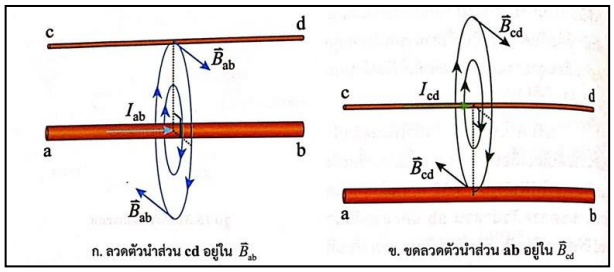
ลวดตัวนำสองเส้นวางขนานกัน จะมีแรงกระทำระหว่างลวดตัวนำทั้งสองเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยดึงดูดกันถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน แต่ผลักกัน ถ้ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

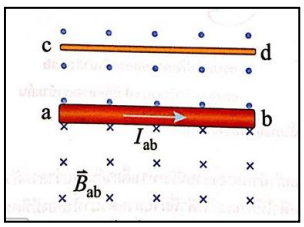
แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

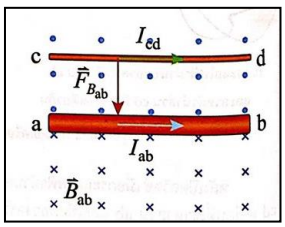
กรณีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด ab ($\vec{B}_{ab}$) และขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำส่วน cd ($\vec{B}_{cd}$) ดังรูป 15.33 ก. และ 15.33 ข. ตามลำดับ



รูป 15.33 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd

ลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.34 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ กระทำต่อลวดตัวนำ ทิศทางของแรงหาได้โดยใช้มือขวา ดังรูป 15.34 ข.

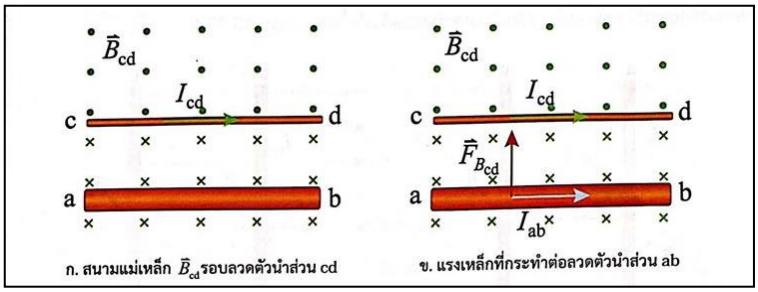




ก. สนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ รอบขดลวดตัวนำส่วน ab ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd

รูป 15.34 แรงแม่เหล็กเนื่องจากสนามแม่เหล็กของขดลวดตัวนำส่วน abที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วนcd

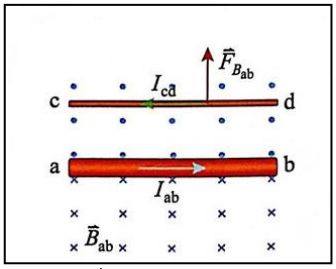
ในทำนองเดียวกัน ขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}_{ab}$ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_{cd} ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ก. เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{ab} ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab จะเกิดแรงแม่เหล็ก $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ดังรูป 15.35 ข.

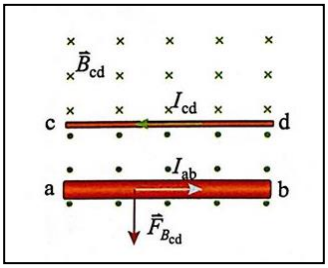


รูป 15.35 แรงแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำส่วน cd ที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางเข้าหากัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศลงเข้าหาขดลวดตัวนำส่วน ab

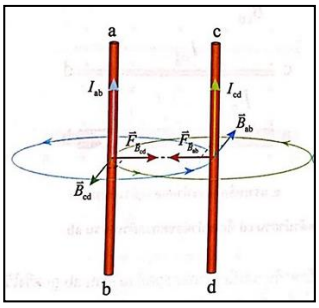
กรณีกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ให้มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab หลังเปิดสวิตช์ พิจารณาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทำนองเดียวกับกรณีข้างต้นจะได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.36 ก. และ 15.36 ข. ตามลำดับ

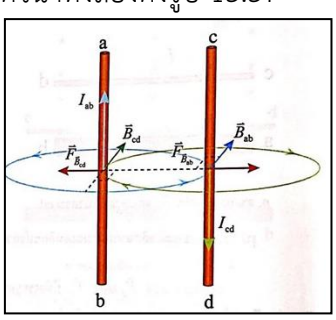




ก. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd ข. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab

รูป15.36 แรงแม่เหล็กที่กระทำลวดตัวนำทั้งสอง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางตรงข้ามกัน จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศขึ้นออกจากขดลวดตัวนำส่วน ab จึงสรุปได้ว่า ถ้าวางลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37 ก. แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางของตรงข้ามกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37





ก. แรงดึงดูด เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นในทิศทางเดียวกัน

ข. แรงผลัก เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นในทิศทางตรงข้ามกัน

รูป 15.37 แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่วางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมในเรื่อง ทิศทางของแรงรอบลวดตัวนำ เส้นตรงที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม

1) หากมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำสองเส้นที่อยู่ใกล้กันและขนานกันจะเกิดอะไรขึ้นระหว่างลวดตัวนำทั้งสอง

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูใช้สถานการณ์หรืออาจสาธิตเครื่องชั่งกระแสที่ประกอบด้วยขดลวดตัวนำและลวดตัวนำเส้นตรงวางขนานกันหรือการสาธิตเครื่องชั่งกระแส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนประกอบการจัดการเรียนรู้

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

2.3 นักเรียนทุกคนทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

2.4 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ จำนวน 2 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมของตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการสาธิตเครื่องชั่งกระแส กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ ab และลวดตัวนำ cd มีทิศทางเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองเกิดแรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าอย่างไร (แนวการตอบ ลวดตัวนำ เส้นตรงสองเส้นวางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางเดียวกันจะมีแรงดึงดูดกัน)

2)จากการสาธิตเครื่องชั่งกระแสกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำabและลวดตัวนำ cd มีทิศทางข้ามกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองเกิดแรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าอย่างไร (แนวการตอบ ลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นวางขนานกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางตรงข้ามกันจะมีแรงผลักกัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า ดังนี้

กรณีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ โดยลวดตัวนำส่วน cd อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด ab ($\vec{B}_{\mathbf{ab}}$) และขดลวดตัวนำส่วน ab อยู่ในสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดตัวนำส่วน cd ($\vec{B}_{\mathbf{cd}}$) ดังรูป 15.33 ก. และ 15.33 ข. ตามลำดับ

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางเข้าหากัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศลงเข้าหาขดลวดตัวนำส่วน ab

กรณีกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำส่วน cd ให้มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab หลังเปิดสวิตซ์ พิจารณาแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทำนองเดียวกับกรณีข้างต้นจะได้ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำส่วน ab และลวดตัวนำส่วน cd ในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน cd และแรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำส่วน ab ดังรูป 15.36 ก. และ 15.36 ข. ตามลำดับ

จะเห็นว่าแรง $\vec{F}_{\vec{B}_{ab}}$ และ $\vec{F}_{\vec{B}_{cd}}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน แต่เนื่องจากขดลวดตัวนำส่วน ab ถูกตรึงไว้กับกล่องจึงทำให้สังเกตเห็นเฉพาะลวดตัวนำส่วน cd เคลื่อนที่ในทิศขึ้นออกจากขดลวดตัวนำส่วน ab จึงสรุปได้ว่า ถ้าวางลวดตัวนำเส้นตรงสองเส้นขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้งสองในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37 ก. แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทางของตรงข้ามกัน จะเกิดแรงผลักระหว่างลวดตัวนำทั้งสองดังรูป 13.37

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูถามคำถามตรวจสอบความเข้าใจ ข้อ 5. ในหนังสือเรียน หน้า 50 พร้อมเฉลยให้นักเรียนทราบ

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบฝึกหัด 15.2 ข้อ 4 ในหนังสือเรียน หน้า 52

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

5.2 นักเรียนส่งสมุดในการตอบคำถาม

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กขณะมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

8.3 ใบความรู้ เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแรงระหว่างเส้นลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้	1) ตรวจสมุดในการตอบคำถาม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามจำนวน 2 ข้อ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพการต่อเครื่องชั่งกระแสกับวงจรไฟฟ้าได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า 2) ตรวจสมุดในการตอบคำถาม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า 3) คำถามจำนวน 3 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แรงระหว่างลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ตอบคำถามได้ถูกต้อง จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้อง จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	3	เขียนแผนภาพได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	เขียนแผนภาพได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	เขียนแผนภาพ แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

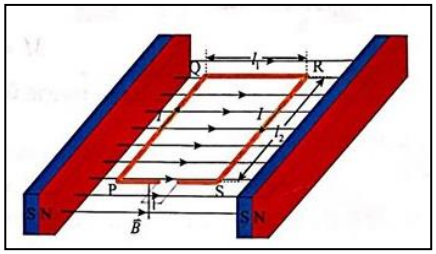
เมื่อนำขดลวดตัวนำจำนวน N รอบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A วางในสนามแม่เหล็ก และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านโดยระนาบของขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก B จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด มีขนาดเป็น$M = NIABcos\theta$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

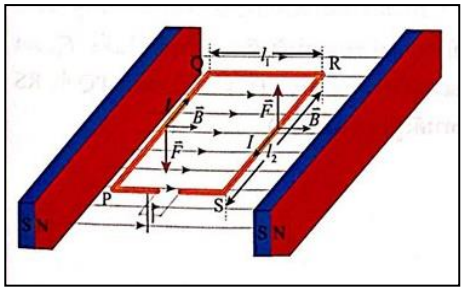
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

พิจารณาขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยม มุมฉาก (PQRS) วางให้ระนาบขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก($\vec{B}$) สม่ำเสมอ มีความยาวด้าน PS = QR = l_1 และความยาวด้าน PQ = RS = l_2 เมื่อให้กระแสไฟฟ้า (I) ผ่านขดลวดในทิศทาง P -> Q -> R -> S ดังรูป 15.38



รูป 15.38 ทิศทางที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ

พิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วนดังนี้ ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้ ส่วนด้าน PQ และ RS เป็นด้านที่กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จึงเกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสอง มีขนาดเท่ากัน โดยขนาดของแรงหาได้จากสมการ $F = Il_2B$



รูป 15.39 ทิศทางของแรงกระทำต่อขดลวดตัวนำ ขณะระนาบขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็ก

ในการหาทิศทางของแรง โดยใช้มือขวา พบว่าแรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS ดังรูป 15.39 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงคู่ควบ ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ

$$M_c = Fl$$

เมื่อ M_c คือ โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

F คือ ขนาดของแรงคู่ควบ

l คือ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง

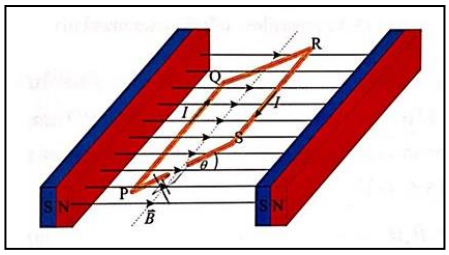
แทนค่า F จากสมการ $F = Il_2B$ และแทน l ด้วย ในสมการ $M_c = Fl$ จะได้โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

$$M = (Il_2B)\, l_1$$

กำหนดให้ A เป็นพื้นที่ของขดลวด มีค่าเท่ากับ $l_1 l_2$ เขียนสมการขนาดโมมนต์ของแรงคู่ควบได้เป็น

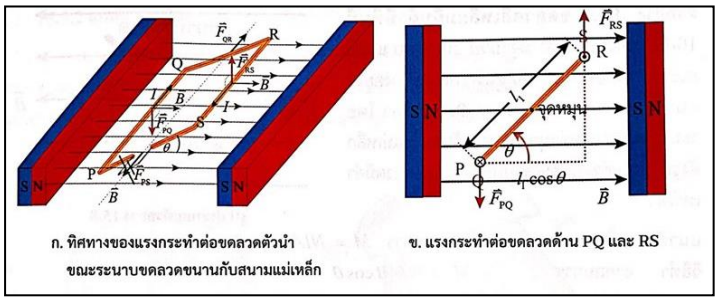
$$M = IAB$$

ถ้าวางขดลวดตัวนำสี่เหลี่ยมมุมฉาก (PQRS) ให้ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) มีด้าน PS และ QR ทำมุม θ กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.40



รูป 15.40 ระนาบขดลวดทำมุม θ กับสนามแม่เหลีก

พิจารณาด้าน PS กับ QR พบว่ามีแรงกระทำขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน คือ F_{PS} และ F_{QS} และอยู่ในแนวเดียวกัน ทำให้โมมนต์ของแรงคู่นี้เป็นศูนย์ดังรูป 15.41 ก. ส่วนด้าน PQ กับ RS จะมีแรงคู่ควบกระทำ ได้แก่ F_{PQ} และ F_{RS} มีทิศทางดังรูป 15.41 ข.



รูป 15.41 ขดลวดตัวนำเหลี่ยมฉากเอียงทำมุมกับสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

โดยขนาดของแรงเท่ากับ Il_2B และระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสองเท่ากับ $l_1 cos\ \theta$ จากสมการ $M_c = Fl$ จะได้ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = (Il_2B)l_1 cos\ \theta$$
$$M = IABcos\ \theta$$

ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็นจำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ จะได้ขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด ตามสมการ

$$M = NIABcos\ \theta$$

เมื่อ θ คือ มุมระหว่างระนาบขดลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

ในกรณีที่พื้นที่ของขดลวดเป็นขดลวดระนาบรูปทรงอื่น เช่น ขดลวดระนาบรูปวงกลมโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดยังคงหาได้จากสมการ $M = NIABcos\ \theta$

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการหาคำตอบ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับ การเกิดแรงแม่เหล็กเมื่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ ดังนี้

1) หากเปลี่ยนลวดตัวนำเส้นตรงเป็นขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำจะมีผลอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ ในหนังสือเรียน หน้า 53-55

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.8 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 56

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 2 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2 หน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก (แนวการตอบ กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก)

2) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PS และ QR กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PS และ QR หรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ ทำให้ไม่มีแรงกระทำต่อด้านทั้งสองนี้)

3) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำอยู่ในทิศทางอย่างไรกับสนามแม่เหล็ก (แนวการตอบ กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก)

4) ถ้าพิจารณาแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดแต่ละส่วน ด้าน PQ และ RS กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดอยู่ในทิศตั้งฉากขนานกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงกระทำต่อด้าน PQ

และ RS หรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ เกิดแรงกระทำต่อด้านทั้งสอง มีขนาดเท่ากัน)

5) จากข้อ 3) ขนาดของแรงหาได้จากสมการ (แนวการตอบ $F = Il_2 B$)

6) แรงที่กระทำต่อด้าน PQ มีทิศทางตรงข้ามกับแรงที่กระทำต่อด้าน RS จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อด้านทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้ามกัน และขนานกันจึงเป็นแรงที่เรียกว่า (แนวการตอบ แรงคู่ควบ)

7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบหาขนาดได้จากสมการ (แนวการตอบ $M_c = Fl$)

8) สัญลักษณ์ F ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร (แนวการตอบ ขนาดของแรงคู่ควบ)

9) สัญลักษณ์ l ในสมการข้อ 7) หมายถึงอะไร (แนวการตอบ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง)

10) **“ในกรณีขดลวดตัวนำจำนวน N รอบ จะทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดเป็น จำนวน N เท่าของขดลวด 1 รอบ”** จากข้อความดังกล่าวสามารถหาขนาดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดได้สมการใด (แนวการตอบ $M = NIABcos\ \theta$)

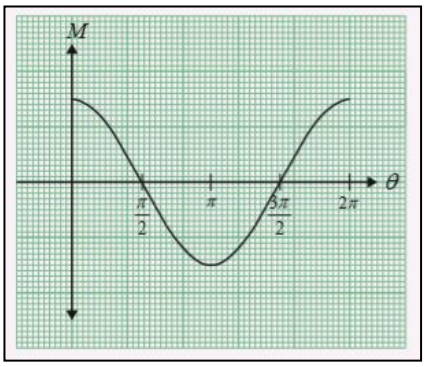
3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ จนได้สมการต่างๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดกับมุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็ก ดังนี้

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดกับมุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็ก ตามสมการ $M = NIABcos\theta$ โดยให้แกน y เป็นโมเมนต์ของแรงคู่ควบและแกน x คือ มุมที่ระนาบขดลวดทำกับสนามแม่เหล็กจะได้กราฟความสัมพันธ์ $y = kcosx$

เมื่อ $k = NIAB$ เป็นค่าคงตัว y เป็น M และ x เป็น θ ดังรูป



ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ 3) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ควบ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ

	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้าน กระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้าน คุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

3. อธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ
ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

2) นักเรียนสามารถทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

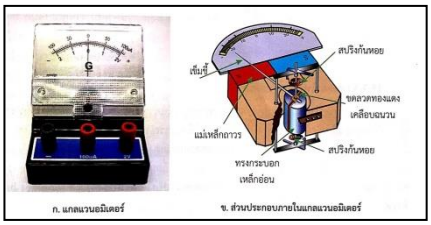
แกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และหมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป และมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงเป็นเครื่องมือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่กับแกนซึ่ง หมุนได้คล่องและอยู่ในสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะหมุนต่อเนื่องรอบแกน การทำงานแกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้าใช้หลักโมเมนต์แรงคู่ควบของขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าผ่าน

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer)

แกลแวนอมิเตอร์เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ดังรูป 15.42 ก. ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่องทำให้ขดลวดหมุนรอบทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงก้นหอย ดังรูป 15.42 ข.

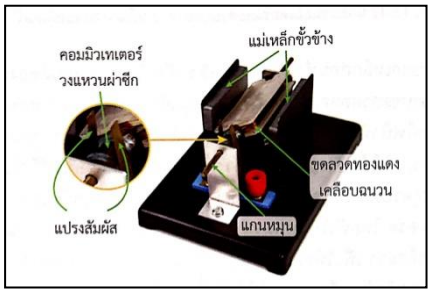


รูป 15.42 แกลแวนอมิเตอร์และส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์

ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็ก (ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด) ตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา จึงทำให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบจากกระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ขดลวดจะหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป และแกนหมุนทำให้สปริงก้นหอยบิดตัว จนกระทั่งโมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริงก้นหอยเท่ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด ขดลวดและเข็มชี้จะหยุดนิ่ง มุมที่เข็มชี้เบนไปจึงขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด โดยทั่วไปแกลแวนอมิเตอร์มีวัตถุประสงค์ให้มีความไวต่อกระแสไฟฟ้าจึงใช้เส้นลวดที่มีขนาดเล็กมาก เพื่อให้ขดลวดมีน้ำหนักน้อย และสปริงก้นหอยที่มีค่าคงตัวสปริงน้อย ๆ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เข็มชี้เบนได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

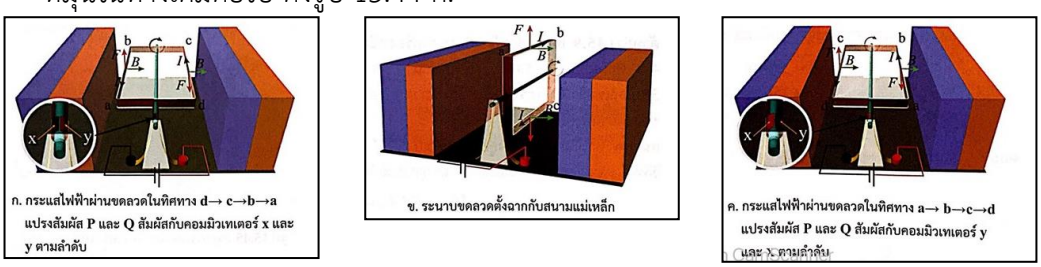
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแก่นหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ **คอมมิวเทเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush)** ดังรูป 15.43



รูป 15.43 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำในทิศทาง d -> c -> b -> a จะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบหมุนขดลวดรอบแกนหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังรูป 15.44 ก. เมื่อขดลวดหมุนไปจนระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.44 ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเป็นศูนย์ แต่เนื่องจากความเฉื่อยจึงทำให้ขดลวดหมุนต่อไป โดยแปรงสัมผัส P และ Q จะเปลี่ยนจาก

สัมผัสคอมมิวเทเตอร์ x และ y ไปสัมผัสกับคอมมิวเทเตอร์ y และ x ทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีทิศทาง a -> b -> c -> d โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นในขณะนี้ จะทำให้ขดลวดหมุนในทางเดิมต่อไป ดังรูป 15.44 ค.



รูป 15.44 แรงกระทำต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จะเห็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแตรงนี้มีขดลวดเพียงระนาบเดียว จึงใช้คอมมิวเทเตอร์ 1 คู่ ถ้าพิจารณาในขณะที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบจะมีค่าเป็นศูนย์ (ตามสมการ

$M = NIABcos\,\theta$ เพราะ $\mathbf{COS}\ 90^{\circ}$ = 0) แต่ขดลวดจะหมุนต่อไปได้อีกเนื่องจากความเฉื่อย ดังนั้นตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจึงเป็นตำแหน่งที่มอเตอร์ไม่มีโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำ เพื่อให้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดตลอดเวลา จึงต้องเพิ่มขดลวดในระนาบอื่นอีกโดยอาจใช้ตั้งแต่ 3 ระนาบขึ้นไป ดังรูป 15.45

รูป 15.45 ตัวอย่างมอเตอร์กระแสตรงแบบ 3 ระนาบ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับ สมการเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

1) โมเมนต์ของแรงคู่ควบของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างไรได้บ้าง

2) หากจะนำความรู้นี้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าจะสามารถทำได้อย่างไร

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบอะไรบ้าง

4) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนได้อย่างไร เกี่ยวข้องกับโมเมนต์แรงคู่ควบของขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและอยู่ในสนามแม่เหล็กอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในหนังสือเรียน หน้า 57-60 และแหล่งความรู้อื่น เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.3 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5-6 คน คละความสามารถ และคละเพศ

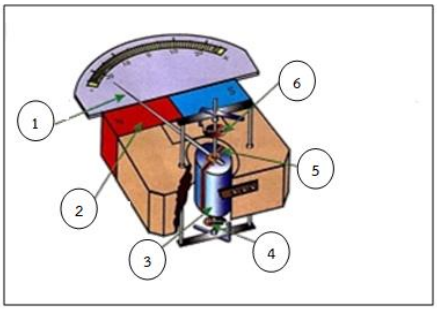
2.4 ครูให้นักเรียนศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

2.5 นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) **“แกลแวนอมิเตอร์ (galvanometer) เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน ซึ่งพันหลายรอบบนกรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ติดเข็มชี้และแกนหมุนได้คล่อง”** อยากทราบว่าข้อความดังกล่าวทำให้ขดลวดเคลื่อนที่อย่างไร (แนวการตอบ ทำให้ขดลวดหมุนรอบทรงกระบอกเหล็กอ่อนที่ตรึงอยู่กับที่ โดยปลายของแกนหมุนติดกับสปริงก้นหอย)



ภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์

2) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 2 คืออะไร (แนวการตอบ แม่เหล็กถาวร)

3) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 3 คืออะไร (แนวการตอบ ทรงกระบอกเหล็กอ่อน)

4) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 4 คืออะไร (แนวการตอบ สปริงก้นหอย)

5) จากภาพส่วนประกอบภายในแกลแวนอมิเตอร์ หมายเลข 5 คืออะไร (แนวการตอบ ขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน)

6) ทรงกระบอกเหล็กอ่อนทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับอะไร (แนวการตอบ ทำให้แรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวดตั้งฉากกับระนาบขดลวดตลอดเวลา)

7) โมเมนต์ของแรงคู่ควบจากกระแสไฟฟ้าที่กระทำต่อขดลวดขึ้นอยู่กับอะไร (แนวการตอบ
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเท่านั้น)

8) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอะไร
(แนวการตอบ ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้)

9) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยอะไรบ้าง และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้า คืออะไร (แนวการตอบ ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวนพันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแก่นหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ คอมมิวเทเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush))

10) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำไปใช้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือการหมุนของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ เครื่องมือและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นอะไรบ้าง

(แนวการตอบ ชิ้นส่วนในของเล่นเด็ก มอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์รถยนต์)

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหาจากศึกษาค้นคว้า จนได้ข้อสรุป ดังนี้

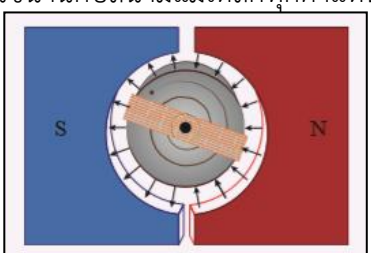
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดแกลแวนอมิเตอร์ จะทำให้ขดลวดหมุนพร้อมกับเข็มชี้เบนไป โดยการเบนของเข็มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดในสนามเหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลือบฉนวน พันเป็นรูปสี่เหลี่ยมติดกับแก่นหมุนได้คล่องในสนามแม่เหล็ก และส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในขดลวด คือ **คอมมิวเทเตอร์วงแหวนผ่าซีก (split-ring commutator) และแปรงสัมผัส (contact brush)**

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแกลแวนอมิเตอร์ ดังนี้

แกลแวนอมิเตอร์ โดยทั่วไปจะมีเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกอยู่ตรงกลางระหว่างขั้ว N และขั้ว S ของแม่เหล็กโค้ง ทำให้สนามแม่เหล็กมีทิศทางอยู่ในแนวรัศมีของรูปทรงกระบอก (ดังรูป) ระนาบของ ขดลวดสี่เหลี่ยมจะอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กทุกตำแหน่งที่ขดลวดหมุนไป



รูป สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กโค้ง

ด้วยเหตุนี้มุมที่ระนาบของขดลวดทำกับสนามแม่เหล็กจึงเท่ากับ 0 องศา นั่นคือ ระนาบของ ขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กตลอดเวลา

จากกสมการ $M = NIABcos\,\theta$

ดังนั้น $M = NIABcos\,0 = NIAB$

เนื่องจากจำนวนรอบของขดลวด N พื้นที่ระนาบของขดลวด A และสนามแม่เหล็ก B เป็น ค่าคงตัว

ดังนั้น $M \propto I$

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าค่าหนึ่งผ่านขดลวดแกลแวนอมิเตอร์ ขดลวดจะหมุนด้วยโมเมนต์ของแรงคู่ควบค่าหนึ่ง การหมุนของขดลวดเป็นเหตุให้เกิดแรงบิดกลับในสปริงก้นหอย ซึ่งต้านการหมุนของขดลวด

โดยพยายามบิดให้ขดลวดเบนกลับสู่ตำแหน่งเดิม จนกระทั่งขดลวดหยุดนิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง นั่นคือ โมเมนต์ของแรงบิดกลับในสปริงมีทิศทางตรงข้ามกับโมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด และมีขนาดเท่ากันพอดีที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งจะได้

โมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริง = โมเมนต์ของแรงคู่ควบกระทำต่อขดลวด

ถ้าพิจารณาขณะขดลวดหมุนไปหยุด ณ ตำแหน่งที่ทำมุม θ กับแนวเดิม จะได้ โมเมนต์ของแรงบิดกลับของสปริง = $k'\theta$

เมื่อ k' คือ ค่าคงตัวโมเมนต์แรงบิดกลับของสปริงก้นหอย (torsion constant)

(k' คล้ายกับกรณีของสปริงในสมการ $F = ks$ ซึ่งอยู่ในแนวแกนตามยาวของสปริง)

นั่นคือ $k'\theta = NIAB$

เนื่องจาก k' N A และ B มีค่าคงตัว

ดังนั้น $\theta \propto I$

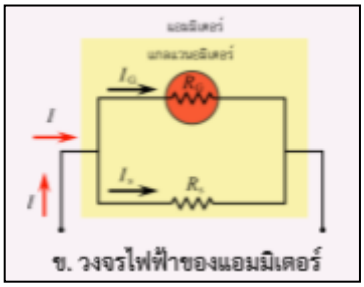
การที่มุมที่ขดลวดเบนไปจากเดิมหรือมุมที่เข็มชี้ของแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากเดิมแปรผันตาม I ทำให้สามารถกำหนดสเกลที่เข็มชี้เบน เพื่อระบุค่ากระแสไฟฟ้าได้

4.2 ครูอธิบายโจทย์ตัวอย่าง 15.9 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 60 อย่างละเอียด

4.3 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแอมมิเตอร์ (ammeter) ดังนี้

แอมมิเตอร์ ดังรูป ก. เป็นการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด I ตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่ามากกว่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของแกลแวนอมิเตอร์ I_G (เข็มเต็มสเกล) ทำได้โดยนำตัวต้านทานที่เรียกว่า **ชันต์ (shunt)** ซึ่งมีความต้านทาน R_s มาต่อขนานกับแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อแบ่งกระแสไฟฟ้าสูงสุด I ออกเป็นสองส่วน คือส่วนหนึ่งที่ผ่านแกลแวนอมิเตอร์เท่ากับ I_G ส่วนที่เหลือที่ผ่านชันต์ เท่ากับ I_s ดังรูป ข.นั่นคือ $I_s = I - I_G$

ก. แอมมิเตอร์



ข. วงจรไฟฟ้าของแอมมิเตอร์

เนื่องจากแกลเวนอมิเตอร์และชันต์ต่อขนานกัน ดังนั้นความต่างศักย์ระหว่างปลายของชันต์จะเท่ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วของแกลแวนอมิเตอร์

หรือ $$I_s R_s = I_G R_G$$

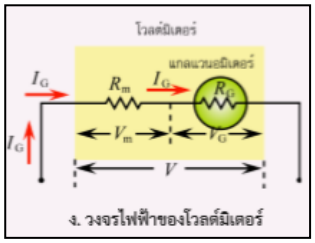
จะได้ $$R_s = \frac{I_G R_G}{I_s}$$

4.4 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโวลต์มิเตอร์ (voltmeter) ดังนี้

โวลต์มิเตอร์ ดังรูป ค. เป็นการดัดแปลงแกลแวนอมิเตอร์ เพื่อวัดความต่างศักย์สูงสุด Vตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่ามากกว่าความต่างศักย์สูงสุดของแกลแวนอมิเตอร์ V_G ทำได้โดยนำตัวต้านทาน**เรียกว่า มัลติพลายเออร์ (multiplier)** ที่มีความต้านทาน R_m มา ต่ออนุกรมกับแกลแวนอมิเตอร์เพื่อแบ่งความต่างศักย์สูงสุดที่ต้องการวัด V ออกเป็นสองส่วน

ค. โวลต์มิเตอร์

ส่วนหนึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างปลายของมัลติพลายเออร์ V_m อีกส่วนหนึ่งเป็นความต่างศักย์สูงสุดของแกลแวนอมิเตอร์ V_G ดังรูป ง. นั่นคือ



ง. วงจรไฟฟ้าของโวลต์มิเตอร์

หรือ $V = V_m + V_G$

จะได้ $V = I_G R_m + I_G R_G$

$R_m = \frac{V - I_G R_G}{I_G}$

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

5.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ลงในสมุด

5.3 นักเรียนแต่ละส่งชิ้นงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

8.3 ใบความรู้ เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

8.4 ใบกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

8.5 อินเทอร์เน็ต

8.6 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของแกลแวนอมิเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ 2) นักเรียนสามารถทำกิจกรรม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 2) ตรวจชิ้นงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 3) ตรวจชิ้นงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3) แบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ก. และ ข. ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ก. หรือ ข. ได้ถูกต้องครบถ้วน
	1	ทำแบบฝึกหัด 15.3 ข้อ 3 ไม่ถูกต้อง
	3	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้ถูกต้องตามขั้นตอนและทดลองใช้งานได้จริง
	2	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายได้ถูกต้องตามขั้นตอน แต่ทดลองใช้งานไม่ได้
	1	สร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายไม่ถูกต้อง และทดลองใช้งานไม่ได้
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

<u>หมายเหตุ</u> หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แกลแวนอมิเตอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้าน ความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้

2) นักเรียนอธิบายทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทดลองและสังเกตการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้

2) นักเรียนหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลง $\Delta\emptyset_B$ ตัดขดลวดตัวนำจะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε ในขดลวดตัวนำนั้นเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำนั้น เมื่อเทียบกับเวลา อธิบายได้โดยกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เขียนแทนด้วยสมการ $\varepsilon = -\frac{\Delta\emptyset_B}{\Delta t}$ เครื่องหมายลบ หมายถึง อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กใหม่ ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำและตัดผ่านขดลวดนั้นตามกฎของเลนส์

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถูกค้นพบโดย **ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday)** การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำประยุกต์ใช้

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่นิ่งและชี้ตำแหน่งศูนย์ดลอดเวลา แต่เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่หล็กออกจากขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปทางหนึ่ง และเมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่หล็กเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปในทิศทางตรงข้าม แล้วเมื่อเคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กให้เร็วขึ้นเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนเช่นเดิมแต่เบนห่างจากตำแหน่งศูนย์มากขึ้น

ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่ง เข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์แสดงว่าไม่มีกระแไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ แต่เมื่อเคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศตรงข้ามกันเมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กออกและเข้า แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่กิดขึ้นมีทิศตรงข้ามด้วย และเมื่อเคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กเร็วขึ้นเข็มแกลแวนอเตอร์เบนมากขึ้นแสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

จากการเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กข้างต้นเป็นการทำให้ฟลักซ์แม่หล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลงจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด เรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electric current)** และเรียกการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำด้วยสนามแม่เหล็กว่า **การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction)**

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำได้โดยการเคลื่อนแท่งแม่เหล็กหรือขดลวดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างก็ได้ เพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดเปลี่ยนแปลง โดยฟาราเดย์ได้ทำการทดลอง และเสนอ**กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ (Faraday's law of induction)** สรุปได้ว่าเมื่อมี ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิด **อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (induced electromotive force)** ในขดลวดตัวนำนั้นมีค่าขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำส่วนทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำเป็นไปตาม**กฎของเลนซ์ (Lenz's law)**

เมื่อนำฎการเนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของลนซ์ มาเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้ดังนี้

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$$

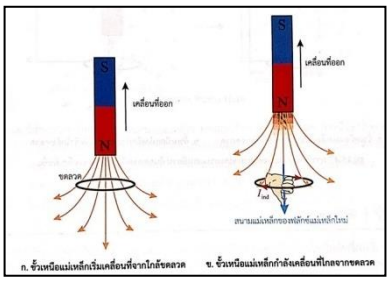
โดย ε เป็นอีเอ็มเอฟหนี่ยวนำ

$\frac{\Delta \emptyset_B}{\Delta t}$ เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำเทียบกับเวลา

เครื่องหมายลบในสมการเป็นไปตามกฎของลนซ์ มีความหมายว่า อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีทิศทางต้านการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำ และจากกิจกรรม 15.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถใช้กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์และกฎของเลนซ์มาอธิบายการเกิดกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำได้ดังนี้

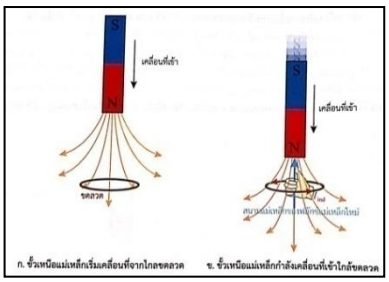
เมื่อเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดตัวนำ เช่น เคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือ (N) ออกจากขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากใกล้ขดลวด ดังรูป 15.46 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่

ไกลจากขดลวด ดังรูป 15.46 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณลดลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (I_{ind}) ในขดลวดในทิศทางที่ทำให้เกิดฟลักซ์แม่หล็กใหม่ต้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่หล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.46 ข.)



รูป 15.46 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กลดลง

ในทางตรงกันข้าม ถ้าเคลื่อนที่ปลายขั้วเหนือของแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวดตัวนำ โดยขั้วเหนือเริ่มเคลื่อนที่จากไกลขดลวด ดังรูป 15.47 ก. จนขั้วเหนือกำลังเคลื่อนที่อยู่ใกล้ขดลวด ดังรูป 15.47 ข. ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำมีปริมาณเพิ่มขึ้น เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดในทิศทำให้กิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ต้านการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กเดิมตามกฎของเลนซ์ (โดยสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ชี้ไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางสนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่หล็กเดิม ตามที่แสดงในรูป 15.47 ข.)



รูป 15.47 การเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและกระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเมื่อฟลักซ์แม่หล็กเพิ่มขึ้น

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับฟลักซ์แม่เหล็ก โดยบริเวณใกล้ขั้วแม่เหล็กมีฟลักซ์แม่เหล็กหนาแน่นกว่าบริเวณที่ไกลออกไป และการใช้งานของแกลแวนอมิเตอร์

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนี้

1) กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ ในทางกลับกันสนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำได้หรือไม่ อย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
เพราะเหตุใด

2) ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งในขดลวดเคลือบฉนวน เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนจากเดิมหรือไม่ (แนวการตอบ ไม่เบนจากเดิม)

3) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนอย่างไร
(แนวการตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวดเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางหนึ่ง และขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวดจะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางตรงข้าม)

4) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดเร็วมากขึ้น เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนต่างจากตอนแรกอย่างไร (แนวการตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปในทิศทางเช่นเดียวกับตอนแรก แต่เบนมากกว่าตอนแรก และขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวดจะเบนจากตำแหน่งศูนย์ไปใน ทิศทางตรงข้าม)

5) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้า ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นสังเกตได้จากการเบนจากตำแหน่งศูนย์ของเข็มแกลแวนอมิเตอร์)

6) ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ขณะเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกและขณะเคลื่อนที่เข้าขดลวด กระแสไฟฟ้ามีทิศทางตรงข้ามกัน สังเกตได้จากทิศทางการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ขากตำแหน่งศูนย์มีทิศทางตรงข้ามกัน)

7) การเคลื่อนที่ปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวดด้วยความเร็วต่างกัน เกิดกระแสไฟฟ้าภายใน ขดลวดมีขนาดเท่ากันหรือไม่ สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ไม่เท่ากัน สังเกตได้จากการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์จากตำแหน่งศูนย์เบนไม่เท่ากัน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนี้

ขณะแท่งแม่เหล็กอยู่นิ่งเข็มแกลแวนอมิเตอร์อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ แสดงว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ เมื่อเคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กออกแล้วเข้าขดลวด เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนไปจากตำแหน่งศูนย์แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดผ่านแกลแวนอมิเตอร์ และการที่เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนในทิศทางตรงข้ามกันแสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดมีทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อเคลื่อนปลายขั้วแม่เหล็กเข้า-ออกจากขดลวดเร็วขึ้น เข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนมากขึ้น แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าจากขดลวดมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 66

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ตัวอย่าง 15.10 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 67-68

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

5.2 นักเรียนทำคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด

5.3 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ลงในสมุด

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้ 2) นักเรียนอธิบายทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียน คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ข้อ 1-3 ลงในสมุด	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของฟาราเดย์ได้ 2) นักเรียนหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎของเลนซ์ได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียน ในการทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) แบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 2) ตรวจสมุดนักเรียน ในการทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3) แบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปผลการทำกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปผลการทำกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปผลการทำกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 15.4 ได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	3	บันทึกผลกิจกรรมได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	บันทึกผลกิจกรรมค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	บันทึกผลกิจกรรม แต่ไม่ถูกต้อง
	3	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	1	ทำแบบฝึกหัด 15.4 ข้อ 1 แต่ไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

ระดับคะแนน

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

หมายเหตุ - หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านความรู้ (K) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

- หาค่าเฉลี่ยของคะแนนด้านกระบวนการ (P) ซึ่งคะแนนเต็ม เท่ากับ 3

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☑ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนทดลองและสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก ปลายขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก

อีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ ตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$ เมื่อต่ออีเอ็มเอฟกับตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ i ที่ผ่านตัวต้านทานและ ความต่างศักย์ v ระหว่างปลายตัวต้านทานที่เวลา t ใด ๆ เป็นไปตามสมการ

$$i = I_0 sin(\omega t) \quad \text{และ} \quad v = V_0 sin(\omega t)$$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

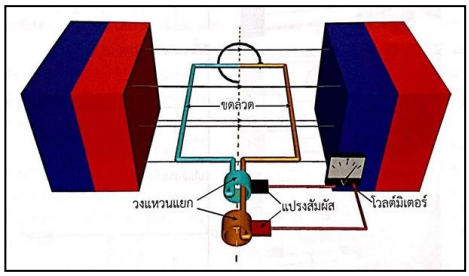
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การหมุนขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็กทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลง จึงทำให้มีอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด

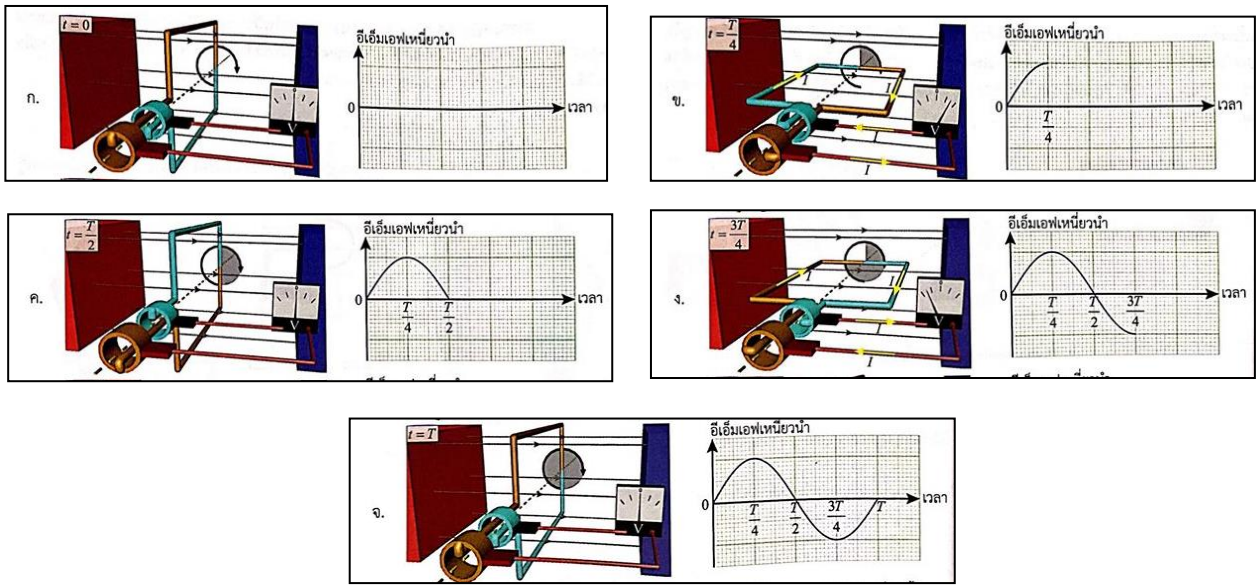
กิจกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะสังเกตเห็นว่า กระแสไฟฟ้าจากกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีกมีทิศทางเดียว เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสตรง (Direct Current : DC)** แต่สำหรับกระแสไฟฟ้ากรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก จะมีทิศทางสลับไปมา เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า **กระแสสลับ(Alternating Current : AC)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป 15.48 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล่องอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก ปลายขดลวดแต่ละด้านต่อกับวงแหวนแยกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และแตะอยู่กับแปรงสัมผัสอันเดิมตลอดเวลา ซึ่งต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก เช่น โวลต์มิเตอร์ เมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงตัว ครบหนึ่งรอบโดยใช้เวลา T อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูป 15.48 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



รูป 15.49 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 0 ถึง T และกราฟอีเอ็มเอฟที่เกิดขึ้น

พิจารณาช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ โดยเริ่มต้นที่เวลา t = 0 ระนาบขดลวดวางตัวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังรูป 15.49 ก. ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์

แม่เหล็กเป็นศูนย์ ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ หลังจากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป จนที่เวลา $t = \frac{T}{4}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 90 องศา ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าเป็นศูนย์ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าสูงสุด ทำให้อีเอ็มเอฟหนี่ยวนำมีค่าสูงสุด และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาในช่วงเวลา$0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ ได้ดังรูป 15.49 ข.

ในช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนต่อไป อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลง ทำให้อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำมีค่าลดลง จนที่เวลา $t = \frac{T}{2}$ ขดลวดหมุนไปเป็นมุม 180 องศา กับตำแหน่งเริ่มต้น (t = 0) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดมีค่าสูงสุด แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา ในช่วงเวลาครึ่งรอบแรกได้
ดังรูป 15.49 ค.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq \frac{3T}{4}$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $0 \leq t \leq \frac{T}{4}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 ง.

ทำนองเดียวกันในช่วงเวลา $\frac{3T}{4} < t \leq T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กมีลักษณะคล้ายกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ แต่เนื่องจากขดลวดจะเปลี่ยนตำแหน่งตรงข้าม (ลวดสีเหลืองสลับที่กับลวดสีฟ้า) ดังนั้นทิศทางของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวดจึงตรงข้ามกับช่วงเวลา $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$ สามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาได้ดังรูป 15.49 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาเช่นเดียวกับรอบที่พิจารณาข้างต้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์

จากการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วชิงมุม ω คงตัว จากรูป 15.49 ก. (ที่ t = 0 ระนาบขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก)
จนครบรอบ ดังรูป 15.49 จ. กราฟการเปลี่ยนแปลงของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ สามารถเขียนสมการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรแสสลับขณะเวลา t ใด ๆ ได้ดังนี้

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 sin\, \omega t$$

เมื่อ $\varepsilon(t)$ เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำขณะเวลา t ใด ๆ

ε_0 เป็นอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำสูงสุด

ω เป็นความถี่เชิงมุม (เท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของการหมุนขดลวด)

ค่า ω จะบอกให้ทราบคาบ (T) และความถี่ (f) ในการเปลี่ยนค่าซ้ำเดิมของอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ซึ่งความถี่เชิงมุม คาบ และความถี่ของการหมุนขดลวดสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดย ω มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที

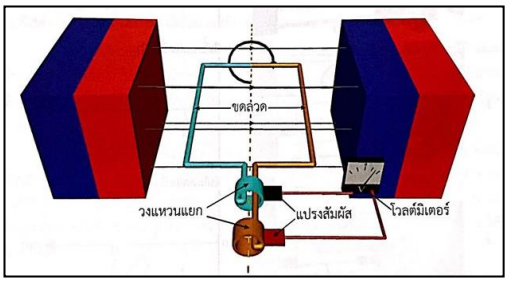
T มีหน่วยเป็นวินาที

f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในวงจรไฟฟ้าแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

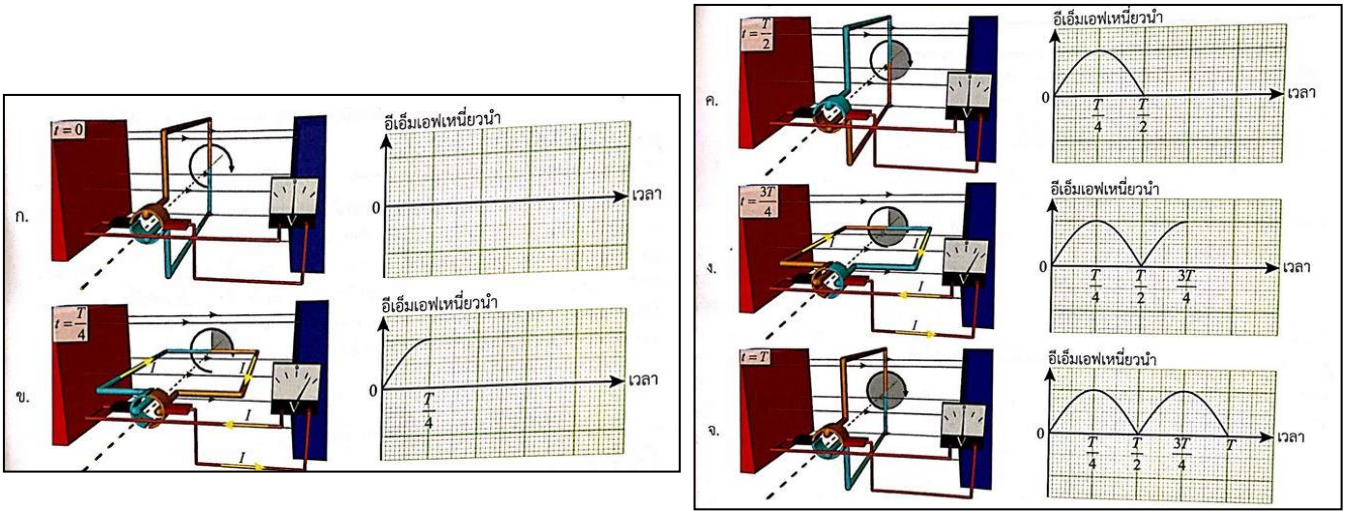
พิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป 15.50 ประกอบด้วยขดลวดหมุนได้คล่องอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ต่างกันที่ปลายขดลวดแต่ละด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่อกับวงแหวนผ่าซีกที่หมุนไปพร้อมกับขดลวด และสลับการแตะกับแปรงสัมผัสทุกครึ่งรอบ ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากแปรงสัมผัสไปผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกมีทิศเดิมเสมอที่เรียกว่า**ไฟฟ้ากระแสตรง** ซึ่งอธิบายได้ดังนี้



รูป 15.50 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

พิจารณาการหมุนขดลวดในลักษณะเดียวกับขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับก่อนหน้า ในช่วงเวลา $0 < t \leq \frac{T}{2}$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีเหลืองแตะอยู่กับแปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีฟ้าจะแตะกับแปรงสัมผัสดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีเหลืองซึ่งต่อยู่กับแหวนซีกสีหลือง ผ่านแปรงสัมผัสสีแดงไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับเข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านแหวนสีฟ้า เข้าสู่ลวดสีฟ้า และสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มอฟเหนี่ยวนำ(ความต่างศักย์) กับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ได้ดังรูป 15.51 ก. ถึง 15.51 ค. และเมื่อขดลดหมุนครึ่งรอบต่อไปในช่วงเวลา $\frac{T}{2} < t \leq T$ ครึ่งรอบนี้แหวนซีกสีฟ้าจะเปลี่ยนมาแตะกับแปรงสัมผัสสีแดง และแหวนสีเหลืองจะเปลี่ยนมาแตะกับแปรงสีดำ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำทำให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำผ่านออกทางปลายเส้นลวดสีฟ้าซึ่งต่ออยู่กับแหวนซีกสีฟ้า ผ่านแปรงสัมผัสสีแดงไปยังโวลต์มิเตอร์และกลับเข้าทางแปรงสัมผัสสีดำ ผ่านสีหลืองเข้าสู่ลวดสีเหลือง และสามารถเขียนกราฟความสัมพันระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลาที่ผ่านโวลต์มิเตอร์ ในช่วงเวลาถัดมาจนครบรอบได้ดังรูป 15.51 ง. ถึง 15.51 จ.

หากหมุนขดลวดในรอบต่อ ๆ ไปจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำกับเวลา เช่นเดียวกับรอบที่พิจารณาข้างต้น



รูป 15.51 การหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จาก 0 ถึง T และอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

6.2 บูรณาการโดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

- นักเรียนใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองที่มีเหมาะสม ประหยัดและปลอดภัย

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และการหมุนแกนของมอเตอร์ทำให้หลอดไฟสว่าง ดังนี้

ฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดของมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงขณะหมุนทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ แสดงว่าพลังงานกลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านของเรามีหลักการทำงานอย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.3 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนรับอุปกรณ์ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม สังเกตและบันทึกผลการทำกิจกรรม ลงในใบกิจกรรมที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลการสืบค้นและผลการทดลองเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

2) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำาเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ)

3) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร สังเกตได้อย่างไร (แนวการตอบ ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีลักษณะสลับทิศไปมา สังเกตได้จากเข็มแกลแวนอมิเตอร์เบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ)

4) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำาเนิดไฟฟ้าการเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ลักษณะเบนไปเบนมา ระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบ ทางใดทางหนึ่ง)

5) ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำาเนิดไฟฟ้าในทิศทางตรงข้าม การเบนของเข็มแกลแวนอมิเตอร์ มีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ เข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนออกจากตำาแหน่งศูนย์เช่นเดียวกัน แต่เบนในทิศตรงข้ามกับครั้งก่อน)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการผลการทำกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนแยก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะแตะกับวงแหวนหนึ่งเสมอ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนกลับไปกลับมาระหว่างบวกกับลบ แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางกลับไปกลับมา ในกรณีที่แปรงสัมผัสแตะกับวงแหวนผ่าซีก เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าแปรงสัมผัสจะสลับการแตะกับวงแหวนทุกครึ่งรอบ และเข็มแกลแวนอมิเตอร์จะเบนไปเบนมาระหว่างศูนย์กับบวกหรือศูนย์กับลบทางใดทางหนึ่ง แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านแปรงสัมผัสมีทิศทางเดียวตลอดเวลา

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 73-77

4.2 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 75

4.3 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับต่อเข้ากับตัวต้านทาน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 75

4.4 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกต ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 78

4.5 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 78

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.3 ใบความรู้ เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถสรุปผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนทดลองและสังเกตทิศทางของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนสามารถบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนำความรู้เรื่องอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดพันอยู่บนแกนที่หมุนได้คล่องอยู่ในสนามแม่เหล็ก ปลายขดลวดทั้งสองต่ออยู่กับวงแหวนซึ่งสัมผัสกับแปรงสัมผัส เมื่อหมุนขดลวดจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในขดลวด และเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อต่อแปรงกับอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้วงแหวนผ่าซีกและเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อใช้วงแหวนแยก

อีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ ตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$ เมื่อต่ออีเอ็มเอฟกับตัวต้านทาน กระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ i ที่ผ่านตัวต้านทานและความต่างศักย์ v ระหว่างปลายตัวต้านทานที่เวลา t ใด ๆ เป็นไปตามสมการ

$$i = I_0 sin(\omega t) \quad \text{และ} \quad v = V_0 sin(\omega t)$$

5. สาระการเรียนรู้

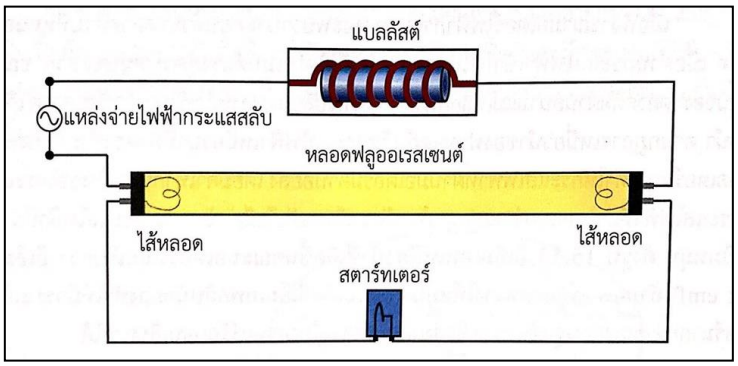
5.1 ความรู้

การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

ในปัจจุบัน หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำนอกจากนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แบลลัสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ กีตาร์ไฟฟ้า เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งจะได้อธิบายหลักการทำงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แบลลัสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

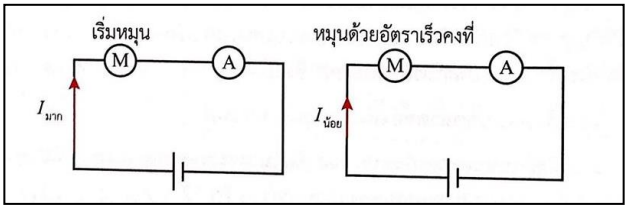
แบลลัสต์แบบขดลวดเป็นอุปกรณ์สำคัญในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็ก ต่อในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังรูป 15.52



รูป 15.52 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทันทีที่เปิดสวิตซ์ กระแสไฟฟ้าจะผ่านแบลลัสต์ ไส้หลอด สตาร์ทเตอร์ และไส้หลอดอีกด้านหนึ่งจนครบวงจร เมื่อไส้หลอดร้อนและสตาร์ทเตอร์ตัดวงจรและหยุดทำงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดของแบลลัสต์ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมาก เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่สูงมากในขดลวดและระหว่างขั้วหลอดทั้งสอง ทำให้แก๊สในหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกตัวและสามารถนำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจึงเคลื่อนที่จากปลายหลอดด้านหนึ่งผ่านแก๊สภายในหลอดไปยังขั้วหลอดอีกด้านหนึ่ง ส่งผลให้แก๊สในหลอดปล่อยรังสีอัตราไวโอเลต ไปกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ภายหลอดเปล่งแสงสว่างออกมา หลังจากนั้นแบลลัสต์ยังคงทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ และคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอด ทำให้หลอดสว่างสม่ำเสมอได้อย่างต่อเนื่อง

การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า



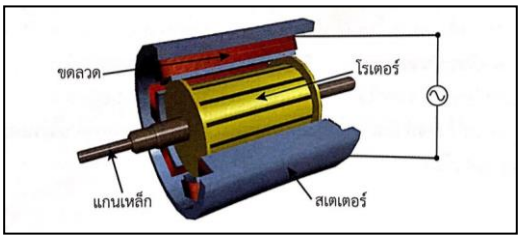
รูป 15.53 แสดงกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างมอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนด้วยอัตราเร็วคงที่

เมื่อพิจารณามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะพบว่าประกอบด้วยขดลวดส่วนที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดทำให้เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบหมุนขดลวด ขณะเดียวกันการหมุนของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวด เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศ

ตรงข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ทำให้มอเตอร์หมุน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์มีค่าน้อยลง โดยมีค่าเท่ากับผลต่างของกระแสไฟฟ้าทั้งสอง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะหมุนด้วยอัตราเร็วคงตัวจึงมีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน ดังรูป 15.53 อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นขณะมอเตอร์หมุนเรียกว่า **อีเอ็มเอฟกลับ (back emf)** ถ้ามอเตอร์ถูกขัดขวางให้หมุนช้าลงจะเกิดอีเอ็มเอฟกลับน้อยลงทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์มากกว่าขณะก่อนถูกขัดขวาง ซึ่งส่งผลให้ขดลวดในมอเตอร์ร้อนจนเสียหายได้

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induction motors) มีหลายแบบตามวัตถุประสงค์ตามการใช้ประโยชน์ใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบที่พบทั่วไป ประกอบด้วยส่วนที่หมุนได้ เรียกว่า **โรเตอร์** ติดกับแกนเหล็กที่หมุนได้คล่อง และส่วนที่อยู่กับที่ ได้แก่ โครงมอเตอร์และชุดขดลวด เรียกว่า **สเตเตอร์** ดังรูป 15.54

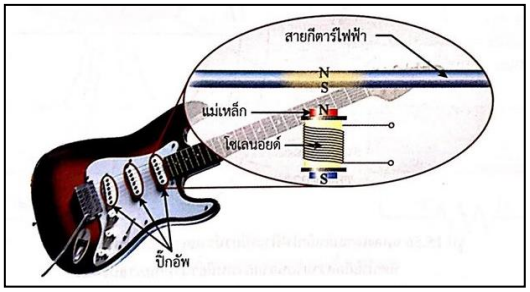


รูป 15.54 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหมุนของมอเตอร์เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำเหล็กไฟฟ้าที่ขดลวดในสเตเตอร์ และเนื่องจากกระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้มอเตอร์ ทำให้ขดลวดในสเตเตอร์สร้างฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงและเหนียวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในโรเตอร์ เกิดแรงแม่เหล็กแม่เหล็กผลักกันระหว่างขดลวดของสเตเตอร์กับโรเตอร์ ส่งผลให้โรเตอร์หมุน ปกติขดลวดที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมี 3 ชุด เกิดการเหนี่ยวนำทำให้มีแรงผลักกันตามลักษณะดังกล่าวทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง โดยมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำลักษณะนี้จะมีราคาถูก บำรุงรักษาง่าย และมีความเร็วคงที่ ทำให้นิยมนำมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ เช่น มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั๊มน้ำ

กีตาร์ไฟฟ้า

กีตาร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการสั่นของสายกีตาร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าของเสียง คือ ปิ๊กอัพ (pickup) หรืออีกชื่อหนึ่งคือคอนแทคท์ ภายในปิ๊กอัพจะมีโซเลนอยด์ที่พันอยู่บนแท่งแม่เหล็ก ตรงกับตำแหน่งของสายกีตาร์ โดยแท่งแม่เหล็กในขดลวดจะเหนี่ยวนำสายกีตาร์ที่อยู่ใกล้ให้เป็นแม่เหล็ก ดังรูป 15.55

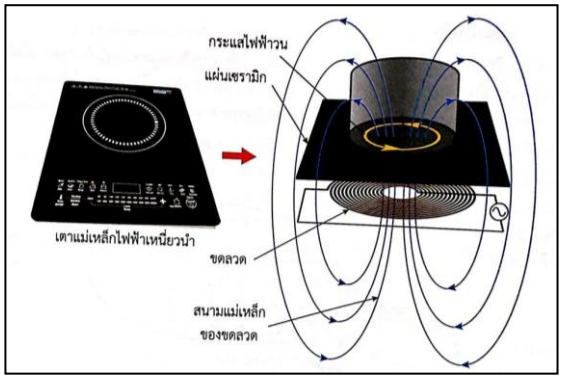


รูป 15.55 แสดงปิ๊กอัพที่ใช้กับกีตาร์เพื่อรับสัญญาณไฟฟ้าจากการสั่นของสายกีตาร์

เมื่อดีดสายกีตาร์ทำให้สั่นไปมา การเหนี่ยวนำระหว่างแท่งแม่เหล็กกับสายกีตาร์จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กในโซเลนอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในโซเลนอยด์ส่งไปยังเครื่องขยายสัญญาณและเปลี่ยนเป็นเสียงต่อไป

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานโดยให้กระแสไฟฟ้าสลับผ่านขดลวดที่อยู่ภายในเตา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นในภาชนะโลหะ เกิด**กระแสไฟฟ้าวน (eddy current)** กลับไป-มาที่ก้นภาชนะ ตามความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ให้กับขดลวดภายในเตา ดังรูป 15.56 ซึ่งกระแสไฟฟ้าวนนี้จะทำให้ภาชนะโลหะเกิดความร้อน อย่างไรก็ดี ภาชนะโลหะที่ใช้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมจึงจะนำมาใช้กับเตาชนิดนี้ได้



รูป 15.56 แสดงเตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และแผนภาพส่วนประกอบที่ทำให้เกิดความร้อนจากการเหนี่ยวนำที่ก้นภาชนะ

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนในกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ดังนี้

1) ให้นักเรียนยกตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและมีการประยุกต์ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างไร

(เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบ)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 จัดกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5 คน โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่มมีความรู้ความสามารถที่คละกัน กลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มประจำ

2.2 ครูจัดแบ่งเนื้อหาที่จะเรียนเป็นเนื้อหาย่อย ๆ เท่ากับจำนวนสมาชิกในกลุ่มของนักเรียน อาจจัดทำเป็นบทเรียนหน้าเดียวก็ได้

2.3 ให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มจับฉลากหมายเลขของเนื้อหา คนละ 1 ฉลาก เพื่อรับผิดชอบในการศึกษาหัวข้อย่อยของเนื้อหา คนละ 1 หัวข้อ

2.4 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาตามหมายเลขที่ตัวเองได้ ซึ่งครูติดเนื้อหาบนโต๊ะ (ใช้เวลา 15 นาที)

2.5 เมื่อนักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาแล้ว ให้นักเรียนกลับไปยังกลุ่มตัวเองแล้วอธิบายความรู้ที่ได้จากการศึกษาและทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับผิดชอบให้เพื่อนฟัง

2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ในการศึกษาลงในกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอผลการสืบค้นของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มกลุ่มออกมานำเสนอจากเว็บไซต์ (https://random.thaiware.com/) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

3.2 ครูนำนักเรียนอธิบายและสรุปเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล) ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 Jigsaw เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ จำนวน 5 หัวข้อย่อย

- แบลลัสต์แบบขดลวดของหลอดฟลูออเรสเซนต์
- การเกิดอีเอ็มเอฟกลับในมอเตอร์ไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- กีตาร์ไฟฟ้า
- เตาแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

8.3 อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ https://random.thaiware.com/) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำได้	1) ตรวจกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนสามารถสรุปเนื้อหาที่ศึกษาได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้	1) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนนำเสนอผลงานได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่มค้นคว้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ดีมาก	**ดี**	**พอใช้**	**ควรปรับปรุง**
1. เนื้อหา (20)				
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง (10)	เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์ (10)	เนื้อหาผิด 1 จุด (6)	เนื้อหาผิด 2 จุด (4)	เนื้อหาผิดตั้งแต่ 3 จุดขึ้นไป (2)
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (10)	เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วนในทุกด้าน (10)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 1 ด้าน (6)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 2 ด้าน (4)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป ตั้งแต่ 3 ด้านขึ้นไป (2)
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน (20)				
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์ (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ถูกต้องทุกจุด (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 1 จุด (4)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 2 จุด (3)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาดตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป (2)
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมาก (4)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับน้อย (2)
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ (5)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับมาก (4)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับน้อย (2)
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมากที่สุด (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมาก (4)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับปานกลาง (3)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับน้อย (2)
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม (10)				
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มเป็นอย่างมาก (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่ม (4)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มในบางครั้ง (3)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มน้อย (2)
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน (5)	ส่งงานภายในเวลาที่กำหนด (5)	ส่งงานล่าช้า 1 วัน (4)	ส่งงานล่าช้า 2 วัน (3)	ส่งงานล่าช้า ตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป (2)

แบบประเมินงานนำเสนอ

วิชา.....กลุ่มที่.....วันที่.....

ผู้ประเมิน ☐ ครูผู้สอน ☐ นักเรียน ☐อื่นๆ .....

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมิน
1. เนื้อหา		
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง	10	
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	10	
รวม	**20**	
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน		
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์	5	
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง	5	
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ	5	
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม	5	
รวม	**20**	
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม		
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม	5	
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน	5	
รวม	**10**	
คะแนนรวมทั้งหมด	**50**	

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

5. อธิบายและคำนวณความความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส และกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้ากับเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์ของกระแสไฟฟ้าสลับได้

2) นักเรียนอธิบายความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสและกระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

การระบุค่ากระแสไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับเป็นค่าคงตัว ใช้การเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรงที่ให้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากันแก่ตัวต้านทาน ซึ่งเรียกว่า ค่ายังผล หรือ ค่ามิเตอร์ ค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย หรือค่าอาร์เอ็มเอส โดย $I_{\mathrm{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ และ $V_{\mathrm{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

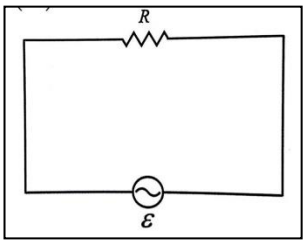
5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ค่าอาร์เอ็มเอสของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการพิจารณาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ทราบว่าอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงกับเวลาตามสมการ $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 sin(\omega t)$

หากนำตัวต้านทาน R มาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเป็นวงจร ดังรูป 15.57 ความต่างศักย์ระหว่างปลายตัวต้านทาน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงกับเวลาเช่นเดียวกับอีเอ็มเอฟ ε สามารถเขียนความต่างศักย์ v และความต่างศักย์สูงสุด V_0 ระหว่างปลายตัวต้านทาน ได้ดังนี้



รูป 15.57 วงจรตัวต้านทานต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

$$v = \varepsilon$$

จะได้ $$v = \varepsilon_0 sin(\omega t)$$

$$v = V_0 sin(\omega t)$$

โดย $$v = \varepsilon_0$$

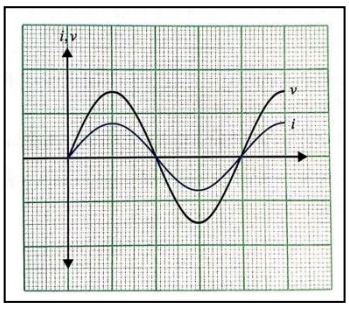
จากกฎของโอห์มสามารถเขียนให้อยู่ในรูปกระแสไฟฟ้า i ดังนี้

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_0 sin(\omega t)}{R} = \frac{V_0}{R} sin(\omega t)$$

เมื่อกระแสไฟฟ้าสูงสุด I_0 หาได้จาก $I_0 = \frac{V_0}{R}$

จะได้ $$i = I_0 sin(\omega t)$$

จากที่พิจารณาข้างต้นจะเห็นว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน ดังรูป 15.58



รูป 15.58 กราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลา

จากที่ศึกษามาข้างต้น กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้า

กระแสตรง ซึ่งเรียกว่า **ค่ายังผล (effective value)** หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า **ค่ามิเตอร์ (meter value)** ค่านี้จะเป็น**ค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) หรือ ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value)**จะได้ศึกษาดังนี้

ค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสไฟฟ้า I_{rms} คำนวณได้จาก

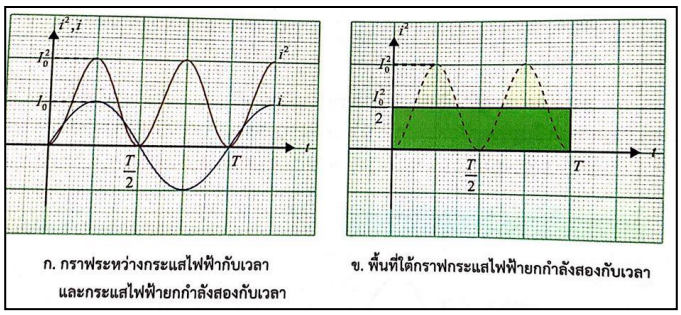
$$I_{rms} = \sqrt{\overline{i^2}}$$

พิจารณากระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ผ่านตัวต้านทาน ตามสมการ

$$i = I_0 sin(\omega t)$$

ยกกำลังสองจะได้ $$i^2 = (I_0 sin(\omega t))^2$$

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา และกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลา จะได้กราฟดังรูป 15.59 ก.



รูป 15.59 การหาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟ

จากรูป 15.59 ข. หาค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองจากพื้นที่ใต้กราฟกระแสไฟฟ้ายกกำลังสองกับเวลาในช่วงเวลาหนึ่งคาบ จะได้

$$\overline{i^2} = \frac{{I_0}^2}{2}$$

$$\sqrt{\overline{i^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ หรือ } I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

ในทำนองเดียวกัน ความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส (V_{rms}) มีความสัมพันธ์ในลักษณะเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้า เขียนได้เป็น

$$V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ

1) เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับกับอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีค่าคงตัวหรือไม่อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนี้

1) ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือนในประเทศไทยมีค่าเป็นเท่าไร

2) การระบุความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนในประเทศไทยเป็นค่าคงตัวทำได้อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูนำนักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 86-88

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.11 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 89

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2 ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียนจำนวน 4 คน ในการเฉลยแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2 หน้าชั้นเรียน ดังนี้

1) คนที่ 1 เฉลย ข้อ 1 ก. 2) คนที่ 2 เฉลย ข้อ 1 ข.

3) คนที่ 3 เฉลย ข้อ 1 ค. 4) คนที่ 4 เฉลย ข้อ 2

3.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวการตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน)

2) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในชีวิตประจำวันค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ถูกวัดหรือระบุเป็นค่าคงตัว เช่น ความต่างศักย์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีค่า 230 โวลต์ การวัดหรือระบุค่าเช่นนี้เป็นการเทียบค่ากับไฟฟ้ากระแสตรง เราเรียกค่านี้ว่าอะไร

(แนวการตอบ ค่ายังผล (effective value) หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดเรียกว่า ค่ามิเตอร์ (meter value))

3) **ค่าเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square)** หรือเรียกอีกชื่อว่าค่าอะไร (แนวการตอบ ค่าอาร์เอ็มเอส (rms value))

4) สมการในการหากระแสไฟฟ้าอาร์เอ็มเอส (แนวการตอบ $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$)

5) สมการในการหาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส (แนวการตอบ $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ค่ายังผลของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ตามบ้านเรือนของประเทศไทยดังนี้

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ระบุไว้ในหนังสือ “มาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556ซึ่งสรุปได้ว่า อีเอ็มเอฟของระบบไฟฟ้าอีเอ็มเอฟต่ำชนิด 3 เฟส 4 สาย จากเดิมระบุไว้เป็น 220/380 โวลต์ และ240/415 โวลต์ ให้ปรับเป็นค่าเดียวคือ230/400 โวลต์

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนดได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถคำนวณฟลักซ์แม่เหล็กในบริเวณที่กำหนด รวมทั้งปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ 2) 1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ 3) แบบฝึกหัด 15.5 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ค่ายังผลของความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3-4 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-2 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการส่งไฟฟ้ากระแสสลับไปตามบ้านเรือนได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดวางทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกัน เมื่อหมุนแท่งแม่เหล็กจะเกิดอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุด มีเฟสต่างกัน 120 องศา ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด ทำให้การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีประสิทธิภาพมากกว่าไฟฟ้า 1 เฟส

การส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปยังผู้ใช้นั้น จะเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าว จึงต้องลดกระแสไฟฟ้าที่ส่ง โดยการเพิ่มความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟให้สูงขึ้นก่อนทำการส่งไฟฟ้า แล้วจึงลดความต่างศักย์ให้ต่ำลงจนเหมาะกับการใช้งานโดยใช้หม้อแปลง

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

การผลิตและการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ

การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการหมุนขดลวดเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง

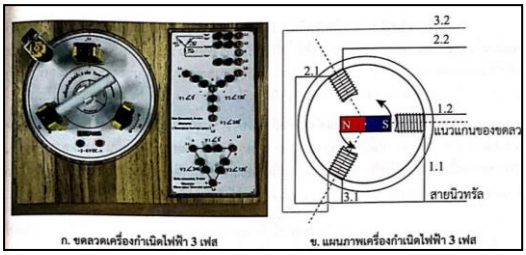
การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ด้วยการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับของรถจักรยานบางรุ่น ดังรูป 15.60 ก. โดยมีส่วนประกอบ ดังรูป 15.60 ข.

รูป 15.60 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกว่าระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

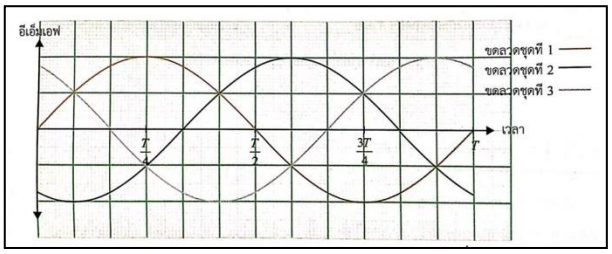
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด โดยแนวแกนของขดลวดแต่ละชุดทำมุม 120 องศา ซึ่งกันและกันในลักษณะดังรูป 15.61 ก.



รูป 15.61 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

จากรูป 15.61 ข. สายไฟฟ้าเส้นที่ 1.1 2.1 และ 3.1 ของแต่ละขด จะต่อรวมกัน เรียกว่า **สายนิวทรัล (neutral line)** และต่อลงดินที่โรงไฟฟ้า เรียกว่า สายดิน ส่วนสายไฟฟ้าเส้นที่ 1.2 2.2 และ 3.2 ของแต่ละขด จะมีอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของแม่เหล็กเมื่อเทียบกับสายนิวทรัล จึงมีสายไฟฟ้าที่ต่อออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จำนวน 4 เส้น

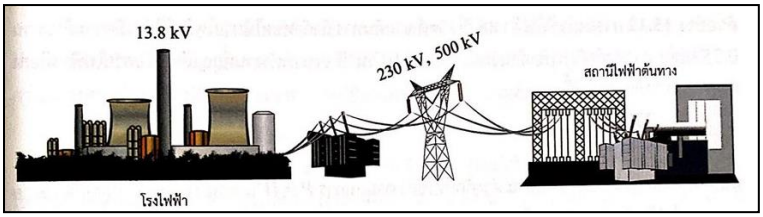
เมื่อพิจารณาการหมุนแท่งแม่เหล็กครบ 1 รอบ สนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับออกมาจากขดลวดทั้งสามชุด แต่เนื่องจากขดลวดทั้งสามมีแนวแกนของขดลวดทำมุมกัน 120 องศา ดังนั้นอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดแต่ละชุด จะมีค่าสูงสุดไม่พร้อมกัน สามารถเขียนกราฟระหว่างอีเอ็มเอฟกับเวลาของขดลวดแต่ละชุดได้ ดังรูป 15.62



รูป 15.62 กราฟอีเอ็มเอฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสกับเวลา

จากกราฟ อธิบายได้ว่าไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จะมีเฟสของอีเอ็มเอฟไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดแต่ละชุดต่างกัน 120 องศา

ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น แต่ในการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไปยังสถานีไฟฟ้าย่อย สายนิวทรัลจะถูกต่อลงดินที่โรงผลิต ทำให้เหลือสายไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งไฟฟ้า 3 เฟส จำนวน 3 เส้น ดังรูป 15.63



รูป 15.63 โรงไฟฟ้าถึงสถานีไฟฟ้าต้นทาง

ข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส คือ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ใช้จำนวนสายไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับการส่งไฟฟ้า 1 เฟส 3 ชุด และการส่งไฟฟ้า 3 เฟส ทำให้กระแสรวมน้อยกว่าการส่งไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อส่งด้วยพลังงานที่เท่ากัน จึงลดขนาดสายไฟฟ้าและเสาที่ใช้ส่งได้ ซึ่งช่วยให้มีประสิทธิภาพในการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้หากเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดปัญหาก็ยังสามารถใช้ไฟฟ้าเฟสอื่นได้ตามปกติ ซึ่งถ้าเป็นการส่งกำลังไฟฟ้าเพียงเฟสเดียวเมื่อไฟฟ้าขัดข้องจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้เลย

การสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้า

เนื่องจากสายไฟฟ้ามีความต้านทาน R ดังนั้น กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านสายไฟฟ้าจะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า P_{loss} ที่ความต้านทานในสายไฟฟ้าในรูปความร้อน ตามสมการ

$$P_{loss} = I^2R$$

จะเห็นได้ว่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้ากับความต้านทานในสายไฟฟ้าขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้า ดังนั้นถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆขณะเดียวกันการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ส่ง ตามสมการ

$$P = IV$$

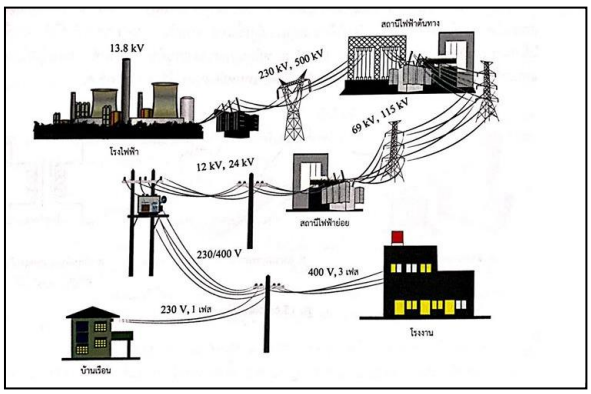
การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง

การส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังไฟฟ้ามาก ไประยะทางไกล ๆ ต้องส่งไฟฟ้าด้วยความต่างศักย์สูงเพื่อให้กระแสไฟฟ้าต่ำ ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปกับความต้านทานของสายไฟฟ้าน้อย และสามารถใช้สายส่งไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง

ถ้าความต่างศักย์สูงมากเกินไป สนามไฟฟ้าระหว่างสายจะทำให้อากาศบริเวณระหว่างสายไฟฟ้าแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้ามีสภาพเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอีกแบบหนึ่ง นอกจากนี้เมื่อฝนตกก็อาจมีอันตรายเนื่องจากไฟฟ้ารั่วลงมาตามเสาไฟฟ้าที่เป็นโลหะได้ ดังนั้นความต่างศักย์ที่จะใช้ส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าจึงต้องมีค่าเหมาะสม

การส่งกำลังไฟฟ้า

การส่งกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจนถึงผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีการปรับค่าความต่างศักย์ ทั้งการปรับค่าความต่างศักย์ไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้สูงขึ้นเพื่อลดการสูญเสียในการส่งกำลังไฟฟ้าไปไกล ๆ และปรับค่าความต่างศักย์ให้น้อยลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีลำดับขั้นตอนการปรับค่าความต่างศักย์ ดังรูป 15.64



รูป 15.64 แผนภาพแสดงการส่งไฟฟ้าจากโรงผลิตไฟฟ้าสู่บ้านเรือน

การส่งพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้า เพื่อให้ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไกลและลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง จะต้องเพิ่มความต่างศักย์ในสายส่งให้สูงขึ้น ในปัจจุบันระบบส่งพลังงานไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) จะแปลงความต่างศักย์จาก 13 800 โวลต์เป็น 500 000 โวลต์ หรือ 230 000 โวลต์ หรือ 115 000 โวลต์ หรือ 69 000 โวลต์ ก่อนส่งไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยผ่านระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยความต่างศักย์ความต่างศักย์ที่แปลงขึ้นอยู่กับระยะทางและกำลังไฟฟ้าที่ต้องการส่งสถานีไฟฟ้าย่อยจะทำหน้าที่แปลงความต่างศักย์สูงให้มีความต่างศักย์ลดลงเหลือ 24 000 โวลต์หรือ 12 000 โวลต์ และส่งผ่านระบบจำหน่ายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ โดยจะแปลงค่าความต่างศักย์ ให้เหลือ400 โวลต์ 3 เฟส ก่อนถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่สำหรับบ้านเรือนความต่างศักย์จะถูกลดลงเหลือ 230 โวลต์ 1 เฟส

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนบทเรียนที่ผ่านมาเกี่ยวกับการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) มีวิธีการใดบ้างที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดได้

แนวการตอบ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดได้เมื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กขดลวดเปลี่ยนแปลง

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนี้

1) การทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับโดยการหมุนแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 90-96

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.12 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 94

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานอะไร (แนวการตอบ เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า)

2) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำได้อย่างไร (แนวการตอบ ค่าการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับสามารถทำได้ทั้งการหมุนขดลวดตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็ก และการหมุนแท่งแม่เหล็กเพื่อทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านขดลวด)

3) การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 1 ชุด ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะถูกส่งจากเครื่องกำเนิดด้วยสายส่ง 2 เส้น เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า (แนวการตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส)

4) จากข้อ 3) แต่โรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขดลวด 3 ชุด ในการหมุนแม่เหล็กแต่ละรอบทำให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับออกมาทั้ง 3 ชุด เรียกระบบไฟฟ้านี้ว่า (แนวการตอบ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส)

5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานตามโรงไฟฟ้าจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากี่เฟส และมีขดลวดตัวนำอยู่กี่ชุด (แนวการตอบ 3 เฟส มีขดลวดตัวนำอยู่ 3 ชุด)

6) จากกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานกับเวลาข้างต้น อยากทราบว่าความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวการตอบ เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรูปของฟังก์ชันแบบไซน์โดยความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ตัวต้านทานมีค่ามากที่สุดพร้อมกัน และเป็นศูนย์พร้อมกัน กล่าวคือมีเฟสตรงกัน)

7) ในการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบด้วยสายไฟฟ้ากี่เส้น (แนวการตอบ ประกอบด้วยสายไฟฟ้า 4 เส้น)

8) จงบอกข้อดีของการผลิตและการส่งไฟฟ้า 3 เฟส (แนวการตอบ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส เมื่อใช้พลังงานในการผลิตเท่ากัน และการส่งกำลังไฟฟ้า)

9) ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าอย่างไร (แนวการตอบ ถ้าต้องการให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสายไฟฟ้ามีค่าน้อย ๆ)

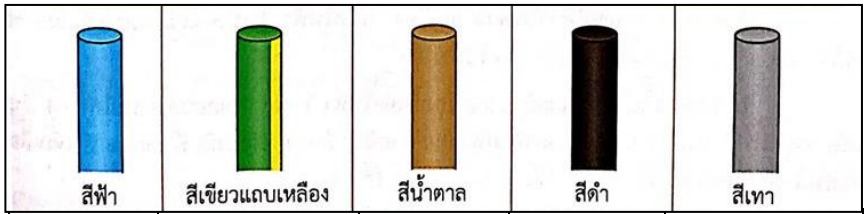
10) การส่งกำลังไฟฟ้าปริมาณมากจากโรงไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลให้มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าอย่างไร จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง (แนวการตอบ มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายไฟฟ้าน้อย จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าด้วยกระแสไฟฟ้าน้อย จึงต้องใช้ความต่างศักย์สูง)

3.3 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยว ดังนี้

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดสีของสายไฟฟ้าที่มีตัวนำเป็นทองแดงและหุ้มฉนวน**พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride : PVC)** ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ
(ไม่เกิน 1000 โวลต์) ของระบบไฟฟ้า 3 เฟส ดังนี้



สายนิวทรัล	สายดิน	สายไฟฟ้าของขดลวดชุดที่ 1	สายไฟฟ้าของขดลวดชุดที่ 2	สายไฟฟ้าของขดลวดชุดที่ 3

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

8.3 ใบความรู้ เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

8.4 แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และการส่งไฟฟ้ากระแสสลับไปตามบ้านเรือนได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดีผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 3) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ค่าพลังงานที่สูญเสียไปในสายไฟฟ้า เมื่อส่งด้วยความต่างศักย์ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้งข้อ ก. และ ข.
	2	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. หรือ ข. เท่านั้น
	1	ทำแบบฝึกหัดเสริมไม่ถูกต้องทั้ง ก. และ ข.
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน 3 หมายถึง ระดับดีมาก

คะแนน 2 หมายถึง ระดับดี

คะแนน 1 หมายถึง ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวม คะแนน	ระดับ คุณภาพ
		ด้าน ความรู้ (K)	ด้าน กระบวนการ (P)	ด้าน คุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

หน่วยการเรียนรู้ แม่เหล็กและไฟฟ้า **รวม 28 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **การต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงาน ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. อธิบายหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การแปลงอีเอ็มเอฟของหม้อแปลง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด พันอยู่บนแกนเหล็กเดียวกัน โดยขดลวดที่ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดที่ใช้ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ เมื่อต่อขดลวดปฐมภูมิกับไฟฟ้ากระแสสลับเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε_1 ในขดลวดปฐมภูมิ จะเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ ε_2 ในขดลวดทุติยภูมิ

ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ N_1 และทุติยภูมิ N_2 ตามสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$

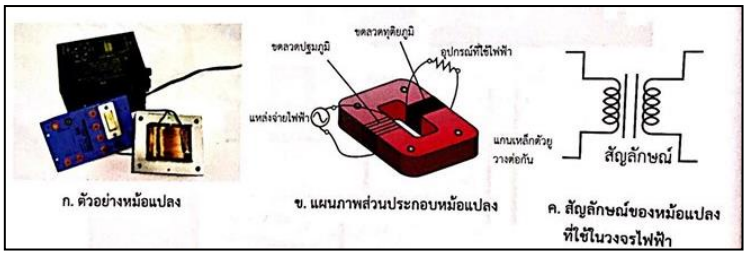
หาก $N_2 > N_1$ จะได้ $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ เรียกหม้อแปลงขึ้น และถ้า $N_2 < N_1$ จะได้ $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$ เรียกหม้อแปลงลง

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

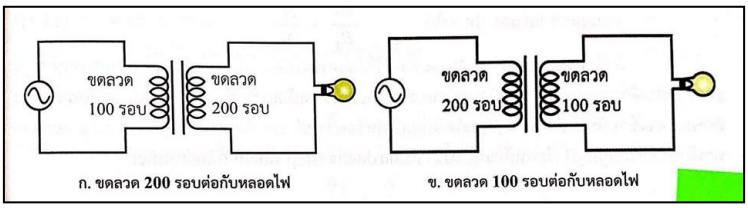
หม้อแปลง

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คือ **หม้อแปลง (transformer)** โดยมีทั้งแบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานดังรูป 15.65 ก. หม้อแปลงประกอบด้วยขดลวดที่มีฉนวนหุ้มพันบนแกนเหล็ก 2 ขด ดังรูป 15.65 ข. และเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลงได้ดังรูป 15.65 ค.



รูป 15.65 หม้อแปลง

ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding)** ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่า **ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding)**



รูป 15.66 การจัดอุปกรณ์ทดสอบ

ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ ดังรูป 15.66 ก. เปิดสวิตซ์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่เมื่อสลับด้าน โดยต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ ดังรูป 15.66 ข. เมื่อเปิดสวิตซ์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน พบว่าหลอดไฟสว่าง แต่จะมีความสว่างน้อยกว่า กรณีก่อนหน้า

จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่าเมื่อต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวดปฐมภูมิ จะเห็นว่าหลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะสว่างทั้งสองครั้ง แต่เมื่อหลอดไฟต่ออยู่กับขดลวด 200 รอบจะมีความสว่างมากกว่า ตอนที่ต่ออยู่กับขดลวด 100 รอบความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอย่างไร ศึกษาได้ดังนี้

เนื่องจากขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีแกนเหล็กร่วมกัน ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดทั้งสอง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก ($\Delta\phi$) เท่ากัน เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงในขดลวดทั้งสอง เกิดอีเอ็มเอฟ ε_1 ที่ขดลวดปฐมภูมิ และอีเอ็มเอฟ ε_2 ที่ขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนรอบของขดลวดดังนี้

ถ้าขดลวดปฐมภูมิมีจำนวน N_1 รอบ และขดลวดทุติยภูมีจำนวน N_2 รอบ อีเอ็มเอฟที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวดทั้งสองตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ เป็นดังสมการ

ที่ขดลวดปฐมภูมิ $\varepsilon_1 = N_1 \left|\frac{\Delta \emptyset}{\Delta t}\right|$

ที่ขดลวดทุติยภูมิ $\varepsilon_2 = N_2 \left|\frac{\Delta \emptyset}{\Delta t}\right|$

จากสมการทั้งสอง จะได้ว่า $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$

ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้ **หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer)** ลักษณะตรงข้ามกันนี้ ถ้า $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า **หม้อแปลงลง (step-down transformer)**

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนบทเรียนที่ผ่านมา เรื่อง การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ และสมการที่เกี่ยวข้อง

1.2 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง หม้อแปลง ดังนี้

1) หากนำขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หลอดไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนทุกคนศึกษาเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 96-98

2.2 นักเรียนทุกคนศึกษาและทำใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 15.13 ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน 99

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ ลงในสมุด

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนความต่างศักย์หรืออีเอ็มเอฟของไฟฟ้ากระแสสลับ คืออะไร (แนวการตอบ หม้อแปลง(transformer))

2) หม้อแปลง(transformer) มีกี่แบบ อะไรบ้าง (แนวการตอบ มี 2 แบบ คือ แบบที่เปลี่ยนให้ความต่างศักย์สูงขึ้น และแบบที่เปลี่ยนความต่างศักย์ให้ต่ำลง)

3) จงเขียนสัญลักษณ์แทนหม้อแปลง (แนวการตอบ)

4) ขดลวดที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding))

5) ขดลวดที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ ขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding))

6) กรณีที่ 1 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 100 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 200 รอบ และกรณีที่ 2 ต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับขดลวด 200 รอบ และนำหลอดไฟต่อกับขดลวด 100 รอบ เมื่อเปิดสวิตซ์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ทั้ง 2 กรณี ผลที่เกิดขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แนวการตอบ เหมือนกัน คือ หลอดไฟสว่าง แต่แตกต่างกัน คือ กรณีที่ 2 มีความสว่างน้อยกว่ากรณี 1)

7) ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง (แนวการตอบ ความสว่างของหลอดไฟขึ้นอยู่กับความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าจากขดลวดทุติยภูมิที่ผ่านหลอดไฟ)

8) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดปฐมภูมิ (แนวการตอบ $\varepsilon_1 = N_1 \left|\frac{\Delta \emptyset}{\Delta t}\right|$)

9) จงเขียนสมการหาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดทุติยภูมิ (แนวการตอบ $\varepsilon_2 = N_2 \left|\frac{\Delta \emptyset}{\Delta t}\right|$)

10) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 > N_1$ จะทำให้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิมากกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงลักษณะนี้ (แนวการตอบ หม้อแปลงขึ้น (step-up transformer))

11) จากสมการ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$ ถ้าจำนวนรอบ $N_2 < N_1$ จะได้อีเอ็มเอฟหรือความต่างศักย์ทางด้านขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เรียกหม้อแปลงนี้ว่า (แนวการตอบ หม้อแปลงลง (step-down transformer))

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับชวนคิด ในหนังสือเรียน หน้า 98 ดังนี้

หากเปลี่ยนแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งต่อเข้ากับขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าคงตัว เมื่อเปิดสวิตซ์ให้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำงาน หลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะสว่างหรือไม่เพราะเหตุใด

(แนวการตอบ ทันทีเปิดสวิตซ์จะสังเกตเห็นหลอดไฟสว่างชั่วขณะ หลังจากนั้นหลอดไฟจะไม่สว่าง เพราะในขณะที่เปิดสวิตซ์ กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิเปลี่ยนแปลงจากไม่มีกระแสไฟฟ้าเป็น มีกระแสไฟฟ้า เกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กชั่วขณะทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ
ทำให้หลอดไฟสว่างชั่วขณะ หลังจากนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าคงตัว ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กคงตัวผ่านขดลวดทั้งสองของหม้อแปลง จึงไม่เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิ ทำให้หลอดไฟไม่สว่าง)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม จำนวน 1 ข้อ

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

8.3 ใบความรู้ เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

8.4 แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาอีเอ็มเอฟ ด้านขดลวดทุติยภูมิ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาอีเอ็มเอฟ	1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

		ด้านขดลวดทุติยภูมิ จำนวน 1 ข้อ	
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัดเสริม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง 3) แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง หาอีเอ็มเอฟด้านขดลวดทุติยภูมิ จำนวน 1 ข้อ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง หลักการทำงานของหม้อแปลง

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 5-7 ข้อ
	1	สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-4 ข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้งข้อ ก. และ ข.
	2	ทำแบบฝึกหัดเสริมได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. หรือ ข. เท่านั้น
	1	ทำแบบฝึกหัดเสริมไม่ถูกต้องทั้ง ก. และ ข.
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

ความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15

เรื่อง อุณหภูมิ และความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนบอกระดับความร้อนของวัตถุด้วยอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสและเคลวินได้

2) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนอุณหภูมิกับความจุความร้อน ความร้อนจำเพาะได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) เป็นการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างความร้อนและพลังงานกล ระดับความร้อนของวัตถุสามารถระบุได้ด้วยอุณหภูมิ (temperature) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิเรียกว่า**เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer)** หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้ทั่วไปคือ **องศาเซลเซียส (degree Celsius, °C)**

แต่การศึกษาในวิชาอุณหพลศาสตร์ใช้อุณหภูมิในหน่วย **เคลวิน (Kelvin, K)** ซึ่งบางครั้งเรียกว่า **อุณหภูมิสัมบูรณ์(absolute temperature)**

เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหรืออาจเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง กรณีที่สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้แก่สารต่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เรียกว่า **ความจุความร้อน (heat capacity, C)** ส่วนความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วย

มวลจะขึ้นกับสารแต่ละชนิด เรียกว่า **ความร้อนจำเพาะ (specific heat, c)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิคำนวณได้จากสมการ $Q = mc\Delta T$ กรณีที่สสารเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่ง โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารหนึ่งหน่วยมวล เรียกว่า **ความร้อนแฝง (latent heat, L)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

อุณหภูมิ

ธรรมชาติได้สร้างให้มนุษย์สามารถรับรู้ความร้อนของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เพื่อให้สามารถหลีกเลี่ยงและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับร่างกายเมื่อสัมผัสสิ่งที่ร้อนหรือเย็น ตัวอย่างการรับรู้ความร้อนของร่างกายมนุษย์ เช่น หากนำภาชนะใส่น้ำมา 3 ใบ ภาชนะสีฟ้าใส่น้ำเย็น ภาชนะสีเขียวอ่อนใส่น้ำอุ่น และภาชนะสีชมพูใส่น้ำร้อนที่ไม่ร้อนจนเกินกว่าจะแช่มือไว้ได้ เมื่อจุ่มมือข้างหนึ่งลงไปในภาชนะสีฟ้าจะรับรู้ได้ว่าเป็นน้ำเย็น และจุ่มมืออีกข้างหนึ่งลงไปในภาชนะสีชมพูก็จะรับรู้ได้ว่าเป็นน้ำร้อน ดังรูป 16.1 ก. อย่างไรก็ตาม การรับรู้ความร้อนของร่างกายมนุษย์ก็มีข้อจำกัด เช่น หากแช่มือทั้งสองในน้ำเย็นและน้ำร้อนเป็นระยะเวลาประมาณ 2 นาที แล้วนำมือทั้งสองลงไปแช่ในภาชนะสีเขียวอ่อนพร้อมกัน ดังรูป 16.1 ข. มือทั้งสองข้างจะรู้สึกแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่า น้ำในภาชนะนั้นร้อนหรือเย็น

รูป 16.1 การรับรู้ความร้อนด้วยประสาทสัมผัส

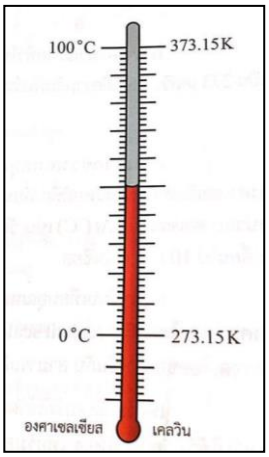
การรับรู้ความร้อนของสิ่งต่าง ๆ จากประสาทสัมผัสทำให้ทราบว่าความร้อนของวัตถุสามารถเปรียบเทียบได้โดยใช้ระดับความร้อน เช่น น้ำในภาชนะสีชมพูมีระดับความร้อนมากกว่าน้ำในภาชนะสีฟ้าอย่างไรก็ตาม เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสจากความรู้สึกร้อนหรือเย็นของร่างกายเป็นเครื่องวัดระดับความร้อนได้เสมอไปเพราะการรับรู้ทางประสาทสัมผัสเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน และประสาทสัมผัสของมนุษย์ไม่สามารถบอกระดับความร้อนของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ ดังเช่นในกรณีการจุ่มมือลงในน้ำอุ่น มือที่แช่น้ำเย็นมาก่อนจะรู้สึกว่าน้ำในภาชนะสีเขียวอ่อนเป็นน้ำร้อน แต่มือที่แช่น้ำร้อนมาก่อนจะรู้สึกว่าน้ำในภาชนะสีเขียวอ่อนเป็นน้ำเย็น ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องความร้อน นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องค้นหาวิธีการวัดระดับความร้อนและหามาตรฐานในการบอกระดับความร้อนขึ้น จึงเป็นที่มาของการบอกระดับความร้อนด้วย **อุณหภูมิ (temperature)** ของวัตถุนั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแสดงว่ามีระดับความร้อนมากและวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแสดงว่ามีระดับความร้อนน้อย

อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ เรียกว่า **เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer)** เทอร์มอมิเตอร์มีหลายชนิดและเทอร์มอมิเตอร์ที่พบในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ทำงานโดยอาศัยสมบัติของสารที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เช่น ปริมาตร ความต้านทานไฟฟ้า และสี เป็นต้น ในอดีตได้มีการกำหนดสเกลอุณหภูมิ

ของเทอร์มอมิเตอร์ไว้หลายอย่าง แต่ในทางวิทยาศาสตร์มีสเกลที่นิยมใช้คือ องศาเซลเซียส และเคลวิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **องศาเซลเซียส (degree Celsius, °C)** หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **องศาเซนติเกรด (degree centigrade)** เป็นสเกลวัดที่เกิดจากการวัดอุณหภูมิของน้ำที่ความดัน 1 บรรยากาศ โดยกำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดของน้ำเป็น 100 องศาเซลเซียส เมื่อแบ่งช่วงอุณหภูมิระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำเป็น 100 ส่วน เท่า ๆ กันจะได้สเกลของส่วนที่แบ่งเป็นส่วนละ 1 องศาเซลเซียส

2. **เคลวิน (Kelvin, K)** เป็นหนึ่งในหน่วยฐานของระบบเอสไอใช้สเกลวัดที่เกิดจากการวัดอุณหภูมิของน้ำที่ความดัน 1 บรรยากาศ โดยกำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 273.15 เคลวิน และจุดเดือดของน้ำเป็น 373.15 เคลวิน เมื่อแบ่งช่วงอุณหภูมิระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน จะได้สเกลของส่วนที่แบ่งเป็นส่วนละ 1 เคลวิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าช่วงอุณหภูมิ 1 เคลวิน เท่ากับช่วงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ดังรูป 16.2



รูป 16.2 การเปรียบเทียบสเกลอุณหภูมิระหว่างองศาเซลเซียสและเคลวิน

อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน เรียกว่า **อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature)** และที่อุณหภูมิ 0 เคลวิน เรียกว่า **ศูนย์สัมบูรณ์ (absolute zero)** อุณหภูมิดังกล่าว ถือเป็นอุณหภูมิต่ำที่สุดในทางทฤษฎีที่เป็นไปได้ของสสาร ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อนุภาคหยุดการเคลื่อนไหวอย่างสิ้นเชิง อย่างไรก็ตาม สภาวะของสสารที่มีอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ยังไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ

ถ้าให้ T เป็นอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (K) และ t เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส (℃) อุณหภูมิทั้งสองมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$T = t + 273.15$$

ในการคำนวณโดยทั่วไป ที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก สามารถใช้จุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 273 เคลวิน และได้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยเคลวินและอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสเป็น

$$T = t + 273$$

เนื่องจากช่วงสเกลอุณหภูมิในหน่วยเคลวินมีค่าเท่ากับช่วงสเกลอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในหน่วยเคลวิน ΔT(K) มีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปใน

หน่วยองศาเซลเซียส (℃) เช่น วัตถุมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปเท่ากับ 10 เคลวิน จะเท่ากับวัตถุมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 10 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างหน่วยต่างๆ นอกเหนือจากองศาเซลเซียสและเคลวิน เช่น องศาฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit scale, °F) สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบกับจุดมาตรฐานคือจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำเช่นกัน สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก

เทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมีหลายรูปแบบตามลักษณะของการใช้งาน เช่น เทอร์มอมิเตอร์สำหรับใช้วัดอุณหภูมิห้อง เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของคนไข้ เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิเตาอบ เทอร์มอมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด ตัวอย่างเทอร์มอมิเตอร์บางชนิดแสดงดังรูป 16.3

รูป 16.3 เทอร์มอมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ

ความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ

เมื่อให้ความร้อนกับวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้กับวัตถุต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า **ความจุความร้อน (heat capacity)** ของวัตถุนั้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

โดย C คือ ความจุความร้อน มีหน่วยเป็น จูลต่อเคลวิน (J/K)

Q คือ ความร้อนที่ให้แก่วัตถุ มีหน่วยเป็น จูล (J)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับความร้อน มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

ความจุความร้อนเป็นค่าที่แสดถึงความร้อนที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 เคลวิน ซึ่งเป็นค่าที่ไม่พิจารณาว่ามวลของวัตถุมีขนาดเท่าใด ในทางปฏิบัติเราจะทราบค่าดังกล่าวได้จากการทดลอง อย่างไรก็ตามเราสามารถอนุมานได้ว่า ความจุความร้อนต้องแปรผันกับมวลขอวัตถุ เช่น ถ้าให้ความร้อน 500 จูลกับน้ำ 1 แก้ว แล้วทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น 1 เคลวิน ดังนั้น ถ้าต้องการให้น้ำ 2 แก้ว มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 เคลวิน ก็ย่อมต้องการความร้อนเท่ากับ 1000 จูล แต่ถ้าหารควานจุดวามร้อน

ด้วยมวลของวัตถุค่าที่ได้จะไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ ความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลจะขึ้นกับสารแต่ละชนิด เรียกว่า **ความร้อนจำเพาะ (specific heat)** แทนด้วยสัญลักษณ์ c จะได้

$$c = \frac{C}{m}$$

โดย c คือ ความร้อนจำเพาะ มีหน่วยเป็น จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน (J/kg K)

m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

C คือ ความจุความร้อน มีหน่วยเป็น จูลต่อเคลวิน (J/K)

แทนค่า $C = \frac{Q}{\Delta T}$ ในสมการ $c = \frac{C}{m}$

$$C = \frac{Q}{m\Delta T}$$

หรือ

$$Q = mc\Delta T$$

หากสารมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ΔT มีค่าเป็นบวก) จะทำให้ Q มีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายถึงความร้อนถ่ายโอนเข้าสู่สาร ส่วนกรณีสารมีอุณหภูมิลดลง (ΔT มีค่าเป็นลบ) จะทำให้ Q มีค่าเป็นลบ ซึ่งหมายถึงความร้อนถ่ายโอนออกจากสาร

ความร้อนจำเพาะแสดงถึงความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 เคลวิน ความร้อนจำเพาะเป็นสมบัติเฉพาะของสาร โดยความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดแสดงในตาราง 16.1

ตาราง 16.1 ความร้อนจำเพาะของสาราต่าง ๆ (ที่ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิห้อง 20 ℃ หรือระบุเป็นอย่างอื่น)

สาร	**ความร้อนจำเพาะ (J/kg K)**
น้ำแข็ง (-5 ℃)	2100
น้ำ (15 ℃)	4186
ไอน้ำ (110 ℃)	2010
เอทิลแอลกอฮอล์	2400
ไม้	1700
อะลูมิเนียม	900
แก้ว	840
ทราย	800
เหล็ก	450
ทองแดง	390
เงิน	230
ปรอท	140
ตะกั่ว	130

หมายเหตุ : ความร้อนจำเพาะสามารถแสดงในหน่วย J/kg K หรือ J/kg ℃ เนื่องจากมีค่าเท่ากัน

ความร้อนจำเพาะของสารมีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน แต่โดยทั่วไป ความร้อนจำเพาะของสารเปลี่ยนแปลงน้อยมากจึงให้เป็นค่างคงตัว

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่หัวข้อที่ 16.1.1 โดยครูจัดกิจกรรมสาธิต แล้วให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมและสังเกตการรับรู้ความร้อนด้วยประสาทสัมผัสจากการใช้มือจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำเย็น น้ำอุ่น และน้ำร้อน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) การรับรู้ความร้อนของสิ่งต่าง ๆ จากประสาทสัมผัสมีข้อจำกัดอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูนำเข้าสู่หัวข้อที่ 16.1.2 โดยยกสถานการณ์วัตถุที่ได้รับความร้อนแล้วมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เช่น การเผาโลหะต่างชนิดกันที่มีมวลเท่ากัน หรืออาจจัดกิจกรรมสาธิตเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทรายและน้ำที่มีมวลเท่ากัน เมื่อนำไปวางกลางแดดในเวลาเท่ากัน จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) เมื่อวัตถุต่างชนิดกันมีมวลเท่ากันและมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันได้รับความร้อนในปริมาณเท่ากัน วัตถุนี้จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเทอร์มอมิเตอร์ และการกำหนดสเกลอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ ในหน่วยองศาเซลเซียส และเคลวิน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 125 - 126

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาหัวข้อ ความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 128-130

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาตัวอย่าง 16.1 และ 16.2 ในหนังสือเรียน อย่างละเอียด

2.4 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2 ลงในสมุดของตนเอง

2.5 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2 ลงในสมุดของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) เหตุใดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในหน่วยเคลวินจึงมีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในหน่วยองศาเซลเซียส (แนวการตอบ เนื่องจากช่วงสเกลอุณหภูมิในหน่วยเคลวินมีค่าเท่ากับช่วงสเกลอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส)

2) ความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

(แนวการตอบ ไม่เหมือนกัน โดยที่ความจุความร้อน คือ อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้แก่วัตถุต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าไม่คงตัว ส่วนความร้อนจำเพาะ คือ ความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวล และจะมีค่าคงตัวขึ้นกับสารแต่ละชนิด)

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง อุณหภูมิ และความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ

- ประสาทสัมผัสของมนุษย์ไม่สามารถบอก ระดับความร้อนของสิ่งต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องค้นหาวิธีการวัดระดับความร้อน และหามาตรฐานในการบอกระดับความร้อนขึ้น จึงเป็นที่มาของการบอกระดับความร้อนด้วยอุณหภูมิของวัตถุนั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแสดงว่ามีระดับความร้อนมาก และวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแสดงว่ามีระดับความร้อนน้อย
- เมื่อให้ความร้อนกับวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยวัตถุต่างชนิดกันแม้จะมีมวลเท่ากันและอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันอาจจะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนจึงขึ้นอยู่กับชนิดของสาร
- ความจุความร้อน คือ อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้กับวัตถุต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตาม
- ความร้อนที่ทำให้วัตถุนั้น ๆ มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วย องศาเซลเซียส
- ความร้อนจำเพาะ คือ ความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวล
- ความร้อนจำเพาะมีค่าขึ้นกับสารแต่ละชนิด โดยที่วัตถุชนิดเดียวกันแต่มีมวลต่างกันจะมีความร้อนจำเพาะเท่ากันเสมอ แต่อาจมีความจุความร้อนไม่เท่ากัน กล่าวคือ วัตถุที่มีมวลมากจะมีความจุ ความร้อนมาก ส่วนวัตถุที่มีมวลน้อยจะมีความจุความร้อนน้อย และความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารมวล และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมีหลายรูปแบบตามลักษณะของการใช้งาน ตามใบความรู้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง เทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมีหลายรูปแบบตามลักษณะของการใช้งาน

8.3 อินเทอร์เน็ต

8.4 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนบอกระดับความร้อนของวัตถุด้วยอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสและเคลวินได้ 2) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนอุณหภูมิกับความจุความร้อน ความร้อนจำเพาะได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2 3) แบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง อุณหภูมิ และความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ

ด้าน คุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 16

เรื่อง ความร้อนแฝง และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

7. อธิบายและคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะของสสารที่เกี่ยวข้องกับความร้อนแฝงได้

2) นักเรียนอธิบายการถ่ายโอนความร้อน สมดุลความร้อนได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) เป็นการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างความร้อนและพลังงานกล ระดับความร้อนของวัตถุสามารถระบุได้ด้วยอุณหภูมิ (temperature) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิเรียกว่า**เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer)** หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้ทั่วไปคือ **องศาเซลเซียส (degree Celsius, °C)**

แต่การศึกษาในวิชาอุณหพลศาสตร์ใช้อุณหภูมิในหน่วย **เคลวิน (Kelvin, K)** ซึ่งบางครั้งเรียกว่า **อุณหภูมิสัมบูรณ์(absolute temperature)**

เมื่อสสารได้รับหรือคายความร้อน สสารอาจมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหรืออาจเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง กรณีที่สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ให้แก่สารต่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เรียกว่า **ความจุความร้อน (heat capacity, C)** ส่วนความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลจะขึ้นกับสารแต่ละชนิด เรียกว่า **ความร้อนจำเพาะ (specific heat, c)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยน

อุณหภูมิคำนวณได้จากสมการ $Q\ mc\Delta T$ กรณีที่สสารเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่ง โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารหนึ่งหน่วยมวล เรียกว่า **ความร้อนแฝง (latent heat, L)** ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะคำนวณได้จากสมการ $Q = mL$

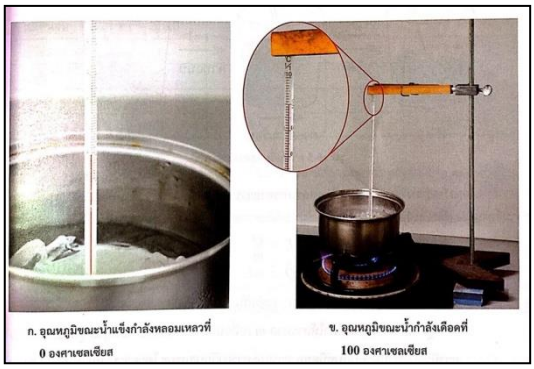
ความร้อนสามารถถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่อีกวัตถุหนึ่งที่มีอุณหภูมิ ต่ำกว่า ได้การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ นำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายโอนความร้อนดังกล่าวจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อไม่มีการถ่ายโอนความร้อนให้กับ สิ่งแวดล้อมภายนอก ปริมาณความร้อนที่วัตถุหนึ่งสูญเสียจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่อีกวัตถุหนึ่งได้รับ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$ การที่วัตถุมีการถ่ายโอนความร้อนจนไม่มีการถ่ายโอนความร้อน เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่า วัตถุทั้งสองอยู่ใน**สมดุลความร้อน (thermal equilibrium)**

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

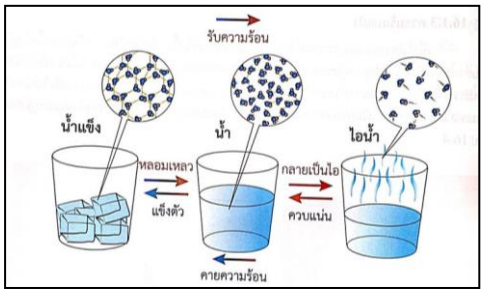
ความร้อนแฝง

เมื่อให้ความร้อนแก่สารจะทำให้อุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้น เช่น การให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวก็จะทำให้อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่สารไม่เปลี่ยนสถานะเท่านั้น แต่การให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานะของสาร เช่น การให้ความร้อนเพื่อให้น้ำแข็งหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ หรือการให้ความร้อนเพื่อให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำ จะพบว่าน้ำมีอุณหภูมิคงตัว ดังรูป 16.4



รูป 16.4 การวัดอุณหภูมิขณะที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวและน้ำกำลังเดือด

จากรูป 16.4 แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนแก่สารอาจไม่ได้ทำให้อุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นเสมอไป แต่อาจทำให้โมเลกุลของสารนั้น ๆ ซึ่งเดิมเกาะติดกันแน่นเคลื่อนที่แยกออกจากกันแล้วเกิดการเปลี่ยนสถานะ เช่น เมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อนที่พอเหมาะ จะเกิดการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เรียกว่า **การหลอมเหลว (melting)** และถ้ายังให้ความร้อนแก่น้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวต่อไป น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเดือด แล้วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอน้ำที่อยู่ในสถานะแก๊ส **เรียกว่า การกลายเป็นไอ (vaporisation)** ในทางกลับกันเมื่อแก๊สคายความร้อนจะเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลวเรียกว่า **การควบแน่น (condensation)** และถ้าคายความร้อนต่อไป จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเรียกว่า **การแข็งตัว (solidification)** ซึ่งสรุปได้ดังรูป 16.5



รูป 16.5 การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารมวล 1 หน่วย โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน เรียกว่า **ความร้อนแฝง (latent heat)** ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความร้อนที่ให้กับสาร ดังสมการ

$$L = \frac{Q}{m}$$

หรือ

$$Q = mL$$

โดย L คือ ความร้อนแฝง มีหน่วย จูลต่อกิโลกรัม (J/kg)

Q คือ ความร้อนที่ทำให้สารมวล m เปลี่ยนสถานะหมดพอดี มีหน่วย จูล (J)

ความร้อนแฝงมีค่าขึ้นกับชนิดของสารและการเปลี่ยนสถานะ โดยความร้อนแฝงของสารบางชนิดแสดงดังตาราง 16.2

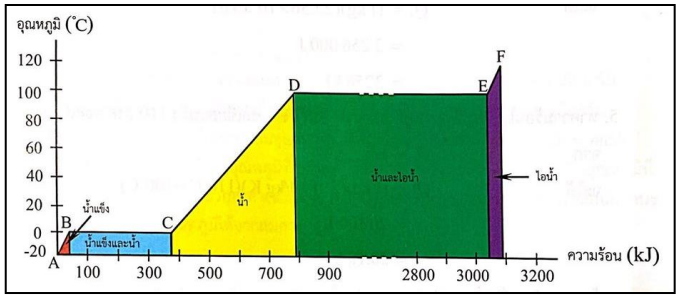
ตาราง 16.2 ความร้อนแฝงของสารบางชนิดที่ความดัน 1 บรรยากาศ

สาร	จุดหลอมเหลว (°C)	ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (J/kg)	จุดเดือด (°C)	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (J/kg)
น้ำ	0.0	3.33×10^5	100	22.56×10^5
ออกซิเจน	- 218.8	0.14×10^5	- 183	2.13×10^5
ไนโตรเจน	- 210.0	0.26×10^5	- 195.8	2.00×10^5
เอทิลแอลกอฮอล์	-114	1.04×10^5	78	8.50×10^5
ตะกั่ว	327	0.25×10^5	1750	8.70×10^5
เงิน	961	0.88×10^5	2193	23.00×10^5
เหล็ก	1808	2.89×10^5	3023	63.40×10^5

ความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เรียกว่า **ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (latent heat of fusion : L_f)** ส่วนความร้อนแฝงในการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นแก๊สเรียกว่า **ความร้อนแฝงของการกลายแข็งไอ (latent heat of vaporization : L_v)**ตัวอย่างเช่น ความร้อนที่ทำให้น้ำแข็ง 1 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวกลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณ 333 กิโลจูล แสดงว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำเท่ากับ 333 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ส่วนการทำให้น้ำมวลเดียวกันนี้เปลี่ยนจากน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นไอทั้งหมด จะใช้ความร้อนประมาณ 2256 กิโลจูล แสดงว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 2256 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

ในทางกลับกัน กระบวนการที่ไอน้ำในสถานะแก๊สควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวจะคายความร้อนออกมาเท่ากับที่ได้รับไปคือ 2256 กิโลจูล เหตุที่ความร้อนที่ใช้เป็นค่าเดียวกันในกระบวนการขาไปและกระบวนการย้อนกลับเป็นเพราะกระบวนการในระดับอะตอมแทบทั้งหมดมักจะไม่มีการสูญเสียพลังงานไปในรูปแบบอื่นใดได้อีก

อย่างไรก็ตาม สำหรับของแข็งบางชนิด เช่น น้ำแข็งแห้งหรือคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง ตามปกติที่ความดัน 1 บรรยากาศ จะมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ -78.5 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมิห้อง น้ำแข็งแห้งจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นแก๊สโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง เรียกการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สว่า **การระเหิด (sublimation)** ถ้าต้องการให้น้ำแข็งแห้งหลอมเหลวเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องต้องให้ความร้อนแก่น้ำแข็งแห้งที่ความดันสูงมากๆ นอกจากน้ำแข็งแห้งแล้วยังมีสารหลายชนิดที่เกิดการระเหิดได้ เช่น การบูร



รูป 16.6 การเปลี่ยนถนของน้ำมวล 1 กิโลกรัม เมื่อได้รับความร้อน

กราฟช่วง AB เป็นช่วงที่น้ำแข็งมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเกิดการหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้เรียกว่า **จุดหลอมเหลว (melting point)** ของน้ำแข็ง ถ้าให้ความร้อนต่อไปน้ำแข็งจะหลอมเหลวเป็นน้ำมากขึ้น จนกระทั่งน้ำแข็งหลอมเหลวหมดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ดังกราฟช่วง BCจากนั้นน้ำจะเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังกราฟช่วง CD จนเกิดการเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้เรียกว่า **จุดเดือด (boiling point)** ของน้ำ แล้วจะเริ่มกลายเป็นไอน้ำจนกระทั่งน้ำเดือดหมดที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดังกราฟช่วง DE ถ้าเก็บกักไอน้ำและให้ความร้อนต่อไปอีก ไอน้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ดังกราฟช่วง EF ถ้าพิจารณาความร้อนในช่วงต่าง ๆ จะพบว่าความร้อนส่วนใหญ่ใช้ไปกับการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเดือดให้กลายเป็นไอน้ำ ดังนั้น การต้มน้ำให้เดือดอาจจะใช้เวลาไม่นาน แต่จะใช้เวลานานในการทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำจนหมด

การถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

ความร้อนสามารถถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากวัตถุที่มีคุอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้เราสามารถอธิบายกระบวนการถ่ายโอนความร้อนได้ดังนี้

การนำความร้อน (heat conduction) เป็นการถ่ายโอนความร้อนผ่านตัวนำความร้อนโดยที่โมเลกุลแต่ละโมเลกุลของตัวนำไม่ได้เคลื่อนที่ตามไปด้วย เช่น ถ้าเราใช้มือจับช้อนโลหะ โดยใช้ปลายข้างหนึ่งของช้อนอยู่ในเปลวไฟ สักครู่เราจะรู้สึกว่าช้อนโลหะบริเวณที่จับร้อน เนื่องจากความร้อนถูกส่งผ่านช้อนโลหะซึ่งนำความร้อนมาสู่มือเรา

การพาความร้อน (heat convection) เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสารพาความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น การต้มน้ำที่บรรจุในภาชนะ เมื่อน้ำ

ได้รับความร้อนที่ส่วนล่างของภาชนะ น้ำส่วนล่างจะขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นน้อยน้อยลงและเคลื่อนที่ขึ้นไปอยู่ส่วนบน ส่วนน้ำที่อยู่ส่วนบนของภาชนะก็จะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่ การหมุนวนของน้ำจึงทำให้เกิดการพาความร้อนขึ้น

การแผ่รังสีความร้อน (heat radiation) เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เช่น โลกได้รับความร้อนที่ถ่ายโอนจากดวงอาทิตย์ผ่านสุญญากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

ในบางครั้ง การถ่ายโอนความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้จากการทั้งนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน เช่น การจับช้อนที่จุ่มลงในภาชนะโลหะที่ตั้งอยู่บนเตาไฟ ภาชนะโลหะจะนำความร้อนจากเปลวไฟไปสู่น้ำ แล้วโมเลกุลของน้ำจะพาความร้อนจากด้านล่างไปยังปลายช้อนโลหะด้านที่จุ่มน้ำ จากนั้นโมเลกุลของช้อนโลหะจะนำความร้อนสู่มือ นอกจากนี้มือที่จับช้อนยังได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟและน้ำด้วย ดังรูป 16.7

รูป 16.7 การถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นเมื่อวัตถุสองอันที่สามารถถ่ายโอนความร้อนถึงกันและกันได้มีอุณหภูมิแตกต่างกัน วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน การถ่ายโอนความร้อนดังกล่าวเป็นไปตาม**กฎการอนุรักษ์พลังงาน** ดังนั้นถ้าไม่มีการถ่ายโอนความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้ (ความร้อนที่ลดลงจะเท่ากับความร้อนที่อีกวัตถุหนึ่งได้รับ (ความร้อนที่เพิ่มขึ้น) เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$$

การที่วัตถุมีการถ่ายโอนความร้อนจนไม่มีการถ่ายโอนความร้อนเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่าวัตถุทั้งสองอยู่ใน**สมดุลความร้อน (thermal equilibrium)**

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ เกี่ยวกับคำศัพท์ เรื่อง ความร้อนแฝง และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.1.3 เรื่อง ความร้อนแฝง โดยจัดกิจกรรมสาธิตโดยให้นักเรียน สังเกตอุณหภูมิของน้ำแข็งในขณะที่กำลังหลอมเหลว และอุณหภูมิของน้ำในขณะที่กำลังเดือด จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน ดังนี้

1) เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแข็งที่กำลังหลอมเหลว อุณหภูมิของน้ำแข็งมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

2) เมื่อให้ความร้อนกับน้ำที่กำลังเดือด อุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อให้ความร้อนในขณะที่สารกำลังเปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิของสารจะมีค่าคงตัว และความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารมวล 1 หน่วย โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน เรียกว่า ความร้อนแฝง ความร้อนดังกล่าวหาได้จากสมการ (16.5) ในหนังสือเรียน

1.3 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.1.4 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) การถ่ายโอนความร้อน สามารถเกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง พร้อมยกตัวอย่าง

2) การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นเมื่อใด และเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความร้อนแฝงของสารบางชนิดแสดงในตารางที่ 16.2 ในหนังสือเรียน หน้า 135

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ การระเหิด และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 135-140 จนได้สมการที่เกี่ยวข้อง

2.3 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.3 16.4 และ 16.5 ในหนังสือเรียนอย่างละเอียด

2.4 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 3-5 ลงในสมุดของตนเอง

2.5 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5 ลงในสมุดของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ในขณะที่ประกอบอาหารภายในห้องครัวโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟ เพราะเหตุใดคนที่อยู่ภายใน ครัวจึงรู้สึกว่าได้รับความร้อนจากเปลวไฟนั้น (แนวการตอบ คนที่อยู่ภายในครัวได้รับความร้อนจากเปลวไฟเนื่องจากมีการพาความร้อนโดยโมเลกุลอากาศ และการแผ่รังสีความร้อน)

2) การถ่ายโอนความร้อนเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ การถ่ายโอนความร้อนเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ ถ้าไม่มีการถ่ายโอนความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ความร้อนที่วัตถุหนึ่งให้ (ความร้อนที่ลดลง) จะเท่ากับ ความร้อนที่อีกวัตถุหนึ่งได้รับ (ความร้อนที่เพิ่มขึ้น))

3) ถ้าใส่ตะปูที่เผาจนร้อนลงในแก้วที่มีน้ำพอสมควร อุณหภูมิของน้ำและตะปูจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน อุณหภูมิของน้ำและตะปูจะเป็นอย่างไร (แนวการตอบ เมื่อใส่ตะปูที่เผาจนร้อนลงในแก้วที่มีน้ำพอสมควร อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิของตะปูจะลดลง เมื่อปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน อุณหภูมิของน้ำและตะปูจะเท่ากัน)

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง ความร้อนแฝง และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

การนำความร้อน (heat conduction) เป็นการถ่ายโอนความร้อนผ่านตัวนำความร้อน โดยที่โมเลกุลแต่ละโมเลกุลของตัวนำไม่ได้เคลื่อนที่ตามไปด้วย เช่น ถ้าเราใช้มือจับช้อนโลหะ โดยใช้ปลายข้างหนึ่งของช้อนอยู่ในเปลวไฟ สักครู่เราจะรู้สึกว่าช้อนโลหะบริเวณที่จับร้อน เนื่องจากความร้อนถูกส่งผ่านช้อนโลหะซึ่งนำความร้อนมาสู่มือเรา

การพาความร้อน (heat convection) เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสารพาความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น การต้มน้ำที่บรรจุในภาชนะ เมื่อน้ำได้รับความร้อนที่ส่วนล่างของภาชนะ น้ำส่วนล่างจะขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นน้อยน้อยลง และเคลื่อนที่ขึ้นไปอยู่ส่วนบน ส่วนน้ำที่อยู่ส่วนบนของภาชนะก็จะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่ การหมุนวนของน้ำจึงทำให้เกิดการพาความร้อนขึ้น

การแผ่รังสีความร้อน (heat radiation) เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เช่น โลกได้รับความร้อนที่ถ่ายโอนจากดวงอาทิตย์ผ่านสุญญากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นเมื่อสองบริเวณมีอุณหภูมิแตกต่างกัน และการถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นจนกระทั่งทั้งสองบริเวณมีอุณหภูมิเท่ากัน การถ่ายโอนความร้อนดังกล่าวจะเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

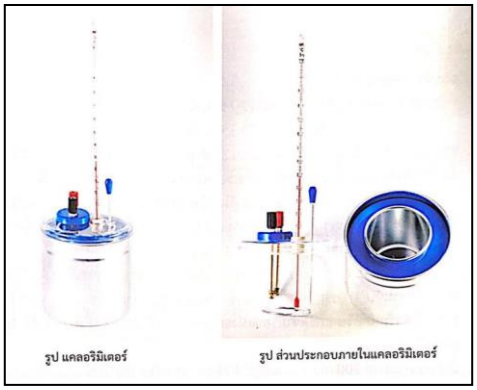
การที่วัตถุมีการถ่ายโอนความร้อนจนไม่มีการถ่ายโอนความร้อน เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกว่า วัตถุทั้งสองอยู่ในสมดุลความร้อน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติม ดังนี้

- จุดเดือดของของเหลวมีค่าขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ เช่น น้ำจะมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งอยู่ในระดับน้ำทะเล แต่ถ้าความดันต่ำกว่า 1 บรรยากาศ เช่น บนยอดเขาสูง น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ถ้าความดันมากกว่า 1 บรรยากาศเช่นในหม้ออัดความดัน น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงนิยมนำหม้อชนิดนี้มาใช้สำหรับฆ่าเชื้อ

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแคลอริมิเตอร์ (calorimeter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดสมบัติของสารที่เดี่ยวข้องกับความร้อน ความจุความร้อน ความร้อนจำเพาะ และความร้อนแฝงของสาร รวมถึงความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี ไฟฟ้า และกลศาสตร์ ตัวภาชนะทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน เพื่อป้องกันการถ่ายโอนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ภายในบรรจุด้วยของเหลวที่ทราบความร้อนจำเพาะและความร้อนแฝง เช่น น้ำ ของเหลวดังกล่าวทำหน้าที่รับหรือคายความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนความร้อน
ระหว่างของเหลวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา และเมื่อวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของของเหลวจะสามารถนำใช้หาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการศึกษาได้



ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อที่ 3-5

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนแฝง

8.3 ใบความรู้ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

8.4 อินเทอร์เน็ต

8.5 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการเปลี่ยนสถานะของสสารที่เกี่ยวข้องกับความร้อนแฝงได้ 2) นักเรียนอธิบายการถ่ายโอนความร้อนสมดุลความร้อนได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 3-5	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 3-5	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 3-5 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 3-5 3) แบบฝึกหัด 16.1 ข้อ 3-5	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม
เรื่อง ความร้อนแฝง และการถ่ายโอนความร้อนและสมดุลความร้อน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 17

เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์แผ่นพับ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

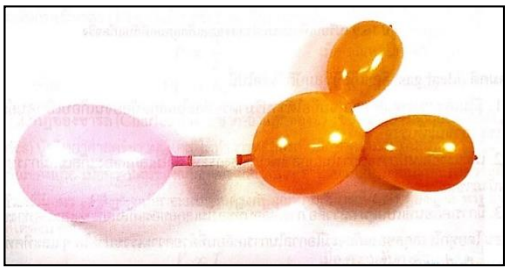
สารในสถานะแก๊ส ประกอบด้วยโมเลกุลฟุ้งกระจายเต็มภาชนะบรรจุ เพื่อให้การอธิบายพฤติกรรมของแก๊สได้ง่ายขึ้น จึงมีการสร้าง**แบบจำลองแก๊สอุดมคติ (ideal gas)** ขึ้นมา โดยกำหนดให้แก๊สอุดมคติเป็นแก๊สโมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

แก๊สอุดมคติ

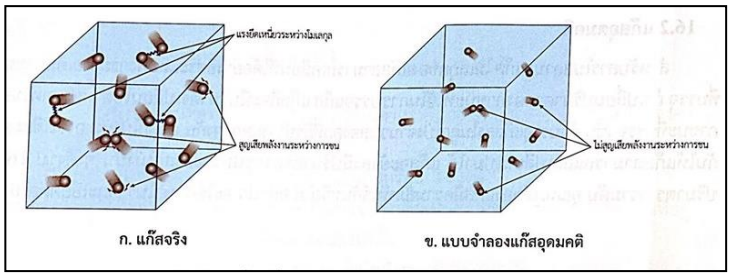
สำหรับสารในสถานะแก๊ส โมเลกุลของแก๊สสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและฟุ้งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ ถ้าเปลี่ยนปริมาตรของภาชนะที่ใช้ในการบรรจุแก๊ส แก๊สก็จะมีปริมาตรเปลี่ยนไปตามปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ เช่น ถ้าบรรจุแก๊สลงในลูกโป่งจำนวนสองลูกที่มีรูปร่างแตกต่างกัน แม้ลูกโป่งทั้งสองจะเชื่อมต่อกันให้แก๊สสามารถแลกเปลี่ยนไปมาได้ แก๊สจะยังคงมีปริมาตรตามรูปทรงของลูกโป่งนั้น ๆ ดังรูป 16.8



รูป 16.8 แก๊สเปลี่ยนปริมาตรตามรูปทรงของลูกโป่ง

แบบจำลองแก๊สอุดมคติ

เนื่องจากแก๊สจริงมีการสูญเสียพลังงานจลน์ระหว่างการชน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และมีโมเลกุลขนาดใหญ่จนปริมาตรของแก๊สอาจไม่เท่ากับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ ทำให้การอธิบาพฤติกรรมของแก๊สเป็นไปได้ยากดังรูป 16.9 ก. เพื่อให้การอธิบายพฤติกรรมของแก๊สง่ายขึ้น จึงมีการสร้างแบบจำลองแก๊สอุดมคติขึ้นมา ดังรูป 16.9 ข.



รูป 16.9 เปรียบเทียบแบบจำลองของแก๊สอุดมคติกับแก๊สจริง

แก๊สอุดมคติ (ideal gas) คือ แก๊สที่มีสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีโมเลกุลขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าปริมาตรแต่ละโมเลกุลน้อยจนเกือบเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับ
ปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ

2. ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล แต่จะมีแรงกระทำต่อโมเลกุลของแก๊สเมื่อมีการชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะ

3. มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม กล่าวคือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สมีขนาดและทิศทางของความเร็วไม่แน่นอน โดยทุกโมเลกุลของแก๊สจะมีโอกาสในการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วขนาดใด ๆ และทิศทางใดๆ ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันทุกโมเลกุล

4. โดยความน่าจะเป็นที่โมเลกุลของแก๊สจะมีความเร็วค่าใดค่าหนึ่งและทิศทางใดทิศทางหนึ่งมีค่า
เท่ากัน

5. มีการชนแบบยืดหยุ่น กล่าวคือ โมเลกุลของแก๊สจะไม่มีกาสูญเสียพลังงานจลน์ระหว่างการชนไม่ว่าจะเป็นการชนกันระหว่างโมเลกุลของแก๊ส หรือการชนกับผนังภาชนะ

สมบัติของแก๊สอุดมคติดังกล่าว นำไปใช้อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิของแก๊สอุดมคติ

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.2 เรื่อง แก๊สอุดมคติ โดยจัดกิจกรรมสาธิตซึ่งนำถุงมือยางมาต่อ กับท่อกลวงที่ปลายข้างหนึ่ง จากนั้นเป่าลมเข้าไปในลูกโป่งทรงกลมแล้วนำมาต่อเข้ากับท่อกลวงที่ปลายอีกข้างหนึ่ง ดังรูป

ก.ปริมาตรและรูปทรงของแก๊สเมื่ออยู่ในลูกโป่งทรงกลม ข. ปริมาตรและรูปทรงของแก๊สเมื่ออยู่ในถุงมือยาง

รูป 16.12 ปริมาตรและรูปทรงของแก๊สเมื่อภาชนะที่บรรจุเปลี่ยนแปลงไป

จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อตอบคำถาม ดังนี้

1) ถ้าใช้มือบีบลูกโป่งทรงกลมเพื่อให้แก๊สทั้งหมดที่อยู่ในลูกโป่งทรงกลมเคลื่อนที่เข้าไปในถุงมือยางแก๊สดังกล่าวจะมีปริมาตรและรูปทรงเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อปล่อยให้แก๊สที่อยู่ในลูกโป่งทรงกลมเคลื่อนที่เข้าไปยังถุงมือยาง ดังรูป 16.12 ข. แก๊สจะมีปริมาตรและรูปทรงเปลี่ยนแปลงไปจากทรงกลมเหมือนลูกโป่งเป็นรูปมือเหมือนถุงมือยาง นั่นคือ แก๊สมีรูปทรงและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ

1.3 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม เรื่อง แบบจำลองแก๊สอุดมคติ ดังนี้

1) ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิของแก๊สมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

2) พฤติกรรมของแก๊สในธรรมชาติว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างจากพฤติกรรมของแก๊สในอุดมคติอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองแก๊สอุคมคติ ในหนังสือเรียน หน้า 145-146 และสามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในห้องสมุด หรืออินเทอร์เน็ต

2.2 ครูแจกแบบ Box แผ่นพับให้นักเรียนแต่ละคน

2.3 นักเรียนสรุปองค์ความรู้ เรื่อง แบบจำลองแก๊สอุคมคติ ลงใน Box แผ่นพับที่ครูแจกให้

2.4 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2 ลงในสมุดของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุป เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ดังนี้

- **แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ** ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้การอธิบายพฤติกรรมของแก๊สได้ง่ายขึ้น โดยแก๊สอุดมคติเป็นแก๊สที่โมเลกุลมีขนาดเล็กมาก ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม และมีการชนแบบยืดหยุ่น

- แก๊สอุดมคติ (ideal gas) คือ แก๊สที่มีสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีโมเลกุลขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าปริมาตรแต่ละโมเลกุลน้อยจนเกือบเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุ

2. ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล แต่จะมีแรงกระทำต่อโมเลกุลของแก๊สเมื่อมีการชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะ

3. มีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม กล่าวคือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สมีขนาดและทิศทางของความเร็วไม่แน่นอน โดยทุกโมเลกุลของแก๊สจะมีโอกาสในการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วขนาดใด ๆ และทิศทางใด ๆ ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันทุกโมเลกุล

4. โดยความน่าจะเป็นที่โมเลกุลของแก๊สจะมีความเร็วค่าใดค่าหนึ่งและทิศทางใดทิศทางหนึ่งมีค่าเท่ากัน

5. มีการชนแบบยืดหยุ่น กล่าวคือ โมเลกุลของแก๊สจะไม่มีกาสูญเสียพลังงานจลน์ระหว่างการชนไม่ว่าจะเป็นการชนกันระหว่างโมเลกุลของแก๊ส หรือการชนกับผนังภาชนะ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจ Box แผ่นพับ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

8.3 อินเทอร์เน็ต

8.4 ห้องสมุด

8.5 Box แผ่นพับ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์แผ่นพับ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติได้	1) ตรวจ Box แผ่นพับ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) Box แผ่นพับ	1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์แผ่นพับ และสามารถสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาลงใน Box แผ่นพับได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 1-2 2) ตรวจ Box แผ่นพับ เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.1 ข้อ 1-2 3) Box แผ่นพับ	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านกระบวนการ	**3**	สร้างและประดิษฐ์แผ่นพับได้ถูกต้อง มีการสรุปองค์ความรู้ได้ถูกต้องครบถ้วน และมีการตกแต่งสวยงาม

(P)	**2**	สร้างและประดิษฐ์แผ่นพับได้ถูกต้อง มีการสรุปองค์ความรู้ได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน และมีการตกแต่งสวยงาม
	1	สร้างและประดิษฐ์แผ่นพับได้ แต่ไม่ถูกต้อง มีการสรุปองค์ความรู้แต่ไม่ครบถ้วน และไม่มีการตกแต่งสวยงาม
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้านกระบวนการ (P)	ด้านคุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 18

เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

8. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายกฎของแก๊สอุดมคติได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของแก๊สอุดมคติมีความสัมพันธ์เป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ (ideal gas law) เขียนแทนได้ด้วยสมการ $PV = nRT = Nk_BT$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

กฎของแก๊สอุดมคติ

นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะทำความเข้าใจธรรมชาติของแก๊ส ได้มีการทดลองเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สในภาชนะปิด จนสรุปเป็นกฎ 3 ข้อ ดังนี้

1. กฎของบอยล์ (Boyle's law) : รอเบิร์ต บอย (Robert Boyle) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊สในสภาวะที่อุณหภูมิของแก๊สคงตัว และพบว่าสำหรับแก๊สในภาชนะปิด ถ้าอุณหภูมิของแก๊สคงตัว ความดัน (P) ของแก๊สแปรผกผันกับปริมาตร (V) ของแก๊ส หรืออาจเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้ คือ

$$P \propto \frac{1}{V}$$ เมื่อ อุณหภูมิคงตัว

หรือ $$PV = K_1$$ เมื่อ K_1 คือ ค่าคงตัว

2. **กฎของชาร์ล (Charles'law)** : ชาก-อาแลกซองดร์-เซซา ชาร์ล (Jacques- Alexandre-Ce'sar Charles) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส เมื่อความดันของแก๊สคงตัว และพบว่าสำหรับแก๊สในภาชนะปิด ถ้าความดัน (P) ของแก๊สคงตัว ปริมาตร (V) ของแก๊ส จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) ของแก๊ส หรืออาจเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้ คือ

$$V \propto T$$ เมื่อ ความดันคงตัว

หรือ $$\frac{V}{T} = K_2$$ เมื่อ K_2 คือ ค่าคงตัว

3. กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law) : โชเซฟ-ลุย เก-ลูซัก (Joseph-Louis Gay-Lussac) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส เมื่อปริมาตรของแก๊สคงตัว และพบว่าสำหรับแก๊สในภาชนะปิด ถ้าปริมาตร (V) ของแก๊สคงตัว ความดัน (P) ของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) ของแก๊ส หรืออาจเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้ คือ

$$P \propto T$$ เมื่อ ปริมาตรคงตัว

หรือ $$\frac{P}{T} = K_3$$ เมื่อ K_3 คือ ค่าคงตัว

จากสมการ $PV = K_1, \frac{V}{T} = K_2$ และ $\frac{P}{T} = K_3$ ทำให้ได้ความสัมพันธ์

$$\frac{PV}{T} = K_4$$ เมื่อ K_4 คือ ค่าคงตัว

หรือสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแก๊สในสภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 คือ

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

เราทราบว่าที่**อุณหภูมิและความดันที่ภาวะมาตรฐานของแก๊ส (Standard Temperature and Pressure : STP)** ซึ่งคือ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (273.15K) และความดัน 1 บรรยากาศ (1.01325×10^5 N/m^2) แก๊สจำนวน 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร หรือ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ดังนั้นสำหรับแก๊สที่มีจำนวน n โมล ที่ STP จะมีปริมาณต่างๆ ดังนี้

$$V = n\ x\ 22.4\ dm^3/mol = n\ x\ 22.4\ x\ 10^{-3} m^3/mol$$

$$T = 273\ K$$

$$P = 1.013\ x\ 10^5 N/m^2$$

แทนค่า $V\ T$ และ P ในสมการ $\frac{PV}{T} = K_4$ จะได้

$$K_4 = \frac{PV}{T} = \frac{(1.013\ x\ 10^5 N/m^2)(n\ x\ 22.4\ x\ 10^{-3}\ m^3/mol)}{273.15\ K}$$

$$= n\left(8.30723 \frac{Nm}{mol\ K}\right)$$

หรือ $$\frac{PV}{T} = n(8.31\ J/mol\ K)$$

ค่า 8.31 J/mol K เป็นค่าคงตัวสำหรับแก๊สทุกชนิด เรียกว่า **ค่าคงของแก๊ส (gas constant)** ใช้สัญลักษณ์ R ดังนั้น จึงเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$$\frac{PV}{T} = nR$$

หรือ $$PV = nRT$$

สมการ $PV = nRT$ เรียกว่า **กฎของแก๊สอุดมคติ (ideal gas law)** โดยแก๊สที่มีพฤติกรรมสอดคล้องกับสมการนี้จึงเรียกว่า แก๊สอุดมคติ โดยสำหรับในระดับนี้ จะอนุโลมให้แก๊สทุกชนิดที่กล่าวถึงมีพฤติกรรมสอดคล้องกับแก๊สอุดมคติ

ถ้าแทน $n = \frac{N}{N_A}$ เมื่อ N คือ จำนวนโมเลกุลของแก๊ส และ N_A คือ **เลขอาโวกาโดร (Avogadro' *number)*** หรือ **ค่าคงตัวอาโวกาโดร (Avogadro' constant)** ซึ่งเท่ากับ 6.02 x 10^{23} mol^{-1} ลงในสมการ $PV = nRT$ จะได้

$$PV = N\frac{R}{N_A}T$$

ถ้าให้ k_B เป็นค่าคงตัว เรียกว่า ค่าคงตัวโบลต์ซมันน์ (Boltzmann constant) ซึ่งเท่ากับ

$$k_B = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31\ J/mol\ K}{6.02\ \text{x}\ 10^{23}\ \text{mol}^{-1}}$$

กฎของแก๊สอุดมคติตามสมการ $\text{PV} = \text{nRT}$ จึงสามารถเขียนได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ

$PV = Nk_BT$

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

บูรณาการกับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.2.2 เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ โดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับของกฎบอลย์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์-ลูสแซก จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันดังนี้

1) ถ้านำกฎของแก๊สทั้งสามมารวมกันเพื่อหาความสัมพันธ์จะได้สมการเป็นอย่างไร (ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูนำนักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ กฎของแก๊สอุดมคติ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนหน้า 147-149 จนได้สมการที่เกี่ยวข้อง

2.2 ครูให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง 16.6 16.7 และ 16.8 โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

2.3 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 3-4 ลงในสมุดของตนเอง

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2 ลงในสมุดของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สอุดมคติในภาชนะปิดมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ ความดัน P ปริมาตร V และ อุณหภูมิ T ของแก๊สอุดมคติ มีความสัมพันธ์เป็นไปตามกฎของแก๊สอุดมคติ คือ $PV = nRT$ หรือ $PV = Nk_BT$)

2) พิจารณากระบอกสูบ 2 กระบอก กระบอกสูบแรกมีปริมาตรเป็นสองเท่าของกระบอกสูบที่สองกระบอกสูบทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน และบรรจุด้วยแก๊สชนิดเดียวกัน จะหาความดันของแก๊สภายในกระบอกสูบทั้งสองได้หรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวการตอบ ไม่สามารถหาความดันของแก๊สภายในกระบอกสูบได้ เพราะไม่ทราบจำนวนโมล หรือ จำนวนโมเลกุลของแก๊สภายในกระบอกสูบ เนื่องจากกฎของแก๊สอุดมคติ ($PV = nRT$ หรือ $PV = Nk_BT$) แม้ทราบค่าปริมาตร (V) และอุณหภูมิ (T) จากโจทย์ แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการหาความดันของแก๊สภายในกระบอกสูบ (P) เนื่องจากยังไม่ทราบค่าจำนวนโมล (n) หรือ จำนวนโมเลกุล (N) ของแก๊สภายในกระบอกสูบ)

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกต และความรู้เพิ่มเติม ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนดังนี้

- ค่าคงตัวแก๊ส (gas constant) หรือใช้สัญลักษณ์ R ซึ่งมีค่าในหน่วยเอสไอเท่ากับ 8.31 J/mol K หรือ 8.31 Nm/mol K นิยมใช้สำหรับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแก๊สที่มีปริมาตรในหน่วย
ลูกบาศก์เมตร (m^3) และความดันในหน่วยพาสคาล (Pa) แต่สำหรับในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแก๊สที่มีปริมาตรใน หน่วยลิตร (L) และความดันในหน่วยบรรยากาศ (atm) ในทางเคมี นิยมใช้ R เท่ากัน 0.0821
L atm/mol K

- ในวันที่ 20 พฤษภาคม 2562 ระบบหน่วยระหว่างชาติ (The Intemationnal System of Units) หรือระบบเอสไอ (SI) ได้เปลี่ยนนิยามหน่วยของอุณหภูมิอุณหพลวัตซึ่งคือ เคลวิน (kelvin) โดยอ้างอิงกับค่าคงตัวโบลต์ซมันน์แทนการอ้างอิงกับอุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะของน้ำซึ่งจากนิยามใหม่นี้ กำหนดว่าการเพิ่มอุณหภูมิ 1 เคลวิน มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทางอุณหพลศาสตร์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนพลังงานความร้อน $k_B T$ เท่ากับ 1.380649 x 10^{-23} จูล

- **อาเมเดโอ อาโวคาโคร (Amaedeo Avogadro ค.ศ. 1776 - 1856 หรือ พ.ศ. 2319-2399)** นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนโมเลกุล**ของแก๊สที่สภาวะต่าง ๆ จนนำไปสู่การเสนอสมมติฐานในปี ค.ศ. 1811 หรือ พ.ศ. 2354 ซึ่งมีใจความว่า "ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สต่างชนิดกันที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน"** สมมติฐานดังกล่าวไม่ได้รับการยอมรับมากนักในช่วงเวลาที่เขามีชีวิตอยู่ จนกระทั่งภายหลังได้มีนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคนได้ทำการทดลองที่ให้ผลยืนยันความสัมพันธ์ดังกล่าว สมมติฐานของอาโวคาโดรจึงได้รับการยอมรับในที่สุดและเพื่อเป็นเกียรติแก่อาโวคาโดร เลขแสดงจำนวนโมเลกุลของแก๊สจำนวน 1 โมล ซึ่งเท่ากับ 6.02214076 x 10^{23} mol^{-1} หรือที่นิยมใช้ คือ 6.02 x 10^{23} mol^{-1} จึงเรียกว่า **เลขอาโวกาโดร (Avogadro number : N_A)**

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อที่ 3-4

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 ใบความรู้ เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

8.3 อินเทอร์เน็ต

8.4 ห้องสมุด

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายกฎของแก๊สอุดมคติได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 3-4	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 3-4	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 3-4 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.2 ข้อ 3-4 3) แบบฝึกหัด 16.2 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง กฎของแก๊สอุดมคติ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 19

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็ว
อาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) เป็นการอธิบายพฤติกรรมแก๊สในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การอธิบายธรรมชาติของแก๊สที่เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดที่อยู่ในระบบ เช่น อุณหภูมิของแก๊ส ปริมาตรของแก๊ส และความดันของแก๊ส โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}k_B T$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของ

โมเลกุลของแก๊สความดันกับปริมาตรของแก๊สเป็นไปตามสมการ $PV = \frac{2}{3}N\bar{E}_k$ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสกับอุณหภูมิของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}}$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

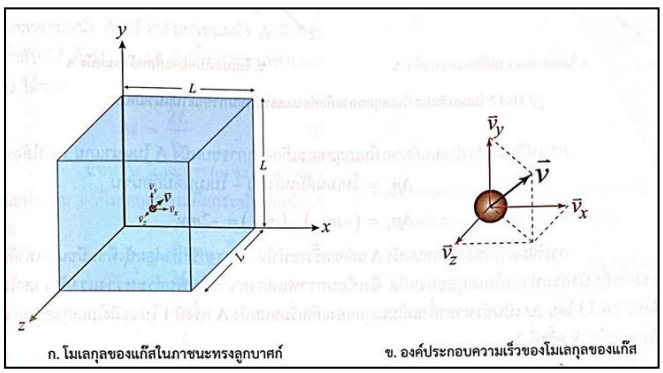
หากนำขวดแก้วไปจุ่มในน้ำหรือน้ำยาล้างจานดังรูป 16.10 ก. จะเกิดฟิล์มบางอยู่ในระดับเดียวกับขอบของปากกวดแก้ว เมื่อนำขวดแก้วพร้อมฟิล์มบางนี้ไปวางในภาชนะที่บรรจุน้ำร้อน จะพบว่า เมื่อแก๊สภายในขวดได้รับความร้อน จะมีความดันสูงขึ้นแล้วทำให้ฟิล์มบางนูนขึ้นจากปากขวด ดังรูป 16.10 ก.

รูป 16.10 การเปลี่ยนแปลงความดันของแก๊สเมื่อได้รับความร้อน

การเปลี่ยนแปลงความดันของเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปดังรูป 16.10 สามารถอธิบายได้โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของแก๊สอุดมคติในระดับโมเลกุล เช่น อัตราเร็วและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุล เพื่อใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊ส ได้แก่ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส

ในการพิจารณาความดันและอัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส จะเริ่มต้นจากแก๊สอุดมคติเพียงโมเลกุลเดียวที่บรรจุอยู่ในภาชนะทรงลูกบาศก์ขนาด LxLXL โดยให้โมเลกุลของแก๊สดังกล่าวมีมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ที่มีองค์ประกอบของความเร็วในแนวแกน x แกน y และแกน z คือ $\vec{v}_x$, $\vec{v}_y$ และ $\vec{v}_z$ ตามลำดับ ดังรูป 16.11

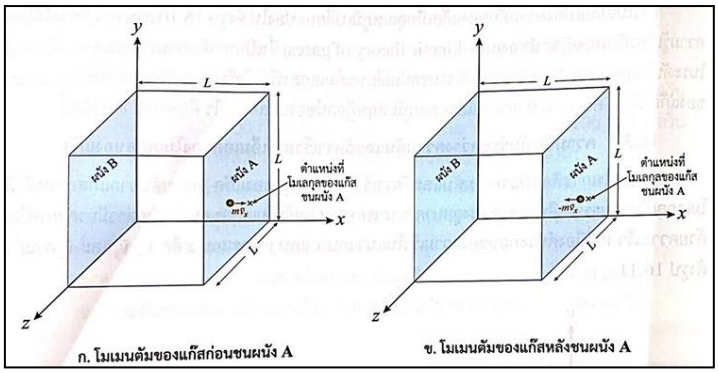


รูป 16.11 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สในภาชนะทรงลูกบาศก์

ในการหาความดัน พิจารณาจากการที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ชนผนังแบบยืดหยุ่น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ($\Delta\vec{p}$) โดยมีแรงดล ($\vec{F}$) ที่ผนังกระทำกับโมเลกุลของแก๊สตามสมการ

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

สำหรับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สที่ชนผนัง A หากพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x โมเลกุลของแก๊สโมเมนตัมก่อนชนในแนวแกน x เท่ากับ $m\vec{v}_x$ ดังรูป 16.12 ก.และมีโมเมนตัมหลังชนในแนวแกน x เท่ากับ - $m\vec{v}_x$ ดังรูป 16.12 ข.



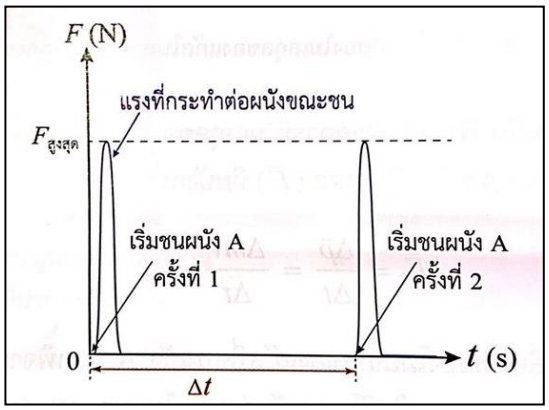
รูป 16.12 โมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สก่อนและหลังชนภาชนะในแนวแกน x

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สจากการชนผนัง A ในแนวแกน x หาได้จาก

$\Delta\vec{p}_x$ = โมเมนตัมหลังชน - โมเมนตัมก่อนชน

แทนค่าจะได้ $\Delta\vec{p}_x = (-mv_x) - (mv_x) = -2mv_x$

การที่โมเลกุลของแก๊สชนผนัง A แต่ละครั้งจะทำให้เกิดแรงกระทำต่อผนังที่ชนมีขนาดเท่ากับแรงดลที่ผนังกระทำต่อโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาได้ดังรูป 16.13 โดย Δt เป็นช่วงเวลาตั้งแต่โมเลกุลของแก๊สเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 1 ไปจนถึงโมเลกุลของแก๊สเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 2

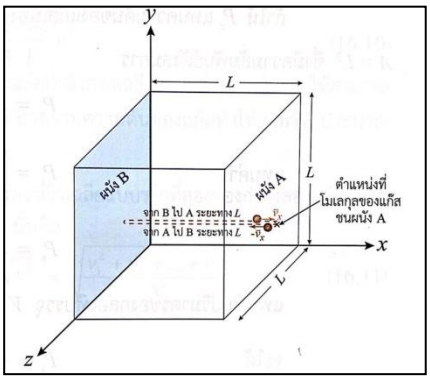


รูป 16.13 แรงที่โมเลกุลของแก๊สกระทำต่อผนังภาชนะขณะเวลาต่างๆ

การเปลี่ยนโมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สขนาด Δp_x เกิดขึ้นในช่วงที่โมเลกุลของแก๊สชนผนัง A ครั้งที่ 1 แล้วสะท้อนออกไปชนผนังด้านตรงข้าม จากนั้นสะท้อนกลับมาก่อนเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 2 ซึ่งใช้เวลา Δt ดังนั้น ขนาดของแรงฉลี่ยในแนวแกน x ($\bar{F}_x$) ที่กระทำกับผนัง A หาได้จาก

$$\bar{F}_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\Delta t}$$

หาช่วงเวลา Δt ในการชนได้จากการที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่กลับไปกลับมาระหว่างผนังภาชนะ โดยระยะทางระหว่างผนัง A และผนัง B ของภาชนะในแนวแกน x มีค่าเท่ากับ L ดังนั้น ระยะทางในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊ส จากการชนผนัง A แล้วกลับมาชนผนัง A อีกครั้ง เท่ากับ 2L ดังรูป 16.14 ดังนั้น สามารถหาเวลา Δt ได้จาก $\Delta t = \frac{2L}{v_x}$



รูป 16.14 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สจากการชนผนัง A แล้วกลับมาชนผนัง A อีกครั้ง

แทน Δt ในสมการ $\bar{F}_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\Delta t}$ จะได้ แรงเฉลี่ยในแนวแกน x ที่โมเลกุลของแก๊สกระทำกับผนัง A คือ

$$\bar{F}_x = \frac{2mv_x}{2\mathrm{L}/v_x} = \frac{mv_x{}^2}{\mathrm{L}}$$

หากพิจารณาแก๊สจำนวน N โมเลกุล บรรจุอยู่ในกล่องทรงลูกบาศก์ขนาด LxLxL ถ้าให้ $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \ldots, \vec{v}_N$ เป็นความเร็วของโลกุลของแก๊สโมเลกุลที่ 1, 2, ..., N ตามลำดับ และองค์ประกอบของความเร็วในแนวแกน x ของแต่ละโมเลกุล คือ $v_{x_1}, v_{x_2}, \ldots, v_{x_N}$ จะได้แรงเฉลี่ยที่แก๊สจำนวน N โมเลกุลกระทำกับผนังที่ชน มีค่าดังสมการ

$$F_{\mathrm{x}} = F_{\mathrm{x}_1} + F_{\mathrm{x}_2} + \cdots + F_{\mathrm{x}_N}$$

$$F_{\mathrm{x}} = \frac{mv^2{}_{x_1}}{\mathrm{L}} + \frac{mv^2{}_{x_2}}{\mathrm{L}} + \cdots + \frac{mv^2{}_{x_N}}{\mathrm{L}}$$

ดังนั้น $$\bar{F}_{\mathrm{x}} = \frac{m}{L}\left(v^2{}_{x_1} + v^2{}_{x_2} + \cdots + v^2{}_{x_N}\right)$$

ถ้าให้ $\overline{v^2}_x$ แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน x ของแก๊สจำนวน N โมเลกุลซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\overline{v^2}_x = \frac{v^2{}_{x_1} + v^2{}_{x_2} + \cdots + v^2{}_{x_N}}{N}$$

แทนค่า $$\bar{F}_x = \frac{Nm}{L}\overline{v^2}_x$$

ถ้าให้ P_x แทนความดันของแก๊สเนื่องจากแรงเฉลี่ยในแนวแกน x กระทำบนผนังที่มีพื้นที่$A = L^2$ ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$P_x = \frac{\bar{F}_x}{A}$$

แทนค่า $$P_x = \left(\frac{Nm\overline{v^2}_x}{L}\right)\left(\frac{1}{L^2}\right)$$

$$P_x = \left(\frac{Nm\overline{v^2}_x}{L^3}\right)$$

แทนค่า ปริมาตรของกล่องที่บรรจุ $V = L^3$

จะได้ $$P_x = \frac{Nm\overline{v^2}_x}{V}$$

เนื่องจาความดันของแก๊สในภาชนะเดียวกันจะมีค่าเท่ากันทุกตำแหน่ง ความดันที่ผนังทุกด้านจึงเท่ากัน นั่นคือ

$$P_x = P_y = P_z$$

หรือ $$\frac{Nm\overline{v^2}_x}{V} = \frac{Nm\overline{v^2}_y}{V} = \frac{Nm\overline{v^2}_z}{V}$$

ดังนั้น $$\overline{v^2}_x = \overline{v^2}_y = \overline{v^2}_z$$

สมการ $\overline{v^2}_x = \overline{v^2}_y = \overline{v^2}_z$ แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน y และ z จะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน x ด้วย

เราสามารถเปลี่ยนรูปสมการข้างต้นได้ด้วยเงื่อนไขการเคลื่อนที่แบบสุ่มของแก๊สอุดมคติจากขนาดของความเร็วกำลังสองของแก๊สโมเลกุลที่ i ใด ๆ มีค่าเป็น $v^2{}_i = v^2{}_{xi} + v^2{}_{yi} + v^2{}_{zi}$ เมื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของปริมาณนี้สำหรับโมเลกุลของแก๊สทุกโมเลกุล จะได้

$$\overline{v^2} = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2$$

ซึ่งทำให้ $\overline{v^2} = 3\bar{v}_x^2$

นั่นคือ $\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3}\overline{v^2}$

เมื่อแทนในสมการที่ $P_x = \frac{Nm\overline{v^2}_x}{V}$ จะได้ความดันของแก๊สในภาชนะ ดังสมการ

$$P_x = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$$

ถ้าให้ P แทนความดันของแก๊สในภาชนะที่ตำแหน่งใด ๆ ซึ่งจะมีค่าเท่ากันทั่วทั้งภาชนะและเท่ากับความดันของแก๊สที่ผนัง นั่นคือ $P = P_x$ (และเท่ากับ P_y และ P_z ด้วย) ดังนั้น

$$P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$$

จากสมการ $P_x = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$ ถ้าทราบอัตราเร็วเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของแก๊สในถังก็จะทำให้สามารถประมาณความดันของแก๊สได้ และถ้าในทางกลับกัน ถ้าทราบความดันของแก๊สทำให้สามารถประมาณอัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สในถังได้ด้วยเช่นกัน

ถ้าให้ v_{rms} ซึ่งเท่ากับ $\sqrt{\overline{v^2}}$ เรียกว่า **อัตราเร็วเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย หรืออัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (root-mean-square speed)** นั่นคือ

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{{v_1}^2 + {v_2}^2 + \cdots + {v_N}^2}{N}}$$

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.3 เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยใช้รูป 16.10 ในหนังสือเรียน หรือจัดกิจกรรมสาธิตโดยให้นักเรียนสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงความดันของแก๊สเมื่อได้รับความร้อน โดยจุ่มขวดแก้วลงในน้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานให้เกิดฟิล์มบางที่ปากขวดแก้ว จากนั้น

นำขวดแก้วไปจุ่มน้ำร้อน แล้วให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน ดังนี้

1) เหตุใดเมื่อแก๊สได้รับความร้อนจึงมีความดันเพิ่มขึ้นสูงจนทำให้ฟิล์มบางนูนขึ้นจากปากขวด จะสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ได้ด้วยพฤติกรรมของแก๊สในระดับโมเลกุลอย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูนำเข้าสู่เนื้อหาหัวข้อที่ 16.3.1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส โดยยกสถานการณ์การเป่าลมเข้าลูกโป่ง จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน ดังนี้

1) ทำไมลูกโป่งจึงพองออก การเพิ่มจำนวนโมเลกุลของอากาศในลูกโป่งทำให้ลูกโป่งพองออกได้อย่างไร

(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.3 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกัน จนสรุปได้ว่า เมื่อเป่าลมเข้าลูกโป่งเป็นการเพิ่มจำนวนโมเลกุลของอากาศ ทำให้จำนวนโมเลกลุของอากาศชนกับผนังของลูกโป่งที่เวลาขณะหนึ่งมากขึ้น ความดันภายในลูกโป่ง จึงสูงกว่าความดันภายนอกลูกโป่ง ประกอบกับลูกโป่งมีความยืดหยุ่นสูง ลูกโป่งจึงพองตัว 1.4 จากนั้นครูชี้ให้เห็นว่า การพิจารณาพฤติกรรมของแก๊สในระดับโมเลกุลดังตัวอย่างข้างต้นช่วยทำให้เข้าใจสมบัติของแก๊สมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วโมเลกุลของ แก๊ส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 155-160

2.2 ครูแจกแบบ Box ลูกเต๋าให้นักเรียน

2.3 นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้ลงใน Box ลูกเต๋าที่ครูแจกให้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูสุ่มนักเรียน 2 คน ออกมานำเสนอผลงานของตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วโมเลกุลของแก๊ส และสมการที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อสังเกตในหนังสือเรียน หน้า 159

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่ง Box ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 Box ลูกเต๋า

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้	1) ตรวจ Box ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาลงใน Box ลูกเต๋าได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้	1) ตรวจ Box ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์ Box ลูกเต๋า ได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจ Box ลูกเต๋า เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	สรุปองค์ความรู้ได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	สรุปองค์ความรู้ได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	สรุปองค์ความรู้ได้ แต่ไม่ถูกต้องครบถ้วน
ด้านกระบวนการ (P)	3	สร้างและประดิษฐ์ Box ลูกเต๋า ได้ถูกต้อง และสวยงาม
	2	สร้างและประดิษฐ์ Box ลูกเต๋า ได้ค่อนข้างถูกต้อง และสวยงาม
	1	สร้างและประดิษฐ์ Box ลูกเต๋า ได้ค่อนข้างถูกต้อง แต่ไม่สวยงาม

ด้าน คุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 20

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส (ต่อ)

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) เป็นการอธิบายพฤติกรรมแก๊สในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การอธิบายธรรมชาติของแก๊สที่เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดที่อยู่ในระบบ เช่น อุณหภูมิของแก๊ส ปริมาตรของแก๊ส และความดันของแก๊ส โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}k_B T$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สความดันกับปริมาตรของแก๊สเป็นไปตามสมการ $PV = \frac{2}{3}N\bar{E}_{\mathrm{k}}$ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสกับอุณหภูมิของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

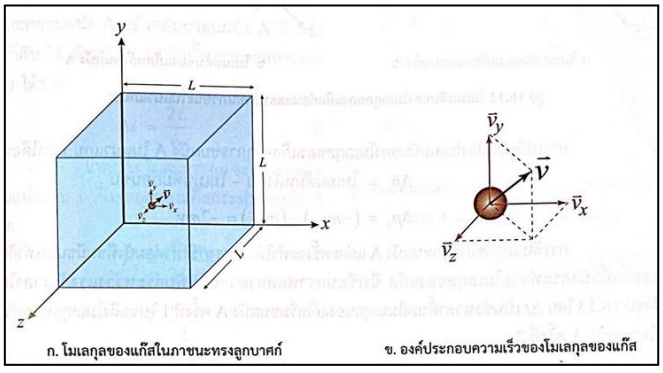
หากนำขวดแก้วไปจุ่มในน้ำหรือน้ำยาล้างจานดังรูป 16.10 ก. จะเกิดฟิล์มบางอยู่ในระดับเดียวกับขอบของปากกวดแก้ว เมื่อนำขวดแก้วพร้อมฟิล์มบางนี้ไปวางในภาชนะที่บรรจุน้ำร้อน จะพบว่า เมื่อแก๊สภายในขวดได้รับความร้อน จะมีความดันสูงขึ้นแล้วทำให้ฟิล์มบางนูนขึ้นจากปากขวด ดังรูป 16.10 ก.

รูป 16.10 การเปลี่ยนแปลงความดันของแก๊สเมื่อได้รับความร้อน

การเปลี่ยนแปลงความดันของเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปดังรูป 16.10 สามารถอธิบายได้โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของแก๊สอุดมคติในระดับโมเลกุล เช่น อัตราเร็วและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุล เพื่อใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพบางประการของแก๊ส ได้แก่ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส

ในการพิจารณาความดันและอัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส จะเริ่มต้นจากแก๊สอุดมคติเพียงโมเลกุลเดียวที่บรรจุอยู่ในภาชนะทรงลูกบาศก์ขนาด LxLXL โดยให้โมเลกุลของแก๊สดังกล่าวมีมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ที่มีองค์ประกอบของความเร็วในแนวแกน x แกน y และแกน z คือ $\vec{v}_x$, $\vec{v}_y$ และ $\vec{v}_z$ ตามลำดับ ดังรูป 16.11

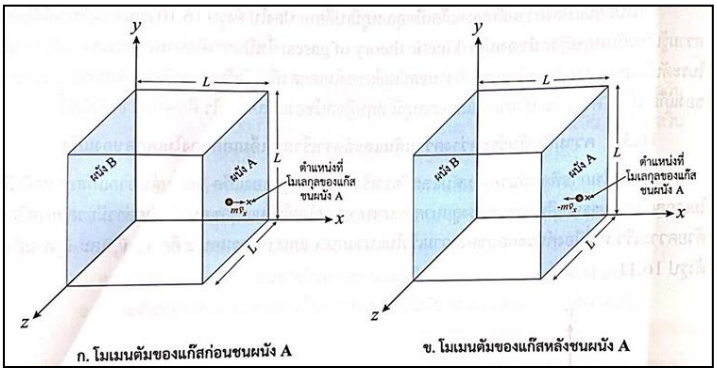


รูป 16.11 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สในภาชนะทรงลูกบาศก์

ในการหาความดัน พิจารณาจากการที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ชนผนังแบบยืดหยุ่น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ($\Delta\vec{p}$) โดยมีแรงดล ($\vec{F}$) ที่ผนังกระทำกับโมเลกุลของแก๊สตามสมการ

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

สำหรับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สที่ชนผนัง A หากพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x โมเลกุลของแก๊สโมเมนตัมก่อนชนในแนวแกน x เท่ากับ $m\vec{v}_x$ ดังรูป 16.12 ก.และมีโมเมนตัมหลังชนในแนวแกน x เท่ากับ - $m\vec{v}_x$ ดังรูป 16.12 ข.



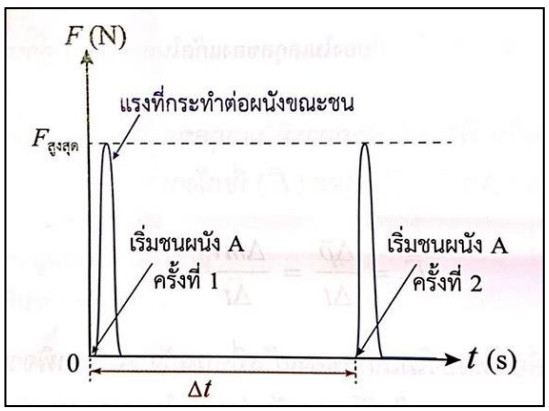
รูป 16.12 โมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สก่อนและหลังชนภาชนะในแนวแกน x

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สจากการชนผนัง A ในแนวแกน x หาได้จาก

$\Delta \vec{p}_x$ = โมเมนตัมหลังชน - โมเมนตัมก่อนชน

แทนค่าจะได้ $\Delta \vec{p}_x = (-mv_x) - (mv_x) = -2mv_x$

การที่โมเลกุลของแก๊สชนผนัง A แต่ละครั้งจะทำให้เกิดแรงกระทำต่อผนังที่ชนมีขนาดเท่ากับแรงดลที่ผนังกระทำต่อโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาได้ดังรูป 16.13 โดย Δt เป็นช่วงเวลาตั้งแต่โมเลกุลของแก๊สเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 1 ไปจนถึงโมเลกุลของแก๊สเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 2

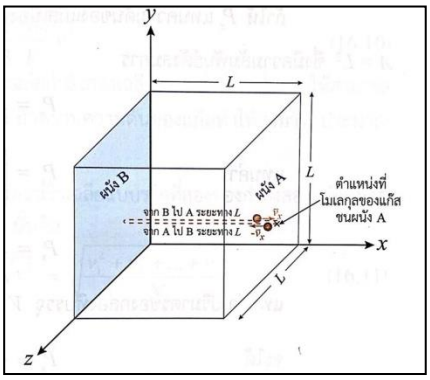


รูป 16.13 แรงที่โมเลกุลของแก๊สกระทำต่อผนังภาชนะขณะเวลาต่างๆ

การเปลี่ยนโมเมนตัมของโมเลกุลของแก๊สขนาด Δp_x เกิดขึ้นในช่วงที่โมเลกุลของแก๊สชนผนัง A ครั้งที่ 1 แล้วสะท้อนออกไปชนผนังด้านตรงข้าม จากนั้นสะท้อนกลับมาก่อนเริ่มชนผนัง A ครั้งที่ 2 ซึ่งใช้เวลา Δt ดังนั้น ขนาดของแรงฉลี่ยในแนวแกน x ($\bar{F}_x$) ที่กระทำกับผนัง A หาได้จาก

$$\bar{F}_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\Delta t}$$

หาช่วงเวลา Δt ในการชนได้จากการที่โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่กลับไปกลับมาระหว่างผนังภาชนะ โดยระยะทางระหว่างผนัง A และผนัง B ของภาชนะในแนวแกน x มีค่าเท่ากับ L ดังนั้น ระยะทางในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊ส จากการชนผนัง A แล้วกลับมาชนผนัง A อีกครั้ง เท่ากับ 2L ดังรูป 16.14 ดังนั้น สามารถหาเวลา Δt ได้จาก $\Delta t = \frac{2L}{v_x}$



รูป 16.14 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊สจากการชนผนัง A แล้วกลับมาชนผนัง A อีกครั้ง

แทน Δt ในสมการ $\bar{F}_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\Delta t}$ จะได้ แรงเฉลี่ยในแนวแกน x ที่โมเลกุลของแก๊สกระทำกับผนัง A คือ

$$\bar{F}_x = \frac{2mv_x}{2\mathrm{L}/v_x} = \frac{mv_x{}^2}{\mathrm{L}}$$

หากพิจารณาแก๊สจำนวน N โมเลกุล บรรจุอยู่ในกล่องทรงลูกบาศก์ขนาด LxLxL ถ้าให้ $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \ldots, \vec{v}_N$ เป็นความเร็วของโลกุลของแก๊สโมเลกุลที่ 1, 2, ..., N ตามลำดับ และองค์ประกอบของความเร็วในแนวแกน x ของแต่ละโมเลกุล คือ $v_{x_1}, v_{x_2}, \ldots, v_{x_N}$ จะได้แรงเฉลี่ยที่แก๊สจำนวน N โมเลกุลกระทำกับผนังที่ชน มีค่าดังสมการ

$$F_{\mathrm{x}} = F_{\mathrm{x}_1} + F_{\mathrm{x}_2} + \cdots + F_{\mathrm{x}_N}$$

$$F_{\mathrm{x}} = \frac{mv^2{}_{x_1}}{\mathrm{L}} + \frac{mv^2{}_{x_2}}{\mathrm{L}} + \cdots + \frac{mv^2{}_{x_N}}{\mathrm{L}}$$

ดังนั้น $$\bar{F}_{\mathrm{x}} = \frac{m}{L}\left(v^2{}_{x_1} + v^2{}_{x_2} + \cdots + v^2{}_{x_N}\right)$$

ถ้าให้ $\overline{v^2}_x$ แทน ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน x ของแก๊สจำนวน N โมเลกุลซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\overline{v^2}_x = \frac{v^2{}_{x_1} + v^2{}_{x_2} + \cdots + v^2{}_{x_N}}{N}$$

แทนค่า $$\bar{F}_x = \frac{Nm}{L}\overline{v^2}_x$$

ถ้าให้ P_x แทนความดันของแก๊สเนื่องจากแรงเฉลี่ยในแนวแกน x กระทำบนผนังที่มีพื้นที่$A = L^2$ ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$P_x = \frac{\bar{F}_x}{A}$$

แทนค่า $$P_x = \left(\frac{Nm\overline{v^2}_x}{L}\right)\left(\frac{1}{L^2}\right)$$

$$P_x = \left(\frac{Nm\overline{v^2}_x}{L^3}\right)$$

แทนค่า ปริมาตรของกล่องที่บรรจุ $V = L^3$

จะได้ $$P_x = \frac{Nm\overline{v^2}_x}{V}$$

เนื่องจาความดันของแก๊สในภาชนะเดียวกันจะมีค่าเท่ากันทุกตำแหน่ง ความดันที่ผนังทุกด้านจึงเท่ากัน นั่นคือ

$$P_x = P_y = P_z$$

หรือ $$\frac{Nm\overline{v^2}_x}{V} = \frac{Nm\overline{v^2}_y}{V} = \frac{Nm\overline{v^2}_z}{V}$$

ดังนั้น $$\overline{v^2}_x = \overline{v^2}_y = \overline{v^2}_z$$

สมการ $\overline{v^2}_x = \overline{v^2}_y = \overline{v^2}_z$ แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน y และ z จะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสองในแนวแกน x ด้วย

เราสามารถเปลี่ยนรูปสมการข้างต้นได้ด้วยเงื่อนไขการเคลื่อนที่แบบสุ่มของแก๊สอุดมคติจากขนาดของความเร็วกำลังสองของแก๊สโมเลกุลที่ i ใด ๆ มีค่าเป็น $v^2{}_i = v^2{}_{xi} + v^2{}_{yi} + v^2{}_{zi}$ เมื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของปริมาณนี้สำหรับโมเลกุลของแก๊สทุกโมเลกุล จะได้

$$\overline{v^2} = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2$$

ซึ่งทำให้ $$\overline{v^2} = 3\bar{v}_x^2$$

นั่นคือ $\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3}\overline{v^2}$

เมื่อแทนในสมการที่ $P_x = \frac{Nm\overline{v^2}_x}{V}$ จะได้ความดันของแก๊สในภาชนะ ดังสมการ

$$P_x = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$$

ถ้าให้ P แทนความดันของแก๊สในภาชนะที่ตำแหน่งใด ๆ ซึ่งจะมีค่าเท่ากันทั่วทั้งภาชนะและเท่ากับความดันของแก๊สที่ผนัง นั่นคือ $P = P_x$ (และเท่ากับ P_y และ P_z ด้วย) ดังนั้น

$$P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$$

จากสมการ $P_x = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$ ถ้าทราบอัตราเร็วเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของแก๊สในถังก็จะทำให้สามารถประมาณความดันของแก๊สได้ และถ้าในทางกลับกัน ถ้าทราบความดันของแก๊สทำให้สามารถประมาณอัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สในถังได้ด้วยเช่นกัน

ถ้าให้ v_{rms} ซึ่งเท่ากับ $\sqrt{\overline{v^2}}$ เรียกว่า **อัตราเร็วเฉลี่ยแบบรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย หรืออัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (root-mean-square speed)** นั่นคือ

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{{v_1}^2 + {v_2}^2 + \cdots + {v_N}^2}{N}}$$

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วโมเลกุลของแก๊สและสมการที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วโมเลกุลของ แก๊ส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 155-160 แล้วตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17 ลงในสมุดของตนเอง

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ปัญหา ข้อ 19 หน้า 186 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด ดังนี้

- ภาชนะรูปลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านละ 0.2 เมตร บรรจุแก๊ส 1.0×10^{24} โมเลกุล แต่ละโมเลกุล มีมวล 2.0×10^{-26} กิโลกรัม และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 600 เมตรต่อวินาที ถ้าผนังแต่ละด้านมี โมเลกุลพุ่งชนในทิศทางตั้งฉากกับผนังเป็นจำนวนหนึ่งในสามของโมเลกุลทั้งหมด **จงหา**

ก. โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของแต่ละโมเลกุลที่เข้าชนผนัง

วิธีทำ ก. เนื่องจากการชนของโมเลกุลของแก๊สกับผนังเป็นการชนแบบยืดหยุ่นอัตราเร็วก่อนชน และหลังชนไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ $v_1 = v$ และ $v_2 = -v$

หาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป จากสมการ $\Delta\vec{P} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$

$$\Delta\vec{P} = (-mv) - mv$$

$$\Delta\vec{P} = -2mv$$

แทนค่า $$\Delta\vec{P} = -2(2.0 \times 10^{-26})(600)$$

$$\Delta\vec{P} = -2.4 \times 10^{-23}\ kg\ m/s$$

ข. แรงเฉลี่ยเนื่องจากโมเลกุลในข้อ ก. ตัวเดียวที่เข้าชนผนังแต่ละด้าน

วิธีทำ ข. หาแรงที่แต่ละโมเลกุลกระทำต่อผนัง

จากสมการ $$f = \frac{mv^2}{l}$$

แทนค่า $$f = \frac{(2.0 \times 10^{-26})(600)^2}{0.2}$$

$$f = 3.6 \times 10^{-20}\ N$$

ค. ความดันบนผนังแต่ละด้าน

วิธีทำ ค. หาความดันบนผนังแต่ละด้าน

จากสมการ $$P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}\overline{v^2}$$

แทนค่า

$$P = \frac{1}{3}\frac{(1.0 \times 10^{24})(2.0 \times 10^{-26})}{0.2x0.2x0.2}(600)^2$$

$$P = 3.0 \times 10^{5}\ Pa$$

2.3 นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 3 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัดเสริมหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) เมื่ออัดแก๊สให้มีปริมาตรลดลง ความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเพราะเหตุใด (แนวการตอบ เพราะเมื่อลดปริมาตรลง ทำให้โมเลกุลของแก๊สมีความถี่ในการชนผนังภาชนะเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีความดันเพิ่มขึ้น)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสมการที่เกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วโมเลกุลของแก๊ส รวมถึงความหมายและหน่วยของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติม ดังนี้

อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms}) เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สอีกแบบหนึ่งที่มาจากการพิจารณาการเคลื่อนที่ของแก๊สในแนว x y และ z ทำให้ต่างจากค่าเฉลี่ยทั่วไป โดยอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms}) อาจจะไม่เท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย ($\bar{v}$) ก็ได้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่แก๊สมีโมเลกุล 5 ตัวเคลื่อนที่ในทิศทางต่าง ๆ กัน มีอัตราเร็ว 300 350 400 450 และ 500 เมตรต่อวินาที เมื่อหาอัตราเร็วเฉลี่ยและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสจะได้

$$\bar{v} = \frac{1}{5}(300\text{m/s} + 350\text{m/s} + 400\text{m/s} + 450\text{m/s} + 500\text{ m/s})$$

$$\bar{v} = 400\text{ m/s}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{(300)^2+(350)^2+(400)^2+(450)^2+(500)^2}{5}} = 406.2 \text{ m/s}$$

ดังนั้น ในกรณีนี้ อัตราเร็วเฉลี่ย ($\bar{v}$) ไม่เท่ากับ อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms})

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17

5.2 ครูตรวจแบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 แบบฝึกหัดเสริม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17 2) ตรวจแบบฝึกหัดเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 17 3) แบบฝึกหัด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสโมเลกุลของแก๊ส	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ตอบคำถามได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้ง ข้อ ก. ข. และ ค.
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. กับ ข. หรือ ก. กับ ค. หรือ ข. กับ ค.
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง ข้อ ก. ข. และ ค.
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) เป็นการอธิบายพฤติกรรมแก๊สในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การอธิบายธรรมชาติของแก๊สที่เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดที่อยู่ในระบบ เช่น อุณหภูมิของแก๊ส ปริมาตรของแก๊ส และความดันของแก๊ส โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathbf{k}} = \frac{3}{2}k_B T$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สความดันกับปริมาตรของแก๊สเป็นไปตามสมการ $PV = \frac{2}{3}N\bar{E}_{\mathbf{k}}$ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสกับอุณหภูมิของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ

จากการศึกษาแก๊สอุดมคติจะพบว่าโมเลกุลของแก๊สมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา แสดงว่าโมเลกุลของแก๊สมีพลังงานจลน์ ซึ่งพลังงานจลน์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของแก๊สหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

จากสมการ $$P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$$

จัดรูปใหม่ได้เป็น $$PV = \frac{2}{3}N(\frac{1}{2}mv_{rms}^2)$$

ถ้าให้ $\bar{E}_k$ คือ พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละโมเลกุลในภาชนะ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}mv_{rms}^2$

จะได้ $$PV = \frac{2}{3}N\bar{E}_k$$

เมื่อเทียบกับกฎของแก๊สอุดมคติตามสมการ $PV = Nk_BT$

จะได้ $$\frac{2}{3}N\bar{E}_k = Nk_BT$$

ดังนั้น $$\bar{E}_\mathbf{k} = \frac{3}{2}k_BT$$

สมการ $\bar{E}_\mathbf{k} = \frac{3}{2}k_BT$ แสดงให้เห็นว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส อาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิของแก๊สเป็นปริมาณที่แสดงระดับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุล

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม ดังนี้

1) เมื่อแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สจะมีค่าอย่างไร
2) พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง

3) พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สไม่ขึ้นอยู่กับค่าใดบ้าง

4) ที่อุณหภูมิหนึ่ง แก๊สอะตอมเดี่ยวทุกชนิดจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากันหรือไม่

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูนำนักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 160 แล้วตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19 ลงในสมุดของตนเอง

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.9 ในหนังสือเรียน หน้า 161 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด

2.3 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 ในหนังสือเรียน ลงในสมุดตนเอง

2.4 นักเรียนทำโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22 หน้า 184-185 ในหนังสือเรียน ลงในสมุดตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 4 คน ออกมาเฉลยโจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) แก๊สต่างชนิดกัน ถ้ามีอุณหภูมิเท่ากัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเท่ากันหรือไม่ (แนวการตอบ พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลจะเท่ากัน เพราะว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุล แก๊สจะขึ้นกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สเพียงอย่างเดียว ตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}k_B T$)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสมการที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ รวมถึงความหมายและหน่วยของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 2 โดยตั้งคำถามให้นักเรียนช่วยกันตอบ ดังนี้

1) เมื่ออุณหภูมิของแก๊สเฉื่อยมีค่าเป็น 0 เคลวิน โมเลกุลแก๊สเฉื่อยมีการเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวการตอบ โมเลกุลไม่มีการเคลื่อนที่ เพราะเมื่ออุณหภูมิของแก๊สเฉื่อย T มีค่าเป็น 0 เคลวิน พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลซึ่งเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}k_B T$ มีค่าเป็นศูนย์)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1

5.3 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 ใบความรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 และโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 และโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 และโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 ข้อ 19 3) แบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 และโจทย์ปัญหา ข้อ 20-22	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	ตอบคำถามได้ค่อนข้างถูกต้องครบถ้วน
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้อง

ด้าน กระบวนการ (P)	**3**	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 3-4 ข้อ
	2	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-2 ข้อ
	1	ทำแบบฝึกหัดไม่ถูกต้องทั้ง 4 ข้อ
ด้าน คุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้านกระบวนการ (P)	ด้านคุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

9. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (kinetic theory of gases) เป็นการอธิบายพฤติกรรมแก๊สในระดับโมเลกุล เพื่อนำไปสู่การอธิบายธรรมชาติของแก๊สที่เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดที่อยู่ในระบบ เช่น อุณหภูมิของแก๊ส ปริมาตรของแก๊ส และความดันของแก๊ส โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{V}v_{rms}^2$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิเป็นไปตามสมการ $\bar{E}_{\mathbf{k}} = \frac{3}{2}k_B T$ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของ

โมเลกุลของแก๊สความดันกับปริมาตรของแก๊สเป็นไปตามสมการ $PV = \frac{2}{3} N \bar{E}_{\mathbf{k}}$ และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสกับอุณหภูมิของโมเลกุลของแก๊สเป็นไปตามสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ

อัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของแก๊สหรือไม่ สามารถพิจารณาได้โดยเปรียบเทียบสมการ $\bar{E}_{\mathbf{k}} = \frac{3}{2} k_B T$ กับสมการ $\bar{E}_{\mathbf{k}} = \frac{1}{2} v_{rms}^2$

จะได้ว่า $\frac{1}{2} v_{rms}^2 = \frac{3}{2} k_B T$

$v_{rms}^2 = \frac{3k_B T}{m}$

ดังนั้น $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$

จากสมการ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$ สามารถคำนวณอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของแก๊ส (v_{rms}) เมื่อทราบมวลของแก๊ส 1 โมเลกุล และอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส

จากตัวอย่าง 16.10 จะเห็นได้ว่า แก๊สฮีเลียมเคลื่อนที่เร็วมากที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากมวลที่น้อย โดยค่า 1362 เมตรต่อวินาที หรือ 1.362 กิโลเมตรต่อวินาที ที่คำนวณได้นี้เป็นเพียงค่าเฉลี่ยของอัตราเร็ว นั่นหมายความว่ามีแก๊สฮีเลียมอีกเป็นจำนวนมากที่เคลื่อนที่ช้าและเร็วกว่านี้มากและหากโมกุลของแก๊สฮีเลียมโมเลกุลใดที่มีอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วหลุดพ้นจากโลก คือ 11.19 กิโลเมตรต่อวินาที ก็จะสามารเคลื่อนที่ออกจากโลกได้ ถ้าไม่ชนกับอนุภาคอื่นและสูญเสียพลังงานจลน์ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แก๊สฮีเลียมในบรรยากาศของโลกมีปริมาณน้อยกว่าแก๊สอื่น ๆ

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่การทำกิจกรรม ดังนี้

1) เมื่อแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สจะมีค่าอย่างไร

2) จากความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์กับอุณหภูมิตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2} k_B T$ จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิได้อย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 161

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.10 ในหนังสือเรียน หน้า 162 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด

2.3 นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3 ลงในสมุดของตนเอง

2.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 1 ในหนังสือเรียน ลงในสมุดตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัดหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) เมื่อนำกล่อง 2 ใบ ที่มีปริมาตร และความดันภายในกล่องเท่ากัน กล่องใบที่ 1 บรรจุแก๊สไนโตรเจนจำนวน 1.0 โมล กล่องใบที่ 2 บรรจุแก๊สออกซิเจนจำนวน 1.0 โมล เท่ากัน อุณหภูมิของแก๊สในกล่องแต่ละใบมีค่าเท่ากันหรือไม่ (แนวการตอบ อุณหภูมิของแก๊สในกล่องแต่ละใบมีค่าเท่ากัน เนื่องจากแก๊สในกล่องแต่ละใบมีความดัน P ปริมาตร V และจำนวนโมล n ของแก๊สเท่ากัน เมื่อพิจารณาตามกฎของแก๊สอุดมคติ ($PV = nRT$) อุณหภูมิของแก๊สในกล่องทั้งสองจึงเท่ากับ T เหมือนกัน)

2) เมื่อนำกล่อง 2 ใบ ที่มีปริมาตร และความดันภายในกล่องเท่ากัน กล่องใบที่ 1 บรรจุแก๊สไนโตรเจนจำนวน 1.0 โมล กล่องใบที่ 2 บรรจุแก๊สออกซิเจนจำนวน 1.0 โมล เท่ากัน อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms}) ของโมเลกุลของแก๊สในกล่องแต่ละใบแตกต่างกันหรือไม่ (แนวการตอบ อัตราเร็ว อาร์เอ็มเอส (v_{rms}) ของแก๊สออกซิเจนในกล่องที่ 1 น้อยกกว่าแก๊สไนโตรเจนในกล่องที่ 2 เนื่องจากพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สทั้งสองมีค่าตามสมการ $\bar{E}_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2} v_{rms}^2$ โดยอุณหภูมิของแก๊สทั้งสองเท่ากันพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สจึงเท่ากันด้วย แต่แก๊สออกซิเจนมีมวลมากกว่าแก๊สไนโตรเจน ดังนั้นอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของแก๊สออกซิเจนจึงน้อยกว่าแก๊สไนโตรเจน)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสมการที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิรวมถึงความหมายและหน่วยของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 โดยตั้งคำถามให้นักเรียนช่วยกันตอบ ดังนี้

1) เมื่อแก๊สชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แนวการตอบ เมื่อแก๊สมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊สจะสูงขึ้นตามสมการ $\bar{E}_k = \frac{3}{2}k_BT = \frac{1}{2}v_{rms}^2$ หรือ $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}}$)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 ใบความรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สกับอุณหภูมิได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.3 ข้อ 3 3) แบบฝึกหัด 16.3 ข้อ 2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน ทั้ง ข้อ ก. และ ข.
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน เพียงข้อ ก. เท่านั้น หรือ ข. เท่านั้น
	1	ตอบคำถามไม่ถูกต้อง ข้อ ก. และ ข.
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ค่อนข้างถูกต้อง
	1	แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

การประเมินการทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สกับอุณหภูมิ

ที่	ชื่อ - นามสกุล	จุดประสงค์การเรียนรู้			รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
		ด้านความรู้ (K)	ด้านกระบวนการ (P)	ด้านคุณลักษณะ (A)		
		3	3	3	9	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23

เรื่อง พลังงานภายในระบบ

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความหมายพลังงานภายในระบบได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องพลังงานภายในระบบได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบ เรียกว่า **พลังงานภายในระบบ (internal energy of a system)** ซึ่งจะหมายถึง **พลังงานภายใน (internal energy)** ของแก๊สแทนด้วยสัญลักษณ์ U สำหรับแก๊สอุดมคติสามารถหาพลังงานภายในระบบได้จากสมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B\,T = \frac{3}{2}nRT$ พลังงาน ภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงานซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า **กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics)** เขียนแทนด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า**ความร้อน (heat, Q)** เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอน ในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น ความรู้พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์

สสารในสถานะของแข็งหรือของเหลวเมื่อได้รับหรือคายความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยมาก แต่สสารในสถานะแก๊สเมื่อได้รับความร้อนหรือคายความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างชัดเจน

พลังงานภายในระบบ

พลังงานภายในระบบ (internal energy of system) ในหัวข้อนี้จะหมายถึง **พลังงานภายในระบบ (internal energy)** ของแก๊ส ซึ่งเท่ากับพลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบนั้นสำหรับแก๊สในธรรมชาติ สถานการณ์จะมีความซับซ้อนเพราะโมเลกุลของแก๊สมีแรงกระทำต่อกัน พลังงานของโมเลกุลของแก๊สจึงมีทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ แต่สำหรับแก๊สอุดมคติที่ถือว่าไม่มีแรงใด ๆกระทำต่อโมเลกุล พลังงานทั้งหมดของแก๊สอุดมคติจึงมีเฉพาะพลังงานจลน์เพียงอย่างเดียว พลังงานภายในของแก๊สอุดมคติจึงเท่ากับผลรวมของพลังงานจลน์ของโมเลกุลทั้งหมด ดังสมการ

$$U = E_{k_1} + E_{k_2} + \ldots + E_{k_N}$$

เมื่อ U คือ พลังงานภายในของแก๊ส หรือ พลังงานภายในระบบ

ผลรวมของพลังงานจลน์ของโมเลกุลทั้งหมด เท่ากับพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุลคูณด้วยจำนวนโมเลกุลทั้งหมด นั้นคือ

$$U = N\bar{E}_k$$

แทนค่า $\bar{E}_k = \frac{3}{2}k_B T$

จะได้ $U = \frac{3}{2}Nk_B T$

สำหรับแก๊สอุดมคติในภาชนะปิด จำนวนโมเลกุลจะมีค่าคงตัว พลังงานภายในจึงขึ้นกับอุณหภูมิเท่านั้น และจากความสัมพันธ์ $N = nN_A$ และ $k_B = \frac{R}{N_A}$ เมื่อแทนในสมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B T$

จะได้ $U = \frac{3}{2}(nN_A)(\frac{R}{N_A})T$

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

สมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B T$ และ $U = \frac{3}{2}nRT$ แสดงให้เห็นว่า พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบแปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุล (หรือจำนวนโมล) และอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่หัวข้อ 16.4 โดยให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน ซึ่งตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้แก๊สเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำได้อย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

1.2 ครูยกตัวอย่างการใช้กระบอกสูบเติมลมลูกโป่งหรือลูกบอล แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ดังนี้

1) แก๊สมีการทำงานหรือไม่

2) อุณหภูมิของแก๊สในกระบอกสูบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง พลังงานภายในระบบ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 165

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.13 ก. ในหนังสือเรียน หน้า 170-171 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด

2.3 ครูให้นักเรียนทำใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ

2.4 ครูให้นักเรียนทำโจทย์ปัญหา ข้อ 25-26 ในหนังสือเรียน หน้า 185 ลงในสมุดตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยโจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จงอธิบายความหมายของพลังงานภายในระบบ (internal energy of system)

(แนวการตอบ พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบ)

2) พลังงานภายใน (internal energy) ของแก๊ส แทนด้วยสัญลักษณ์ใด (แนวการตอบ U)

3) ผลรวมของพลังงานจลน์ของโมเลกุลทั้งหมด มีค่าเท่ากับค่าใด (แนวการตอบ ผลรวมของพลังงานจลน์ของโมเลกุลทั้งหมด เท่ากับพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุลคูณด้วยจำนวนโมเลกุลทั้งหมด)

4) สำหรับแก๊สอุดมคติในภาชนะปิด จำนวนโมเลกุลจะมีค่าคงตัว พลังงานภายในจึงขึ้นกับค่าใด (แนวการตอบ อุณหภูมิ)

5) พลังงานภายในของแก๊สหรือพลังงานภายในระบบแปรผันตรงกับค่าใดบ้าง (แนวการตอบ จำนวนโมเลกุล (หรือจำนวนโมล) และอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความหมายพลังงานภายในระบบ สมการที่เกี่ยวข้องกับพลังงานภายในระบบ รวมถึงความหมายและหน่วยของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาท้าทาย ข้อ 44 ในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำโจทย์ปัญหา ข้อ 25-26

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 ใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ

8.5 ใบความรู้ เรื่อง พลังงานภายในระบบ

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความหมายพลังงานภายในระบบได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องพลังงานภายในระบบได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำโจทย์ปัญหา ข้อ 25-26	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) โจทย์ปัญหา ข้อ 25-26	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำโจทย์ปัญหา ข้อ 25-26	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ 3) โจทย์ปัญหา ข้อ 25-26	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง พลังงานภายในระบบ

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 4-5 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2-3 ข้อ
	1	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 5 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	3	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง ทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	3	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24

เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความหมายงานที่ทำโดยแก๊สได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องงานที่ทำโดยแก๊สได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

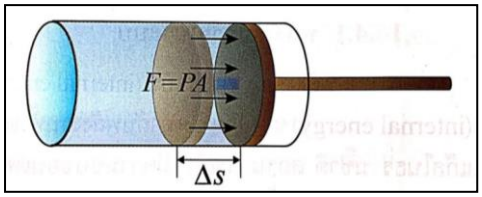
พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบ เรียกว่า **พลังงานภายในระบบ (internal energy of a system)** ซึ่งจะหมายถึง **พลังงานภายใน (internal energy)** ของแก๊สแทนด้วยสัญลักษณ์ U สำหรับแก๊สอุดมคติสามารถหาพลังงานภายในระบบได้จากสมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B\,T = \frac{3}{2}nRT$ พลังงาน ภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงานซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า **กฎข้อที่หนึ่งของ**
อุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics) เขียนแทนด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า**ความร้อน (heat, Q)** เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอน ในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น ความรู้พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

งานที่ทำโดยแก๊ส

แก๊สในกระบอกสูบเดิมมีปริมาตร V และความดัน P ถ้าแก๊สในกระบอกสูบเกิดการขยายตัวดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ออกในขณะที่ความดันมีค่าคงตัวทำให้แก๊สมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ΔV แสดงว่า แก๊สทำงานหากพิจารณางานดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A โดยแรงที่แก๊สดันลูกสูบมีค่าคงตัว $F = PA$ ถ้าแรงดังกล่าวทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เป็นระยะ Δs จะได้ปริมาตรเพิ่มขึ้น $\Delta V = A\Delta s$ ดังรูป 16.17



รูป 16.17 การทำงานของแก๊สเมื่อขยายตัวจนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ΔV

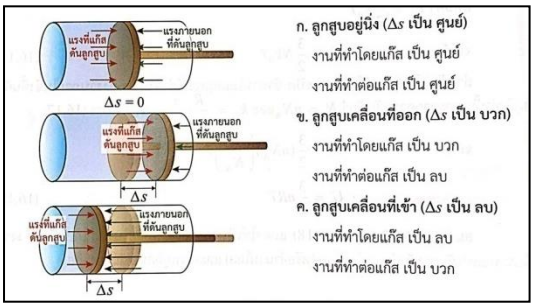
ดังนั้น งาน W ที่แก๊สทำต่อลูกสูบ คือ

$$W = F\Delta s$$
$$W = PA\Delta s$$

นั่นคือ $$W = P\Delta V$$

พิจารณาลูกสูบ จะมีแรงที่แก๊สดันลูกสูบออกและแรงจากภายนอกดันลูกสูบเข้า งานที่เกิดจากแรงที่แก๊สดันลูกสูบ เรียกว่า **งานที่ทำโดยแก๊ส (work done by gas)** และงานที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำต่อลูกสูบเรียกว่า **งานที่ทำต่อแก๊ส (work done on gas)**

กรณีลูกสูบอยู่นิ่ง แก๊สมีปริมาตรคงตัว แสดงว่า ไม่มีงานที่ทำโดยแก๊ส ไม่มีงานที่ทำต่อแก๊ส ดังรูป 1618 ก. กรณีลูกสูบเคลื่อนที่ออก แก๊สมีปริมาตรเพิ่มขึ้น งานที่ทำโดยแก๊สเป็นบวก และงานที่ทำต่อแก๊สเป็นลบดังรูป 16.18 ข. ส่วนในกรณีลูกสูบเคลื่อนที่เข้า แก๊สมีปริมาตรลดลง งานที่ทำโดยแก๊สเป็นลบและงานที่ทำต่อแก๊สเป็นบวก ดังรูป 16.18 ค.



รูป 16.18 งานที่ทำโดยแก๊สและงานที่ทำต่อแก๊ส

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

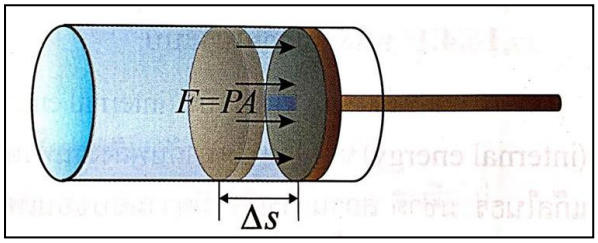
6. บูรณาการ

-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่หัวข้อที่ 16.4.2 โดยใช้รูปการทำงานของแก๊สเมื่อขยายตัวจนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ΔV ในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม ดังนี้



1) ถ้าให้ความร้อนแก่แก๊สที่บรรจุในกระบอกสูบที่ลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ได้คล่อง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2) เมื่อแก๊สขยายตัวจนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แก๊สมีการทำงานหรือไม่ รู้ได้อย่างไร

3) ถ้าแก๊สมีการทำงาน จะสามารถหางานที่ทำโดยแก๊สได้อย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 166

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.11 ในหนังสือเรียน หน้า 167 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด

2.3 ครูให้นักเรียนทำใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส

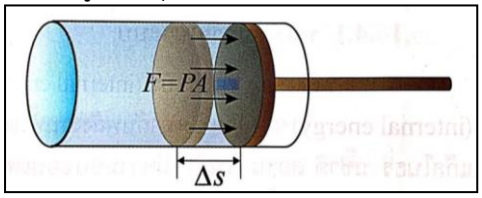
2.4 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2 ในหนังสือเรียน หน้า 178 ลงในสมุดตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัดหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้



1) เมื่อพิจารณาลูกสูบ (ดังรูป) จะมีแรงที่แก๊สดันลูกสูบออกและแรงจากภายนอกดันลูกสูบเข้า งานที่เกิดจากแรงที่แก๊สดันลูกสูบ เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ งานที่ทำโดยแก๊ส (work done by gas))

2) เมื่อพิจารณาลูกสูบ (ดังรูป) จะมีแรงที่แก๊สดันลูกสูบออกและแรงจากภายนอกดันลูกสูบเข้า งานที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำต่อลูกสูบ เรียกว่าอะไร (แนวการตอบ งานที่ทำต่อแก๊ส (work done on gas))

3) กรณีลูกสูบอยู่นิ่ง แก๊สมีปริมาตรอย่างไร (แนวการตอบ แก๊สมีปริมาตรคงตัว)

4) กรณีลูกสูบเคลื่อนที่ออก แก๊สมีปริมาตรอย่างไร (แนวการตอบ แก๊สมีปริมาตรเพิ่มขึ้น)

5) กรณีลูกสูบเคลื่อนที่ออก งานที่ทำโดยแก๊สมีค่าเป็นบวกหรือลบ และงานที่ทำต่อแก๊สมีค่าเป็นลบหรือบวก (แนวการตอบ งานที่ทำโดยแก๊สเป็นบวก และงานที่ทำต่อแก๊สเป็นลบ)

6) กรณีลูกสูบเคลื่อนที่เข้า แก๊สมีปริมาตรอย่างไร (แนวการตอบ แก๊สมีปริมาตรลดลง)

7) กรณีลูกสูบเคลื่อนที่เข้า งานที่ทำโดยแก๊สมีค่าเป็นบวกหรือลบ และงานที่ทำต่อแก๊สมีค่าเป็นลบหรือบวก (แนวการตอบ งานที่ทำโดยแก๊สเป็นลบและงานที่ทำต่อแก๊สเป็นบวก)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความหมายงานที่ทำโดยแก๊ส สมการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงความหมายและหน่วยของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาท้าทาย ข้อ 46 ก. – ค. ในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจใบงาน เรื่อง พลังงานภายในระบบ

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 ใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส

8.5 ใบความรู้ เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความหมายงานที่ทำโดยแก๊สได้	1) ตรวจใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องงานที่ทำโดยแก๊สได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส 2) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) ใบงาน เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส 3) แบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 1-2	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง งานที่ทำโดยแก๊ส

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	**3**	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 8-10 ข้อ
	2	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 4-7 ข้อ
	1	ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1-3 ข้อ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้ง 10 ข้อ
ด้านกระบวนการ (P)	**3**	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 2 ข้อ
	2	แสดงวิธีการหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน จำนวน 1 ข้อ
	1	แสดงวิธีการหาคำตอบไม่ถูกต้อง ทั้ง 2 ข้อ
ด้านคุณลักษณะ (A)	**3**	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และเรียบร้อยถูกต้องครบถ้วน
	2	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่งานยังผิดพลาดบางส่วน
	1	ทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ แต่ล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดบางส่วน

<u>ระดับคะแนน</u>

คะแนน	3	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	2	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	1	หมายถึง	ระดับพอใช้

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25

เรื่อง กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☐ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ กับงานที่ทำโดยแก๊สได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบ เรียกว่า **พลังงานภายในระบบ (internal energy of a system)** ซึ่งจะหมายถึง **พลังงานภายใน (internal energy)** ของแก๊สแทนด้วยสัญลักษณ์ U สำหรับแก๊สอุดมคติสามารถหาพลังงานภายในระบบได้จากสมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B\,T = \frac{3}{2}nRT$ พลังงาน ภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงานซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า **กฎข้อที่หนึ่งของ**
อุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics) เขียนแทนด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า**ความร้อน (heat, Q)** เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอน ในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น ความรู้พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

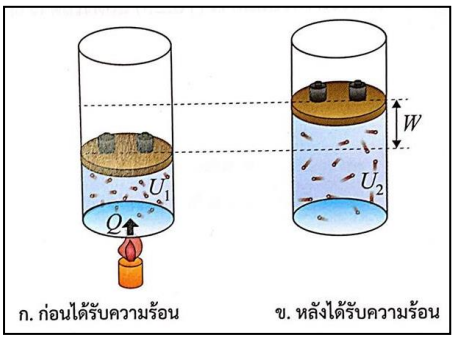
5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์

สสารที่อยู่ในสถานะของแข็งและของเหลว เมื่อได้รับหรือคายความร้อน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ จะส่งผลให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามความสัมพันธ์ $Q = C\Delta T$ หรือ $Q = mc\Delta T$ ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของสสารโดยไม่พิจารณางานที่ทำโดยของแข็งและของเหลว เนื่องจากของแข็งและของเหลวมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยมากเมื่อได้รับหรือคายความร้อน

สำหรับแก๊สที่บรรจุในภาชนะที่ปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อแก๊สได้รับหรือคายความร้อน Q อาจทำให้อุณหภูมิหรือปริมาตรเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของแก๊ส ($\Delta U = U_2 - U_1$) และการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทำให้เกิดงานที่ทำโดยแก๊ส W ดังรูป



รูป 16.19 การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในและงานที่ทำโดยแก๊สเมื่อได้รับความร้อน

จากรูป 16.19 เมื่อแก๊สได้รับหรือคายความร้อน Q อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของแก๊ส ΔU หรือเกิดงานที่ทำโดยแก๊ส W ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = \Delta U + W$$

สมการ $Q = \Delta U + W$ แสดงว่า พลังงานภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงาน

เช่น เมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนในระบบปิดที่ไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ผลของการถ่ายโอนความร้อนนี้จะเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลงกับงานที่ทำโดยแก๊ส เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า **กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics)**

ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า ความร้อน (heat, Q) เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอนในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น

งาน W ที่ระบบทำหรือรับจากสิ่งแวดล้อมจะเกิดขึ้นเมื่อมีกรเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส ซึ่งมีแรงมาเกี่ยวข้อง ส่วนความร้อน Q สามารถถ่ายโอนเข้าสู่ระบบหรือออกจากระบบ ข้อสรุป

เกี่ยวกับเครื่องหมายของ Q ΔU และ W เพื่อใช้สำหรับสมการ $Q = \Delta U + W$ แสดงใน ตาราง 16.3

ตาราง 16.3 สรุปเครื่องหมายของ Q ΔU และ W

ปริมาณ		เครื่องหมาย
Q	ความร้อนเข้าสู่ระบบ	+
	ความร้อนออกจากระบบ	−
ΔU	พลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้น	+
	พลังงานภายในระบบที่ลดลง	−
W	งานที่ทำโดยแก๊สส่งผลให้ระบบมีปริมาตรเพิ่มขึ้น	+
	งานที่ทำโดยแก๊สส่งผลให้ระบบมีปริมาตรลดลง	−

จากตาราง 16.3 ถ้าในกรณีที่ไม่มีความร้อนเข้าสู่แก๊ส หรือ Q มีค่าเป็นศูนย์ แต่แก๊สภายในระบบขยายตัวดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแก๊ส W มีค่าเป็นบวก การที่แก๊สทำงานกรณีนี้ จึงทำให้พลังงานภายในระบบลดลง หรือ ΔU มีค่าเป็นลบ จึงส่งผลให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง แต่ในกรณีที่แก๊ส

ภายในระบบถูกอัดให้ปริมาตรลดลงจากแรงดันภายนอก งานที่ทำโดยแก๊ส W มีค่าเป็นลบ ทำให้พลังงาน

ภายในระบบเพิ่มขึ้น หรือ ΔU มีค่าเป็นบวก จึงส่งผลให้อุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้น

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)
2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

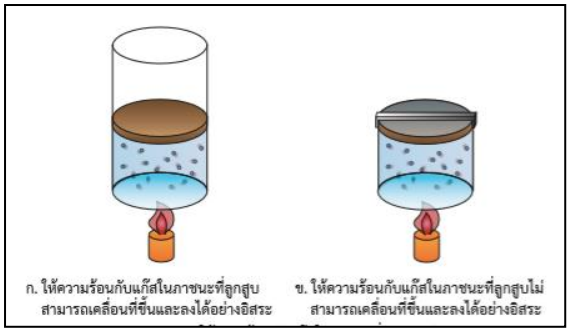
-

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่หัวข้อที่ 16.4.3 โดยอาจยกสถานการณ์ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างพลังงานภายในระบบและงานที่ทำโดยแก๊ส เช่น ถ้ามีภาชนะ 2 ใบ ที่บรรจุแก๊สชนิดเดียวกัน มีจำนวนโมลเท่ากัน และมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน โดยภาชนะใบหนึ่งลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้ อย่างอิสระ ส่วนภาชนะอีกใบหนึ่งลูกสูบไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ถ้าให้ความร้อนกับภาชนะทั้งสองเท่ากัน

ดังรูป แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม ดังนี้



1) ถ้าให้ความร้อนกับภาชนะทั้งสองเท่ากัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในภาชนะ แต่ละใบเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

3) ความร้อนมีความสัมพันธ์กับพลังงานภายในระบบและงานที่ทำโดยแก๊สอย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานภายในระบบ ความร้อน และงานที่ทำโดยแก๊ส ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 167-169

2.2 ครูนำนักเรียนศึกษาโจทย์ตัวอย่าง 16.12 และ 16.13 ในหนังสือเรียน หน้า 170-171 พร้อมอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างละเอียด

2.3 ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.4 ข้อ 1

2.4 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 3 ในหนังสือเรียน หน้า 178 ลงในสมุดตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูทำการสุ่มนักเรียน จำนวน 2 คน ออกมาเฉลยแบบฝึกหัดหน้าชั้นเรียน

3.2 นักเรียนทุกคนช่วยกันตรวจสอบวิธีการหาคำตอบของเพื่อนว่าถูกต้องหรือไม่

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) การบีบอัดแก๊สและการขยายตัวของแก๊สอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการถ่ายโอนความร้อน
มีผลต่อพลังงานภายในระบบและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สหรือไม่ อย่างไร (แนวการตอบ การบีบอัดแก๊ส ทำให้พลังงานภายในระบบและอุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น ส่วนการขยายตัวของแก๊สทำให้พลังงานภายในระบบและอุณหภูมิของระบบลดลง)

3.4 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานภายในระบบ ความร้อน และงานที่ทำโดยแก๊ส ดังนี้

ถ้าให้ความร้อนกับภาชนะทั้งสองเท่ากัน จะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน คือ ภาชนะใบแรกที่ลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้อย่างอิสระ ความร้อนที่ให้กับแก๊สส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนเป็นงานที่ทำโดยแก๊สทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น และความร้อนส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานภายในระบบทำให้ แก๊สมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนภาชนะใบที่สองที่ลูกสูบไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ความร้อนทั้งหมดที่ให้กับแก๊สจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานภายในระบบทำให้แก๊สมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะที่สอง จะสูงกว่าอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะที่หนึ่ง ดังรูป

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาท้าทาย ข้อ 46 ง. ในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.4 ข้อ 2

5.2 ครูตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 3

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 อินเทอร์เน็ต

8.3 ห้องสมุด

8.4 ใบความรู้ เรื่อง กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ กับงานที่ทำโดยแก๊สได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.4 ข้อ 2	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 16.4 ข้อ 2	1) นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1) ตรวจสมุดนักเรียนในการทำแบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 3	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม 2) แบบฝึกหัด 16.4 ข้อ 3	1) นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			

32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

<u>ระดับคุณภาพ</u>

คะแนน	9	หมายถึง	ระดับดีมาก
คะแนน	7-8	หมายถึง	ระดับดี
คะแนน	5-6	หมายถึง	ระดับปานกลาง
คะแนน	3-4	หมายถึง	ระดับปรับปรุง

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 26

เรื่อง การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม **รหัสวิชา ว30204** **เวลา 2 ชั่วโมง**

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ความร้อนและแก๊ส **รวม 24 ชั่วโมง**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1**

บูรณาการ

☐ **ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง** ☐ **ต้านทุจริต** ☐ STEM ☑ PLC

---

1. สาระฟิสิกส์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงและหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติละสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

10. อธิบายและคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K)

1) นักเรียนอธิบายการนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

3.2 ด้านกระบวนการ (P)

1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้

3.3 ด้านคุณลักษณะ (A)

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระสำคัญ

พลังงานทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่บรรจุอยู่ในระบบ เรียกว่า **พลังงานภายในระบบ (internal energy of a system)** ซึ่งจะหมายถึง **พลังงานภายใน (internal energy)** ของแก๊สแทนด้วยสัญลักษณ์ U สำหรับแก๊สอุดมคติสามารถหาพลังงานภายในระบบได้จากสมการ $U = \frac{3}{2}Nk_B\,T = \frac{3}{2}nRT$ พลังงาน ภายในระบบมีความสัมพันธ์กับความร้อนและงานซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เรียกว่า **กฎข้อที่หนึ่งของ**
อุณหพลศาสตร์ (first law of thermodynamics) เขียนแทนด้วยสมการ $Q = \Delta U + W$ ตามกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ทำให้ทราบว่า**ความร้อน (heat, Q)** เป็นเพียงพลังงานที่ถ่ายโอน ในรูปงานและพลังงานภายในระบบเท่านั้น ความรู้พลังงานภายในระบบสามารถนำไปประยุกต์ด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานของเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ความรู้

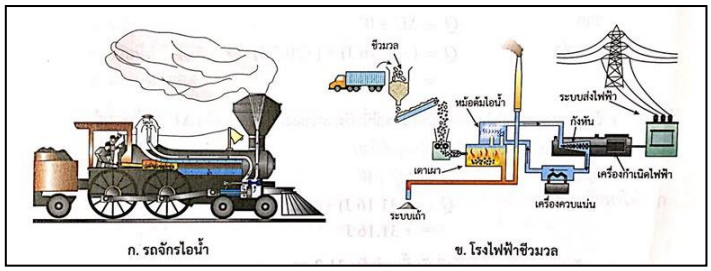
การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์

จากความรู้ที่เกี่ยวกับกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์เกี่ยวกับงาน การขยายตัวและหดตัวของแก๊สเมื่อได้รับหรือคายความร้อน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์ความร้อน ตู้เป็น และเครื่องปรับอากาศ ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

เครื่องยนต์ความร้อน

เครื่องยนต์ความร้อน (heat engine) เป็นเครื่องยนต์ที่ทำงานโดยการเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานกล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ **เครื่องยนต์สันดาปภายนอก (external combustion engine)** และ**เครื่องยนต์สันดาปภายใน (internal combustion engine)**

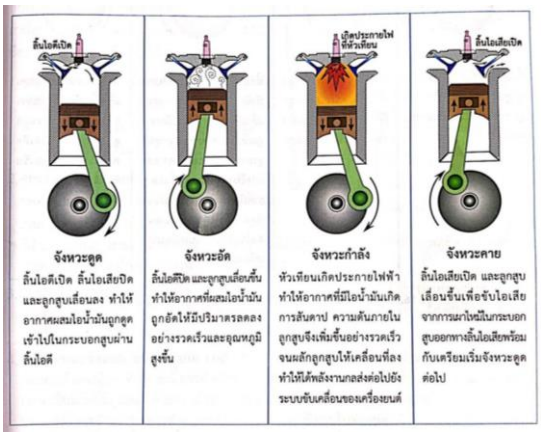
เครื่องยนต์สันดาปภายนอก เป็นเครื่องยนต์ที่เชื้อเพลงเกิดการเผาไหม้ภายนอกตัวเครื่องยนต์
หลักที่เป็นแหล่งทำให้เกิดพลังงานกล **เครื่องยนต์ไอน้ำ (Steam engine)** เป็นประเภทหนึ่งของเครื่องยนต์ความร้อนสันดาปภายนอก อาศัยความร้อนจากการเผาไหม้ถ่าน น้ำมัน หรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ และใช้ประโยชน์จากความดันไอน้ำที่เกิดขึ้นไปทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่หรือหมุนกังหัน ตัวอย่างของเครื่องยนต์ไอน้ำ เช่น รถจักรไอน้ำ โรงไฟฟ้าถ่านหิน ดังรูป 16.20 ก. และโรงไฟฟ้าชีวมวล ดังรูป 16.20 ข.



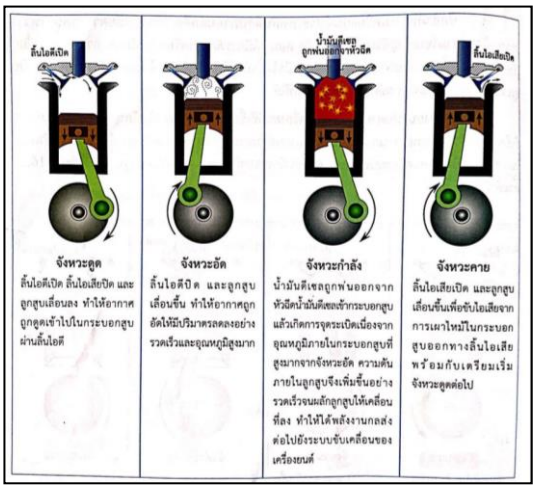
รูป 16.20 ตัวอย่างการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายนอก

ข้อจำกัดของเครื่องยนต์ประเภทสันดาปภายนอก คือ การสูญเสียความร้อนระหว่าง การถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่ตัวเครื่องยนต์หลัก ต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในและเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำมันแทนการใช้ไอน้ำ โดยการฉีดไอน้ำมันเข้าไปยังห้องเผาไหม้และจุดระเบิดจนเกิดเป็นอุณหภูมิและความดันที่สูง ผลักให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้

เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเครื่องยนต์ที่เชื้อเพลงเกิดการเผาไหม้ภายในตัวเครื่องยนต์หลักที่เป็นแหล่งทำให้เกิดพลังงานกล ตัวอย่างเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้แก่ เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด และเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงในการจุดระเบิด ดังรูป 16.21 และ 16.22ตามลำดับ



รูป 16.21 การทำงานของเครื่องยนต์เบนซินที่มีการสันดาปภายใน 4 จังหวะ



รูป 16.22 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีการสันดาปภายใน 4 จังหวะ

ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ

ความเข้าใจหลักการเกี่ยวกับพลังงานภายในและอุณหพลศาสตร์ทำให้เราสามารถออกแบบเครื่องยนต์ความร้อนที่ทำให้สามารถถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าได้ ด้วยการทำงานให้กับแก๊ส เครื่องยนต์ความร้อนที่ทำงานดังกล่าว คือ เครื่องทำความเย็นชนิดต่าง ๆ โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการทำงานของ**ตู้เย็น (refrigerator)** และ**เครื่องปรับอากาศ (air conditioner)**

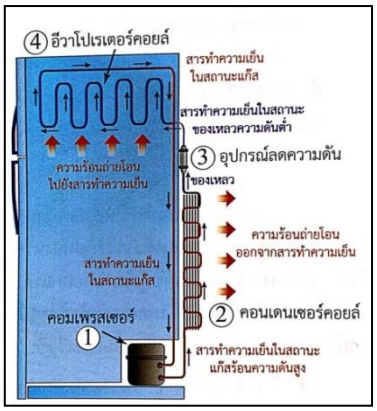
ตู้เย็นทำให้อุณหภูมิภายในตู้เย็นลดต่ำลงได้ ด้วยการถ่ายโอนความร้อนจากภายในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำออกสู่อากาศบริเวณนอกตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า โดยใช้**สารทำความเย็น (refrigerant)** ทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อน การทำงานของตู้เย็นแสดงดังรูป 16.23 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์(compressor) ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็นให้เป็นแก๊สความดันสูงและมีพลังงานภายในเพิ่มสูงขึ้นมากจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกตู้เย็นมาก

2. คอนเดนเซอร์คอยล์ (condenser coil) หรือ **ขดควบแน่น** หรือที่นิยมเรียกว่า**แผงคอยล์ร้อน**เป็นที่โลหะที่ขดกลับไปกลับมาอยู่บริเวณด้านหลังตู้เย็นที่บริเวณนี้ สารทำความเย็นจะถ่ายโอนความร้อนสู่อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวทำให้มีอุณหภูมิลดลง

3. อุปกรณ์ลดความดัน (throttling devices) ซึ่งอาจจะเป็น **วาล์วขยายตัว (expansion valve)** หรือท่อโลหะขนาดเล็กที่เรียกว่า **หลอดรูเล็ก (capillary tube)** หรือที่นิยมเรียกว่า **แค๊ปทิ้ว** ที่บริเวณนี้สารทำความเย็นจะถูกต้านทานการไหลทำให้มีอุณหภูมิลดลง

4. อีวาโปเรเตอร์คอยล์ (evaporator coil) หรือ **ขดระเหย** หรือที่นิยมเรียกว่า**แผงคอยล์เย็น** ที่อยู่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น ที่บริเวณนี้ สารทำความเย็นในสถานะของเหลวความดันต่ำจะขยายตัวอย่างรวดเร็วกลายเป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำมาก เมื่อสารทำความเย็นนี้เคลื่อนที่ไปตามแผงคอยส์เย็น ความร้อนจากช่องแช่แข็งจะถ่ายโอนสู่สารทำความเย็น ทำให้อุณหภูมิภายในช่องแข็งลดลงและอุณหภูมิของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น จากนั้นสารทำความเย็นจะเคลื่อนที่กลับไปยังคอมเพรสเซอร์เพื่อเริ่มต้นการทำงานครั้งใหม่

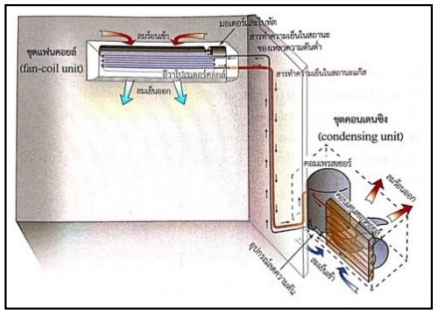


รูป 16.23 แผนภาพการทำงานของผู้เย็น

จะเห็นได้ว่า การถ่ายโอนความร้อนจากการทำงานของตู้เย็นเกิดขึ้น 2 บริเวณ คือ แผงคอยล์ร้อนและแผงคอยล์เย็น ซึ่งการถ่ายโอนดังกล่าวเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ

เครื่องปรับอากาศ มีหลายแบบและมีรายละเอียดในการทำงานแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น ใช้กับห้องขนาดเล็ก ใช้กับห้องหรืออาคารขนาดใหญ่ ใช้รถยนต์ เครื่องปรับอากาศใหญ่
มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับตู้เย็น แต่ออกแบบให้สามารถถ่ายโอนความร้อนได้ในปริมาณที่มากกว่าและรวดเร็วกว่าตู้เย็น โดยติดตั้งมอเตอร์พร้อมใบพัดที่บริเวณคอนเดนเซอร์ และที่บริเวณอีวาปอเรเตอร์ จึงถ่ายโอนความร้อนได้ปริมาณมากขึ้นและเร็วขึ้น

เครื่องปรับอากาศที่คุ้นเคยคือแบบที่ใช้กับห้องขนาดเล็ก ในปัจจุบันจะนิยมประกอบส่วนคอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ลดความดัน อยู่ด้วยกัน โดยเรียกส่วนนี้ว่า **ชุดคอนเดนซิง (condensing unit)** หรือคอยล์ร้อน ซึ่งจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ภายในส่วนนี้จะมีมอเตอร์และใบพัดเพื่อช่วยในการถ่ายโอนความร้อนจากสารทำความเย็นสู่ภายอากาศภายนอกอาคารด้วย ส่วนอีวาโปเรเตอร์คอยล์หรือขดระเหย จะออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าควบคุมพร้อมมอเตอร์และใบผัด เรียกส่วนนี้ว่า **ชุดแฟนคอยส์ (fan-coil unit)** หรือ **คอยล์เย็น** จะติดตั้งภายในอาคาร ที่บริเวณนี้ความร้อนจากอากาศภายในอาคารจะถูกถ่ายโอนสู่สารทำความเย็น แผนภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแสดง ดังรูป 16.24



รูป 16.24 แผนภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

5.2 กระบวนการ

1) ความสามารถในการสื่อสาร (อ่าน ฟัง พูด เขียน)

2) ความสามารถในการคิด (สังเกต วิเคราะห์ จัดกลุ่ม สรุป)

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา (แสวงหาความรู้)

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ความรับผิดชอบ)

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ใช้การสืบค้นผ่านคอมพิวเตอร์)

5.3 คุณลักษณะและค่านิยม

ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

6. บูรณาการ

6.1 บูรณาการ PLC นักเรียนในกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้เล่าสู่กันฟังถึงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูนำเข้าสู่หัวข้อที่ 16.4.4 โดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม ดังนี้

1) ความรู้เกี่ยวกับ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานการออกแบบและสร้างเครื่องยนต์ความร้อน ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศได้อย่างไร

2) เครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซลมีการใช้เชื้อเพลิงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีกลไกการจุดระเบิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

3) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในภาชนะ แต่ละใบเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

(ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยไม่คาดหวังคำตอบที่ถูกต้อง)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 จัดกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4 คน โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่มมีความรู้ความสามารถที่คละกัน กลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มประจำ

2.2 ครูจัดแบ่งเนื้อหาที่จะเรียนเป็นเนื้อหาย่อย ๆ เท่ากับจำนวนสมาชิกในกลุ่มของนักเรียน อาจจัดทำเป็นบทเรียนหน้าเดียวก็ได้

2.3 ให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มจับฉลากหมายเลขของเนื้อหา คนละ 1 ฉลาก เพื่อรับผิดชอบในการศึกษาหัวข้อย่อยของเนื้อหา คนละ 1 หัวข้อ

2.4 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาตามหมายเลขที่ตัวเองได้ ซึ่งครูติดเนื้อหาบนโต๊ะ (ใช้เวลา 15 นาที)

2.5 เมื่อนักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาแล้ว ให้นักเรียนกลับไปยังกลุ่มตัวเองแล้วอธิบายความรู้ที่ได้จากการศึกษาและทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับผิดชอบให้เพื่อนฟัง

2.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ในการศึกษาลงในกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอผลการสืบค้นของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยสุ่มกลุ่มออกมานำเสนอจากเว็บไซต์ (https://random.thaiware.com/) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

3.2 ครูนำนักเรียนอธิบายและสรุปเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับสารทำความเย็น ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 176

4.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารของเครื่องปรับอากาศ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียน หน้า 177

4.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับหน่วยของความร้อน ดังนี้

นอกจากความร้อนมีหน่วยจูลแล้วยังมีหน่วยอื่นอีก เช่น แคลอรี (calrorie, cal) และหน่วยความร้อนบริติช หรือ บีทียู (British thermal unit : Btu) ซึ่งมีความหมายดังนี้

1 แคลอรี คือ ความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ โดยที่ 1 cal = 4.186 J

1 บีทียู คือ ความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ โดยที่ 1 Btu = 252 cal = 1055 J

การบอกขนาดเครื่องปรับอากาศนิยมบอกเป็น บีทียู (BTU) ต่อชั่วโมง หรือ ตัน เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถถ่ายโอนความร้อนออกไปได้เท่าใดในเวลา 1 ชั่วโมง เช่น เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12 000 บีทียู (ขนาด 1 ตัน) หมายถึง ในเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศเครื่องนี้สามารถถ่ายโอนความร้อนออกสู่ภายนอกได้ 12 000 บีทียู หรือ 12 000 Btu × 1055 J/Btu = 12.66×10^6 J

4.4 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ตู้เย็นให้ประหยัดไฟฟ้า ดังนี้

1. เลือกใช้ตู้เย็นขนาดเหมาะสมและได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

2. ปิดประตูตู้เย็นให้สนิท และหลีกเลี่ยงการเปิดประตูตู้เย็นบ่อย ๆ หรือเปิดค้างทิ้งไว้เป็นเวลานาน

3. ไม่นำของร้อนเข้าไปในตู้เย็นทันที ควรปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำเข้าไปไว้ในตู้เย็น

4. ไม่ปล่อยให้มีน้ำแข็งเกาะหนาบริเวณช่องแช่แข็ง และไม่ใส่ของในตู้เย็นแน่นจนเกินไป ควรเหลือที่ว่างพอให้อากาศในตู้เย็นเคลื่อนจากด้านบนลงสู่ด้านล่างได้

5. ควรตั้งตู้เย็นในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกโดยด้านหลังและข้างตู้เย็นควรห่างผนัง หรือสิ่งของต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร และควรตั้งตู้เย็นให้ห่างจาก แหล่งกำเนิดความร้อนอื่นๆ

6. ตรวจเช็คให้ยางขอบประตูให้สามารถปิดได้สนิทเสมอ

4.5 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เครื่องปรับอากาศให้ประหยัดไฟฟ้า ดังนี้

1. ติดตั้งขนาดเครื่องปรับอากาศให้เพียงพอกับการทำความเย็นในห้อง โดยขนาดไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป และควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

2. ติดตั้งตำแหน่งเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม ไม่มีสิ่งกีดขวางทางลม และให้ลมจากเครื่องปรับอากาศพัดมายังพื้นที่ใช้สอย

3. ห้องควรปิดมิดชิด ไม่มีอากาศจากภายนอกรั่วไหลเข้ามาในห้อง หากมีการใช้งานพัดลมดูดอากาศควรใช้งานเท่าที่จำเป็นในช่วงสั้น ๆ

4. ปรับอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศในห้องเย็นแล้ว ปรับเพิ่มอุณหภูมิ และเปิดพัดลมร่วมด้วย

5. ป้องกันแสงแดดและความร้อนเข้ามาในห้อง ผนังและหน้าต่างที่เป็นกระจกควรมีม่านทึบแสง

6. กรณีนอนหลับในเวลากลางคืน เมื่อภายในห้องมีอุณหภูมิที่ต้องการแล้วควรตั้งอุณหภูมิ ประมาณ 27 หรือ 28 องศาเซลเซียส แล้วเปิดพัดลมร่วมด้วย

7. หลีกเลี่ยงใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนในห้อง เช่น เตาหุงต้ม เตารีด

8. ควรถอดแผ่นกรองฝุ่นที่คอยล์เย็นมาทำความสะอาดเดือนละครั้ง

9. ควรให้ช่างเครื่องปรับอากาศมาตรวจเช็คและทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

5.1 นักเรียนส่งกระดาษปรู๊ฟ (น้ำตาล) ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ประยุกต์และตอบแทนสังคม

ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่เรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมที่ห้องสมุด หรือเว็บไซต์ แล้วนำเสนอในชั้นเรียน

8. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

8.2 Jigsaw เรื่อง การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์ จำนวน 4 หัวข้อย่อย ดังนี้

1) เครื่องยนต์ความร้อนภายนอก

2) เครื่องยนต์ประเภทสันดาปภายใน

3) ตู้เย็น

4) เครื่องปรับอากาศ

8.3 อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ https://random.thaiware.com/) หรือ โปรแกรม Super Soomm And Goomm

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
1) นักเรียนอธิบายการนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้	1) ตรวจกระดาษปรู๊ฟ(น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนสามารถสรุปเนื้อหาที่ศึกษาได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P)			
1) นักเรียนสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าได้	1) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนนำเสนอผลงานได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A)			
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	1) ตรวจกระดาษปรู๊ฟ(น้ำตาล)ของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า 2) สังเกตการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่มค้นคว้า	1) แบบประเมินการทำกิจกรรม	1) นักเรียนทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ระดับดี ผ่านเกณฑ์

10. เกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียน

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics ของการทำกิจกรรม เรื่อง การประยุกต์ของอุณหพลศาสตร์

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ดีมาก	**ดี**	**พอใช้**	**ควรปรับปรุง**
1. เนื้อหา (20)				
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง (10)	เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์ (10)	เนื้อหาผิด 1 จุด (6)	เนื้อหาผิด 2 จุด (4)	เนื้อหาผิดตั้งแต่ 3 จุดขึ้นไป (2)
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา (10)	เนื้อหาสมบูรณ์ครบถ้วนในทุกด้าน (10)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 1 ด้าน (6)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป 2 ด้าน (4)	เนื้อหาไม่สมบูรณ์ขาดหายไป ตั้งแต่ 3 ด้านขึ้นไป (2)
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน (20)				
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์ (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ถูกต้องทุกจุด (5)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 1 จุด (4)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาด 2 จุด (3)	ใช้ตัวตัวสะกดและไวยากรณ์ผิดพลาดตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป (2)
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับมาก (4)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอมีความต่อเนื่องเหมาะสมในระดับน้อย (2)
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ (5)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับมากที่สุด (5)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับมาก (4)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับปานกลาง (3)	การนำเสนอน่าสนใจ ในระดับน้อย (2)
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมากที่สุด (5)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับมาก (4)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับปานกลาง (3)	มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม ในระดับน้อย (2)
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม (10)				
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มเป็นอย่างมาก (5)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่ม (4)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มในบางครั้ง (3)	แสดงออกถึงความสามัคคีกันในกลุ่มน้อย (2)
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน (5)	ส่งงานภายในเวลาที่กำหนด (5)	ส่งงานล่าช้า 1 วัน (4)	ส่งงานล่าช้า 2 วัน (3)	ส่งงานล่าช้า ตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป (2)

แบบประเมินงานนำเสนอ

วิชา.....กลุ่มที่.....วันที่.....

ผู้ประเมิน ☐ ครูผู้สอน ☐ นักเรียน ☐อื่นๆ .....

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมิน
1. เนื้อหา		
1.1 อธิบายเนื้อหาได้ถูกต้อง	10	
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	10	
รวม	**20**	
2. องค์ประกอบของชิ้นงาน		
2.1 ตัวสะกดและไวยากรณ์	5	
2.2 การนำเสนอมีความต่อเนื่อง	5	
2.3 การนำเสนอน่าสนใจ	5	
2.4 มีการจัดวางรูปแบบที่เหมาะสม	5	
รวม	**20**	
3. คุณลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม		
3.1 ความร่วมมือในกลุ่ม	5	
3.2 ความตรงต่อเวลาในการส่งงาน	5	
รวม	**10**	
คะแนนรวมทั้งหมด	**50**	

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้

- ❍ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ❍ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ❍ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ❍ มีการบูรณาการ
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ❍ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ❍ ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ❍ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ❍ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ❍ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น ..... จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน ( ) ดีมาก ( ) ดี ( ) พอใช้ ( ) ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้

ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน ..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียนร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ..... ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ ในระดับดีขึ้นไป

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน ร้อยละ ..... ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ .....ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....**4**. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางฐิติกานต์ เค้ามาก)

ตำแหน่ง ครู