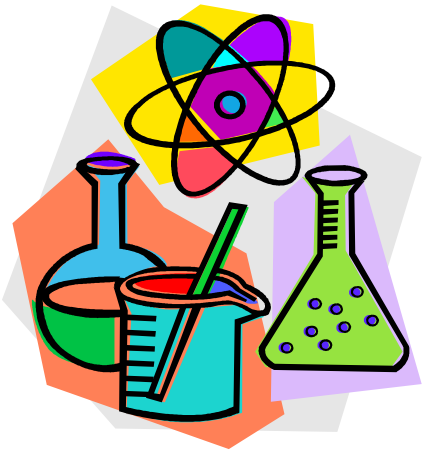
แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา เคมี ม.6 รหัส ว33224

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุธศักราช 2551



นายสุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์

ตำแหน่ง ครู

โรงเรียน นารองพิทยาคม

อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการ ได้ประกาศใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้สถานศึกษานำไปใช้เป็นกรอบทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา วางแผนการจัดการเรียนการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามเป้าหมายของหลักสูตร ตลอดจนให้เกิดผลสำเร็จตามเจตนารมณ์ของการปฏิรูปการศึกษา ดังนั้น ขั้นตอนการนำหลักสูตรสถานศึกษาไปปฏิบัติจริงในชั้นเรียนของครูผู้สอน จึงจัดเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาผู้เรียน

ข้าพเจ้าจึงได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางวางแผนจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน โดยจัดทำเป็นหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐานและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบย้อนกลับ (Backward Design) ตลอดจนเน้นกิจกรรมแบบ Active Learning อันจะช่วยให้ผู้ปกครองและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพการศึกษา สามารถมั่นใจในผลการเรียนรู้และคุณภาพของผู้เรียนที่มีหลักฐานตรวจสอบผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

นายสุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์
ตำแหน่ง ครู
ผู้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้

สารบัญ

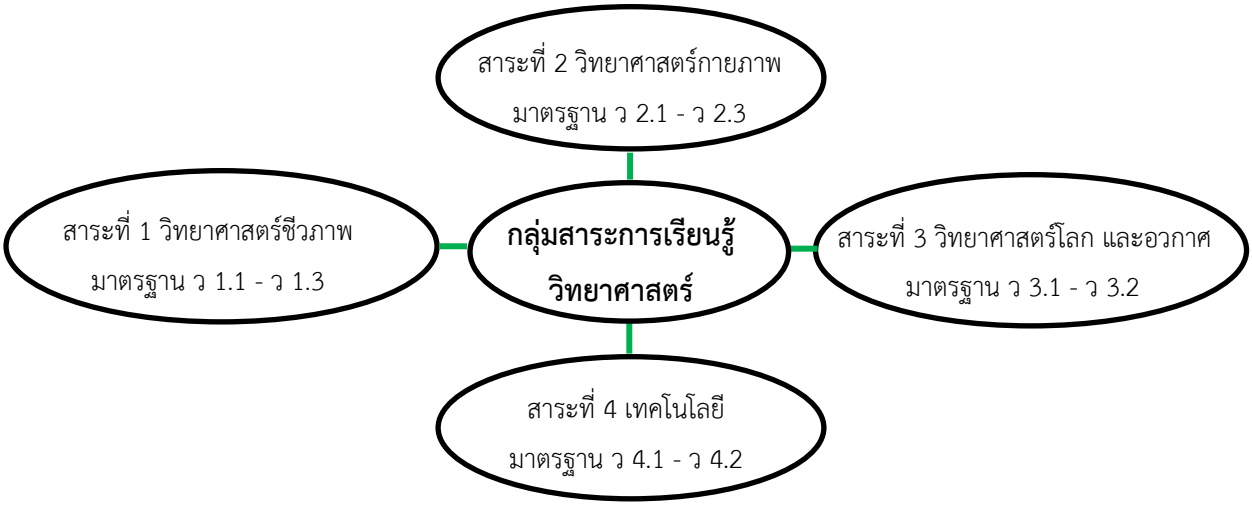
	หน้า
สรุปหลักสูตรฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	**พิเศษ 4-6**
ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	**พิเศษ 7-12**
คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.6	**พิเศษ 12-13**
โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.6	**พิเศษ 14-18**
รูแปบบการจัดการเรียนการสอน	**พิเศษ 21**
โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.6	**พิเศษ 22-29**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 กรด-เบส	**1**
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	19
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สารละลายกรดและสารละลายเบส	27
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ทฤษฎีกรด-เบส 1	33
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ทฤษฎีกรด-เบส 2	43
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การแตกตัวของกรดและเบส	51
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	66
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 pH ของสารละลาย	74
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	87
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส	93
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 การไทเทรตกรด-เบส	111
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 สารละลายบัฟเฟอร์	131
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ไฟฟ้าเคมี	**146**
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เลขออกซิเดชัน	164
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปฏิกิริยารีดอกซ์	172
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การดุลสมการรีดอกซ์	184
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เซลล์กัลวานิก	201
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ประเภทของเซลล์กัลวานิก	220
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เซลล์อิเล็กโทรไลติก	233
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	251
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า	262

สรุปหลักสูตรฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ *

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดสาระการเรียนรู้ 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี รวมทั้งยังมีสาระเพิ่มเติมอีก 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

องค์ประกอบของหลักสูตร ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาในแต่ละชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

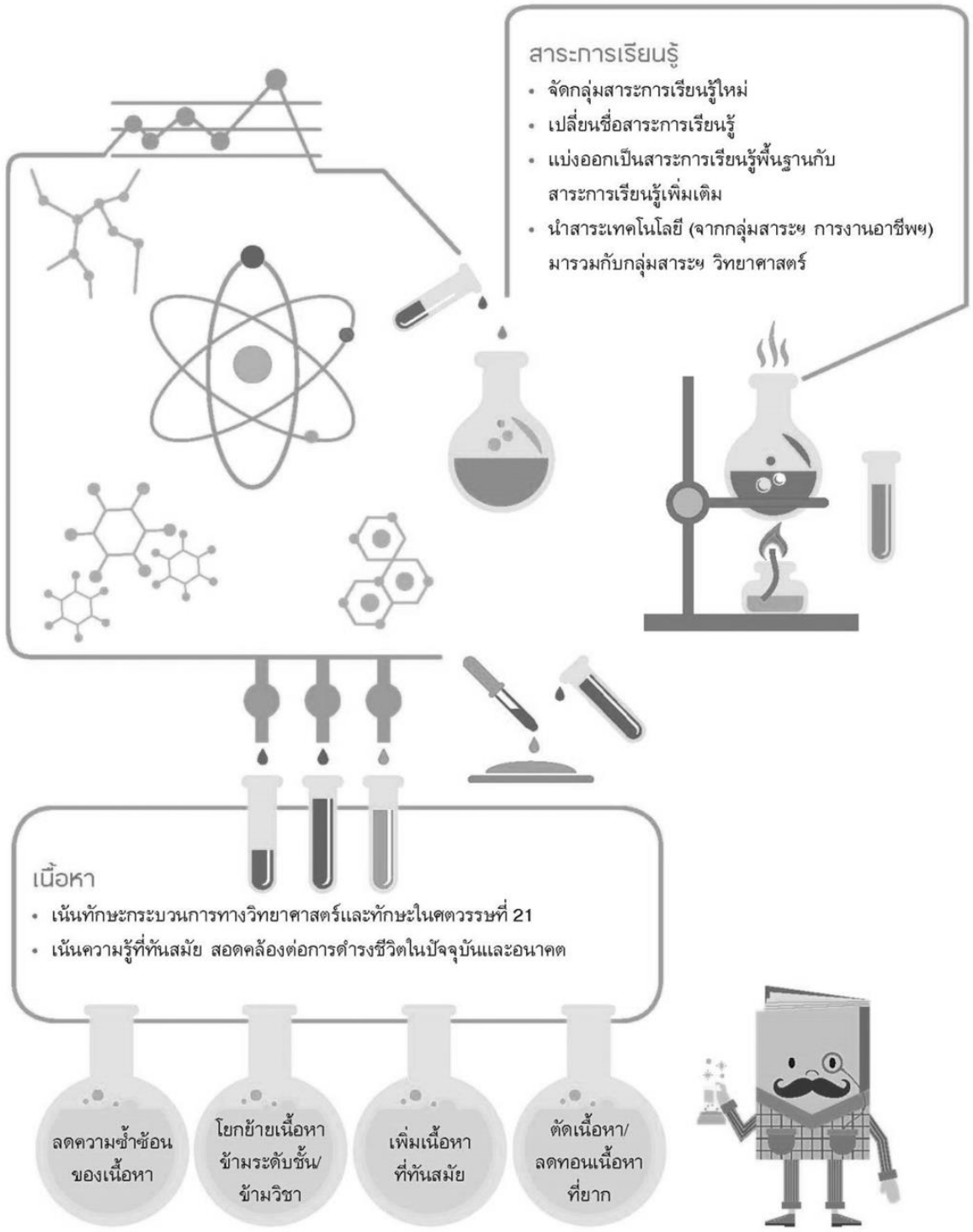
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์ด้วย นอกจากนี้ ยังได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความทันสมัยต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ ทัดเทียมกับนานาชาติ

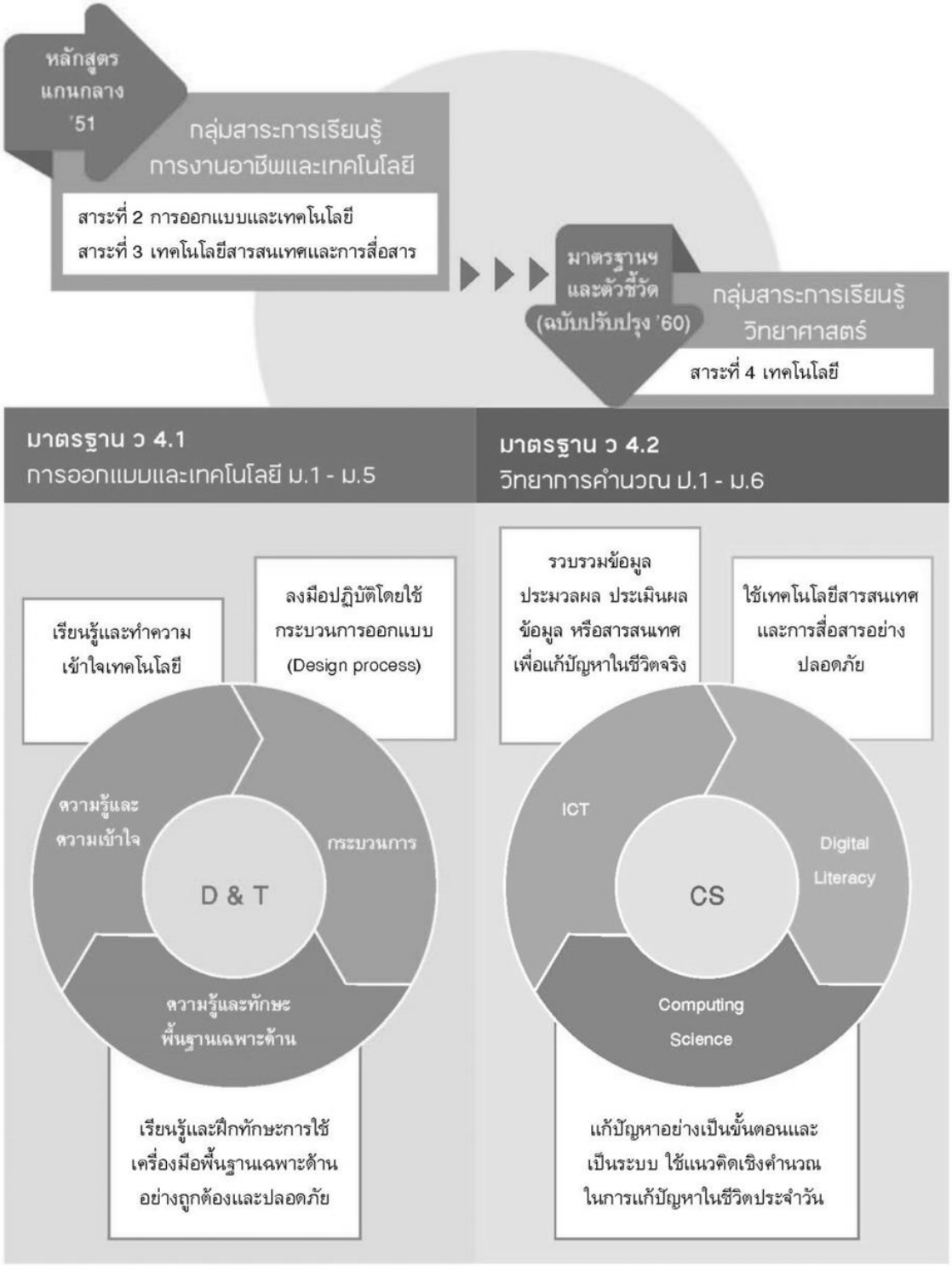


วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม - สาระชีววิทยา - สาระเคมี - สาระฟิสิกส์ - สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

---

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


สาระการเรียนรู้
• จัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ใหม่
• เปลี่ยนชื่อสาระการเรียนรู้
• แบ่งออกเป็นสาระการเรียนรู้พื้นฐานกับ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
• นำสาระเทคโนโลยี (จากกลุ่มสาระฯ การงานอาชีพฯ) มารวมกับกลุ่มสาระฯ วิทยาศาสตร์
เนื้อหา
• เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21
• เน้นความรู้ที่ทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต
ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา
โยกย้ายเนื้อหาข้ามระดับชั้น/ข้ามวิชา
เพิ่มเนื้อหาที่ทันสมัย
ตัดเนื้อหา/ลดทอนเนื้อหาที่ยาก


หลักสูตรแกนกลาง '51
กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี
สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี
สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มาตรฐานฯ และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง '60)
กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
สาระที่ 4 เทคโนโลยี
มาตรฐาน ว 4.1
การออกแบบและเทคโนโลยี ม.1 - ม.5
มาตรฐาน ว 4.2
วิทยาการคำนวณ ป.1 - ม.6
เรียนรู้และทำความเข้าใจเทคโนโลยี
ลงมือปฏิบัติโดยใช้กระบวนการออกแบบ (Design process)
ความรู้และความเข้าใจ
กระบวนการ
D & T
ความรู้และทักษะพื้นฐานเฉพาะด้าน
เรียนรู้และฝึกทักษะการใช้เครื่องมือพื้นฐานเฉพาะด้านอย่างถูกต้องและปลอดภัย
รวบรวมข้อมูล ประมวลผล ประเมินผล ข้อมูล หรือสารสนเทศ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง
ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย
ICT
Digital Literacy
CS
Computing Science
แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม *

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก 2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส	• พฤติกรรมของแก๊ส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก และกฎรวมแก๊ส ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	• ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และจำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส อธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยกฎอาโวกาโดร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วยกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณและการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับจำนวนโมลของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ได้
	4. คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสม โดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	• ในธรรมชาติ แก๊สส่วนใหญ่อยู่รวมกันเป็นแก๊สผสม ในกรณีที่แก๊สในแก๊สผสมไม่ทำปฏิกิริยากัน ความดันของแก๊สแต่ละชนิดแปรผันตามเศษส่วนโมลของแก๊ส ที่มีอยู่ในแก๊สผสมตามกฎความดันย่อยของดอลตัน
	5. อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	• แก๊สสามารถแพร่ได้ การแพร่ของแก๊สอธิบายได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่อุณหภูมิเดียวกันแก๊สจะแพร่ได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของแก๊ส อัตราการแพร่ของแก๊สเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุลของแก๊สสัมพันธ์กับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม
	6. สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม	• สมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

สาระเคมี

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	1. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา 2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	• ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้น หรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์
	3. เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	• ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน
	4. ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา	• อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย
	6. ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน หรืออุตสาหกรรม	• ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม
	7. ทดสอบ และอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้และภาวะสมดุล 8. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล	• ปฏิกิริยาเคมีที่สามารถดำเนินไปข้างหน้าและย้อนกลับได้ เรียกว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะลดลง ส่วนความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ระบบจะอยู่ในภาวะสมดุลที่มีความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์คงที่เรียกว่า สมดุลพลวัต
	9. คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา 10. คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล	• ณ ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์กับสารตั้งต้น แสดงได้ด้วยค่าคงที่สมดุล ซึ่งเป็นค่าคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง
ชั้น	**ผลการเรียนรู้**	**สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม**

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	11. คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน	• ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน หาได้จากผลคูณของค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาย่อยที่นำสมการเคมีมารวมกัน โดยถ้ามีการคูณสมการย่อยให้ยกกำลังค่าคงที่สมดุลด้วยตัวเลขที่คูณ และหากมีการกลับข้างสมการ ให้กลับค่าคงที่สมดุลเป็นตัวหาร
	12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุลของระบบ รวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวน โดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ	• เมื่อระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวน โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร ความดัน หรืออุณหภูมิระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งตามหลักของเลอชาเตอลิเอ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง
	13. ยกตัวอย่าง และอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม	• ความรู้เกี่ยวกับสมดุลเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติและกระบวนการในอุตสาหกรรม
	14. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด–ลาวรีและลิวอิส	• สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด–ลาวรี หรือลิวอิส
	15. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี	• ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด–ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน
	16. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส	• กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส
	17. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส	• น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{14}
		• เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดร-เนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	18. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทินและระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน 19. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ	• ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส • เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส
	20. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส	• การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกันเรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติจุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบสควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล
	21. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต	• ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการไทเทรตกรด-เบสสามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้
	22. อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์	• สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
	23. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส	• ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์
ม.5	24. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์	• เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์
	25. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์	• ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	26. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์	• การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์
	27. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา	• ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
	28. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	• เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์
	29. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น	• ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้เซลล์ชนิดนี้เรียกว่าเซลล์อิเล็กโทรลิติก
	30. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ	• เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้อีก
ม.5	31. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	• เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
	32. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	• ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

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

คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาเพิ่มเติม เคมี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 **เวลา 60 ชั่วโมง/ปี**

ศึกษาไอออนในสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนโปรตอนของสารละลายกรด-เบส ศึกษาคู่กรด-เบส คำนวณและเขียนสมการการแตกตัวของกรด-เบส การคำนวณค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออนของกรดอ่อนและเบสอ่อน ศึกษาและทดลองการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ การคำนวณค่าคงที่ของการแตกตัวของน้ำ pH ของสารละลายกรด-เบส ศึกษาและทดลองเรื่องปฏิกิริยาสะเทิน และปฏิกิริยาการเกิดเกลือจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับสารละลายเบส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ ศึกษาเกี่ยวกับการไทเทรตสารละลายกรด-เบส การเขียนกราฟและการหาจุดสมมูลจากกราฟของการไทเทรต และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบส ศึกษาหลักการเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับไทเทรตกรด-เบส ศึกษาและทดลองสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ของสารละลาย ศึกษาและทดลองการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ การเขียนและดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยา ศึกษาเซลล์ไฟฟ้าเคมี ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับหลักการของเซลล์กัลวานิก ศึกษาการเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก การหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ปฏิกิริยาในเซลล์กัลวานิกประเภทเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิบางชนิด ทดลองเพื่อศึกษาหลักการสร้างและการทำงานของเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว ศึกษาหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก และทดลองการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้าตามหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก ศึกษาการแยกสารที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า ศึกษาและทดลองชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าศึกษาวิธีการทำให้โลหะบริสุทธิ์ ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการผุกร่อนและการป้องกันการผุกร่อนของโลหะ ศึกษาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดทำและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียสเบรินสเตด–ลาวรีและลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
3. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
9. อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส
11. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
12. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
13. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์
14. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
15. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
16. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น
17. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ
18. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
19. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

รวม 19 ผลการเรียนรู้

โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.5 เล่ม 2

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
1.	กรด-เบส	1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด–เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด–ลาวรีและลิวอิส 2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี 3. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส 4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส 5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน 6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ 7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส 8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต	สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลายเป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) ซึ่งไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ สารละลายกรดทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ H_3O^+ ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของกรด ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง สารละลายเบสทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ OH^- ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของเบส ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส กล่าวว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กล่าวว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น สารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีจำนวนโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน สารบางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น น้ำ เรียกสารประเภทนี้ว่า แอมโฟเทอริก หรือแอมฟิโพรติก	33

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
		9. อธิบายสมบัติองค์ประกอบและประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์ 10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส	ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส กล่าวว่า กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น กรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ดีมาก หรือแตกตัวได้หมด กรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว เบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดเบสเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนแลไอออนที่เกิดจากการแตกตัว น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำเท่ากับ 1.0×10^{-14} pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย โดยกำหนดให้ $pH = -\log [H_3O^+]$ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมี $pH < 7$ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมี $pH = 7$ ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเป็นจะมี $pH > 7$ ผลคูณของ $[H_3O^+]$ กับ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ซึ่งเป็นค่าคงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมี $[OH^-]$ น้อย ส่วนสารละลายที่มี $H_3O^+]$ น้อย จะมี $[OH^-]$ มาก	

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
			สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมีความเป็นกรดมาก ค่า pH จะต่ำ ส่วนสารละลายที่มี $[H_3O^+]$ น้อย จะมีความเป็นกรดน้อย ค่า pH จะสูง อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อน ๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นสารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัวจะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคอเตอร์ได้ การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เมื่อสารละลายมี H_3O^+ และไอออนลบ ส่วนสารละลายเบสมีไอออนบวก และ OH^- ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสจึงเป็นปฏิกิริยาการถ่ายโอน H^+ ระหว่าง H_3O^+ กับ OH^- เรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด เมื่อกรดกับเบสจะทำปฏิกิริยากันได้แล้ว กรดหรือเบสยังสามารถทำฏิกิริยากับสารประเภทอื่นได้อีกหลายชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH^- การไทเทรตเป็นการหาปริมาณกรดและเบสที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น โดยการนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ซึ่งอาจเป็นสารละลายกรดหรือเบสก็ได้ จุดยุติ คือ จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี	

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
			จุดสมมูล คือ จุดที่สารละลายกรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดสมมูลจพมีค่าใกล้เคียงจุดยุติเมื่อเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรต การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าประมาณ 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้หลายชนิด คือ เมทิลออเรนจ์เมทิลเรด โบรไทมอลบลู และฟินอล์ฟทาลีน การไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 7-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ ฟินอล์ฟทาลีน การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-7 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ เมทิลออเรนจ์ เมทิลเรด สารละลายบัฟเฟอร์ เป็นสารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH ของสารละลายให้คงที่เมื่อมีการเติมกรดแก่หรือเบสแก่ลงไปเล็กน้อย ประกอบด้วยกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน สารละลายที่มีกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนชนิดนั้น หรือกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์กรด เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป คู่เบสจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป กรดอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่	

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
			สารละลายที่มีเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนชนิดนั้น หรือเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์เบส เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป เบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป คู่กรดจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่	
2	ไฟฟ้าเคมี	11. คำนวณเลขออกซิเดชันและระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ 12. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ 13. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ 14. ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา 15. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	เลขออกซิเดชันเป็นค่าประจุไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมาของไอออนหรืออะตอมของธาตุ โดยคำนวณจากการรับหรือการจ่ายอิเล็กตรอน หรือการใช้พันธะร่วมกัน ซึ่งการเขียนเลขออกซิเดชันจะเขียนเครื่องหมาย + หรือ – ไว้หน้าตัวเลขเสมอ ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุที่อยู่ในสารประกอบในสมการเคมี หรือปฏิกิริยาที่มีการรับและจ่ายอิเล็กตรอน	27

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
		16. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น 17. อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ 18. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ 19. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	การดุลสมการรีดอกซ์ มี 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง และการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือที่ต่อไว้ในสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์ ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานที่มีค่า E^0 เป็นศูนย์ ค่า E^0 ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสูงกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E^0 มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนต่ำกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่	

ลำดับ	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชม.)
			เซลล์อิเล็กโทรไลติก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ การกัดกร่อนของโลหะ เป็นการที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ โลหะ แล้วทำให้โลหะนั้นเปลี่ยนสภาพเป็นไอออน หรือกลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือสารประกอบไฮดรอกไซด์ การป้องกันการกัดกร่อนของโหละ ทำได้หลายวิธี เช่น การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ การทาผิวของโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน การทำแคโทดิกโดยใช้โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำกว่าไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม การทำอะโนไดซ์โดยใช้กระแสไฟฟ้าทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์ และการทำรมดำซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีสีต่าง ๆ กันบนผิวของโลหะ ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้านำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	

รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

สื่อการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ม.5 ผู้จัดทำได้ออกแบบการสอน (Instructional Design) อันเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้และเทคนิคการสอนที่เปี่ยมด้วยประสิทธิภาพและมีความหลากหลายให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด รวมถึงสมรรถนะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนที่หลักสูตรกำหนดไว้ โดยครูสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในรายวิชานี้ได้นำรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model) มาใช้ในการออกแบบการสอน ดังนี้

รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)

ด้วยจุดประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model) ซึ่งเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและการลงมือทำ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญเพื่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21

วิธีสอน (Teaching Method)

ผู้จัดทำเลือกใช้วิธีสอนที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสาธิต การอภิปรายกลุ่มย่อย เป็นต้น เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model) ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจะเน้นใช้วิธีสอนโดยใช้การทดลองมากเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นวิธีสอนที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้จากประสบการณ์ตรงโดย การคิดและการลงมือทำด้วยตนเอง อันจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และเกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่คงทน

เทคนิคการสอน (Teaching Technique)

ผู้จัดทำเลือกใช้เทคนิคการสอนที่หลากหลายและเหมาะสมกับเรื่องที่เรียน เพื่อส่งเสริมวิธีสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้คำถาม การเล่นเกม เพื่อนช่วยเพื่อน เป็นต้น ซึ่งเทคนิคการสอนต่าง ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุขในขณะที่เรียนและสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เคมี ม.6

เวลา 60 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
1. กรด-เบส	แผนที่ 1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย - สังเกตพฤติกรรมกสนรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	2
	แผนที่ 2 สารละลายกรดและสารละลายเบส	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1
	แผนที่ 3 ทฤษฎีกรด-เบส 1	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป	- ตรวจใบงานที่ 4.3.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	2

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
			- ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
	แผนที่ 4 ทฤษฎีกรด-เบส 2	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	3
	แผนที่ 5 การแตกตัวของกรดและเบส	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจใบงานที่ 4.4.1 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4
	แผนที่ 6 การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจาก	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ - สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	2

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
			ข้อมูล		
	แผนที่ 7 pH ของสารละลาย	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจใบงานที่ 4.6.1 เรื่อง pH ของสารละลาย - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	2
	แผนที่ 8 อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1
	แผนที่ 9 ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 4.8.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์ - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด - ประเมินการปฏิบัติการ การวัด pH ของสารละลาย	6

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
				เกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
	แผนที่ 10 การไทเทรตกรด-เบส	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 4.9.1 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	6

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
	แผนที่ 11 สารละลายบัฟเฟอร์	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 4.10.1 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	4
2. ไฟฟ้าเคมี	แผนที่ 1 เลขออกซิเดชัน	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี - ตรวจใบงานที่ 5.1.1 เรื่อง เลขออกซิเดชัน - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1
	แผนที่ 2 ปฏิกิริยารีดอกซ์	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง	- ตรวจใบงานที่ 5.2.1 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย	2

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
			- ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
	แผนที่ 3 การดุลสมการรีดอกซ์	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง	- ตรวจใบงานที่ 5.3.1 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง - ตรวจใบงานที่ 5.3.2 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	
			- ทักษะการทำงานร่วมกัน	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	3
	แผนที่ 4 เซลล์กัลวานิก	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 5.4.1 เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก - ตรวจใบงานที่ 5.4.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	6

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
	แผนที่ 5 ประเภทของเซลล์กัลวานิก	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจใบงานที่ 5.5.1 เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4
	แผนที่ 6 เซลล์อิเล็กโทรไลติก	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 5.6.1 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า - ตรวจใบงานที่ 5.6.2 เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์ - ตรวจแบบฝึกหัด - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	วิธีสอน/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ทักษะที่ได้	การประเมิน	เวลา (ชั่วโมง)
	แผนที่ 7 การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการทำงานร่วมกัน - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการทดลอง - ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป - ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	- ตรวจใบงานที่ 5.7.1 เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4
	แผนที่ 8 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า	แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instructional Model)	- ทักษะการสังเกต - ทักษะการสำรวจค้นหา - ทักษะการวิเคราะห์ - ทักษะการเชื่อมโยง - ทักษะการทำงานร่วมกัน	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการนำเสนอผลงาน - สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - สังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

กรด-เบส

เวลา 33 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1) ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2) ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
3) คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส
4) คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส
5) เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
6) เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ
7) ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
8) คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต
9) อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
10) สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส

2. สาระการเรียนรู้

2.1 สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

1) สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส
2) ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน

3) กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส
4) น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14}
5) เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7
6) ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส
7) เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส
8) การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกันเรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติ จุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบสควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล
9) ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้
10) สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
11) ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์

2.2 สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น

(พิจารณาตามหลักสูตรสถานศึกษา)

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลายเป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) ซึ่งไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

สารละลายกรดทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ H_3O^+ ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของกรด ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

สารละลายเบสทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ OH^- ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของเบส ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส กล่าวว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กล่าวว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น

สารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีจำนวนโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน

สารบางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น น้ำ เรียกสารประเภทนี้ว่า แอมโฟเทอริก หรือแอมฟิโพรติก

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส กล่าวว่า กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น

กรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ดีมาก หรือแตกตัวได้หมด

กรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

เบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดเบสเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14}

pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย โดยกำหนดให้ $pH = -\log [H_3O^+]$

สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมี $pH < 7$ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมี $pH = 7$ ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเป็นจะมี $pH > 7$

ผลคูณของ $[H_3O^+]$ กับ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ซึ่งเป็นค่าคงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมี $[OH^-]$ น้อย ส่วนสารละลายที่มี $H_3O^+]$ น้อย จะมี $[OH^-]$ มาก

สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมีความเป็นกรดมาก ค่า pH จะต่ำ ส่วนสารละลายที่มี $[H_3O^+]$ น้อย จะมีความเป็นกรดน้อย ค่า pH จะสูง

อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อน ๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัวจะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคอเตอร์ได้

การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เมื่อสารละลายมี H_3O^+ และไอออนลบ ส่วนสารละลายเบสมีไอออนบวก และ OH^- ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสจึงเป็นปฏิกิริยาการถ่ายโอน H^+ ระหว่าง H_3O^+ กับ OH^- เรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ

ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด เมื่อกรดกับเบสจะทำปฏิกิริยากันได้แล้ว กรดหรือเบสยังสามารถทำฏิกิริยากับสารประเภทอื่นได้อีกหลายชนิด

ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH^-

การไทเทรตเป็นการหาปริมาณกรดและเบสที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น โดยการนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ซึ่งอาจเป็นสารละลายกรดหรือเบสก็ได้

จุดยุติ คือ จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี

จุดสมมูล คือ จุดที่สารละลายกรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดสมมูลจพมีค่าใกล้เคียงจุดยุติเมื่อเลือกใช้อิเนดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรต

การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าประมาณ 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้หลายชนิด คือ เมทิลออเรนจ์เมทิลเรด โบรไทมอลบลู และฟินอล์ฟทาลีน

การไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 7-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ ฟินอล์ฟทาลีน

การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-7 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ เมทิลออเรนจ์ เมทิลเรด

สารละลายบัฟเฟอร์ เป็นสารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH ของสารละลายให้คงที่ เมื่อมีการเติมกรดแก่หรือเบสแก่ลงไปเล็กน้อย ประกอบด้วยกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน

สารละลายที่มีกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนชนิดนั้น หรือกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์กรด เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป คู่เบสจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป กรดอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่

สารละลายที่มีเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนชนิดนั้น หรือเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์เบส เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป เบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป คู่กรดจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 7) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

5. ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)

-

6. การวัดและการประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
6.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ประเมินตามสภาพจริง
6.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
2) สารละลายกรดและสารละลายเบส	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
3) ทฤษฎีกรด-เบส	- ตรวจใบงานที่ 4.3.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 4.3.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) การแตกตัวของกรดและเบส	- ตรวจใบงานที่ 4.5.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.5.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
5) การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) pH ของสารละลาย	- ตรวจใบงานที่ 4.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.7.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
7) อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
8) สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	- ตรวจใบงานที่ 4.9.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 4.9.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
9) การไทเทรตกรด-เบส	- ตรวจใบงานที่4.10.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 4.10.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
10) สารละลายบัฟเฟอร์	- ตรวจใบงานที่ 4.11.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 4.11.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
11) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
12) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
13) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
14) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6.3 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ประเมินตามสภาพจริง

7. กิจกรรมการเรียนรู้

- **แผนฯ ที่ 1 : สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์** **เวลา 2 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 2 : สารละลายกรดและสารละลายเบส** **เวลา 1 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 3 : ทฤษฎีกรด-เบส 1** **เวลา 2 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 4 : ทฤษฎีกรด-เบส 2** **เวลา 3 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 5 : การแตกตัวของกรดและเบส** **เวลา 4 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 6 : การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ** **เวลา 2 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- **แผนฯ ที่ 7 : pH ของสารละลาย** **เวลา 2 ชั่วโมง**
  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 8 : อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส** **เวลา 1 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 9 : ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส** **เวลา 6 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 10 : การไทเทรตกรด-เบส** **เวลา 6 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 11 : สารละลายบัฟเฟอร์** **เวลา 4 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

(รวมเวลา 33 ชั่วโมง)

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3) ใบงานที่ 4.3.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส
4) ใบงานที่ 4.5.1 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส
5) ใบงานที่ 4.7.1 เรื่อง pH ของสารละลาย
6) ใบงานที่ 4.9.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส
7) ใบงานที่ 4.10.1 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส
8) ใบงานที่ 4.11.1 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์
9) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย
10) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต
11) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ
12) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์
13) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์
14) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด
15) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
16) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

17) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่

18) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ศึกษาการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส

19) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

20) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

1) ห้องเรียน

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. สารละลายในข้อใดไม่นำไฟฟ้า
   1. NH_3 2. KOH
   3. HNO_3 4. C_2H_5OH
   5. CH_3COOH
2. ข้อใดจัดเป็นสารละลายกรด
   1. NH_3 2. NaCl
   3. H_2SO_4 4. NaOH
   5. CH_3COONa
3. “กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน” คำกล่าวนี้ตรงกับทฤษฎีกรด-เบสของนักวิทยาศาสตร์ท่านใด
   1. ลาวรี 2. ลิวอิส
   3. เบรินสเตด 4. อาร์เรเนียส
   5. เลอชาเตอลิเอ
4. ข้อใดระบุคู่เบสของสารที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง

	สาร	คู่เบส
1.	NH_3	NH_4^+
2.	H_3O^+	H_2O
3.	H_2O	OH^-
4.	HCO_3^-	H_2CO_3
5.	SO_4^{2-}	HSO_4^-

5. HX เป็นกรดแก่ สารละลายปริมาตร 3 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีกรด HA ละลายอยู่ 0.75 โมล จะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนอยู่เท่าใด
   1. 0.25 mol/dm^3 2. 0.50 mol/dm^3
   3. 0.75 mol/dm^3 4. 1.00 mol/dm^3
   5. 1.25 mol/dm^3
6. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10^{-3}โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมี pH เท่าใด
   1. 1 2. 3
   3. 5 4. 9
   5. 11
7. เมื่อนำสารละลายที่มี pH เท่ากับ 9 มาหยดอินดิเคเตอร์ชนิดใด สารละลายจึงจะมีสีชมพู
   1. เมทิลเรด 2. ฟีนอลเรด
   3. คองโกเรด 4. เมทิลออเรนจ์
   5. ฟีนอล์ฟทาลีน
8. ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสในข้อใดจะเกิดเกลือที่มีสมบัติเป็นเบส
   1. HCl กับ KOH
   2. HF กับ NaOH
   3. HNO_3 กับ NH_3
   4. $HClO_4$ กับ LiOH
   5. H_2SO_4 กับ $Al(OH)_3$
9. อินดิเคเตอร์ชนิดใดเหมาะสำหรับนำมาใช้บอกจุดยุติในการไทเทรตระหว่างเบสอ่อนกับกรดแก่
   1. เมทิลเรด 2. ฟีนอลเรด
   3. คองโกเรด 4. เมทิลออเรนจ์
   5. ฟีนอล์ฟทาลีน
10. สารละลายในข้อใดจัดเป็นบัฟเฟอร์เบส
    1. HF กับ LiF
    2. HCl กับ NaCl
    3. HCN กับ KCN
    4. NaOH กับ NaBr
    5. NH_4OH กับ NH_4NO_3

เฉลย **1.** 4 **2.** 3 **3.** 4 **4.** 3 **5.** 1 **6.** 2 **7.** 5 **8.** 2 **9.** 2 **10.** 5

แบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. สารละลายในข้อใดจัดเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่
   1. H_2S 2. HCl
   3. HNO_2 4. HClO
   5. NH_4OH
2. ข้อใดจัดเป็นสารละลายเบส
   1. H_2O 2. HNO_3
   3. NH_4Cl 4. $Ca(OH)_2$
   5. CH_3COOH
3. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส
   1. กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น
   2. กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอนแก่สารอื่น
   3. เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอนจากสารอื่น
   4. กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน
   5. เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน
4. ข้อใดระบุคู่กรดของสารที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง

	สาร	คู่กรด
1.	H_3O^+	H_2O
2.	CO_3^-	H_2CO_3
3.	NO_2^-	HNO_2
4.	HBr	Br^-
5.	$HClO_4$	ClO_4^-

5. สารละลายเบส C_5H_5N และ $C_6H_5NH_2$ มีค่า K_b เป็น 1.8×10^{-9} และ 4.3×10^{-10} ตามลำดับ ถ้าสารละลายทั้งสองเข้มข้น 1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร เท่ากัน สารละลายของเบสใดจะมีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่ากัน เพราะเหตุใด
   1. C_5H_5N มีความเข้มข้นของ OH^- น้อยกว่า $C_6H_5NH_2$ เนื่องจากมีค่า K_b สูงกว่า
   2. C_5H_5N มีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า $C_6H_5NH_2$ เนื่องจากมีค่า K_b สูงกว่า
   3. $C_6H_5NH_2$ มีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า C_5H_5N เนื่องจากมีค่า K_b ต่ำกว่า
   4. $C_6H_5NH_2$ มีความเข้มข้นของ OH^- เท่ากับ C_5H_5N เนื่องจากมีความเข้มข้นเท่ากัน
   5. $C_6H_5NH_2$ มีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า C_5H_5N เนื่องจากมีความเป็นเบสที่แรงกว่า
6. สารละลายเบสอ่อนเข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร แตกตัวเป็นไอออนได้ร้อยละ 4 จะมี pH เท่ากับเท่าใด (กำหนดให้ log 2 = 0.3010)
   1. 1.699 2. 3.010
   5. 12.301
7. เมื่อนำสารละลายที่มี pH เท่ากับ 5 มาหยดเมทิลเรด สารละลายที่ได้จะมีสีใด
   1. สีส้ม 2. สีแดง
   3. สีเขียว 4. สีน้ำเงิน
   5. สีเหลือง
8. ข้อใดจับคู่เกลือกับไอออนที่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ถูกต้อง
   1. NH_4F – NH_4^+
   2. $NaNO_3$ – NO_3^-
   3. KBr – K^+ และ Br^-
   4. LiCN – Li^+ และ CN^-
   5. CH_3COONa – CH_3COO^-

9. โบรโมไทมอลบูลเหมาะสำหรับนำมาใช้บอกจุดยุติในการไทเทรตระหว่างกรดกับเบสในข้อใด
   1. HBr กับ NH_3
   2. HF กับ NaOH
   3. HNO_3 กับ KOH
   4. HCN กับ $Ca(OH)_2$
   5. CH_3COOH กับ NH_4OH
10. สารละลายในข้อใดจัดเป็นบัฟเฟอร์กรด
   1. HBr กับ KBr
   2. NH_3 กับ NH_4Cl
   3. LiOH กับ $LiNO_3$
   4. H_2CO_3 กับ $NaHCO_3$
   5. NH_4OH กับ NH_4NO_3

เฉลย	**1.** 2	**2.** 4	**3.** 1	**4.** 3	**5.** 2	**6.** 5	**7.** 1	**8.** 5	**9.** 3	**10.** 4

แบบประเมินการปฏิบัติการ แผนฯ ที่ 1,3,5,8,9,10

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนประเมินการปฏิบัติการของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
		4	3	2	1
1	การออกแบบการทดลอง				
2	การดำเนินการทดลอง				
3	การนำเสนอ				
รวม					

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการ

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การออกแบบการทดลอง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง แสดงถึงความคิดริเริ่ม	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธียังไม่ถูกต้อง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ต้องอาศัยการแนะนำในการออกแบบการทดลอง
2. การดำเนินการทดลอง	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถูกต้องมีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ละเอียดรอบคอบครบถ้วนตามที่ต้องการ	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้อง แต่ไม่มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามที่ต้องการ	การดำเนินการทดลองไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน
3. การนำเสนอ	เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน เหมาะสมสรุปผการทดลองถูกต้องมีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุป	นำเสนอข้อมูลถูกต้องครบถ้วน วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน สรุปผลการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุปผลการทดลอง	นำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง	นำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11–12	**ดีมาก**
9–10	**ดี**
7–8	**พอใช้**
ต่ำกว่า 6	**ปรับปรุง**

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	ความถูกต้องของเนื้อหา	☐	☐	☐
2	ความคิดสร้างสรรค์	☐	☐	☐
3	วิธีการนำเสนอผลงาน	☐	☐	☐
4	การนำไปใช้ประโยชน์	☐	☐	☐
5	การตรงต่อเวลา	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	การแสดงความคิดเห็น	☐	☐	☐
2	การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	☐	☐	☐
3	การทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	☐	☐	☐
4	ความมีน้ำใจ	☐	☐	☐
5	การตรงต่อเวลา	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ–สกุล ของนักเรียน	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้าน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์	1.1 ยืนตรงเคารพธงชาติ และร้องเพลงชาติได้			
	1.2 เข้าร่วมกิจกรรมที่สร้างความสามัคคีปรองดอง และเป็นประโยชน์ต่อโรงเรียน			
	1.3 เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาที่ตนนับถือ ปฏิบัติตามหลักศาสนา			
	1.4 เข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวกับสถาบันพระมหากษัตริย์ตามที่โรงเรียนจัดขึ้น			
2. ซื่อสัตย์ สุจริต	2.1 ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง			
	2.2 ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง			
3. มีวินัย รับผิดชอบ	3.1 ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน			
4. ใฝ่เรียนรู้	4.1 รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ และนำไปปฏิบัติได้			
	4.2 รู้จักจัดสรรเวลาให้เหมาะสม			
	4.3 เชื่อฟังคำสั่งสอนของบิดา-มารดา โดยไม่โต้แย้ง			
	4.4 ตั้งใจเรียน			
5. อยู่อย่างพอเพียง	5.1 ใช้ทรัพย์สินและสิ่งของของโรงเรียนอย่างประหยัด			
	5.2 ใช้อุปกรณ์การเรียนอย่างประหยัดและรู้คุณค่า			
	5.3 ใช้จ่ายอย่างประหยัดและมีการเก็บออมเงิน			
6. มุ่งมั่นในการทำงาน	6.1 มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย			
	6.2 มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ			
7. รักความเป็นไทย	7.1 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย			
	7.2 เห็นคุณค่าและปฏิบัติตนตามวัฒนธรรมไทย			
8. มีจิตสาธารณะ	8.1 รู้จักช่วยพ่อแม่ ผู้ปกครอง และครูทำงาน			
	8.2 รู้จักการดูแลรักษาทรัพย์สมบัติและสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและโรงเรียน			

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
51-60	ดีมาก
41-50	ดี
30-40	พอใช้
ต่ำกว่า 30	ปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ พร้อมทั้งระบุได้ว่าสารใดเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ อิเล็กโทรไลต์อ่อน หรือนอนอิเล็กโทรไลต์ได้ (K)
2. ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารละลายได้ (P)
3. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
5. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลายเป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) ซึ่งไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส และ Understanding Check เพื่อวัดความรู้เดิมของนักเรียนก่อนเข้าสู่กิจกรรม
2. ครูถามคำถาม BIG QUESTION จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ดังนี้
   - ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

   จากนั้นให้นักเรียนในห้องร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยครูยังไม่ต้องเฉลย ซึ่งเมื่อเรียนจบในเนื้อหาที่สามารถเฉลยคำถาม ให้ครูถามคำถามข้อนั้นแล้วให้นักเรียนตอบอีกครั้งหนึ่ง
3. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสารที่มีสมบัติเป็นกรด เป็นเบส หรือเป็นกลางที่พบในชีวิตประจำวัน จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติและวิธีการที่ใช้ตรวจสอบว่าสารใดเป็นกรด เป็นเบส หรือเป็นกลาง

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ว่า *"สารละลายกรด-เบส เมื่อละลายน้ำแล้ว สามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : สารละลายกรด-เบส เมื่อละลายน้ำแล้วบางชนิดสามารถนำไฟฟ้าได้ แต่บางชนิดจะไม่นำไฟฟ้า)*
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
4. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถาม ดังนี้
    1) เมื่อใช้การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสเป็นเกณฑ์จะจำแนกสารละลายออกได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
    (แนวตอบ : 3 ประเภท คือ สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง แสดงว่ามีสมบัติเป็นกรด สารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่ามีสมบัติเป็นเบส และสารละลายที่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส แสดงว่ามีสมบัติเป็นกลาง)

2) เมื่อใช้สมบัติการนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์จะจำแนกสารละลายออกได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

(แนวตอบ : 2 ประเภท คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้และสารละลายที่นำไฟฟ้าไม่ได้)

3) สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ สามารถนำไฟฟ้าได้ดีเท่ากันหรือไม่

(แนวตอบ : ไม่เท่ากัน บางชนิดนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนบางชนิดนำไฟฟ้าได้เล็กน้อย)

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

7. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"สารละลายที่มีสมบัติกรดและเบสทุกชนิดสามารถนำไฟฟ้าได้ ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง บางชนิดสามารถนำไฟฟ้าได้ แต่บางชนิดไม่นำไฟฟ้า โดยสารละลายที่นำไฟฟ้าได้แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน บางชนิดนำไฟฟ้าได้ดี บางชนิดนำไฟฟ้าได้น้อย"*

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

8. นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน และสารนอนอิเล็กโทรไลต์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

9. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า *"สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน และสารนอนอิเล็กโทรไลต์ มีลักษณะอย่างไร"*

(แนวตอบ : สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ คือ สารละลายที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้หมดหรือเกือบหมด สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน คือ สารละลายที่แตกตัวเป็นไอออนได้น้อย หรือแตกตัวได้ไม่หมด ส่วนสารนอนอิเล็กโทรไลต์แก่ คือ สารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออน หรือแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก)

10. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

จงเขียนสมการแสดงการแตกตัวเป็นไอออนในน้ำของสารต่อไปนี้ HCN HCl NH_4OH และ NaOH

วิธีทำ $HCN\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H^+\ (aq) + CN^-\ (aq)$

H_2O

$$HCl\ (aq) \longrightarrow H^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$

$$NH_4OH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons HH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

$$\xrightarrow{H_2O}$$

$$NaOH\ (aq) \longrightarrow Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
12. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
13. นักเรียนทำ Topic Question จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลาย เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เพราะมีตัวละลายเป็นสารนอนอิเล็กโทรไลต์ (non-electrolyte) ซึ่งไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ประเมินตามสภาพจริง
7.2 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1) สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

สารละลายกรดและสารละลายเบส

เวลา 1 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกชนิดของไอออนที่ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรดหรือเบสได้ (K)
2. เขียนสมการแสดงการแตกตัวของกรดและเบสในน้ำได้ (P)
3. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารละลายกรดทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ H_3O^+ ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของกรด ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

สารละลายเบสทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ OH^- ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของเบส ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนว่า *"นักเรียนคิดว่าสารละลายกรดและสารละลายเบสแตกตัวให้ไอออนที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร"* ซึ่งครูยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้องกับนักเรียน
2. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"สารละลายกรดและสารละลายเบสมีลักษณะอย่างไร"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : สารละลายกรดเป็นสารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยบางชนิดจะนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนบางชนิดจะนำไฟฟ้าได้น้อย ส่วนสารละลายเบสเป็นสารละลายที่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยบางชนิดจะนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนบางชนิดจะนำไฟฟ้าได้น้อยเช่นเดียวกับสารละลายกรด)*

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้คนหนึ่งศึกษาเกี่ยวกับไอออนในสารละลายกรด ส่วนอีกคนศึกษาเกี่ยวกับไอออนในสารละลายเบส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นนำเรื่องที่ตนเองศึกษามาอธิบายและแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนที่เป็นคู่กัน แล้วร่วมกันอภิปรายจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

2. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง สารละลายกรดและสารละลายเบส ดังนี้

   1) สารละลายกรดทุกชนิดจะมีไอออนชนิดใดที่เหมือนกัน

   (แนวตอบ : ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+))

   2) สารละลายเบสทุกชนิดจะมีไอออนชนิดใดที่เหมือนกัน

   (แนวตอบ : ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-))

   3) จงเขียนสมการแสดงการแตกตัวในน้ำของ HClO และ $Ba(OH)_2$ พร้อมระบุว่าในสารละลายมีไอออนและโมเลกุลใดบ้าง

   (แนวตอบ : HClO เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนได้บางส่วน ดังสมการ

   $$HClO\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + ClO^-\ (aq)$$

   ในสารละลายจึงมี H_3O^+ ClO^- HClO และ H_2O อยู่

   $Ba(OH)_2$ เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนได้หมด ดังสมการ

   $$Ba(OH)_2\ (s) \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}\ (aq) + 2OH^-\ (aq)$$

   ในสารละลายจึงมี Ba^{2+} OH^- และ H_2O อยู่)

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง สารละลายกรดและสารละลายเบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
5. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับสารละลายกรดและสารละลายเบสซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- สารละลายกรดทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ H_3O^+ ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของกรด ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง
- สารละลายเบสทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ OH^- ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของเบส ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) สารละลายกรดและสารละลายเบส	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ทฤษฎีกรด-เบส 1

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีได้ (K)
2. บอกได้ว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้ (K)
3. อธิบายความหมายของคู่กรด-เบส และระบุคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาที่กำหนดให้ได้ (K)
4. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส - ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส กล่าวว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน

ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กล่าวว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

📖 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instruction Model)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"สิ่งใดใช้ระบุความแตกต่างระหว่างสารละลายกรดและสารละลายเบส"* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย

   (แนวตอบ : สารละลายกรดจะมีไฮโดรเนียมไอออนเป็นองค์ประกอบ ส่วนสารละลายเบสจะมีไฮดรอกไซด์ไอออนเป็นองค์ประกอบ)

2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับสารละลายกรดและสารละลายเบส ดังนี้
   - สารละลายกรดทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ H_3O^+ ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของกรด ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

- สารละลายเบสทุกชนิดมีไอออนที่เหมือนกัน คือ OH^- ซึ่งเป็นไอออนที่แสดงสมบัติของเบส ทำให้สารละลายกรดเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
2. ครูยกตัวอย่างกรดหรือเบสบางชนิดที่ไม่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสได้ เช่น NH_3 เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้ทฤษฎีนี้ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายสมบัติของกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
3. จากนั้นนักเรียนแต่ละคู่ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี ดังนี้
   1) จงอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส
      (แนวตอบ : กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน
      เบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน)
   2) ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสไม่สามารถใช้อธิบายความเป็นกรด-เบสของสารชนิดใด
      (แนวตอบ : สารที่ไม่ละลายในน้ำ หรือละลายในตัวทำละลายอื่นไม่ได้)
   3) จงอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของและเบรินสเตด-ลาวรี
      (แนวตอบ : กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอนแก่สารอื่น
      เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอนจากสารอื่น)
5. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและเบรินสเตด-ลาวรี ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส กล่าวว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน
- ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กล่าวว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น
- ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีใช้อธิบายสมบัติของกรด-เบสได้กว้างกว่าทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เนื่องจากพิจารณาความเป็นกรด-เบสของสารจากการถ่ายโอนโปรตอน รวมทั้งไม่จำเป็นต้องอยู่ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
7. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.3.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส**

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส กล่าวว่า กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่วนเบส คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน
- ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กล่าวว่า กรด คือ สารที่ให้โปรตอนแก่สารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่รับโปรตอนจากสารอื่น

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.3.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) ทฤษฎีกรด-เบส	- ตรวจใบงานที่ 4.31 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.3.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) ใบงานที่ 4.3.1 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 4.3.1

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส

1. พิจารณาสมการที่กำหนดให้ แล้วระบุว่าสารตั้งต้นเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี พร้อมให้เหตุผลประกอบ

   1) $CH_3COOH\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H_2O\ (l)$

   .....

   .....

   2) $H_2PO_4^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq) \rightleftharpoons H_3PO_4\ (aq) + H_2O\ (l)$

   .....

   .....

2. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ จงระบุว่าสารตั้งต้นชนิดใดเป็นกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส พร้อมให้เหตุผลประกอบ

   1) $Fe^{3+}\ (aq) + 6H_2O\ (l) \rightleftharpoons Fe(H_2O)_6^{3+}\ (aq)$

   .....

   2) $Ag^+\ (aq) + 2NH_3\ (aq) \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^{2+}\ (aq)$

   .....

3. จากสมการที่กำหนดให้ต่อไปนี้

   $H_2PO_4^-\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightleftharpoons H_2O\ (l) + HPO_4^{2-}\ (aq)$

   $H_2PO_4^-\ (aq) + H_2SO_4\ (aq) \rightleftharpoons H_3PO_4\ (aq) + HSO_4^-\ (aq)$

   $H_2PO_4^-$ จัดเป็นสารแอมฟิโพรติกหรือไม่ เพราะเหตุใด

   .....

   .....

4. เติมคำตอบเกี่ยวกับคู่กรด-เบสลงในตารางให้สมบูรณ์

คู่กรด	**สูตรของคู่กรด**	**คู่เบส**	**สูตรของคู่เบส**
.....	CH_3COOH	แอซีเตตไอออน	.....
.....	HSO_4^-	.....	SO_4^{2-}
กรดไฮโดรไซยานิก	.....	.....	CN^-
.....	$H_2PO_4^-$	.....	HPO_4^{2-}
.....	HS^-	.....	S^{2-}

5. ถ้าเรียงลำดับความแรงของคู่กรดตามข้อ 4. ได้ ดังนี้ HSO_4^- > CH_3COOH > $H_2PO_4^-$ > HCN > HS^- คู่เบสของคู่กรดที่กำหนดให้จะเรียงลำดับความแรงของคู่เบสจากมากไปน้อยอย่างไร

.....

ใบงานที่ 4.3.1

เฉลย

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส

1. พิจารณาสมการที่กำหนดให้ แล้วระบุว่าสารตั้งต้นเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี พร้อมให้เหตุผลประกอบ

   1) $CH_3COOH\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)$

   CH_3COOH เป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เพราะให้ H^+ แก่ OH^- ส่วน OH^- เป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เพราะรับ H^+ จาก CH_3COOH

   2) $H_2PO_4^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \rightleftharpoons H_3PO_4\,(aq) + H_2O\,(l)$

   H_3O^+ เป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เพราะให้ H^+ แก่ $H_2PO_4^-$ ส่วน $H_2PO_4^-$ เป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เพราะรับ H^+ จาก H_3O^+

2. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ จงระบุว่าสารตั้งต้นชนิดใดเป็นกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวอิส พร้อมให้เหตุผลประกอบ

   1) $Fe^{3+}\,(aq) + 6H_2O\,(l) \rightleftharpoons Fe(H_2O)_6^{3+}\,(aq)$

   Fe^{3+} เป็นกรด เพราะรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ส่วน H_2O เป็นเบส เพราะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

   2) $Ag^+\,(aq) + 2NH_3\,(aq) \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^{2+}\,(aq)$

   Ag^+ เป็นกรด เพราะรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ส่วน NH_3 เป็นเบส เพราะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

3. จากสมการที่กำหนดให้ต่อไปนี้

   $H_2PO_4^-\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons H_2O\,(l) + HPO_4^{2-}\,(aq)$

   $H_2PO_4^-\,(aq) + H_2SO_4\,(aq) \rightleftharpoons H_3PO_4\,(aq) + HSO_4^-\,(aq)$

   $H_2PO_4^-$ จัดเป็นสารแอมฟิโพรติกหรือไม่ เพราะเหตุใด

   จากสมการ แสดงว่า $H_2PO_4^-$ สามารถทั้งให้และรับโปรตอนได้ กล่าวคือ $H_2PO_4^-$ ทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส ดังนั้น จึงจัดเป็นสารแอมฟิโพรติก

4. เติมคำตอบเกี่ยวกับคู่กรด-เบสลงในตารางให้สมบูรณ์

คู่กรด	สูตรของคู่กรด	คู่เบส	สูตรของคู่เบส
กรดแอซีติก	CH_3COOH	แอซีเตตไอออน	CH_3COO^-
ไฮโดรเจนซัลเฟตไอออน	HSO_4^-	ซัลเฟตไอออน	SO_4^{2-}
กรดไฮโดรไซยานิก	HCN	ไซยาไนด์ไอออน	CN^-
ไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน	$H_2PO_4^-$	ไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน	HPO_4^{2-}
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ไอออน	HS^-	ซัลไฟด์ไอออน	S^{2-}

5. ถ้าเรียงลำดับความแรงของคู่กรดตามข้อ 4. ได้ ดังนี้ $HSO_4^- > CH_3COOH > H_2PO_4^- > HCN > HS^-$ คู่เบสของคู่กรดที่กำหนดให้จะเรียงลำดับความแรงของคู่เบสจากมากไปน้อยอย่างไร

   $S^{2-} > CN^- > HPO_4^{2-} > CH_3COO^- > SO_4^{2-}$

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ทฤษฎีกรด-เบส 2

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของกรดและเบสตามทฤษฎีลิวอิสได้ (K)
2. อธิบายความหมายของคู่กรด-เบส และระบุคู่กรด-เบสในปฏิกิริยาที่กำหนดให้ได้ (K)
3. ทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตได้ (P)
4. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
5. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
6. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี หรือลิวอิส - ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี เมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารบางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น น้ำ เรียกสารประเภทนี้ว่า แอมโฟเทอริก หรือ แอมฟิโพรติก

ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส กล่าวว่า กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

📖 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Instruction Model)

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถามทบทวนบทเรียน ดังนี้

• ให้นักเรียนบอกนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส

(แนวตอบ กรด คือ สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H+) และเบส คือสารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH-))

• ให้นักเรียนบอกนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี

(แนวตอบ กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอน(H+) แก่สารอื่น และเบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอน (H+) จากสารอื่น)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต**
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
   - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
   - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
   1) จงเขียนสมการการแตกตัวของ $NaHCO_3$ ในน้ำ
      (แนวตอบ : $H_2O\,(l) + NaHCO_3\,(s) \rightarrow Na^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$*)*
   2) เมื่อ HCO_3^- ทำปฏิกิริยากับ HCl จะทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบส จงอธิบาย พร้อมเขียนสมการประกอบ
      (แนวตอบ : HCO_3^- *ทำหน้าที่เป็นเบส เพราะจะได้รับโปรตอนจากกรด HCl เกิดเป็น* H_2CO_3 *ซึ่งจะสลายตัวให้แก๊ส* CO_2 *ดังสมการ*

      $HCO_3^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \rightleftharpoons H_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$

      $H_2CO_3\,(aq) \rightleftharpoons H_2O\,(l) + CO_2\,(g)\,)$

3) เมื่อ HCO_3^- ทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ จะทำหน้าที่เป็นกรดหรือเบส จงอธิบาย พร้อมเขียนสมการประกอบ

(แนวตอบ : HCO_3^- ทำหน้าที่เป็นกรด เพราะจะให้โปรตอนแก่ $Ca(OH)_2$ เกิดเป็นตะกอนขาวของ $CaCO_3$ ดังสมการ

$$HCO_3^-(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons CaCO_3(s))$$

6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"HCO_3^- สามารถให้และรับโปรตอนได้ จึงเป็นได้ทั้งกรดและเบส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย"*

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมการการแตกตัวในน้ำ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องคู่กรด-เบสของสาร โดยพิจารณาจากการถ่ายโอนโปรตอนของสาร
8. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง คู่กรด-เบสของสาร เช่น
    1) สารที่ทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบสเรียกว่าอย่างไร

    (แนวตอบ : สารแอมโฟเทอริก หรือสารแอมฟิโพรติก)

    2) จงระบุคู่เบสของ H_3O^+ H_2SO_4 OH^- และ HCl ตามลำดับ

    (แนวตอบ : H_2O HSO_4^- O^{2-} และ Cl^- ตามลำดับ)

    3) จงระบุคู่กรดของ HS^- HCO_3^- NH_3 และ CN^- ตามลำดับ

    (แนวตอบ : H_2S H_2CO_3 NH_4^+ และ HCN ตามลำดับ)

    4) ถ้าเรียงลำดับความแรงของคู่เบสได้ ดังนี้ $NO_3^- < F^- < NH_3 < CN^- < OH^-$ คู่กรดของคู่เบสที่กำหนดให้จะเรียงลำดับความแรงของคู่เบสจากน้อยไปมากได้อย่างไร

    (แนวตอบ : $H_2O < HCN < NH_4^+ < HF < HNO_3$)

    5) ในหมู่และในคาบเดียวกัน ความแรงของกรดไฮโดรจะเพิ่มขึ้นตามค่าใด

    (แนวตอบ : ในหมู่เดียวกัน ความแรงของกรดไฮโดรจะเพิ่มขึ้นตามเลขอะตอมของอโลหะในคาบเดียวกัน ความแรงของกรดไฮโดรจะเพิ่มขึ้นตามค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของอโลหะ)

    6) กรดออกซีที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน ความแรงของกรดจะเพิ่มขึ้นตามค่าใด

    (แนวตอบ : กรดออกซีที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน ความแรงของกรดจะเพิ่มขึ้นตามเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น)

9. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคู่กรด-เบสของสาร ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - สารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีจำนวนโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน
    - สารบางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น น้ำ เรียกสารประเภทนี้ว่า แอมโฟเทอริก หรือแอมฟิโพรติก

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

10. ครูยกตัวอย่างกรดหรือเบสบางชนิดที่ไม่สามารถอธิบายความเป็นกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี ได้ เช่น BF_3 เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้สองทฤษฎีนี้ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การอธิบายสมบัติของกรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส
11. นักเรียนแต่ละคนศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

12. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส เช่น
    1) จงอธิบายนิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส
    (แนวตอบ : กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น)
    2) เพราะเหตุใดทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสจึงใช้อธิบายความเป็นกรด-เบสได้ดีกว่าทฤษฎีอื่น
    (แนวตอบ : เนื่องจากสารทุกชนิดมีอิเล็กตรอน จึงสามารถระบุได้ว่า เมื่อสารทำปฏิกิริยากัน สารใดให้และสารใดรับอิเล็กตรอน)
13. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคู่ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส กล่าวว่า กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น”*
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

14. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป

15. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
16. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- สารบางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งกรดและเบส เช่น น้ำ เรียกสารประเภทนี้ว่า แอมโฟเทอริก หรือแอมฟิโพรติก
- ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส กล่าวว่า กรด คือ สารที่รับคู่อิเล็กตรอนจากสารอื่น ส่วนเบส คือ สารที่ให้คู่อิเล็กตรอนแก่สารอื่น

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) ทฤษฎีกรด-เบส	- ตรวจใบงานที่ 4.31 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.3.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอน	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ของโซเดียม ไฮโดรเจน คาร์บอเนต			
3) พฤติกรรม การทำงาน รายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการ ทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาการให้และรับโปรตอนของโซเดียมไฮโดรเจน คาร์บอเนต
4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

การแตกตัวของกรดและเบส

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการแตกตัวของกรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อน พร้อมทั้งเขียนสมการการแตกตัวเป็นไอออนได้ (K)
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนของกรดและเบส โดยพิจารณาจากค่าคงที่การแตกตัวของกรดและเบสได้ (K)
3. อธิบายความหมายของกรดมอนอโปรติก กรดไดโปรติก และกรดพอลิโปรติก พร้อมทั้งเขียนสมการการแตกตัวเป็นไอออนได้ (K)
4. คำนวณหาร้อยละของการแตกตัวของกรดอ่อนและเบสอ่อนได้ (K)
5. คำนวณหาค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออนของกรดและเบสได้ (K)
6. ตรวจสอบหาความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่ได้ (P)
7. ตรวจสอบความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย เมื่อทราบค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบสได้ (P)
8. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

กรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ดีมาก หรือแตกตัวได้หมด

กรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

เบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดเบสเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *“อิเล็กโทไลต์แก่และอิเล็กโทรไลต์อ่อนแตกต่างกันอย่างไร”* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : อิเล็กโทไลต์แก่ คือ สารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้หมดหรือเกือบหมด ส่วนอิเล็กโทรไลต์อ่อน คือ สารที่แตกตัวเป็นไอออนได้น้อย หรือแตกตัวได้ไม่หมด)*

2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับการสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จากนั้นครูถามคำถามเพื่อเชื่อมโยงว่า *"กรดแก่ เบสแก่ กรดอ่อน และเบสอ่อนมีความสามารถในการแตกตัวได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร"* ซึ่งครูยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ และร่วมกันฝึกคำนวณการหาปริมาณหรือความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่ ตัวอย่างที่ 4.2-4.4 จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน *(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)***)**
2. ครูสุ่มนักเรียน 3 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียนให้ถูกต้อง โดยครูคอยเสริมความรู้ในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ
3. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับการแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

    1) HA เป็นกรดแก่ สารละลายปริมาตร 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีกรด HA ละลายอยู่ 0.5 โมล จะมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนอยู่เท่าใด

    วิธีทำ สารละลาย 2 dm^3 มีกรด HA ละลายอยู่ 0.5 mol

    $$\text{ความเข้มข้นของสารละลาย HA} = \frac{0.5 \text{ mol}}{2 \text{ dm}^3} = 0.25 \text{ mol/dm}^3$$

    HA เป็นกรดแก่ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนได้หมด ดังสมการ

    $$HA\,(aq) + H_2O\,(aq) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + A^-\,(aq)$$

    $$0.25 \qquad 0.25 \quad \text{mol/dm}^3$$

    แสดงว่า ในสารละลายมี $[H_3O^+] = 0.25 \text{ mol/dm}^3$

2) $X(OH)_2$ เป็นเบสแก่ สารละลายของเบสนี้เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออนกี่โมล

วิธีทำ จำนวนโมลของ $X(OH)_2$ ในสารละลาย 400 cm^3

$$= \frac{0.2 \text{ mol/dm}^3 \times 400 \text{ cm}^3}{1000} = 0.08 \text{ mol}$$

$X(OH)_2$ เป็นเบสแก่ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนได้หมด ดังสมการ

$$X(OH)_2 \ (s) \xrightarrow{H_2O} X^{2+} \ (aq) + 2OH^- \ (aq)$$

จากสมการ $X(OH)_2$ 1 mol จะแตกตัวให้ OH^- 2 mol

$X(OH)_2$ 0.08 mol จะแตกตัวให้ OH^- $\frac{0.08 \times 2}{1}$ mol

$= 0.16$ mol

4. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“กรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ดีมาก หรือแตกตัวได้หมด”*

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

5. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดอ่อน ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน (K_a) ของกรดมอนอโปรติก กรดไดโปรติก และกรดพอลิโปรติก จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
6. จากนั้นแต่ละคู่ร่วมกันฝึกคำนวณการหาการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดอ่อน จากตัวอย่างที่ 4.5-4.7 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

7. ครูสุ่มนักเรียน 3 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียนให้ถูกต้อง โดยครูคอยเสริมความรู้ในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ

8. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การแตกตัวของกรดอ่อน เช่น

1) สารละลายกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) มีค่าคงที่การแตกตัวของกรด 2 ค่า คือ $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$ และ $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ จงเปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนต่าง ๆ ในสารละลาย

(แนวตอบ : กรด H_2CO_3 แตกตัวได้ 2 ขั้น ดังสมการ

ขั้นที่ 1 : $H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$, $K_{a_1} = 4.3 \times 10^{-7}$

ขั้นที่ 2 : $HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$, $K_{a_2} = 5.6 \times 10^{-11}$

จากค่า K_{a_1} และ K_{a_2} บอกให้ทราบว่า ขั้นที่ 1 แตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่าขั้นที่ 2 ซึ่งการแตกตัวทั้ง 2 ขั้นจะทำให้เกิด H_3O^+ ดังนั้น จะเปรียบเทียบความเข้มข้นของไอออนในสารละลายได้ ดังนี้ $[H_3O^+] > [HCO_3^-] > [CO_3^{2-}]$)

2) สารละลายกรด HNO_2 และ HClO มีค่า K_a เป็น 4.5×10^{-4} และ 3.0×10^{-8} ตามลำดับ ถ้าสารละลายทั้งสองเข้มข้น 1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร เท่ากัน สารละลายของกรดใดจะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ มากกว่ากัน จงอธิบาย

(แนวตอบ : สารละลายทั้งสองมีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 เท่ากัน ความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายกรด HNO_2 จะมีค่ามากกว่าในสารละลายกรด HClO เนื่องจากค่า K_a ของ HNO_2 สูงกว่า K_a ของ HClO)

9. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ การแตกตัวของกรดอ่อน โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

สารละลายกรดแอซีติกเข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีไฮโดรเนียมไอออนเข้มข้นกี่โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร (สารละลายกรดแอซีติกมีค่า $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)

วิธีทำ $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.5	-	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	$0.5 - x \approx 0.5$	x	x	mol/dm^3

$$K_a = \frac{[H_3O][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.5}$$

$$x^2 = 0.5 \times 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = 3 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$$

ดังนั้น ในสารละลายจะมี $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-3}$ โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร

10. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดอ่อน ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้
    - กรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว
    - ความสามารถในการแตกตัวของกรดอ่อนอาจบอกเป็นร้อยละ หรือบอกเป็นค่าคงที่การแตกตัวของกรด (K_a)
    - กรดมอนอโปรติกแตกตัวได้ขั้นเดียว จึงมีค่า K_a เพียงค่าเดียว กรดไดโปรติกแตกตัวได้สองขั้น จึงมีค่า K_a ได้ 2 ค่า ส่วนกรดพอลิโปรติกแตกตัวได้หลายขั้น จึงมีค่า K_a หลายค่าเท่ากับจำนวนขั้นที่แตกตัวได้
    - ค่า K_a ขั้นแรกจะมีค่าสูงกว่าค่า K_a ในขั้นต่อไป ตามลำดับ
    - ในการเปรียบเทียบปริมาณการแตกตัวเป็นไอออนของกรด ถ้า K_{a1} สูงกว่า K_{a2} มากประมาณ 10^3 เท่า สามารถใช้ค่า K_{a1} เพียงค่าเดียวได้
    - กรดที่มีค่า K_a สูงจะมีความแรงของกรดมากกว่ากรดที่มีค่า K_a ต่ำ

    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

11. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับการแตกตัวของเบสอ่อน จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
12. จากนั้นแต่ละคู่ร่วมกันฝึกคำนวณการหาการแตกตัวเป็นร้อยละของเบสอ่อนและความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย จากตัวอย่างที่ 4.8-4.13 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

13. ครูสุ่มนักเรียน 6 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียนให้ถูกต้อง โดยครูคอยเสริมความรู้ในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ

14. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การแตกตัวของเบสอ่อน เช่น
    1) สารละลายเบส NH_3 และ N_2H_4 มีค่า K_b เป็น 1.8×10^{-5} และ 1.7×10^{-6} ตามลำดับ ถ้าสารละลายทั้งสองเข้มข้น 2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร เท่ากัน สารละลายของเบสใดจะมีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่ากัน จงอธิบาย
    (แนวตอบ : สารละลายทั้งสองมีความเข้มข้น 2 mol/dm^3 เท่ากัน ความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเบส NH_3 จะมีค่ามากกว่าในสารละลายเบส N_2H_4 เนื่องจากค่า K_b ของ NH_3 สูงกว่า K_b ของ N_2H_4)
15. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ การแตกตัวของเบสอ่อน โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้
    เบสอ่อนเมทิลเอมีน (CH_3NH_2) จำนวน 6.2 กรัม ในสารละลาย 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้นกี่โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร
    (กำหนดให้ ค่า K_b ของ$CH_3NH_2 = 3.7 \times 10^{-4}$)

    วิธีทำ CH_3NH_2 หนัก 31 g คิดเป็น 1 *mol*

    หนัก 6.2 g คิดเป็น $\frac{6.2}{31} = 0.2$ *mol*

    สารละลาย CH_3NH_2 250 *cm*^{3} มี CH_3NH_2 อยู่ 0.2 *mol*

    สารละลาย CH_3NH_2 1000 cm^3 มี CH_3NH_2 อยู่ $\frac{0.2 \times 1000}{250} = 0.8$ *mol*

    $$CH_3NH_2\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3NH_3^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.8	-	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	0.8 – x	x	x	mol/dm^3

    อัตราส่วน $\frac{C}{K_b} > 10^3$ ดังนั้น 0.8 – *x* มีค่าประมาณ 0.8

    $$K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][HO^-]}{[CH_3NH_2]}$$

    $$3.7 \times 10^{-4} = \frac{(x)(x)}{0.8}$$

    $$x^2 = 2.96 \times 10^{-4}$$

    $$x = 0.0172 \text{ mol/dm}^3$$

    ดังนั้น สารละลายมีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้น 0.017 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร
16. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับแตกตัวของเบสอ่อนซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - เบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดเบสเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

- ความสามารถในการแตกตัวของเบสอ่อนอาจบอกเป็นร้อยละ หรือบอกเป็นค่าคงที่การแตกตัวของเบส (K_b)
- เบสที่มีค่า K_b สูงจะมีความแรงของเบสมากกว่ากรดที่มีค่า K_b ต่ำ

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

17. ครูถามคำถาม ดังนี้
    - สารละลายกรดและเบสแต่ละชนิดจะสามารถแตกตัวได้เท่ากันหรือไม่ อย่างไร
      (แนวตอบ : ไม่เท่ากัน โดยสารละลายกรดแก่และเบสแก่จะสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้มาก หรือแตกตัวได้เกือบสมบูรณ์ สารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อนจะสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้บางส่วน)
    - เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น หรือความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น การแตกตัวของสารละลายกรดและเบสจะเป็นอย่างไร
      (แนวตอบ : เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแตกตัวของสารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อนจะสูงขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น การแตกตัวของสารละลายกรดอ่อนและเบสอ่อนจะลดลง)
18. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
19. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.5.1 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส**
20. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
21. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดและเบสซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- กรดแก่และเบสแก่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้ดีมาก หรือแตกตัวได้หมด

- กรดอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดอ่อนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของกรดอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว
- เบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย การแตกตัวของกรดเบสเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ในสารละลายจึงมีทั้งโมเลกุลของเบสอ่อนและไอออนที่เกิดจากการแตกตัว

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.5.1 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) การแตกตัวของกรดและเบส	- ตรวจใบงานที่ 4.5.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.5.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) ใบงานที่ 4.5.1 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

ใบงานที่ 4.5.1

เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดและเบส

1. สารละลายกรดไฮโดรโบรมิกเข้มข้น 0.75 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีไฮโดรเนียมไอออนอยู่กี่โมล

2. สารละลายเบสอ่อนชนิดหนึ่งมีความเข้มข้นเริ่มต้น 2.5×10^{-5} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร มีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้น 10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จงคำนวณร้อยละการแตกตัว และค่า K_b ของเบสอ่อนชนิดนี้

3. กรดไดโปรติก (H_2X) มีค่า $K_{a1} = 5.9 \times 10^{-2}$ และ $K_{a2} = 6.4 \times 10^{-5}$ จงคำนวณหา $[H_2X]$ $[HX^-]$ $[X^{2-}]$ และ $[H^+]$ ในสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร

ใบงานที่ 4.5.1

เฉลย

เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส

1. สารละลายกรดไฮโดรโบรมิกเข้มข้น 0.75 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีไฮโดรเนียมไอออนอยู่กี่โมล

สารละลายปริมาตร 1,000 cm^3 มี HBr อยู่ 0.75 mol

สารละลายปริมาตร 500 cm^3 มี HBr อยู่ $\frac{500 \times 0.75}{1000}$ mol

$= 0.375$ mol

$$HBr\ (aq) \rightarrow H^+\ (aq) + Br^-\ (aq)$$

กรดไฮโดรโบรมิกเป็นกรดแก่ สามารถแตกตัวได้หมด ดังนั้น สารละลายจะมีไฮโดรเนียมไอออนอยู่ 0.375 โมล

2. สารละลายเบสอ่อนชนิดหนึ่งมีความเข้มข้นเริ่มต้น 2.5×10^{-5} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร มีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้น 10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จงคำนวณร้อยละการแตกตัว และค่า K_b ของเบสอ่อนชนิดนี้

เบสอ่อนเข้มข้น 2.5×10^{-5} mol/dm^3 แตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน 10^{-7} mol/dm^3

เบสอ่อนเข้มข้น 100 mol/dm^3 แตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน $\frac{10^{-7} \times 100}{2.5 \times 10^{-5}}$ mol/dm^3

$= 0.4$ mol/dm^3

ดังนั้น เบสอ่อนชนิดนี้แตกตัวได้ร้อยละ 0.4

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของเบสอ่อน} = \sqrt{\frac{K_b}{C_b}} \times 100$$

$$0.4 = \sqrt{\frac{K_b}{2.5 \times 10^{-5}}} \times 100$$

$$0.16 = \frac{K_b}{2.5 \times 10^{-5}} \times 100$$

$$K_b = \frac{0.16 \times 2.5 \times 10^{-5}}{100}$$

$$= 4 \times 10^{-8}$$

ดังนั้น เบสอ่อนชนิดนี้มีค่า K_b เท่ากับ 4×10^{-8}

3. กรดไดโปรติก (H_2X) มีค่า $K_{a1} = 5.9 \times 10^{-2}$ และ $K_{a2} = 6.4 \times 10^{-5}$ จงคำนวณหา $[H_2X]$ $[HX^-]$ $[X^{2-}]$ และ $[H^+]$ ในสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร

สมมติให้ H_2X แตกตัวได้ x mol/dm^3

	$H_2X\ (aq) \rightleftharpoons$	$H^+\ (aq)$	+ $HX^-\ (aq)$	
ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.25	-	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	0.25 – x	x	x	mol/dm^3

$$K_{a_1} = \frac{[H^+][HX^-]}{[H_2A]}$$

$$5.9 \times 10^{-2} = \frac{(x)(x)}{(0.25-x)}$$

$$x^2 = 0.01475 - 5.9 \times 10^{-2}\,x$$

$$x = \frac{-5.9 \times 10^{-2} \pm \sqrt{(5.9 \times 10^{-2})^2 - 4(1)(-0.01475)}}{2}$$

$$x = 0.0295$$

ดังนั้น ในขั้นที่ 1 มี $[H^+]$ และ $[HX^-] = 2.95 \times 10^{-2}$ mol/dm^3

สมมติให้ HX^- แตกตัวในขั้นที่ 2 ได้ y mol/dm^3

	$HX^-\ (aq) \rightleftharpoons$	$H^+\ (aq)$	+ $X^{2-}\ (aq)$	
ความเข้มข้นเริ่มต้น	2.95×10^{-2}	2.95×10^{-2}	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	$2.95 \times 10^{-2} - y$	$2.95 \times 10^{-2} + y$	y	mol/dm^3

เนื่องจาก HX- แตกตัวได้น้อยมาก (K_{a_2} มีค่าน้อยมาก) ดังนั้น y จึงมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ 2.95×10^{-2}

ดังนั้น $2.95 \times 10^{-2} - y$ และ $2.95 \times 10^{-2} + y$ จึงมีค่าประมาณ 2.95×10^{-2} mol/dm^3

$$K_{a_2} = \frac{[H^+][X^{2-}]}{[HA^-]}$$

$$6.4 \times 10^{-5} = \frac{(2.95 \times 10^{-2})(y)}{(2.95 \times 10^{-2})}$$

$$y = 6.4 \times 10^{-5}$$

ดังนั้น ในขั้นที่ 2 มี $[X^{2-}] = K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3

ดังนั้น ที่ภาวะสมดุล มี $[H^+] = [HX^-] = 2.95 \times 10^{-2}$ mol/dm^3

$[X^{2-}] = 6.4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3

$[H_2X] = 0.25 - (2.95 \times 10^{-2})$

$= 0.22$ mol/dm^3

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6
การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสมบัติการนำไฟฟ้าของน้ำได้ (K)
2. บอกความสัมพันธ์ของค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนกับไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำบริสุทธิ์ที่ 25 องศาเซลเซียสได้ (K)
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างประมาณการแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์กับอุณหภูมิได้ (K)
4. อธิบายผลการรบกวนสมดุลของน้ำ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงในน้ำได้ (K)
5. ตรวจสอบความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ (P)
6. ทดลองเพื่อศึกษาการนำไฟฟ้าของน้ำได้ (P)
7. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
8. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
9. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14} - เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลาย	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
เบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14}

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนว่า *“น้ำสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะเหตุใด”* ซึ่งครูยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้องกับนักเรียน

2. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"ที่อุณหภูมิปกติ น้ำสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่"* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย
(แนวตอบ : ที่อุณหภูมิปกติ น้ำสามารถนำไฟฟ้าได้เล็กน้อย)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลองหลัง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
    1) เมื่อตรวจการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง และน้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าจะได้ผลอย่างไร
    (แนวตอบ : หลอดไฟของเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าไม่สว่าง)

2) เมื่อตรวจการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง และน้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ด้วยแอมมิเตอร์จะได้ผลอย่างไร

(แนวตอบ : น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องทำให้เข็มของแอมมิเตอร์จะเบนไปเล็กน้อย ส่วนกลั่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ทำให้เข็มแอมมิเตอร์เบนไปมากกว่าน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง)

6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก เนื่องจากน้ำบริสุทธิ์แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก แต่เมื่อน้ำบริสุทธิ์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถนำไฟฟ้าได้มากขึ้น เนื่องจากสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้มากขึ้น"*

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้แต่ละคู่ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำจากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
8. จากนั้นนักเรียนแต่ละคู่ร่วมกันฝึกคำนวณหาความเข้มข้นของ H_3O^+ หรือ OH^- เมื่อภาวะสมดุลเปลี่ยนแปลงไป จากตัวอย่างที่ 4.14 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

9. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการรบกวนสมดุลของน้ำเมื่อเติมกรดซึ่งมี H_3O^+ หรือเติมเบสซึ่งมี OH^- ลงไป การปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของน้ำ
10. ครูอธิบายเกี่ยวกับสมดุลการแตกตัวของน้ำ และการหาค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ (Kw) โดยเน้นว่า *"ณ ภาวะสมดุล ที่ 25 องศาเซลเซียส ค่า K_w จะเท่ากับ 1.0×10^{-14} โดยความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ในน้ำจะมีค่าเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร"*
11. ครูสุ่มนักเรียน 1 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างหน้าชั้นเรียนให้ถูกต้อง โดยครูคอยเสริมความรู้ในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ
12. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ ดังนี้

1) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำมีค่าเท่าใด

(แนวตอบ : 1.0×10^{-14})

2) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าคงที่การแตกตัวของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

(แนวตอบ : เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำจะมีค่าสูงขึ้น)

3) เมื่อเติมเบสลงในน้ำ ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

(แนวตอบ : ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำจะมีค่าเท่าเดิม ความเข้มข้นของ H_3O^+ จะมีค่าน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ส่วนความเข้มข้นของ OH^- จะมีค่ามากกว่า 1.0×10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร)

4) เมื่อเติมกรดลงในน้ำ ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

(แนวตอบ : ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำจะมีค่าเท่าเดิม ความเข้มข้นของ H_3O^+ จะมีค่ามากกว่า 1.0×10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ส่วนความเข้มข้นของ OH^- จะมีค่าน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร)

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
14. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
15. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบสซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก เนื่องจากน้ำบริสุทธิ์แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก แต่เมื่อน้ำบริสุทธิ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะสามารถนำไฟฟ้าได้มากขึ้น เนื่องจากสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้มากขึ้น
- น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14}

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
4. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

pH ของสารละลาย

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนได้ (K)
2. บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมื่อทราบ pH ได้ (K)
3. ตรวจสอบค่า pH ของสารละลาย เมื่อทราบความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออนได้ (P)
4. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14} - เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย โดยกำหนดให้ pH = -log $[H_3O^+]$

สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมี pH < 7 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมี pH = 7 ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเป็นจะมี pH > 7

ผลคูณของ $[H_3O^+]$ กับ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ซึ่งเป็นค่าคงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมี $[OH^-]$ น้อย ส่วนสารละลายที่มี $H_3O^+]$ น้อย จะมี $[OH^-]$ มาก

สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมีความเป็นกรดมาก ค่า pH จะต่ำ ส่วนสารละลายที่มี $[H_3O^+]$ น้อย จะมีความเป็นกรดน้อย ค่า pH จะสูง

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"เกณฑ์ใดใช้ในการเปรียบเทียบความเป็นกรด-เบสของสารละลาย"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส โดยกรดจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง ส่วนเบสจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน)*

2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำ เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การคำนวณค่า pH ของน้ำและสารละลายกรด-เบส

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษา เรื่อง pH ของสารละลาย จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นให้ร่วมกันอภิปรายเรื่องที่ได้ศึกษาไป จนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันฝึกคำนวณหาค่า pH ของสารละลาย จากตัวอย่างที่ 4.15-4.19 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส *(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)*

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูสุ่มนักเรียน 5 กลุ่ม ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียนให้ถูกต้อง โดยครูคอยเสริมความรู้ในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ
4. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ pH ของสารละลาย โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

    1) สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 2 = 0.3010)

    วิธีทำ NaOH เป็นเบสแก่ จึงแตกตัวได้หมด ดังนั้น สารละลาย NaOH 0.5 mol/dm^3 จะแตกตัวให้ $[OH^-]$ 0.5 mol/dm^3

$$[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] \times 0.5 = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.5}$$

$$= 2 \times 10^{-14}$$

สารละลาย NaOH มี $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-14}$

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$= -\log(2 \times 10^{-14})$$

$$= 14 - \log 2$$

$$= 14 - 0.3010$$

$= 13.699$

ดังนั้น สารละลาย NaOH จะมีค่า pH เท่ากับ 13.699

2) สารละลาย KOH มี pH เท่ากับ 8 จะมีความเข้มข้นเท่าใด

วิธีทำ สารละลาย KOH มี pH เท่ากับ 8 จะมี $[H_3O^+] = 10^{-8}$ mol/dm^3

$$[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$10^{-8} \times [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{10^{-8}}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

ดังนั้น สารละลาย KOH มีความเข้มข้น 2×10^{-6} mol/dm^3

5. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับ pH ของสารละลาย ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
   - pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย โดยกำหนดให้ pH = -log $[H_3O^+]$
   - สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมี pH < 7 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมี pH = 7 ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเป็นจะมี pH > 7
   - ผลคูณของ $[H_3O^+]$ กับ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ซึ่งเป็นค่าคงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมี $[OH^-]$ น้อย ส่วนสารละลายที่มี $H_3O^+]$ น้อย จะมี $[OH^-]$ มาก
   - สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมีความเป็นกรดมาก ค่า pH จะต่ำ ส่วนสารละลายที่มี $[H_3O^+]$ น้อย จะมีความเป็นกรดน้อย ค่า pH จะสูง
   - pH ของสารละลายอาจมีค่าต่ำกว่า 0 หรือสูงกว่า 14 ก็ได้

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง pH ของสารละลาย ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
7. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.7.1 เรื่อง pH ของสารละลาย**
8. นักเรียนทำแบบฝึกหัดใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
9. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความที่ได้ ดังนี้ pH เป็นค่าที่ใช้บอกความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย โดยกำหนดให้ pH = -log $[H_3O^+]$ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมี pH < 7 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมี pH = 7 ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเป็นจะมี pH > 7 ผลคูณของ $[H_3O^+]$ กับ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ซึ่งเป็นค่าคงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมี $[OH^-]$ น้อย ส่วนสารละลายที่มี $H_3O^+]$ น้อย จะมี $[OH^-]$ มาก สารละลายที่มี $[H_3O^+]$ มาก จะมีความเป็นกรดมาก ค่า pH จะต่ำ ส่วนสารละลายที่มี $[H_3O^+]$ น้อย จะมีความเป็นกรดน้อย ค่า pH จะสูง

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.7.1 เรื่อง pH ของสารละลาย
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) pH ของสารละลาย	- ตรวจใบงานที่ 4.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.7.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) ใบงานที่ 4.7.1 เรื่อง pH ของสารละลาย

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

ใบงานที่ 4.7.1

เรื่อง pH ของสารละลาย

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับ pH ของสารละลาย

1. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 10^{-5} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมี pH เท่าใด

2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มี pH เท่ากับ 9 สารละลายนี้จะมีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้นเท่าใด

3. สารละลายเบสอ่อนเข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร แตกตัวเป็นไอออนได้ร้อยละ 5 จะมี pH เท่ากับเท่าใด (กำหนดให้ log 5 = 0.699)

4. สารละลายกรดแอซีติกเข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร มีค่า K_a เท่ากับ 1.8×10^{-5} จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 1.34 = 0.1271)

5. ผสมสารละลาย HCl เข้มข้น 0.15 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร กับสารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร สารละลายผสมจะมี pH เท่าใด (กำหนดให้ K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ และ log 1.52 = 0.1818)

ใบงานที่ 4.7.1

เฉลย

เรื่อง pH ของสารละลาย

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับ pH ของสารละลาย

1. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 10^{-5} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมี pH เท่าใด

   สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 10^{-5} mol/dm^3 จะมีไฮโดรเนียมไอออนเข้มข้น 10^{-5} mol/dm^3

   $$pH = -\log[H_3O^+]$$
   $$= -\log(10^{-5})$$
   $$= 5$$

   ดังนั้น สารละลายกรดไนตริกมี pH เท่ากับ 5

2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มี pH เท่ากับ 9 สารละลายนี้จะมีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้นเท่าใด

   สารละลายมี pH = 9 แสดงว่า มี pOH = 14 – 9 = 5

   $$pOH = -\log[OH^-]$$
   $$5 = -\log[OH^-]$$
   $$[OH^-] = 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

   ดังนั้น สารละลายนี้มีไฮดรอกไซด์ไอออนเข้มข้น 10^{-5} โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร

3. สารละลายเบสอ่อนเข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร แตกตัวเป็นไอออนได้ร้อยละ 5 จะมี pH เท่ากับเท่าใด (กำหนดให้ log 5 = 0.699)

   สารละลายเบสอ่อน 100 mol/dm^3 แตกตัวได้ 5 mol/dm^3

   สารละลายเบสอ่อน 0.1 mol/dm^3 แตกตัวได้ $\frac{5 \times 0.1}{100} = 5 \times 10^{-3}$ mol/dm^3

   $$pOH = -\log[OH^-]$$
   $$= -\log[5 \times 10^{-3}]$$
   $$= -\log 5 + 3 \log 10$$
   $$= -0.699 + 3 = 2.301$$
   $$pH = 14 - pOH$$
   $$= 14 - 2.301$$
   $$= 11.699$$

   ดังนั้น สารละลายนี้มี pH เท่ากับ 11.699

4. สารละลายกรดแอซีติกเข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร มีค่า K_a เท่ากับ 1.8×10^{-5} จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 1.34 = 0.1271)

$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$

ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.1	-	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	$0.1 - x \approx 0.1$	x	x	mol/dm^3

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{0.1}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$

$$x = 1.34 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$$

ดังนั้น สารละลายนี้จะมีไฮโดรเนียมไอออนเข้มข้น $1.34 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$
$$= -\log (1.34 \times 10^{-3})$$
$$= -\log 1.34 + 3 \log 10$$
$$= -0.1271 + 3 = 2.8729$$

ดังนั้น สารละลายกรดแอซีติกมี pH เท่ากับ 2.8729

5. ผสมสารละลาย HCl เข้มข้น 0.15 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร กับสารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร สารละลายผสมจะมี pH เท่าใด (กำหนดให้ K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ และ log 1.52 = 0.1818)

HCl เป็นกรดแก่ จะแตกตัวได้หมด ดังนั้น $[HCl] = 0.15\ mol/dm^3$ แตกตัวให้ $[H_3O^+] = 0.15\ mol/dm^3$

$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$

ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.25	-	-	mol/dm^3
ความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล	$0.25 - x$	x	x	mol/dm^3

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{0.25}$$

$$x = 2.12 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$$

ดังนั้น $[CH_3COOH] = 0.25\ mol/dm^3$ แตกตัวให้ $[H_3O^+] = 2.12 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$

ปริมาณ $[H_3O^+]$ รวม $= 0.15 + (2.12 \times 10^{-3}) = 1.52 \times 10^{-1}\ mol/dm^3$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$= -\log (1.52 \times 10^{-1})$$

$$= -\log 1.52 + 1 \log 10$$

$$= -0.1818 + 1 = 0.8182$$

ดังนั้น สารละลายผสมมี pH เท่ากับ 0.8182

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส

เวลา 1 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสมบัติของอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบสได้ (K)
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้ (K)
3. บอกสีของสารละลายเมื่อทราบ pH ของสารละลายและชนิดของอินดิเคเตอร์ที่ใช้ทดสอบ (K)
4. เขียนค่า pH และบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลาย เมื่อทราบสีที่เปลี่ยนและช่วง pH ที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ได้ (P)
5. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ 1.0×10^{-14} - เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า 1.0×10^{-7} โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อน ๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัวจะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคอเตอร์ได้

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิดนักเรียนว่า *“นักเรียนคิดว่าอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะใช้ทดสอบค่า pH ของสารละลายแต่ละชนิดได้ดีเท่ากันหรือไม่”* ซึ่งครูยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้องนักเรียน
2. ครูถามคำถาม Prior Knowledge **จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *“สิ่งใดใช้ในการระบุค่า pH ของสารละลายได้”* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย

(แนวตอบ : อินดิเคเตอร์)

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้แต่ละคู่ร่วมกันศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากนั้นร่วมกันอภิปรายจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

2. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ดังนี้
   1) หากนำสารละลายชนิดหนึ่งมาเติมอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏว่าได้สีของสารละลายดังตาราง สารละลายชนิดนี้ควรมี pH เท่าใด

อินดิเคเตอร์	สีของสารละลาย
เมทิลออเรนจ์	เหลือง
เมทิลเรด	เหลือง
ฟีนอลเรด	แดง
ฟีนอล์ฟทาลีน	ชมพูอ่อน

(แนวตอบ : เมื่อเติมเมทิลออเรนจ์แล้วสารละลายเป็นสีเหลือง แสดงว่า สารละลายควรมี pH ≥ 4.4 เมื่อเติมเมทิลเรดแล้วสารละลายเป็นสีเหลือง แสดงว่า สารละลายควรมี pH ≥ 6.3 เมื่อเติมฟีนอลเรดแล้วสารละลายเป็นสีแดง แสดงว่า สารละลายควรมี pH ≥ 8.4 และเมื่อเติมฟีนอล์ฟทาลีนแล้วสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน แสดงว่าสารละลายควรมี pH = 8.3 - 10.0 ดังนั้น สารละลายชนิดนี้ควรมี pH ประมาณ 8.4 - 10.0)

   2) หากนำสารละลายชนิดหนึ่งมาเติมอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏว่าได้สีของสารละลายดังตาราง สารละลายชนิดนี้ควรมี pH เท่าใด

อินดิเคเตอร์	สีของสารละลาย
โบรโมฟีนอลบูล	น้ำเงิน
โบรโมไทมอลบูล	น้ำเงิน
ฟีนอลเรด	ส้ม
ฟีนอล์ฟทาลีน	ไม่มีสี

(แนวตอบ : เมื่อเติมโบรโมฟีนอลบูลแล้วสารละลายเป็นน้ำเงิน แสดงว่า สารละลายควรมี pH ≥ 4.6 เมื่อเติมโบรโมไทมอลบูลแล้วสารละลายเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่า

สารละลายควรมี pH ≥ 7.6 เมื่อเติมฟีนอลเรดแล้วสารละลายเป็นสีส้ม แสดงว่าสารละลายควรมี pH = 6.8 - 8.4 และเมื่อเติมฟีนอล์ฟทาลีนแล้วสารละลายไม่มีสี แสดงว่า สารละลายควรมี pH ≤ 8.3 ดังนั้น สารละลายชนิดนี้ควรมี pH ประมาณ 7.6 – 8.3)

3. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“การใช้อินดิเคเตอร์วัดค่า pH ของสารละลาย ถ้าใช้อินดิเคเตอร์เพียงชนิดเดียวจะบอก pH ได้เป็นช่วงกว้าง แต่ถ้าใช้อินดิเคเตอร์หลายชนิดผสมกันจะบอกค่า pH ได้ละเอียดและถูกต้องมากขึ้น”*
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
5. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
6. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อน ๆ ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งงไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นสารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัวจะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคอเตอร์ได้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำTopic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.2 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

เวลา 6 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน
2. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส และปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารอื่นได้ (K)
2. อธิบายความหมายของเกลือ และวิธีการเตรียมเกลือจากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสและกรดหรือเบสกับสารอื่นได้ (K)
3. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาสะเทิน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส พร้อมทั้งเขียนสมการได้ (K)
4. บอกได้ว่าเกลือชนิดใดเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส พร้อมทั้งบอกสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือชนิดนั้นได้ (K)
5. ทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์ได้ (P)
6. ทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ (P)
7. ทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิดได้ (P)
8. ทดลองเพื่อศึกษาการวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ได้ (P)
9. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
10. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
11. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส - เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อน เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เมื่อสารละลายมี H_3O^+ และไอออนลบ ส่วนสารละลายเบสมีไอออนบวก และ OH^- ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสจึงเป็นปฏิกิริยาการถ่ายโอน H^+ ระหว่าง H_3O^+ กับ OH^- เรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ

ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด เมื่อกรดกับเบสจะทำปฏิกิริยากันได้แล้ว กรดหรือเบสยังสามารถทำฏิกิริยากับสารประเภทอื่นได้อีกหลายชนิด

ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือทำปฏิกิริยากับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH^-

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"เมื่อนำสารละลายกรดมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย
   (แนวตอบ : เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับเบสจะเกิดเกลือกับน้ำเป็นผลิตภัณฑ์)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับไอออนที่แสดงสมบัติของกรด คือ ไฮโดรเนียมไอออน และไอออนที่แสดงสมบัติของเบส คือ ไฮดรอกไซด์ไอออน แล้วอภิปรายถึงความเกี่ยวข้องของไอออนทั้งสองชนิดนี้กับปฏิกิริยาของกรดและเบส เพื่อนำเข้าสู่เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส
3. จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับการแตกตัวเป็นไอออนของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส และการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างกรดกับเบสตามทฤษฎีกรด-เบส เบรินสเตด-ลาวรี แล้วอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ควรจะเกิดขึ้นเมื่อนำสารละลายกรดและสารละลายเบสมาผสมกัน

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์**
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
   - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
   - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
   1) สารละลายกรดซัลฟิวริกและสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์นำไฟฟ้าได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร
      (แนวตอบ : สารละลายทั้งสองนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากทำให้หลอดไฟสว่างได้)
   2) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดซัลฟิวริกกับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์คืออะไร และมีสมบัติอย่างไร
      (แนวตอบ : แบเรียมซัลเฟต ซึ่งเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ และน้ำ)
   3) เมื่อนำสารละลายกรดซัลฟิวริกมาทำปฏิกิริยากับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์จุดที่สารละลายทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน สารละลายจะมีสีใด และความสว่างของหลอดไฟจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
      (แนวตอบ : สารละลายจะมีสีเขียว และหลอดไฟสว่างน้อยที่สุด เนื่องจากแบเรียมซัลเฟตที่เกิดขึ้นไม่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายลดลง สารละลายจึงนำไฟฟ้าได้ลดลง หลอดไฟจึงสว่างน้อยลง)
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดแก่กับสารละลายเบสแก่ จะเป็นการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง H_3O^+ จากกรด และ OH^- จากเบส เกิดเป็นเกลือและน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาการสะเทิน”*
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา เพื่อทำการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

8. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
9. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
10. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
    1) ผลการทดลองของการทดลองนี้มีอะไรที่แตกต่างไปจากการทดลองที่ผ่านมา
       (แนวตอบ : ความสว่างของหลอดไฟ โดยในการทดลองที่ผ่านมาเมื่อสารละลายทำปฏิกิริยากัน หลอดไฟจะค่อย ๆ สว่างน้อยลง จากนั้นจึงค่อย ๆ สว่างขึ้น จนสว่างเท่าตอนเริ่มต้น แต่ในการทดลองนี้ เมื่อสารละลายทำปฏิกิริยากัน หลอดไฟจะสว่างเท่าเดิมตลอด)
    2) นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดในการทดลองนี้ หลอดไฟจึงสว่างเท่าเดิมตลอด
       (แนวตอบ : เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ คือ โซเดียมซัลเฟต ซึ่งเป็นเกลือที่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้ความเข้มข้นของไอออนในสารละลายมีค่าคงที่ สารละลายจึงนำไฟฟ้าได้เท่าเดิมหลอดไฟจึงสว่างเท่าเดิม)
    3) การเปลี่ยนสีของสารละลายในการทดลองนี้และการทดลองที่ผ่านมาเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
       (แนวตอบ : เหมือนกัน คือ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า สีเขียว สีชมพูอ่อน และสีชมพูเข้ม ตามลำดับ)

12. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"ในปฏิกิริยาการสะเทินอาจจะเกิดเกลือที่ละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำก็ได้ โดยถ้าเกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำ จะสามารถบอกภาวะที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี ได้โดยการสังเกตการเปลี่ยนสีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และสังเกตความสว่างของหลอดไฟ แต่ถ้าเกิดเกลือที่ละลายน้ำได้ จะสามารถบอกภาวะที่กรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี ได้โดยการสังเกตการเปลี่ยนสีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์เท่านั้น"*
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

13. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา เพื่อทำการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
14. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
15. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
16. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
17. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
    1) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย HCl กับ $CaCO_3$ และปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย NaOH กับ $FeCl_3$ มีสมบัติอย่างใด
    (แนวตอบ : ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นเกลือ)

2) เกลือที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย HCl กับ $CaCO_3$ และปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย NaOH กับ $FeCl_3$ สามารถละลายน้ำได้หรือไม่

(แนวตอบ : เกลือที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย HCl กับ $CaCO_3$ สามารถละลายน้ำได้ ส่วนเกลือที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย NaOH กับ $FeCl_3$ ไม่สามารถละลายน้ำได้)

18. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง โดยได้ข้อสรุปว่า *"กรดและเบสสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น แล้วเกิดเกลือตามชนิดของกรดและเบส หรือสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยากันได้ ซึ่งเกลือที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำก็ได้ หรือเป็นเกลือที่สามารถละลายน้ำได้"*
19. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ปฏิกิริยาสะเทิน เช่น
    1) จงเขียนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดกับเบสต่อไปนี้
        - HCl กับ $Ca(OH)_2$
        - HNO_3 กับ NaOH

        (แนวตอบ : HCl กับ $Ca(OH)_2$ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออน ดังนี้

        $HCl\ (aq) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

        $\xrightarrow{H_2O}$

        $Ca(OH)_2\ (s) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2OH^-\ (aq)$

        ปฏิกิริยาสะเทิน คือ

        $H_3O^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightleftharpoons 2H_2O\ (l)$

        HNO_3 กับ NaOH เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออน ดังนี้

        $HNO_3\ (aq) + H_2O\ (l) \rightarrow H_3O^+\ (aq) + NO_3^-\ (aq)$

        $\xrightarrow{H_2O}$

        $NaOH\ (s) \rightarrow Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$

        ปฏิกิริยาสะเทิน คือ

        $H_3O^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightleftharpoons 2H_2O\ (l)$ *)*

    2) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสต่อไปนี้
        - H_2SO_4 กับ KOH
        - H_2CO_3 กับ NaOH

        (แนวตอบ : $H_2SO_4\ (aq) + 2KOH\ (aq) \rightarrow K_2SO_4\ (aq) + 2H_2O\ (l)$

        $H_2CO_3\ (aq) + 2NaOH\ (aq) \rightarrow Na_2CO_3\ (aq) + 2H_2O\ (l)$ *)*

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

20. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
21. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
22. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
23. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
24. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แนวคำถามดังนี้
    1) เกลือที่ได้จากการทดลองแต่ละชนิดมีค่า pH เท่ากันหรือไม่
    (แนวตอบ : ไม่เท่ากัน)
    2) เกลือที่ได้จากการทดลองแต่ละชนิดมีสมบัติความเป็นกรด-เบสอย่างไร
    (แนวตอบ : NaCl มีสมบัติเป็นกลาง NH_4Cl มีสมบัติเป็นกรด และ CH_3COONa มีสมบัติเป็นเบส)
25. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“เกลือที่ละลายน้ำได้อาจมีสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลางก็ได้ ขึ้นอยู่กับไอออนบวกและไอออนลบที่ทำปฏิกิริยากัน”*
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

27. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
28. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

29. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
30. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ดังนี้
    1) ไอออนใดในสารประกอบเกลือ Na_2CO_3 KNO_3 $(NH_4)_3PO_4$ และ NH_4Cl สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้
    (แนวตอบ : $Na_2CO_3 = CO_3^{2-}$ KNO_3 = ไม่มี
    $(NH_4)_3PO_4 = NH_4^+$ และ PO_4^{3-} $NH_4Cl = NH_4^+$)
    2) เมื่อเกลือ KI Na_2S และ $Al_2(SO_4)_3$ ละลายในน้ำ สารละลายที่ได้จะมีสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง
    (แนวตอบ : KI เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นกลาง
    Na_2S เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นเบส
    $Al_2(SO_4)_3$ เมื่อละลายน้ำ สารละลายจะมีสมบัติเป็นกรด)

6. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

เมื่อนำเกลือ KNO_3 NH_4Cl NaF NH_4NO_2 และ NH_4CN มาละลายในน้ำ เกลือชนิดใดจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ถ้าเกิดแล้วสารละลายเกลือเหล่านี้มีสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง พร้อมเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสที่เกิดขึ้น

วิธีทำ KNO_3 ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เพราะ K^+ และ NO_3^- มาจากเบสแก่และกรดแก่ตามลำดับ

NH_4Cl เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ดังสมการ

$$NH_4Cl\,(aq) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

$$NH_4^+\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons NH_3\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

NaF เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส ดังสมการ

$$NaF\,(aq) \xrightarrow{H_2O} Na^+\,(aq) + F^-\,(aq)$$

$$F^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons HF\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

NH_4NO_2 เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจากค่า K_b ของสารละลาย NO_2^- มีค่าน้อยกว่า K_a ของสารละลาย NH_4^+ ในสารละลายมี H_3O^+ มากกว่า OH^- จึงมีสมบัติกรด เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ ดังสมการ

$$NH_4NO_2\,(aq) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\,(aq) + NO_2^-\,(aq)$$

$$NH_4^+\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons NH_3\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad \ldots K_a = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$NO_2^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons HNO_2\,(aq) + OH^-\,(aq) \quad \ldots K_b = 2.2 \times 10^{-11}$$

NH_4CN เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสได้ สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากค่า K_a ของสารละลาย NH_4^+ มีค่าน้อยกว่า K_b ของสารละลาย NO_2^- ในสารละลายมี OH^- มากกว่า H_3O^+ จึงมีสมบัติเบสเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ ดังสมการ

$$NH_4CN\,(aq) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+\,(aq) + CN^-\,(aq)$$

$$NH_4^+\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons NH_3\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad \ldots K_a = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$CN^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons HCN\,(aq) + OH^-\,(aq) \quad \ldots K_b = 2.0 \times 10^{-5})$$

31. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“เกลือที่เกิดจากไอออนของกรดแก่กับไอออนของเบสแก่จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ส่วนเกลือที่เกิดจากไอออนของกรดอ่อนหรือเบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับน้ำ จึงเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส”*

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

30. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
31. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.9.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส**
32. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
33. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ เมื่อสารละลายมี H_3O^+ และไอออนลบ ส่วนสารละลายเบสมีไอออนบวก และ OH^- ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสจึงเป็นปฏิกิริยาการถ่ายโอน H^+ ระหว่าง H_3O^+ กับ OH^- เรียกว่าปฏิกิริยาสะเทิน ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.9.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์

6. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์
7. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด
8. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์	- ตรวจใบงานที่ 4.9.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.9.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) การทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
6) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
8) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
9) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3) ใบงานที่ 4.9.1 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส
4) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแบเรียมไฮดรอกไซด์
5) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์
6) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดหรือเบสกับสารบางชนิด
7) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การวัด pH ของสารละลายเกลือโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์
8) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 4.9.1

เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

1. จงอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาสะเทิน

.....

.....

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสที่กำหนดให้ต่อไปนี้

   1) H_2SO_4 กับ $Ca(OH)_2$

.....

   2) HBr กับ NaOH

.....

   3) HNO_3 กับ $Al(OH)_3$

.....

3. เกลือที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เกิดจากกรดกับเบสชนิดใด

เกลือ	กรด	เบส
KI	.....	.....
$CaCO_3$	.....	.....
KCN	.....	.....
Na_2SO_4	.....	.....
$(CH_3COO)_2Ca$	.....	.....

4. จงอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

.....

.....

.....

.....

5. จงเขียนสมการแสดงการดเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1) NH_4Cl

.....

.....

2) CH_3COOK

.....

.....

3) KNO_3

.....

.....

ใบงานที่ 4.9.1

เฉลย

เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส

1. จงอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาสะเทิน

   ปฏิกิริยาสะเทิน คือ ปฏิกิริยาการถ่ายโอน H^+ ระหว่าง H_3O^+ จากกรด และ OH^- จากเบส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือกับน้ำ

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสที่กำหนดให้ต่อไปนี้

   1) H_2SO_4 กับ $Ca(OH)_2$

   $H_2SO_4\,(aq) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow CaSO_4\,(s) + 2H_2O\,(l)$

   2) HBr กับ NaOH

   $HBr\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaBr\,(aq) + H_2O\,(l)$

   3) HNO_3 กับ $Al(OH)_3$

   $3HNO_3\,(aq) + Al(OH)_3\,(aq) \rightarrow Al(NO_3)_3\,(aq) + 3H_2O\,(l)$

3. เกลือที่กำหนดให้ต่อไปนี้ เกิดจากกรดกับเบสชนิดใด

เกลือ	กรด	เบส
KI	HI	KOH
$CaCO_3$	H_2CO_3	$Ca(OH)_2$
KCN	HCN	KOH
Na_2SO_4	H_2SO_4	NaOH
$(CH_3COO)_2Ca$	CH_3COOH	$Ca(OH)_2$

4. จงอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

   ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส คือ ปฏิกิริยาที่เกิดจากไอออนบวกหรือไอออนลบของเกลือทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น H_3O^+ หรือ OH^-

5. จงเขียนสมการแสดงการดเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1) NH_4Cl

$NH_4Cl\ (s) \rightarrow NH_4^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$NH_4^+\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons NH_3\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$

2) CH_3COOK

$CH_3COOK\ (s) \rightarrow K^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$

$CH_3COO^-\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COOH\ (aq) + OH^-\ (aq)$

3) KNO_3

ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

การไทเทรตกรด-เบส

เวลา 6 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส
2. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของการไทเทรต สารละลายมาตรฐาน และจุดสมมูลได้ (K)
2. คำนวณหาปริมาณกรดหรือเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน โดยใช้ข้อมูลจากการไทเทรตได้ (K)
3. บอกประเภทของกรด-เบสที่ทำปฏิกิริยากัน โดยพิจารณาจากกราฟของการไทเทรตได้ (K)
4. ทดลองเพื่อศึกษาการไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ได้ (P)
5. ทดลองเพื่อศึกษาการไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ได้ (P)
6. ทดลองเพื่อศึกษาการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ (P)
7. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
8. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
9. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณ หรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกันเรียกว่าจุดสมมูล ในทางปฏิบัติจุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้ จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรต ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบสควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล - ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจาก	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
การไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การไทเทรตเป็นการหาปริมาณกรดและเบสที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น โดยการนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ซึ่งอาจเป็นสารละลายกรดหรือเบสก็ได้

จุดยุติ คือ จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี

จุดสมมูล คือ จุดที่สารละลายกรดและเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน จุดสมมูลจพมีค่าใกล้เคียงจุดยุติเมื่อเลือกใช้อิเนดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรต

การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าประมาณ 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้หลายชนิด คือ เมทิลออเรนจ์เมทิลเรด โบรไทมอลบลู และฟินอล์ฟทาลีน

การไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 7-11 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ ฟินอล์ฟทาลีน

การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน ที่จุดสมมูล pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า 7 ความชันของกราฟมีค่า pH 3-7 เลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงนี้ได้ คือ เมทิลออเรนจ์ เมทิลเรด

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการวิเคราะห์ 6) ทักษะการทดลอง 7) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 8) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *"การติดตามการทำปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบสสามารถทำได้โดยวิธีการใดบ้าง"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ขั้นสอนต่อไป
   (แนวตอบ : การไทเทรต)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกกับแบเรียมไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟิวริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งใช้วิธีตรวจการนำไฟฟ้าและการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติ แล้วนำเข้าสู่การหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยวิธีการไทเทรต

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่**
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
   - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
   - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
6. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"สารละลาย HCl มีสมบัติเป็นกรด เมื่อหนดฟีนอล์ฟทาลีนลงไปจึงไม่เกิดการเปลี่ยนสี แต่เมื่อหยด NaOH ลงไป OH^- จาก NaOH จะไปทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ จาก HCl ส่งผลให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนในตอนท้ายของการทดลอง อินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน เรียกภาวะนี้ว่าจุดยุติ หรือจุดสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งจะทราบปริมาตรของ NaOH ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl"*
5. ครูอธิบายเกี่ยวกับความหมายของการไทเทรต สารละลายมาตรฐาน และจุดสมมูล จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
8. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
9. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
10. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)

11. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปจากการทดลอง ดังนี้
    - จากกราฟ จะได้ pH ที่จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลาย HCl กับสารละลาย NaOH ประมาณ7 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า pH ที่จุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่และเบสแก่
    - จากกราฟสารละลาย NaOH ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย HCl มีปริมาตรประมาณ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
    - จากผลการทดลองและจากกราฟของการไทเทรต สามารถบอกจุดยุติและจุดสมมูลสำหรับการไทเทรตสารละลายคู่นี้ได้ โดยปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ ณ จุดยุติและจุดสมมูลมีค่าใกล้เคียงกันมาก จนถือว่าเป็นจุดเดียวกัน ซึ่งจุดยุติและจุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างกรดแก่และเบสแก่คู่อื่น ๆ ก็น่าจะได้ผลเช่นเดียวกัน

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

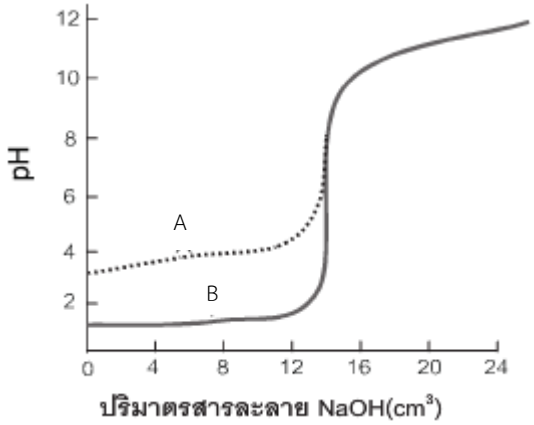
12. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแต่ละกลุ่มศึกษาเกี่ยวกับการไทเทรตระหว่างกรดกับเบสจากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
13. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย

    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
14. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม

    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
15. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การไทเทรตระหว่างกรดกับเบส เช่น
    1) ถ้าในน้ำส้มสายชูมีกรดแอซีติกอยู่เพียงชนิดเดียว จะมีวิธีการหาความเข้มข้นของกรดแอซีติกได้อย่างไร

       (แนวตอบ : การจะทราบว่ากรดแอซีติกมีความเข้มข้นเท่าใด จะต้องทำน้ำส้มสายชูให้เจือจางแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อทราบปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ก็จะสามารถนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของกรดแอซีติกในน้ำส้มสายชูได้)

2) กราฟของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดมอนอโปรติก A และ B ซึ่งมีความเข้มข้นและปริมาตรเท่ากัน กับสารละลาย NaOH ได้ผลดังกราฟ



- pH ที่จุดสมมูลของการไทเทรตสาร A และ B มีค่าเท่าใด

(แนวตอบ : pH ที่จุดสมมูลของการไทเทรตสาร A มีค่าประมาณ 8

pH ที่จุดสมมูลของการไทเทรตสาร B มีค่าประมาณ 6)

- ถ้าการไทเทรตของ A แสดงด้วยกราฟเส้นประ และการไทเทรตของ B แสดงด้วยกราฟเส้นทึบ จงเปรียบเทียบความแรงของกรด A และ B

(แนวตอบ : ความแรงของกรด B มากกว่ากรด A)

16. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการไทเทรตระหว่างกรดกับเบส ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“pH ณ จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดและสารละลายเบสแต่ละคู่ขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายกรดและสารละลายเบสที่นำมาไทเทรตกัน ดังนี้*
    - *จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดแก่กับเบสแก่ ควรมี pH ประมาณ 7*
    - *จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดอ่อนกับเบสแก่ ควรมี pH มากกว่า 7*
    - *จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดแก่กับเบสอ่อน ควรมี pH น้อยกว่า 7*
    - *จุดสมมูลของการไทเทรตระหว่างสารละลายกรดอ่อนกับเบสอ่อน อาจมี pH มากกว่าหรือน้อยกว่า หรือเท่ากับ 7 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับค่า K_a และ K_b ของกรดกับเบสที่ทำปฏิกิริยากัน”*

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

17. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนว่า *“ในการไทเทรตสารละลาย CH_3COOH กับสารละลาย NaOH ถ้าใช้อินดิเคเตอร์ต่างชนิดกันจะให้ผลต่างกันหรือไม่”* ซึ่งครูยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้องกับนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่การทดลอง

18. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
19. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
20. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
21. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
22. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“ในการไทเทรตกรด-เบส แต่ละคู่จำเป็นต้องเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม จึงจะสามารถบอกจุดยุติที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากที่สุด”*
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

23. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

24. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส เช่น

    1) จงบอกจุดสมมูลของการไทเทรตสารละลายกรดกับเบสคู่ต่อไปนี้ และสามารถใช้อินดิเคเตอร์ชนิดใดได้บ้าง เพราะเหตุใด

    - NH_3 ด้วย HBr

      (แนวตอบ : การไทเทรต NH_3 ด้วย HBr เป็นการไทเทรตระหว่างเบสอ่อนกับกรดแก่ จุดสมมูลของปฏิกิริยานี้มี pH ต่ำกว่า 7 จึงควรใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงที่มี pH ต่ำกว่า 7 เช่น เมทิลออเรนจ์ เมทิลเรด)

    - CH_3COOH ด้วย KOH

      (แนวตอบ : การไทเทรต CH_3COOH ด้วย KOH เป็นการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่ จุดสมมูลของปฏิกิริยานี้มี pH สูงกว่า 7 จึงควรใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงที่มี pH สูงกว่า 7 เช่น ฟีนอล์ฟทาลีน)

    - H_2SO_4 ด้วย NaOH

      (แนวตอบ : การไทเทรต H_2SO_4 ด้วย NaOH เป็นการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ จุดสมมูลของปฏิกิริยานี้มี pH เท่ากับ 7 จึงควรใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงที่มี pH ใกล้เคียง 7 เช่น โบรโมไทมอลบูล)

25. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

    - เลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วง pH ของการเปลี่ยนสีตรงกัน หรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลายของผลิตภัณฑ์
    - พิจารณาจากกราฟของการไทเทรตกรด-เบส โดยดูช่วงของการเปลี่ยนแปลง pH ตรงส่วนที่ชันที่สุดว่ามีค่าเท่าใด แล้วเลือกอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH นั้น

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

26. ครูถามคำถาม ดังนี้

    - เมื่อนำสารละลายกรดและเบสมาทำปฏิกิริยากัน จะทราบได้อย่างไรว่าสารทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน

      (แนวตอบ : นำสารทั้งสองมาทำการไทเทรตกัน จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี คือ จุดที่สารทั้งสองทำปฏิกิริยาพอดีกัน)

27. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
28. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.10.1 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส**
29. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
30. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ การไทเทรตเป็นการหาปริมาณกรดและเบสที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้น โดยการนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ซึ่งอาจเป็นสารละลายกรดหรือเบสก็ได้ ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.10.1 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
6. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
7. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) การไทเทรตกรด-เบส	- ตรวจใบงานที่ 4.101 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.10.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) การทดลอง เรื่อง ศึกษาการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
8) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3) ใบงานที่ 4.10.1 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส
4) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดยุติของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
5) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับเบสแก่
6) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ศึกษาการเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส
7) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 4.10.1

เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการไทเทรตกรด-เบส

1. นำน้ำส้มสายชูจำนวน 10 กรัม มาไทเทรตกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร เมื่อถึงจุดยุติใช้สารละลาย NaOH ไป 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำส้มสายชูนี้จะมีกรดแอซีติกเข้มข้นคิดเป็นร้อยละเท่าใดโดยมวล

2. สารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 49.99 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายผสมจะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 5 = 0.6990)

3. สารละลาย $Ca(OH)_2$ เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ไทเทรตพอดีกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ใช้มีปริมาตรเท่าใด

4. ยาลดกรดชนิดหนึ่งมีแป้ง และ $Mg(OH)_2$ เป็นองค์ประกอบ เมื่อนำยาลดกรดชนิดนี้จำนวน 0.5 กรัม มาบดละเอียดแล้วผสมกับน้ำ และนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จนถึงจุดยุติ ปรากฏว่า ต้องใช้สารละลายกรด HCl ปริมาตร 10 ลูกบาศก์ฌซนติเมตร หากต้องการนำยาลดกรดชนิดนี้มาทำปฏิกิริยากับกรดแอซีติกจำนวน 5×10^{-3} โมล จะต้องใช้ยาลดกรดจำนวนกี่กรัม

5. ผสมสารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.01 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้ากับสารละลาย KOH เข้มข้น 0.04 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายผสมที่ได้จะมีเกลือเข้มข้นเท่าใด และสารละลายมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ มวลอะตอมของ C = 12 H = 1 และ O = 16 K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ และ log 1.35 = 0.1303)

ใบงานที่ 4.10.1

เฉลย

เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการไทเทรตกรด-เบส

1. นำน้ำส้มสายชูจำนวน 10 กรัม มาไทเทรตกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร เมื่อถึงจุดยุติใช้สารละลาย NaOH ไป 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำส้มสายชูนี้จะมีกรดแอซีติกเข้มข้นคิดเป็นร้อยละเท่าใดโดยมวล

สารละลายผสม 1000 cm^3 มี NaOH อยู่ 0.2 mol

สารละลายผสม 40 cm^3 มี NaOH อยู่ $\frac{0.2 \times 40}{1000} = 8 \times 10^{-3}$ mol

$$CH_3COOH\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow CH_3COONa\ (aq) + H_2O\ (l)$$

อัตราส่วนโดยโมลของ NaOH : CH_3COOH = 1 : 1 ดังนั้น ใช้ CH_3COOH ไป 8×10^{-3} mol

CH_3COOH 1 mol มีมวลโมเลกุล 60 g

CH_3COOH 8×10^{-3} mol มีมวลโมเลกุล $60 \times 8 \times 10^{-3} = 0.48$ g

น้ำส้มสายชู 10 g มี CH_3COOH อยู่ 0.48 g

น้ำส้มสายชู 100 g มี CH_3COOH อยู่ $\frac{0.48 \times 100}{10} = 4.8$ g

ดังนั้น ในน้ำส้มสายชูนี้จะมี CH_3COOH เข้มข้นร้อยละ 4.8 โดยมวล

2. สารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 49.99 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายผสมจะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 5 = 0.6990)

สารละลาย HCl 1000 cm^3 มี HCl 0.5 mol

สารละลาย HCl 50 cm^3 มี HCl $\frac{0.5 \times 50}{1000} = 0.025$ mol

สารละลาย NaOH 1000 cm^3 มี NaOH 0.5 mol

สารละลาย NaOH 49.99 cm^3 มี NaOH $\frac{0.5 \times 49.99}{1000} = 0.024995$ mol

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

NaOH ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนั้น เหลือ HCl = 5×10^{-6} mol/dm^3

สารละลายปริมาตร 99.99 cm^3 มี H_3O^+ อยู่ 5×10^{-6} mol

สารละลายปริมาตร 1000 cm^3 มี H_3O^+ อยู่ $\frac{5 \times 10^{-6} \times 1000}{99.99} = 5 \times 10^{-5}$ mol

$$[H_3O^+] = 5 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$= -\log (5 \times 10^{-5})$$

$$= 5 - \log 5$$

$$= 5 - 0.699$$

$$= 4.301$$

3. สารละลาย $Ca(OH)_2$ เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ไทเทรตพอดีกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ใช้มีปริมาตรเท่าใด

สารละลาย HCl 1000 cm^3 มี HCl เหลืออยู่ 0.5 mol

สารละลาย HCl 20 cm^3 มี HCl เหลืออยู่ $\frac{0.5 \times 20}{1000} = 0.01$ mol

$$2HCl\ (aq) + Ca(OH)_2\ (aq) \rightarrow CaCl_2\ (aq) + 2H_2O\ (l)$$

สารละลาย HCl 2 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Ca(OH)_2$ 1 mol

สารละลาย HCl 0.01 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Ca(OH)_2$ $\frac{1 \times 0.01}{2} = 5 \times 10^{-3}$ mol

สารละลาย $Ca(OH)_2$ 0.25 mol ละลายในสารละลาย 1000 cm^3

สารละลาย $Ca(OH)_2$ 5×10^{-3} mol ละลายในสารละลาย $\frac{1000 \times 5 \times 10^{-3}}{0.25} = 20$ cm^3

ดังนั้น สารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ใช้มีปริมาตรเท่ากับ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. ยาลดกรดชนิดหนึ่งมีแป้ง และ $Mg(OH)_2$ เป็นองค์ประกอบ เมื่อนำยาลดกรดชนิดนี้จำนวน 0.5 กรัม มาบดละเอียดแล้วผสมกับน้ำ และนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 0.25 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จนถึงจุดยุติ ปรากฏว่า ต้องใช้สารละลายกรด HCl ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร หากต้องการนำยาลดกรดชนิดนี้มาทำปฏิกิริยากับกรดแอซีติกจำนวน 5×10^{-3} โมล จะต้องใช้ยาลดกรดจำนวนกี่กรัม

สารละลาย HCl 1000 cm^3 มี HCl เหลืออยู่ 0.25 mol

สารละลาย HCl 10 cm^3 มี HCl เหลืออยู่ $\frac{0.25 \times 10}{1000} = 2.5 \times 10^{-3}$ mol

$$2HCl\ (aq) + Mg(OH)_2\ (aq) \rightarrow MgCl_2\ (aq) + 2H_2O\ (l)$$

จากสมการ HCl 2 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Mg(OH)_2$ 1 mol

HCl 2.5×10^{-3} mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Mg(OH)_2$ $\frac{1 \times 2.5 \times 10^{-3}}{2} = 1.25 \times 10^{-3}$ mol

ดังนั้น ยาลดกรด 0.5 g มี $Mg(OH)_2$ อยู่ 1.25×10^{-3} mol

$$2CH_3COOH\ (aq) + Mg(OH)_2\ (aq) \rightarrow (CH_3COO)_2Mg\ (aq) + 2H_2O\ (l)$$

จากสมการ CH_3COOH 2 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Mg(OH)_2$ 1 mol

CH_3COOH 5×10^{-3} mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $Mg(OH)_2$ $\frac{1 \times 5 \times 10^{-3}}{2} = 2.5 \times 10^{-3}$ mol

$Mg(OH)_2$ 1.25×10^{-3} mol อยู่ในยาลดกรด 0.5 g

$Mg(OH)_2$ 2.5×10^{-3} mol อยู่ในยาลดกรด $\frac{0.5 \times 2.5 \times 10^{-3}}{1.25 \times 10^{-3}} = 1$ g

ดังนั้น จะต้องใช้ยาลดกรดจำนวน 1 กรัม

5. ผสมสารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.01 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้ากับสารละลาย KOH เข้มข้น 0.04 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายผสมที่ได้จะมีเกลือเข้มข้นเท่าใด และสารละลายมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ มวลอะตอมของ C = 12 H = 1 และ O = 16 K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ และ log 1.35 = 0.1303)

สารละลาย CH_3COOH 1000 cm^3 มี CH_3COOH อยู่ 0.01 mol

สารละลาย CH_3COOH 250 cm^3 มี CH_3COOH อยู่ $\frac{0.01 \times 250}{1000} = 2.5 \times 10^{-3}$ mol

สารละลาย KOH 1000 cm^3 มี KOH อยู่ 0.04 mol

สารละลาย KOH 400 cm^3 มี KOH อยู่ $\frac{0.04 \times 400}{1000} = 0.016$ mol

$$CH_3COOH\ (aq) + KOH\ (aq) \rightarrow CH_3COOK\ (aq) + H_2O\ (l)$$

ความเข้มข้นเริ่มต้น	2.5×10^{-3}	0.016	-	mol/dm^3
ความเข้มข้นที่ใช้ไปหรือเกิดขึ้น	2.5×10^{-3}	2.5×10^{-3}	2.5×10^{-3}	mol/dm^3
ความเข้มข้นคงเหลือ	-	0.0135	2.5×10^{-3}	mol/dm^3

สารละลายผสม 650 cm^3 มี CH_3COOK อยู่ 2.5×10^{-3} mol

สารละลายผสม 1000 cm^3 มี CH_3COOK อยู่ $\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 1000}{650} = 3.846 \times 10^{-3}$ mol

ดังนั้น สารละลายผสมมี CH_3COOK เข้มข้น 3.846×10^{-3} mol/dm^3

สารละลายผสม 650 cm^3 มี KOH เหลืออยู่ 0.0135 mol

สารละลายผสม 1000 cm^3 มี KOH เหลืออยู่ $\frac{0.0135 \times 1000}{650} = 0.0207$ mol

ดังนั้น สารละลายผสมมี KOH เหลืออยู่เข้มข้น 0.0207 mol/dm^3

KOH เป็นเบสแก่ แตกตัวให้ OH^- ได้มากกว่าเกลือ CH_3COOK

ดังนั้น $[OH^-] = [KOH] = 0.0135$ mol/dm^3

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$= -\log (0.0135)$

$= 2 - \log 1.35$

$= 2 - 0.1303$

$= 1.8697$

$pH = 14 - pOH$

$= 14 - 1.8697$

$= 12.1303$

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

สารละลายบัฟเฟอร์

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. อธิบายสมบัติ องค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์
2. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด–เบส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1 บอกส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ (K)
2. อธิบายสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์ได้ (K)
3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติได้ (K)
4. ทดลองเพื่อศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไปได้ (P)
5. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
6. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
7. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม - ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารละลายบัฟเฟอร์ เป็นสารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH ของสารละลายให้คงที่ เมื่อมีการเติมกรดแก่หรือเบสแก่ลงไปเล็กน้อย ประกอบด้วยกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน

สารละลายที่มีกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนชนิดนั้น หรือกรดอ่อนกับคู่เบสของกรดอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์กรด เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป คู่เบสจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป กรดอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่

สารละลายที่มีเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนชนิดนั้น หรือเบสอ่อนกับคู่กรดของเบสอ่อน เรียกว่า บัฟเฟอร์เบส เมื่อเติม H^+ จากกรดแก่ลงไป เบสอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ H^+ ที่เติมลงไป ทำให้ pH ลดลงไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่ เมื่อเติม OH^- จากเบสแก่ลงไป คู่กรดจะทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่เติมลงไป ทำให้ pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.01 ซึ่งถือว่าคงที่

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส** ว่า *เพราะเหตุใดสารละลายกรดหรือเบสต่างชนิดกันจึงมีค่า pH ต่างกัน* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : เนื่องจากสารละลายกรดหรือเบสแต่ละชนิดจะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ไม่เท่ากัน จึงทำให้มีค่า pH ต่างกัน)*
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้จากการศึกษาที่ผ่านมาเมื่อหยดกรดหรือเบสลงในสารละลาย จะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- เปลี่ยนแปลง

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด**
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
5. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“เมื่อเติมสารละลาย NaOH หรือสารละลาย HCl จำนวนเล็กน้อยลงในน้ำกลั่น ทำให้ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนไปอย่างมาก สังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ แต่เมื่อเติมสารละลาย NaOH หรือสารละลาย HCl จำนวนเท่ากันลงในสารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONA ค่า pH ของสารละลายผสมจะเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก จึงกล่าวได้ว่า สารละลายผสมของ CH_3COOH กับ CH_3COONA มีสมบัติในการควบคุม pH”*

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

6. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ร่วมกันศึกษาเรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
7. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 1 คู่ ออกมาอธิบายเรื่องที่ได้ศึกษาให้เพื่อนฟังหน้าชั้นเรียน โดยครูคอยเสริมความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง
8. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ ดังนี้
   1) สารละลายบัฟเฟอร์หมายถึงอะไร
      (แนวตอบ : สารละลายที่มีสมบัติในการควบคุม pH ของสารละลายให้คงที่ เมื่อมีการเติมกรดแก่หรือเบสแก่ลงไปเล็กน้อย ประกอบด้วยกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน)
   2) เพราะเหตุใดเมื่อเติมกรดแก่ปริมาณเล็กน้อยลงไปในระบบที่ประกอบด้วยสารละลาย CH_3COOH และ CH_3COONa ค่า pH ของสารละลายจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
      (แนวตอบ : ไอออนต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ มีดังนี้
      $CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\ (aq) + H_3O^+\ (aq)$
      $CH_3COONa\ (aq) \rightarrow Na^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$
      เมื่อเติม H_3O^+ ลงไปเล็กน้อย CH_3COO^- จะไปทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ เกิดเป็น CH_3COOH ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ค่า pH ของสารละลายจึงเปลี่ยนแปลงน้อยมาก)

3) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการควบคุม pH ของสารละลายบัฟเฟอร์เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไป

- เมื่อเติมกรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์ HCN/CN^-

(แนวตอบ : $H_3O^+ (aq) + CN^- (aq) \rightleftharpoons H_2O (l) + HCN (aq)$)

- เมื่อเติมเบสลงในสารละลายบัฟเฟอร์ HCN/CN^-

(แนวตอบ : $OH^- (aq) + HCN (aq) \rightleftharpoons H_2O (l) + CN^- (aq)$)

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

9. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ร่วมกันศึกษา เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

10. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 1 คู่ ออกมาอธิบายเรื่องที่ได้ศึกษาให้เพื่อนฟังหน้าชั้นเรียน โดยครูคอยเสริมความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง
11. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ในร่างกายและในธรรมชาติ ดังนี้

1) คนไข้รายหนึ่งถูกตรวจพบว่า มี pH ของเลือดสูงกว่าปกติ แพทย์จึงให้คนไข้หายใจเข้า-ออกในถุงกระดาษเป็นระยะเวลาสั้น ๆ แพทย์ทำเช่นนี้เพื่ออะไร

(แนวตอบ : การหายใจเข้า-ออกในถุงกระดาษเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ในถุงกระดาษ เมื่อคนไข้หายใจเข้าจะทำให้ความดันย่อยของ CO_2 ในเลือดเพิ่มขึ้น CO_2 จะละลายในเลือดเกิดเป็นกรด H_2CO_3 เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ pH ของเลือดลดลง)

2) เพราะเหตุใดน้ำทะเลจึงมีค่า pH ค่อนข้างคงที่อยู่ที่ประมาณ 8.1-8.2

(แนวตอบ : เนื่องจากน้ำทะเลมีสารและไอออนที่คอยควบคุมบัฟเฟอร์ เช่น กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ดังนั้น เมื่อ น้ำทะเลถูกรบกวน เช่น เติมกรดลงไป จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ดังสมการ

$HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + H_2O(l)$

$CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_2O(l)$

นอกจากนี้ในน้ำทะเลยังมี $CaCO_3$ ซึ่งสามารถกำจัด H_3O^+ ได้ ดังสมการ

$CaCO_3(s) + H_3O^+(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + HCO_3^-(aq) + H_2O(l))$

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

12. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
13. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 4.11.1 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์**
14. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส**
15. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงใน**สมุดประจำตัว**
16. นักเรียนอ่าน summary ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส เพื่อเป็นการทบทวนความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมา
17. นักเรียนทำ Self Check จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงในสมุดประจำตัว เพื่อตรวจสอบตนเอง
18. นักเรียนทำ Unit Question 4 จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส ลงในสมุดประจำตัว
19. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือขอ'เบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรมอุตสาหกรรม และการแพทย์

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 4.11.1 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
6. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Self Check
7. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Unit Questions
8. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) สารละลายบัฟเฟอร์	- ตรวจใบงานที่ 4.11.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 4.11.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส	- ประเมินตามสภาพจริง

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กรด-เบส

3) ใบงานที่ 4.11.1 เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

4) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายบางชนิด

5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 4.11.1

เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์

1. จงพิจารณาว่าสารละลายที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จัดเป็นสารละลายบัฟเฟอร์หรือไม่ พร้อมเหตุผลประกอบ

   1) สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 2.0 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   .....

   2) สารละลาย NH_3 เข้มข้น 0.4 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย NH_4Cl เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   .....

   3) สารละลาย NH_3 เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   4) สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

2. เพราะเหตุใดเมื่อเติมกรดแก่ปริมาณเล็กน้อยลงไปในระบบที่ประกอบด้วยสารละลาย CH_3COOH และ CH_3COONa ค่า pH ของสารละลายจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

3. สารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งประกอบด้วย CH_3COOH เข้มข้น 1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร และสารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ค่า K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ mol/dm^3 log 1.8 = 0.2553 และ log 2 = 0.3010)

4. เมื่อเติมสารละลาย HNO_3 เข้มข้น 0.05 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในสารละลายในข้อ 3. สารละลายใหม่จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 1.8 = 0.2553 และ log 2 = 0.3010)

ใบงานที่ 4.11.1 **เฉลย**

เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์

1. จงพิจารณาว่าสารละลายที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จัดเป็นสารละลายบัฟเฟอร์หรือไม่ พร้อมเหตุผลประกอบ

   1) สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 2.0 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ เนื่องจากในระบบประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อนนั้น

   2) สารละลาย NH_3 เข้มข้น 0.4 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย NH_4Cl เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ เนื่องจากในระบบประกอบด้วยเบสอ่อนและเกลือของเบสอ่อนนั้น

   3) สารละลาย NH_3 เข้มข้น 0.2 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

จำนวนโมลเริ่มต้น	0.02	0.1	-	mol
จำนวนโมลที่ใช้ไปหรือที่เกิดขึ้น	0.02	0.02	0.02	mol
จำนวนโมลคงเหลือ	-	0.08	0.02	mol

   ไม่เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ เนื่องจากในระบบไม่ได้ประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อนนั้น

   4) สารละลาย CH_3COOH เข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

   $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

จำนวนโมลเริ่มต้น	0.05	0.02	-	mol
จำนวนโมลที่ใช้ไปหรือที่เกิดขึ้น	0.02	0.02	0.02	mol
จำนวนโมลคงเหลือ	0.03	-	0.02	mol

   เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ เนื่องจากในระบบประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

2. เพราะเหตุใดเมื่อเติมกรดแก่ปริมาณเล็กน้อยลงไปในระบบที่ประกอบด้วยสารละลาย CH_3COOH และ CH_3COONa ค่า pH ของสารละลายจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ไอออนต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ มีดังนี้

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow Na^+ + CH_3COO^-$$

เมื่อเติม H_3O^+ ลงไปเล็กน้อย CH_3COO^- จะไปทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ เกิดเป็น CH_3COOH ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ค่า pH ของสารละลายจึงเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

3. สารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งประกอบด้วย CH_3COOH เข้มข้น 1 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร และสารละลาย CH_3COONa เข้มข้น 0.5 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ค่า K_a ของ $CH_3COOH = 1.8 \times 10^{-5}$ mol/dm^3 log 1.8 = 0.2553 และ log 2 = 0.3010)

$$pH = -\log K_a - \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COONa]}$$

$$= -\log (1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{1}{0.5}$$

$$= 5 - \log 1.8 - \log 2$$

$$= 5 - 0.2553 - 0.3010$$

$$= 4.4437$$

4. เมื่อเติมสารละลาย HNO_3 เข้มข้น 0.05 โมล/ลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในสารละลายในข้อ 3. สารละลายใหม่จะมีค่า pH เท่าใด (กำหนดให้ log 1.8 = 0.2553 และ log 2 = 0.3010)

สารละลาย HNO_3 เข้มข้น 0.05 mol/dm^3 ปริมาตร 1 cm^3

สารละลาย 1000 cm^3 มี HNO_3 อยู่ 0.05 mol

สารละลาย 1 cm^3 มี HNO_3 อยู่ $\frac{0.05 \times 1}{1000} = 5 \times 10^{-5}$ mol

กรด HNO_3 แตกตัวให้ $H_3O^+ = 5 \times 10^{-5}$ mol ทำปฏิกิริยากับ CH_3COO^- ดังสมการ

$$CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + H_2O(l)$$

ณ ภาวะสมดุล มี CH_3COO^- คิดเป็น $0.5 - (5 \times 10^{-5}) = 0.49995$ mol

มี CH_3COOH คิดเป็น $1 + (5 \times 10^{-5}) = 1.00005$ mol

สารละลาย 1001 cm^3 มี CH_3COO^- อยู่ 0.49995 mol

สารละลาย 1000 cm^3 มี CH_3COO^- อยู่ $\frac{0.49995 \times 1000}{1001} = 0.4995$ mol

ดังนั้น สารละลายผสมมี $[CH_3COO^-] = 0.4995$ mol/dm^3

สารละลาย 1001 cm^3 มี CH_3COOH อยู่ 1.00005 mol

สารละลาย 1000 cm^3 มี CH_3COOH อยู่ $\frac{1.00005 \times 1000}{1001}$ = 0.9990 mol

ดังนั้น สารละลายผสมมี $[CH_3COOH]$ = 0.9990 mol/dm^3

$$pH = -\log K_a - \log \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$= -\log (1.8 \times 10^{-5}) - \log \frac{0.9990}{0.4995}$$

$$= 5 - \log 1.8 - \log 2$$

$$= 5 - 0.2553 - 0.3010$$

$$= 4.4437$$

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

ไฟฟ้าเคมี

เวลา 27 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1) คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
3) ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์
4) ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
5) ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
6) คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น
7) อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ
8) ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
9) สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

2. สาระการเรียนรู้

2.1 สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

1) เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

2) ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์
3) การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์
4) ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา
5) เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์
6) ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้เซลล์ชนิดนี้เรียกว่าเซลล์อิเล็กโทรลิติก
7) เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้อีก
8) เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
9) ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น

(พิจารณาตามหลักสูตรสถานศึกษา)

3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เลขออกซิเดชันเป็นค่าประจุไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมาของไอออนหรืออะตอมของธาตุ โดยคำนวณจากการรับหรือการจ่ายอิเล็กตรอน หรือการใช้พันธะร่วมกัน ซึ่งการเขียนเลขออกซิเดชันจะเขียนเครื่องหมาย + หรือ – ไว้หน้าตัวเลขเสมอ

ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกันจะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุที่อยู่ในสารประกอบในสมการเคมี หรือปฏิกิริยาที่มีการรับและจ่ายอิเล็กตรอน

การดุลสมการรีดอกซ์ มี 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง และการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือที่ต่อไว้ในสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานที่มีค่า E^0 เป็นศูนย์ ค่า E^0 ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสูงกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E^0 มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนต่ำกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่

เซลล์อิเล็กโทรไลติก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น

เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

การกัดกร่อนของโลหะ เป็นการที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ โลหะ แล้วทำให้โลหะนั้นเปลี่ยนสภาพเป็นไอออน หรือกลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือสารประกอบไฮดรอกไซด์

การป้องกันการกัดกร่อนของโหละ ทำได้หลายวิธี เช่น การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ การทาผิวของโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน การทำแคโทดิกโดยใช้โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำกว่าไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม การทำอะโนไดซ์โดยใช้กระแสไฟฟ้าทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์ และการทำรมดำซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีสีต่าง ๆ กันบนผิวของโลหะ

ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการทำงานร่วมกัน 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 4. มุ่งมั่นในการทำงาน

5. ชิ้นงาน/ภาระงาน (รวบยอด)

-

6. การวัดและการประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
6.1 การประเมินก่อนเรียน			
- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ประเมินตามสภาพจริง
6.2 การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม			
1) เลขออกซิเดชัน	- ตรวจใบงานที่ 5.1.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.1.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) ปฏิกิริยารีดอกซ์	- ตรวจใบงานที่ 5.2.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 5.2.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การดุลสมการรีดอกซ์	- ตรวจใบงานที่ 5.3.1 - ตรวจใบงานที่ 5.3.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.3.1 - ใบงานที่ 5.3.2 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
4) เซลล์กัลวานิก	- ตรวจใบงานที่ 5.4.1 - ตรวจใบงานที่ 5.4.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 5.4.1 - ใบงานที่ 5.4.2 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) ประเภทของเซลล์กัลวานิก	- ตรวจใบงานที่ 5.5.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.5.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
6) เซลล์อิเล็กโทรไลติก	- ตรวจใบงานที่ 5.6.1 - ตรวจใบงานที่ 5.6.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 5.6.1 - ใบงานที่ 5.6.2 - แบบฝึกหัด - ประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7) การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	- ตรวจใบงานที่ 5.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ใบงานที่ 5.7.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว - ประเมินการปฏิบัติการ	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
8) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
9) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
10) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
11) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
12) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6.3 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ประเมินตามสภาพจริง

7. กิจกรรมการเรียนรู้

- **แผนฯ ที่ 1 : เลขออกซิเดชัน** **เวลา 1 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 2 : ปฏิกิริยารีดอกซ์** **เวลา 2 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 3 : การดุลสมการรีดอกซ์** **เวลา 3 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 4 : เซลล์กัลวานิก** **เวลา 6 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 5 : ประเภทของเซลล์กัลวานิก** **เวลา 4 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 6 : เซลล์อิเล็กโทรไลติก** **เวลา 5 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 7 : การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน** **เวลา 4 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

- **แผนฯ ที่ 8 : ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า** **เวลา 2 ชั่วโมง**

  แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

(รวมเวลา 27 ชั่วโมง)

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สมดุลเคมี
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สมดุลเคมี
3) ใบงานที่ 5.1.1 เรื่อง เลขออกซิเดชัน
4) ใบงานที่ 5.2.1 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์
5) ใบงานที่ 5.3.1 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง
6) ใบงานที่ 5.3.2 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา
7) ใบงานที่ 5.4.1 เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก
8) ใบงานที่ 5.4.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

9) ใบงานที่ 5.5.1 เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก

10) ใบงานที่ 5.6.1 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

11) ใบงานที่ 5.6.2 เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

12) ใบงานที่ 5.7.1 เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

13) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย

14) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

15) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

16) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก

17) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ปฏิกิริยาในข้อใดจัดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน
   1. $Fe\ (s) \rightarrow Fe^{2+}\ (aq) + 2e^-$
   2. $Cu^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$
   3. $Cu\ (s) + 2Ag^+\ (aq) \rightarrow Cu^{2+}\ (aq) + Ag\ (s)$
   4. $Zn\ (s) + 2HCl\ (aq) \rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$
   5. $CH_3COOH\ (aq) + NaOH\ (aq) \rightarrow CH_3COONa\ (aq) + H_2O\ (l)$
2. สารที่ขีดเส้นใต้ในปฏิกิริยาในข้อใดที่เป็นตัวออกซิไดส์
   1. $\underline{4Al}\ (s) + 3O_2\ (g) \rightarrow 2Al_2O_3\ (s)$
   2. $CS_2\ (s) + \underline{3Cl_2}\ (g) \rightarrow CCl_4\ (l) + S_2Cl_2\ (l)$
   3. $SO_2\ (aq) + \underline{NO_2}\ (aq) \rightarrow SO_3\ (aq) + NO\ (aq)$
   4. $MnO_2\ (s) + \underline{4HCl}\ (aq) \rightarrow MnCl_2\ (aq) + 2H_2O\ (l) + Cl_2\ (g)$
   5. $2K_2Cr_2O_7\ (aq) + \underline{2H_2O}\ (l) + 3S\ (s) \rightarrow 3SO_2\ (g) + 4KOH\ (aq) + 2Cr_2O_3\ (s)$
3. จากปฏิกิริยา $2KMnO_4 + 3H_2C_2O_4 \rightarrow K_2CO_3 + 2MnO_2 + 5CO_2 + 3H_2O$ สารที่เป็นตัวรีดิวซ์มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลงอย่างไร
   1. +3 ไปเป็น +4
   2. +4 ไปเป็น +3
   3. +2 ไปเป็น +7
   4. +7 ไปเป็น +2
   5. +5 ไปเป็น +7
4. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ $K_2Cr_2O7 + 14HCl \rightarrow 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$ ข้อสรุปใดถูกต้อง
   1. HCl ถูกรีดิวซ์
   2. HCl เกิดรีดักชัน
   3. $K_2Cr_2O_7$ ถูกออกซิไดส์
   4. $K_2Cr_2O_7$ เกิดออกซิเดชัน
   5. Cr ใน $K_2Cr_2O_7$ เป็นตัวออกซิไดส์
5. ปฏิกิริยา $HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + S + H_2O$ เมื่อดุลสมการแล้ว ตัวเลขสัมประสิทธิ์หน้าโมเลกุลของ H_2O จะมีค่าเท่าใด
   1. 1
   2. 2
   3. 3
   4. 4
   5. 5
6. จงเขียนแผนภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมีของปฏิกิริยาต่อไปนี้

   $Zn\ (s) + Pb^{2+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Pb\ (s)$

   $E^0 = +0.63\ V$
   1. $Zn\ (s) \mid Pb^{2+}\ (aq) \parallel Zn^{2+}\ (aq) \mid Pb\ (s)$
   2. $Pb\ (s) \mid Pb^{2+}\ (aq) \parallel Zn^{2+}\ (aq) \mid Zn\ (s)$
   3. $Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq) \parallel Pb^{2+}\ (aq) \mid Pb\ (s)$
   4. $Zn^{2+}\ (aq) \mid Zn\ (s) \parallel Pb\ (s) \mid Pb^{2+}\ (aq)$
   5. $Pb^{2+}\ (aq) \mid Pb\ (s) \parallel Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq)$
7. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ให้ ดังนี้

   ก. $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$ $E^0 = -2.87\ V$

   ข. $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ $E^0 = 1.23\ V$

   ค. $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $E^0 = -0.83\ V$

   ง. $O_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 4OH^-$ $E^0 = 0.40\ V$

   จ. $ClO_4^- + 8H^+ + 7e^- \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2 + 4H_2O$ $E^0 = 1.55\ V$

   เซลล์กัลวานิกจะเกิดขึ้นได้เมื่อใด
   1. ครึ่งปฏิกิริยา ข. เกิดที่แอโนด ครึ่งปฏิกิริยา ง. เกิดที่แคโทด
   2. ครึ่งปฏิกิริยา ข. เกิดที่แอโนด ครึ่งปฏิกิริยา จ. เกิดที่แคโทด
   3. ครึ่งปฏิกิริยา ง. เกิดที่แคโทด ครึ่งปฏิกิริยา จ. เกิดที่แอโนด
   4. ครึ่งปฏิกิริยา ก. เกิดที่แคโทด ครึ่งปฏิกิริยา ค. เกิดที่แอโนด
   5. ครึ่งปฏิกิริยา ก. เกิดที่แคโทด ครึ่งปฏิกิริยา ข. เกิดที่แอโทด

8. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ในสารละลายกรด ที่อุณหภูมิ 298 เคลวิน ให้ดังนี้

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ $E^0 = +0.80$ V

$Na^+ + e^- \rightarrow Na$ $E^0 = -2.71$ V

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ $E^0 = +0.34$ V

$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ $E^0 = -0.76$ V

$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ $E^0 = -0.41$ V

$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$ $E^0 = +0.77$ V

ทำการทดลองจุ่มโลหะต่างๆ ลงในสารละลายหลายชนิดที่ภาวะมาตรฐาน ดังนี้

ก. จุ่ม Cu ลงในสารละลาย Ag

ข. จุ่ม Ag ลงในสารละลาย Fe^{3+}

ค. จุ่ม Fe ลงในสารละลาย Zn^{2+}

ง. จุ่ม Zn ลงในสารละลาย Na^+

การทดลองใดที่ทำให้โลหะเกิดการสึกกร่อน

1. การทดลอง ก. เท่านั้น
2. การทดลอง ก. และ ข.
3. การทดลอง ก. และ ค.
4. การทดลอง ข. ค. และ ง.
5. การทดลอง ก. ค. และ ง.

9. ในการแยกสารประกอบโพแทสเซียมโบรไมด์ที่หลอมเหลวด้วยกระแสไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แอโนดเป็นไปตามข้อใด

1. $K^+ + e^- \rightarrow K$
2. $K \rightarrow K^+ + e^-$
3. $Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$
4. $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$
5. $K^+ + Br^- \rightarrow KBr$

10. ถ้าต้องการชุบเหรียญทองแดงด้วยโลหะเงิน ควรใช้สารใดเป็นอิเล็กโทรไลต์ และสารใดเป็นแอโนด ตามลำดับ

1. สารละลายที่มี Ag^+ และโลหะเงิน
2. สารละลายที่มี Cu^{2+} และโลหะเงิน
3. สารละลายที่มี Ag^+ และเหรียญทองแดง
4. สารละลายที่มี Cu^{2+} และเหรียญทองแดง
5. สารละลายที่มี Ag^+ และ Cu^{2+} และโลหะเงิน

เฉลย **1.** 2 **2.** 3 **3.** 1 **4.** 5 **5.** 4 **6.** 3 **7.** 2 **8.** 1 **9.** 4 **10.** 1

แบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ปฏิกิริยาในข้อใดจัดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน
   1. $Na^+ (aq) + e^- \rightarrow Na (s)$
   2. $Mg (s) \rightarrow Mg^{2+} (aq) + 2e^-$
   3. $HNO_3 (aq) + NH_3 (aq) \rightarrow NH_4NO_3 (aq)$
   4. $Zn (s) + Cu^{2+} (aq) \rightarrow Zn^{2+} (aq) + Cu (s)$
   5. $2Ag (s) + H_2SO_4 (aq) \rightarrow Ag_2SO_4 (aq) + H_2(g)$
2. สารที่ขีดเส้นใต้ในปฏิกิริยาในข้อใดที่เป็นตัวรีดิวซ์
   1. $N_2 (g) + \underline{3H_2} (g) \rightarrow 2NH_3 (g)$
   2. $Zn (s) + \underline{Pb(NO_3)_2} (aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2 (aq) + Pb (s)$
   3. $2Ag(NO_3)_2 (aq) + \underline{BaCl_2} (aq) \rightarrow 2AgCl (s) + Ba(NO_3)_2 (aq)$
   4. $Cu (s) + \underline{4HNO_3} (aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2 (aq) + 2NO (g) + 2H_2O (l)$
   5. $\underline{2FeCl_3} (aq) + SnCl_2 (aq) \rightarrow 2FeCl_2 (aq) + SnCl_4 (aq)$
3. จากปฏิกิริยา $3Na_2SnO_2 + KClO_3 \rightarrow KCl + 3Na_2SnO_3$ สารที่เป็นตัวออกซิไดส์มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนแปลงอย่างไร
   1. +2 ไปเป็น +4
   2. +4 ไปเป็น +2
   3. -1 ไปเป็น +5
   4. +5 ไปเป็น -1
   5. +5 ไปเป็น +2
4. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ $2MnO_4^- + H_2O + 3NO_2^- \rightarrow 2MnO_2 + 3NO_3^- + 2OH^-$ ข้อสรุปใดไม่ถูกต้อง
   1. NO_2^- ถูกออกซิไดส์ด้วย MnO_4^-
   2. ปฏิกิริยานี้มีการให้หรือรับอิเล็กตรอน 3 ตัว
   3. ธาตุ N ใน NO_2^- มีการเปลี่ยนเลขออกซิเดชันไป 2
   4. ธาตุ Mn ใน MnO_4^- มีการเปลี่ยนเลขออกซิเดชันไป 3
   5. ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเขียนได้เป็น $NO_2^- + 2OH^- \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2e^-$
5. ปฏิกิริยา $aNa_2S_2O_3 + bI_2 \rightarrow cNaI + dNa_2S_4O_6$ เมื่อดุลสมการแล้ว a b c และ d จะมีค่าเท่าใด ตามลำดับ
   1. 1 2 1 และ 2
   2. 1 1 2 และ 2
   3. 2 1 2 และ 1
   4. 2 2 2 และ 1
   5. 2 1 1 และ 2
6. เซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่งเขียนแผนภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ดังนี้ $Sn (s) \mid Sn^{2+} (aq) \parallel Zn^{2+} (aq) \mid Zn (s)$ ปฏิกิริยารวมของเซลล์ไฟฟ้าเคมีเซลล์นี้ควรเป็นไปตามข้อใด
   1. $Sn^{2+} (s) + Zn (s) \rightarrow Zn^{2+} (s) + Sn (s)$
   2. $Zn^{2+} (s) + Sn (s) \rightarrow Sn^{2+} (s) + Zn (s)$
   3. $Sn^{2+} (aq) + Zn (s) \rightarrow Zn^{2+} (aq) + Sn (s)$
   4. $Zn^{2+} (s) + Sn (aq) \rightarrow Sn^{2+} (s) + Zn (aq)$
   5. $Zn^{2+} (aq) + Sn (s) \rightarrow Sn^{2+} (aq) + Zn (s)$
7. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ให้ ดังนี้

   $W^+ (aq) + e^- \rightarrow W (s)$ $E^0 = -0.15$ V

   $X^+ (aq) + e^- \rightarrow X (s)$ $E^0 = -0.42$ V

   $Y^+ (aq) + e^- \rightarrow Y (s)$ $E^0 = -0.78$ V

   $Z^+ (aq) + e^- \rightarrow Z (s)$ $E^0 = -1.14$ V

   1. $X (s) + Y^+ (aq) \rightarrow Y (s) + X^+ (aq)$
   2. $Y (s) + Z^+ (aq) \rightarrow Z (s) + Y^+ (aq)$
   3. $Y (s) + W^+ (aq) \rightarrow W (s) + Y^+ (aq)$
   4. $W (s) + Z^+ (aq) \rightarrow Z (s) + W^+ (aq)$
   5. $W (s) + X^+ (aq) \rightarrow X (s) + W^+ (aq)$

8. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ในสารละลายกรด ที่อุณหภูมิ 298 เคลวิน ให้ดังนี้

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ $E^0 = +0.80$ V

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ $E^0 = +0.34$ V

$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$ $E^0 = -0.14$ V

$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$ $E^0 = -0.23$ V

$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$ $E^0 = -0.40$ V

$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ $E^0 = -0.41$ V

$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$ $E^0 = -0.74$ V

$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ $E^0 = -0.76$ V

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ $E^0 = -1.71$ V

$K^+ + e^- \rightarrow K$ $E^0 = -2.93$ V

เมื่อนำโลหะ Sn มาจุ่มในสารละลายใด โลหะ Sn จึงจะไม่เกิดการสึกกร่อน

ก. สารละลายซิงค์ซัลเฟต

ข. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต

ค. สารละลายไอร์ออน (II) ไนเตรต

ง. สารละลายโพแทสเซียมโบรไมด์

1. สารละลาย ก. เท่านั้น
2. สารละลาย ข. เท่านั้น
3. สารละลาย ก. และ ข.
4. สารละลาย ก. ค. และ ง.
5. สารละลาย ข. ค. และ ง.

9. ในการแยกสารละลาย Na_2SO_4 ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้แท่งคาร์บอนเป็นอิเล็กโทรดจะได้สารใดเกิดขึ้นที่แอโนดและแคโทด ตามลำดับ กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ต่างๆ ให้ ดังนี้

$Na^+ + e^- \rightarrow Na$ $E^0 = -2.71$ V

$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$ $E^0 = +2.01$ V

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ $E^0 = +1.23$ V

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $E^0 = -0.83$ V

1. O_2 และ H_2
2. H_2 และ O_2
3. O_2 และ Na
4. $S_2O_8^{2-}$ และ Na
5. Na และ $S_2O_8^{2-}$

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อต้องการชุบแท่งเหล็กด้วยโครเมียม

1. ใช้โลหะโครเมียมเป็นแคโทด หรือขั้วลบ
2. ใช้แท่งเหล็กเป็นแอโนด หรือเป็นขั้วบวก
3. ใช้แท่งเหล็กเป็นแคโทด หรือเป็นขั้วบวก
4. ใช้โลหะโครเมียมเป็นแอโนด หรือขั้วบวก
5. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีไอออนของเหล็ก

เฉลย **1.** 2 **2.** 1 **3.** 4 **4.** 2 **5.** 3 **6.** 5 **7.** 3 **8.** 4 **9.** 1 **10.** 4

แบบประเมินการปฏิบัติการ แผนฯ ที่ 2,4,6,7

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนประเมินการปฏิบัติการของนักเรียนตามรายการที่กำหนด แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
		4	3	2	1
1	การออกแบบการทดลอง				
2	การดำเนินการทดลอง				
3	การนำเสนอ				
รวม					

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการ

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. การออกแบบการทดลอง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง แสดงถึงความคิดริเริ่ม	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธีถูกต้อง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ออกแบบการทดลองและใช้เทคนิควิธียังไม่ถูกต้อง	เข้าใจปัญหา ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ต้องอาศัยการแนะนำในการออกแบบการทดลอง
2. การดำเนินการทดลอง	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถูกต้องมีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ละเอียดรอบคอบครบถ้วนตามที่ต้องการ	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนครบถ้วนถูกต้องแต่ไม่มีการทำซ้ำ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง	การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามที่ต้องการ	การดำเนินการทดลองไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน
3. การนำเสนอ	เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน เหมาะสมสรุปผการทดลองถูกต้องมีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุป	นำเสนอข้อมูลถูกต้องครบถ้วน วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน สรุปผลการทดลองถูกต้อง มีการนำเหตุผลและความรู้มาอ้างอิงประกอบการสรุปผลการทดลอง	นำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วนนำเสนอผลการทดลองถูกต้อง	นำเสนอข้อมูลถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลไม่ครบถ้วน สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11–12	**ดีมาก**
9–10	**ดี**
7–8	**พอใช้**
ต่ำกว่า 6	**ปรับปรุง**

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	ความถูกต้องของเนื้อหา	☐	☐	☐
2	ความคิดสร้างสรรค์	☐	☐	☐
3	วิธีการนำเสนอผลงาน	☐	☐	☐
4	การนำไปใช้ประโยชน์	☐	☐	☐
5	การตรงต่อเวลา	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	การแสดงความคิดเห็น	☐	☐	☐
2	การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	☐	☐	☐
3	การทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	☐	☐	☐
4	ความมีน้ำใจ	☐	☐	☐
5	การตรงต่อเวลา	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ–สกุล ของนักเรียน	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14–15	**ดีมาก**
11–13	**ดี**
8–10	**พอใช้**
ต่ำกว่า 8	**ปรับปรุง**

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้าน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์	1.1 ยืนตรงเคารพธงชาติ และร้องเพลงชาติได้			
	1.2 เข้าร่วมกิจกรรมที่สร้างความสามัคคีปรองดอง และเป็นประโยชน์ต่อโรงเรียน			
	1.3 เข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนาที่ตนนับถือ ปฏิบัติตามหลักศาสนา			
	1.4 เข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวกับสถาบันพระมหากษัตริย์ตามที่โรงเรียนจัดขึ้น			
2. ซื่อสัตย์ สุจริต	2.1 ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง			
	2.2 ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง			
3. มีวินัย รับผิดชอบ	3.1 ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน			
4. ใฝ่เรียนรู้	4.1 รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ และนำไปปฏิบัติได้			
	4.2 รู้จักจัดสรรเวลาให้เหมาะสม			
	4.3 เชื่อฟังคำสั่งสอนของบิดา-มารดา โดยไม่โต้แย้ง			
	4.4 ตั้งใจเรียน			
5. อยู่อย่างพอเพียง	5.1 ใช้ทรัพย์สินและสิ่งของของโรงเรียนอย่างประหยัด			
	5.2 ใช้อุปกรณ์การเรียนอย่างประหยัดและรู้คุณค่า			
	5.3 ใช้จ่ายอย่างประหยัดและมีการเก็บออมเงิน			
6. มุ่งมั่นในการทำงาน	6.1 มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย			
	6.2 มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ			
7. รักความเป็นไทย	7.1 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย			
	7.2 เห็นคุณค่าและปฏิบัติตนตามวัฒนธรรมไทย			
8. มีจิตสาธารณะ	8.1 รู้จักช่วยพ่อแม่ ผู้ปกครอง และครูทำงาน			
	8.2 รู้จักการดูแลรักษาทรัพย์สมบัติและสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและโรงเรียน			

ลงชื่อ ..... **ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
51-60	ดีมาก
41-50	ดี
30-40	พอใช้
ต่ำกว่า 30	ปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เลขออกซิเดชัน

เวลา 1 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุเลขออกซิเดชันของธาตุต่าง ๆ ได้ (K)
2. ตรวจสอบค่าเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนได้ (P)
3. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เลขออกซิเดชันเป็นค่าประจุไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมาของไอออนหรืออะตอมของธาตุ โดยคำนวณจากการรับหรือการจ่ายอิเล็กตรอน หรือการใช้พันธะร่วมกัน ซึ่งการเขียนเลขออกซิเดชันจะเขียนเครื่องหมาย + หรือ – ไว้หน้าตัวเลขเสมอ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี และ Check for Understanding เพื่อวัดความรู้เดิมของนักเรียนก่อนเข้าสู่กิจกรรม
2. ครูถามคำถาม BIG QUESTION จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ดังนี้

   • เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยอะไรบ้าง และแต่ละองค์ประกอบมีหน้าที่อย่างไร

   จากนั้นให้นักเรียนในห้องร่วมกันตอบและแสดงความคิดเห็น โดยครูยังไม่ต้องเฉลย ซึ่งเมื่อเรียนจบในเนื้อหาที่สามารถเฉลยคำถามข้อนั้นๆ ได้ ให้ครูถามคำถามข้อนั้น แล้วให้นักเรียนตอบอีกครั้งหนึ่ง
3. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความหมายของเลขออกซิเดชัน และการหาเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนต่าง ๆ

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ว่า“*เลขออกซิเดชันของธาตุชนิดต่าง ๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร*” แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ หมู่ของธาตุ และชนิดของสารประกอบของธาตุนั้นๆ)*

2. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการหาเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ หรือไอออน และร่วมกันฝึกการคำนวณเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนจากตัวอย่างที่ 5.1 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูอธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ หรือไอออนและการคำนวณเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรือไอออนจากตัวอย่างที่ 5.1 จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง เลขออกซิเดชัน ดังนี้
    1) ธาตุอิสระทุกชนิดจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับเท่าใด

    (แนวตอบ : ศูนย์)

    2) เลขออกซิเดชันของออกซิเจนในสารประกอบซูเปอร์ออกไซด์และสารประกอบเปอร์ออกไซด์มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

    (แนวตอบ : ไม่เท่ากัน ในสารประกอบซูเปอร์ออกไซด์ ออกซิเจนจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ $-\frac{1}{2}$ ส่วนในสารประกอบเปอร์ออกไซด์ ออกซิเจนจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1)

    3) ธาตุแทรนซิชันทุกตัวจะมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าใช่หรือไม่

    (แนวตอบ : ไม่ใช่ Ag Zn และ Sc จะมีเลขออกซิเดชันได้ค่าเดียว โดย Ag มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1 Zn มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2 และ Sc มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ+3)

    4) สารประกอบจะมีผลรวมของเลขออกซิเดชันเป็นเท่าใด

    (แนวตอบ : ศูนย์)

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

5. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง เลขออกซิเดชัน ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
6. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.1.1 เรื่อง เลขออกซิเดชัน**

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
8. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ เลขออกซิเดชันเป็นค่าประจุไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมาของไอออนหรืออะตอมของธาตุ โดยคำนวณจากการรับหรือการจ่ายอิเล็กตรอน หรือการใช้พันธะร่วมกัน ซึ่งการเขียนเลขออกซิเดชันจะเขียนเครื่องหมาย + หรือ – ไว้หน้าตัวเลขเสมอ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.1.1 เรื่อง เลขออกซิเดชัน
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ประเมินตามสภาพจริง
7.2 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1) เลขออกซิเดชัน	- ตรวจใบงานที่ 5.1.1 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 5.1.1 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
	- ตรวจสมุดประจำตัว	- สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) ใบงานที่ 5.1.1 เรื่อง เลขออกซิเดชัน

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

ใบงานที่ 5.1.1

เรื่อง เลขออกซิเดชัน

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน

1. ไอออนธาตุหมู่ 1A และหมู่ 2A มีเลขออกซิเดชันเท่ากับเท่าใด ตามลำดับ

.....

2. จงระบุเลขออกซิเดชันของแต่ละธาตุในสารประกอบ NH_4Cl

.....

3. จงระบุเลขออกซิเดชันของแต่ละธาตุในสารประกอบ $KMnO_4$

.....

4. สารต่อไปนี้ P_4 S^{2-} NH_3 S_8 CO_3^{2-} CO_2 NO_2^- และ CO สารใดมีเลขออกซิเดชันเท่ากับศูนย์

.....

5. ธาตุ O และ Cr ในสารประกอบ OF_2 และ $K_2Cr_2O_7$ มีเลขออกซิเดชันเท่ากับเท่าใด ตามลำดับ

.....

6. สารต่อไปนี้ O_2 CO_2 H_2O และ H_2O_2 สารใดที่ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับศูนย์

.....

7. สารต่อไปนี้ NH_3 H_2O NaH และ $HClO_3$ สารใดที่ไฮโดรเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

.....

8. สารต่อไปนี้ HCl HClO $HClO_2$ และ $HClO_3$ สารใดที่คลอรีนมีเลขออกซิเดชันสูงที่สุด

.....

9. เลขออกซิเดชันของ X ใน $KX(SO_4)_2$ $[X(NH_3)_6]Cl_2$ $K_2X(CN)_6$ และ $[X(H_2O)_6]Br_3$ มีค่าเท่าใด ตามลำดับ

.....

10. เลขออกซิเดชันของ Cr ใน Cr_2O_3 $Cr_2O_7^{2-}$ CrO_4^{2-} $PbCrO_4$ $KCr(SO_4)_2$ $K_3Cr(CN)_6$ และ$(NH_4)_2Cr_2O_7$ มีค่าเท่าใด ตามลำดับ

.....

ใบงานที่ 5.1.1

เฉลย

เรื่อง เลขออกซิเดชัน

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน

1. ไอออนธาตุหมู่ 1A และหมู่ 2A มีเลขออกซิเดชันเท่ากับเท่าใด ตามลำดับ

   +1 และ +2 ตามลำดับ

2. จงระบุเลขออกซิเดชันของแต่ละธาตุในสารประกอบ NH_4Cl

   N มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -3 H มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1 และ Cl มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

3. จงระบุเลขออกซิเดชันของแต่ละธาตุในสารประกอบ $KMnO_4$

   K มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1 Mn มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +7 และ O มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -2

4. สารต่อไปนี้ P_4 S^{2-} NH_3 S_8 CO_3^{2-} CO_2 NO_2^- และ CO สารใดมีเลขออกซิเดชันเท่ากับศูนย์

   P_4 NH_3 S_8 CO_2 และ CO

5. ธาตุ O และ Cr ในสารประกอบ OF_2 และ $K_2Cr_2O_7$ มีเลขออกซิเดชันเท่ากับเท่าใด ตามลำดับ

   +2 และ +6 ตามลำดับ

6. สารต่อไปนี้ O_2 CO_2 H_2O และ H_2O_2 สารใดที่ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับศูนย์

   O_2

7. สารต่อไปนี้ NH_3 H_2O NaH และ $HClO_3$ สารใดที่ไฮโดรเจนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1

   NaH

8. สารต่อไปนี้ HCl HClO $HClO_2$ และ $HClO_3$ สารใดที่คลอรีนมีเลขออกซิเดชันสูงที่สุด

   $HClO_3$

9. เลขออกซิเดชันของ X ใน $KX(SO_4)_2$ $[X(NH_3)_6]Cl_2$ $K_2X(CN)_6$ และ $[X(H_2O)_6]Br_3$ มีค่าเท่าใด ตามลำดับ

   +3 +2 +4 และ +3 ตามลำดับ

10. เลขออกซิเดชันของ Cr ใน Cr_2O_3 $Cr_2O_7^{2-}$ CrO_4^{2-} $PbCrO_4$ $KCr(SO_4)_2$ $K_3Cr(CN)_6$ และ$(NH_4)_2Cr_2O_7$ มีค่าเท่าใด ตามลำดับ

    +3 +6 +6 +6 +3 +3 และ +6 ตามลำดับ

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ปฏิกิริยารีดอกซ์

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. คำนวณเลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน และระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์
3. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในปฏิกิริยาได้ (K)
2. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (K)
3. อธิบายความหมายของตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้ (K)
4. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ได้ (K)
5. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (P)
6. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลายได้ (P)
7. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
8. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
9. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เคมีไฟฟ้าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน ซึ่งเป็นเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมธาตุเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ - ปฏิกิริยารีดอกซ์มีทั้งครึ่งปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่า ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่า	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์ - การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์สามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองของปฏิกิริยารีดอกซ์	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์

ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์

ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ว่า *"ธาตุแต่ละชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าหรือไม่"* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : ธาตุบางชนิดจะมีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียว แต่ธาตุบางชนิดสามารถมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า)*
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับเลขออกซิเดชัน จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมว่า *"ในปฏิกิริยาบางปฏิกิริยาธาตุชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นได้ ส่วนธาตุอีกชนิดหนึ่งอาจมีเลขออกซิเดชันลดลงได้ ซึ่งเรียกปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุนี้ว่าปฏิกิริยารีดอกซ์"*

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
2. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
   - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
   - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
3. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
5. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปผลจากการทำการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
   - สารละลาย $CuSO_4$ มีสีฟ้า และในสารละลายมี Cu^{2+} ส่วนสารละลาย $ZnSO_4$ ไม่มีสี และในสารละลายมี Zn^{2+}
   - การทดลองที่เกิดปฏิกิริยา คือ Zn จุ่มอยู่ในสารละลาย Cu^{2+} และมี Cu กับ Zn^{2+} เกิดขึ้น แสดงว่า มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่าง Zn กับ Cu^{2+} หลังเกิดปฏิกิริยาแล้ว ในสารละลายจะมี Zn^{2+} เพิ่มขึ้น ส่วน Cu^{2+} ลดลง ส่งผลให้สารละลายมีสีฟ้าจางลง

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

6. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยา จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมีแล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
7. ครูให้นักเรียนร่วมกันระบุตัวรีดิวซ์ ตัวออกซิไดส์ และเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง จากตัวอย่างที่ 5.2-5.5 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมีจากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
8. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้
   1) จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้จัดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ เพราะเหตุใด
      - $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
        (แนวตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)
      - $2CeO_2 + 8HCl \rightarrow 2CeCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$
        (แนวตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)
      - $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
        (แนวตอบ : เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารเปลี่ยนแปลง)
      - $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

(แนวตอบ : ไม่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เนื่องจากเลขออกซิเดชันของสารไม่เปลี่ยนแปลง)

2) จงเขียนสมการแสดงครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งระบุตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์

- $Mg\ (s) + 2H^+\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$

  (แนวตอบ : ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Mg\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2e^-$
  ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $2H^+\ (aq) + 2e^- \rightarrow H_2\ (g)$
  ตัวออกซิไดส์ คือ $H^+\ (aq)$
  ตัวรีดิวซ์ คือ $Mg\ (s)$)

- $Zn\ (s) + 2Ag^+\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2Ag\ (s)$

  (แนวตอบ : ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$
  ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Ag^+\ (aq) + e^- \rightarrow Ag\ (s)$
  ตัวออกซิไดส์ คือ $Ag^+\ (aq)$
  ตัวรีดิวซ์ คือ $Zn\ (s)$)

- $Ca\ (s) + Cl_2\ (aq) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2Cl^-\ (aq)$

  (แนวตอบ : ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ $Ca\ (s) \rightarrow Ca^{2+}\ (aq) + 2e^-$
  ปฏิกิริยารีดักชัน คือ $Cl_2\ (aq) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-\ (aq)$
  ตัวออกซิไดส์ คือ $Cl_2\ (aq)$
  ตัวรีดิวซ์ คือ $Ca\ (s)$)

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

9. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
10. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.2.1 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์**
11. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
12. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- ปฏิกิริยาที่สารจ่ายอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารที่ให้อิเล็กตรอนกับสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์
- ปฏิกิริยาที่สารรับอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน โดยสารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น แล้วมีเลขออกซิเดชันลดลง เรียกว่า ตัวออกซิไดส์
- ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันจัดเป็นครึ่งปฏิกิริยา เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์

(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.2.1 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) ปฏิกิริยารีดอกซ์	- ตรวจใบงานที่ 5.2.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.2.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- ระดับคุณภาพ 2

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

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) ใบงานที่ 5.2.1 เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

4) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและไอออนในสารละลาย

5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 5.2.1
เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์

1. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

ปฏิกิริยาที่ 1 : $2FeS + 3O_2 \rightarrow 2FeO + 2SO_2$

ปฏิกิริยาที่ 2 : $5ClO_3^- + 3I_2 + 3H_2O \rightarrow 6IO_3^- + 6H^+ + 5Cl^-$

ปฏิกิริยาที่ 3 : $2HCl + Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaCl + SO_2 + H_2O + S$

ปฏิกิริยาที่ 4 : $SO_2 + Ag_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2Ag + CO_2 + H_2SO_4$

ปฏิกิริยาที่ 5 : $2MnO_4^- + 6H^+ + 5SO_3^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 3H_2O + 5SO_4^{2-}$

1) ปฏิกิริยาที่ 1 ตัวรีดิวซ์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....
ตัวออกซิไดส์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....

2) ปฏิกิริยาที่ 2 ตัวรีดิวซ์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....
ตัวออกซิไดส์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....

3) ปฏิกิริยาที่ 3 ตัวรีดิวซ์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....
ตัวออกซิไดส์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....

4) ปฏิกิริยาที่ 4 ตัวรีดิวซ์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....
ตัวออกซิไดส์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....

5) ปฏิกิริยาที่ 5 ตัวรีดิวซ์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....
ตัวออกซิไดส์ คือ ..... มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ .....

2. จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ ถ้าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ให้ระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ และสารใดเป็นตัวออกซิไดส์

ปฏิกิริยา	ปฏิกิริยารีดอกซ์		ตัวรีดิวซ์	ตัวออกซิไดส์
	เป็น	ไม่เป็น		
$Sn^{2+} + 2Fe^{3+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$				
$2CrO_4^{2-} + 2H_3O^+ \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O$				
$CS_2 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_4 + S_2Cl_2$				
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$				
$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow 3HCl + H_3PO_3$				
$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$				
$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$				
$Cr_2O_7^{2-} + 2OH^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + H_2O$				
$2CuCl \rightarrow CuCl_2 + Cu$				

ใบงานที่ 5.2.1

เฉลย

เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์

1. พิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

ปฏิกิริยาที่ 1 : $2FeS + 3O_2 \rightarrow 2FeO + 2SO_2$

ปฏิกิริยาที่ 2 : $5ClO_3^- + 3I_2 + 3H_2O \rightarrow 6IO_3^- + 6H^+ + 5Cl^-$

ปฏิกิริยาที่ 3 : $2HCl + Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaCl + SO_2 + H_2O + S$

ปฏิกิริยาที่ 4 : $SO_2 + Ag_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2Ag + CO_2 + H_2SO_4$

ปฏิกิริยาที่ 5 : $2MnO_4^- + 6H^+ + 5SO_3^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 3H_2O + 5SO_4^{2-}$

1) ปฏิกิริยาที่ 1 ตัวรีดิวซ์ คือ FeS มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 6
ตัวออกซิไดส์ คือ O_2 มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 2

2) ปฏิกิริยาที่ 2 ตัวรีดิวซ์ คือ I_2 มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 5
ตัวออกซิไดส์ คือ ClO_3^- มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 6

3) ปฏิกิริยาที่ 3 ตัวรีดิวซ์ คือ $Na_2S_2O_3$ มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 2
ตัวออกซิไดส์ คือ $Na_2S_2O_3$ มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 2

4) ปฏิกิริยาที่ 4 ตัวรีดิวซ์ คือ SO_2 มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 2
ตัวออกซิไดส์ คือ Ag_2CO_3 มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 1

5) ปฏิกิริยาที่ 5 ตัวรีดิวซ์ คือ SO_3^{2-} มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 2
ตัวออกซิไดส์ คือ MnO_4^- มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันไปเท่ากับ 5

2. จงระบุว่าปฏิกิริยาที่กำหนดให้เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่ ถ้าเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ให้ระบุว่าสารใดเป็นตัวรีดิวซ์ และสารใดเป็นตัวออกซิไดส์

ปฏิกิริยา	ปฏิกิริยารีดอกซ์		ตัวรีดิวซ์	ตัวออกซิไดส์
	เป็น	ไม่เป็น		
$Sn^{2+} + 2Fe^{3+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$	✓		Sn^{2+}	Fe^{3+}
$2CrO_4^{2-} + 2H_3O^+ \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O$		✓	-	-
$CS_2 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_4 + S_2Cl_2$	✓		CS_2	Cl_2
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$			CH_4	O_2
$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow 3HCl + H_3PO_3$		✓	-	-
$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$	✓		NaH	H_2O
$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$	✓		Zn	HCl
$Cr_2O_7^{2-} + 2OH^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + H_2O$		✓	-	-
$2CuCl \rightarrow CuCl_2 + Cu$	✓		CuCl	CuCl

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

การดุลสมการรีดอกซ์

เวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยาได้ (K)
2. ตรวจสอบการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้ (P)
3. ตรวจสอบการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาได้ (P)
4. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนแทนได้ด้วยสมการรีดอกซ์ ซึ่งการดุลสมการรีดอกซ์ทำได้โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุที่อยู่ในสารประกอบในสมการเคมี หรือปฏิกิริยาที่มีการรับและจ่ายอิเล็กตรอน

การดุลสมการรีดอกซ์ มี 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงและการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ว่า *"การดุลสมการคืออะไร"* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย
   (แนวตอบ : การทำให้จำนวนอะตอมของธาตุหรือสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยาเกิดความสมดุลระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตามหลักการของกฎทรงมวล)
2. ครูยกตัวอย่างสมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์และไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันดุลสมการ และอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การดุลสมการรีดอกซ์โดยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้แต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง และร่วมกันฝึกการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง จากตัวอย่างที่ 5.6-5.10 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

2. ครูสุ่มนักเรียน 5 คู่ ออกมาแสดงวิธีการดุลสมการจากตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
3. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

จงดุลสมการรีดอกซ์ต่อไปนี้ $Fe_2O_3 + C \rightarrow Fe + CO_2$ โดยใช้เลขออกซิเดชัน

วิธีทำ

เพิ่มขึ้น $4 \times 3 = 12$

$$\overset{+3}{Fe_2O_3} + \overset{0}{C} \rightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{CO_2}$$

ลดลง $3 \times 4 = 12$

$$\downarrow$$

$$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$$

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

4. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยให้แต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับหลักการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา และร่วมกันฝึกการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาจากตัวอย่างที่ 5.11-5.16 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี *(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)*
5. ครูสุ่มนักเรียน 6 คู่ ออกมาแสดงวิธีการดุลสมการจากตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

6. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา โดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้

1) จงดุลสมการรีดอกซ์ต่อไปนี้ $NO_2^- + Al \rightarrow NH_3 + AlO_2^-$ โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาในกรด

วิธีทำ ปฏิกิริยารีดักชัน : +3 -3

$$NO_2^- \rightarrow NH_3$$

$$NO_2^- + 6e^- \rightarrow NH_3$$

$$NO_2^- + 6e^- \rightarrow NH_3 + 2H_2O$$

$$NO_2^- + 6e^- + 7H^+ \rightarrow NH_3 + 2H_2O \quad \text{..... (1)}$$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : 0 +3

$$Al \rightarrow AlO_2^-$$

$$Al \rightarrow AlO_2^- + 3e^-$$

$$Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^- + 3e^-$$

$$2(Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^- + 3e^- + 4H^+)$$

$$2Al + 4H_2O \rightarrow 2AlO_2^- + 6e^- + 8H^+ \quad \text{..... (2)}$$

(1) + (2) $NO_2^- + 2Al + 4H_2O \rightarrow NH_3 + 2AlO_2^- + H^+)$

2) จงดุลสมการรีดอกซ์ต่อไปนี้ $Fe^{2+} + MnO_4^- \rightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+}$ โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาในเบส

วิธีทำ: ปฏิกิริยารีดักชัน : +7 +2

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$$

$$MnO_4^- + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}$$

$$MnO_4^- + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

$$MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \text{..... (1)}$$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : +2 +3

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$$

$$5(Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-)$$

$$5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + 5e^- \quad \text{..... (2)}$$

(1) + (2) $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ + 8OH^- \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O + 8OH^-$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H_2O \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O + 8OH^-$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 4H_2O \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 8OH^-)$$

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับวิธีการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงและวิธีครึ่งปฏิกิริยา โดยครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการดุลสมการรีดอกซ์ทั้ง 2 วิธีนี้ จะให้คำตอบที่เหมือนกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์ ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
9. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.3.1 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง**
10. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.3.2 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา**
11. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
12. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้

ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุที่อยู่ในสารประกอบในสมการเคมี หรือปฏิกิริยาที่มีการรับและจ่ายอิเล็กตรอน

การดุลสมการรีดอกซ์ มี 2 วิธี คือ การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง และการดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.3.1 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.3.2 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) การดุลสมการรีดอกซ์	- ตรวจใบงานที่ 5.3.1 - ตรวจใบงานที่ 5.3.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.3.1 - ใบงานที่ 5.3.2 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
3) ใบงานที่ 5.3.1 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง
4) ใบงานที่ 5.3.2 เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา
5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

ใบงานที่ 5.3.1

เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง

<u>คำชี้แจง</u> : ดุลสมการรีดอกซ์ที่กำหนดให้โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง

1. $SnCl_2 + H_2SO_4 + HCl \rightarrow SnCl_4 + H_2S + H_2O$

2. $I_2 + KOH \rightarrow KIO_3 + KI + H_2O$

3. $Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$

4. $KIO_3 + KI + H_2SO_4 \rightarrow KI_3 + K_2SO_4 + H_2O$

ใบงานที่ 5.3.1

เฉลย

เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง

<u>คำชี้แจง</u> : ดุลสมการรีดอกซ์ที่กำหนดให้โดยใช้เลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลง

1. $SnCl_2 + H_2SO_4 + HCl \rightarrow SnCl_4 + H_2S + H_2O$

เพิ่มขึ้น $2 \times 4 = 8$

+2 +6 +4 -2

$SnCl_2 + H_2SO_4 + HCl \rightarrow SnCl_4 + H_2S + H_2O$

ลดลง $8 \times 1 = 8$

↓

$4SnCl_2 + H_2SO_4 + HCl \rightarrow 4SnCl_4 + H_2S + H_2O$

↓

$4SnCl_2 + H_2SO_4 + 8HCl \rightarrow 4SnCl_4 + H_2S + H_2O$

2. $I_2 + KOH \rightarrow KIO_3 + KI + H_2O$

เพิ่มขึ้น $5 \times 2 \times 1 = 10$

0 0 +5 -1

$I_2 + I_2 + KOH \rightarrow KIO_3 + KI + H_2O$

ลดลง $1 \times 2 \times 5 = 10$

↓

$I_2 + 5I_2 + KOH \rightarrow 2KIO_3 + 10KI + H_2O$

↓

$I_2 + 5I_2 + 12KOH \rightarrow 2KIO_3 + 10KI + 6H_2O$

↓

$6I_2 + 12KOH \rightarrow 2KIO_3 + 10KI + 6H_2O$

3. $Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$

เพิ่มขึ้น $1 \times 3 \times 2 = 6$

+2 +6 +3 +3

$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$

ลดลง $3 \times 2 = 6$

↓

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + H_2O$

↓

$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

4. $KIO_3 + KI + H_2SO_4 \rightarrow KI_3 + K_2SO_4 + H_2O$

เพิ่มขึ้น $\frac{2}{3} \times 3 \times 3 \times 8 = 48$

+5 -1 $-\frac{1}{3}$ $-\frac{1}{3}$

$KIO_3 + KI + H_2SO_4 \rightarrow KI_3 + KI_3 + K_2SO_4 + H_2O$

ลดลง $\frac{16}{3} \times 3 \times 3 = 48$

↓

$KIO_3 + 8KI + H_2SO_4 \rightarrow \frac{1}{3}KI_3 + \frac{8}{3}KI_3 + K_2SO_4 + H_2O$

↓

$KIO_3 + 8KI + 3H_2SO_4 \rightarrow \frac{1}{3}KI_3 + \frac{8}{3}KI_3 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$

↓

$KIO_3 + 8KI + 3H_2SO_4 \rightarrow 3KI_3 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$

ใบงานที่ 5.3.2

เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

<u>คำชี้แจง</u> : ดุลสมการรีดอกซ์ที่กำหนดให้โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

1. $H_2MoO_4 + Cr^{2+} \rightarrow Mo + Cr^{3+}$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในกรด)

2. $Mn^{2+} + NaBiO_3 \rightarrow Bi^{3+} + MnO_4^- + Na^+$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในกรด)

3. $Al + NO_2^- \rightarrow NH_3 + Al(OH)_4^-$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในเบส)

4. $Br_2 \rightarrow BrO_3^- + Br^-$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในเบส)

ใบงานที่ 5.3.2

เฉลย

เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

<u>คำชี้แจง</u> : ดุลสมการรีดอกซ์ที่กำหนดให้โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยา

1. $H_2MoO_4 + Cr^{2+} \rightarrow Mo + Cr^{3+}$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในกรด)

ปฏิกิริยารีดักชัน : +6 0

$H_2MoO_4 \rightarrow Mo$

$H_2MoO_4 + 6e^- \rightarrow Mo$

$H_2MoO_4 + 6e^- \rightarrow Mo + 4H_2O$

$H_2MoO_4 + 6e^- + 6H^+ \rightarrow Mo + 4H_2O$ ..... (1)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : +2 +3

$Cr^{2+} \rightarrow Cr^{3+}$

$6(Cr^{2+} \rightarrow Cr^{3+} + e^-)$

$6Cr^{2+} \rightarrow 6Cr^{3+} + 6e^-$ ..... (2)

(1) + (2) $H_2MoO_4 + 6Cr^{2+} + 6H^+ \rightarrow Mo + 6Cr^{3+} + 4H_2O$

2. $Mn^{2+} + NaBiO_3 \rightarrow Bi^{3+} + MnO_4^- + Na^+$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในกรด)

ปฏิกิริยารีดักชัน : +5 +3

$NaBiO_3 \rightarrow Bi^{3+}$

$NaBiO_3 + 2e^- \rightarrow Bi^{3+} + Na^+$

$NaBiO_3 + 2e^- \rightarrow Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O$

$5(NaBiO_3 + 2e^- + 6H^+ \rightarrow Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O)$

$5NaBiO_3 + 10e^- + 30H^+ \rightarrow 5Bi^{3+} + 5Na^+ + 15H_2O$ ..... (1)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : +2 +7

$Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^-$

$Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^- + 5e^-$

$Mn^{2+} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^- + 5e^-$

$2(Mn^{2+} + 4H_2O \rightarrow MnO_4^- + 5e^- + 8H^+)$

$2Mn^{2+} + 8H_2O \rightarrow 2MnO_4^- + 10e^- + 16H^+$ ..... (2)

(1) + (2) $2Mn^{2+} + 5NaBiO_3 + 14H^+ \rightarrow 5Bi^{3+} + 2MnO_4^- + 5Na^+ + 7H_2O$

3. $Al + NO_2^- \rightarrow NH_3 + Al(OH)_4^-$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในเบส)

ปฏิกิริยารีดักชัน : +3 -3

$NO_2^- \rightarrow NH_3$

$NO_2^- + 6e^- \rightarrow NH_3$

$NO_2^- + 6e^- \rightarrow NH_3 + 2H_2O$

$NO_2^- + 6e^- + 7H^+ \rightarrow NH_3 + 2H_2O$ ..... (1)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : 0 +3

$Al \rightarrow Al(OH)_4^-$

$Al \rightarrow Al(OH)_4^- + 3e^-$

$Al + 4H_2O \rightarrow Al(OH)_4^- + 3e^-$

$2(Al + 4H_2O \rightarrow Al(OH)_4^- + 3e^- + 4H^+)$

$2Al + 8H_2O \rightarrow 2Al(OH)_4^- + 6e^- + 8H^+$ ..... (2)

(1) + (2) $2Al + NO_2^- + 6H_2O \rightarrow NH_3 + 2Al(OH)_4^- + H^+$

$2Al + NO_2^- + 6H_2O + OH^- \rightarrow NH_3 + 2Al(OH)_4^- + H^+ + OH^-$

$2Al + NO_2^- + 6H_2O + OH^- \rightarrow NH_3 + 2Al(OH)_4^- + H_2O$

$2Al + NO_2^- + 5H_2O + OH^- \rightarrow NH_3 + 2Al(OH)_4^-$

4. $Br_2 \rightarrow BrO_3^- + Br^-$ (ใช้ครึ่งปฏิกิริยาในเบส)

ปฏิกิริยารีดักชัน : 0 -1

$Br_2 \rightarrow Br^-$

$Br_2 + e^- \rightarrow Br^-$

$5(Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-)$

$5Br_2 + 10e^- \rightarrow 10Br^-$ ..... (1)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน : 0 +5

$Br_2 \rightarrow BrO_3^-$

$Br_2 \rightarrow BrO_3^- + 5e^-$

$Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 10e^-$

$Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 10e^-$

$Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 10e^- + 12H^+$ ..... (2)

(1) + (2) $6Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+$

$6Br_2 + 6H_2O + 12OH^- \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+ + 12OH^-$

$6Br_2 + 6H_2O + 12OH^- \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 12H_2O$

$6Br_2 + 12OH^- \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 6H_2O$

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

เซลล์กัลวานิก

เวลา 6 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

1. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
2. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์กัลวานิกและบอกได้ว่าขั้วไฟฟ้าใดเป็นขั้วแอโนดหรือขั้วแคโทด รวมทั้งบอกหน้าที่ของสะพานเกลือได้ (K)
2. อธิบายวิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ และความหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ได้ (K)
3. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของสารจากค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ได้ (K)
4. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเมื่อนำครึ่งเซลล์ที่ทราบค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์มาต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานได้ (K)
8. คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์โดยใช้ค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ได้ (K)
6. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ (P)
7. เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้ (P)
5. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้ (P)
10. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
11. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
12. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์ - ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดได้เอง ต้องมีการให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้เซลล์ชนิดนี้เรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก	

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือที่ต่อไว้ในสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานที่มีค่า E^0 เป็นศูนย์ ค่า E^0 ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสูงกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E^0 มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนต่ำกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ว่า *"ถ่านไฟฉายกับแบตเตอรี่มีหลักการทำงานอย่างไร"* แล้วให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : ถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีที่บรรจุอยู่ภายใน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ซึ่งส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้า)*
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของแหล่งพลังงานและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และรถยนต์ เปรียบเทียบกับปฏิกิริยาและแหล่งพลังงานที่ใช้ในการทดลองแยกน้ำ การชุบโลหะ เพื่อนำไปสู่การศึกษาเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลติก
3. ครูยกตัวอย่างปฏิกิริยารีดอกซ์ในชีวิตประจำวัน จากนั้นนำเข้าสู่ปฏิกิริยารีดอกซ์ในเซลล์เคมีไฟฟ้า

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี จากนั้นนักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี หน้าที่ของสะพานเกลือ ความหมายของครึ่งเซลล์
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
3. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
    - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
    - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
    - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
    - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
4. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
6. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า “*เมื่อนำ 2 ครึ่งเซลล์ต่างชนิดกันมาต่อด้วยสะพานเกลือ แล้วต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์ พบว่า เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปจากขีดศูนย์ แสดงว่า มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากขั้วโลหะหนึ่งไปยังอีกขั้วโลหะหนึ่งซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าไม่เท่ากัน และเมื่อนำหลอดไฟมาต่อเข้ากับวงจร พบว่า หลอดไฟจะสว่าง แสดงว่า มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร และเรียกเซลล์ไฟฟ้าเคมีลักษณะนี้ว่า เซลล์กัลวานิก*”

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

7. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน โดยแต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกที่แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์ไฟฟ้าเคมี และร่วมกันฝึกการคำนวณตัวอย่างที่ 5.17 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
8. ครูสุ่มนักเรียน 1 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
9. ครูยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวเซลล์ไฟฟ้าเคมี แล้วให้นักเรียนฝึกเขียนสมการเคมีที่แสดงปฏิกิริยาที่แอโนด แคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ที่แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
10. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี การเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

11. ครูวาดรูปเซลล์เคมีไฟฟ้าของ Zn (s)$|$ Zn^{2+} (aq, 1 M) $\|$ Cu^{2+} (aq, 1 M)$|$ Cu (s) บนกระดาน พร้อมกับอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้วแอโนด แคโทด ปฏิกิริยารีดอกซ์
12. ครูอธิบายว่า *“ค่าที่วัดจากโวลต์มิเตอร์เป็นค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ จากนั้นถามนักเรียนว่าแล้วนักวิทยาศาสตร์จะมีวิธีการหาค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของ Zn (s)$|$ Zn^{2+} (aq, 1 M) $\|$ Cu^{2+} (aq, 1 M)$|$ Cu (s) ได้อย่างไร”* เพื่อนำเข้าสู่เรื่องและศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์
13. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ และการนำค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันไปใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของสาร จากนั้นร่วมกันฝึกการคำนวณจากตัวอย่างที่ 5.18-5.21 จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี *(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)*

14. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ วิธีวัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - ครึ่งเซลล์ที่รับอิเล็กตรอนมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าครึ่งเซลล์ที่ให้อิเล็กตรอน ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแคโทดจึงสูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วแอโนด
    - ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์เป็นผลต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ที่มีศักย์สูงกับศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ที่มีศักย์ต่ำ เขียนแสดงได้ ดังนี้

$$E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$$

    - ถ้าวัดศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ใด ๆ ได้เท่ากับศูนย์ แสดงว่า ครึ่งเซลล์ทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน
15. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานที่มีค่า E^0 เป็นศูนย์ ค่า E^0 ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสูงกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E^0 มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนต่ำกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน
    - จากตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน พบว่า ธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่อยู่เหนือกว่าสามารถรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่อยู่ถัดลงมา แสดงว่า F_2 เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด ส่วนธาตุหรือไอออนในปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ที่อยู่ต่ำกว่าจะให้อิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าธาตุหรือไอออนที่อยู่เหนือขึ้นไป แสดงว่า Li เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีที่สุด
16. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (E^0_r) ไปใช้เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของสาร ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“สารที่มีค่า E^0_r มากกว่า แสดงว่า เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีกว่า และเมื่ออยู่ในรูปของตัวรีดิวซ์ ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์จะน้อยกว่า”*
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

17. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า *“นอกจากค่า E^0 จะนำไปใช้เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ของสารได้แล้ว ค่า E^0 ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้อีกบ้าง”* *(แนวตอบ : สามารถนำค่า E^0 ไปใช้ในการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์)*
18. ครูให้นักเรียนร่วมกันทำนายว่า *“ถ้าต่อเซลล์เคมีไฟฟ้าของ $Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq,1\ M) \parallel Ag^{1+}\ (aq,\ 1\ M) \mid Ag\ (s)$ จะได้ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่าใด”*
19. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน (คู่เดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา แล้วร่วมกันฝึกการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากตัวอย่างที่ 5.22-5.26 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
20. ครูสุ่มนักเรียน 5 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

21. ครูให้ความรู้กับนักเรียนว่า *“เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เอง ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ เรียกเซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดนี้ว่าเซลล์กัลวานิก แต่ถ้าเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นลบ แสดงว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้เอง”*
22. นักเรียนจับคู่กับเพื่อน (คู่เดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา แล้วร่วมกันฝึกทำโจทย์การทำนายทิศทางของปฏิกิริยารีดอกซ์ จากตัวอย่างที่ 5.27-5.32 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
23. ครูให้ความรู้กับนักเรียนเกี่ยวกับเซลล์ความเข้มข้น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคู่ แล้วร่วมกันฝึกคำนวณความต่างศักย์ของเซลล์ความเข้มข้น จากตัวอย่างที่ 5.33-5.34 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

24. ครูสุ่มนักเรียนอีก 8 คู่ ออกมาแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่างแต่ละข้อหน้าชั้นเรียน จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จนนักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
25. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำค่า E^0 มาใช้ประโยชน์ ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - ค่า E^0 สามารถนำมาคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ได้ ดังนี้

$$E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$$

โดยค่าที่ได้จะมีค่าเป็นบวกเสมอ เพราะเป็นเซลล์ที่ให้กระแสไฟฟ้า

- ค่า E^0 ของเซลล์ หรือ E^0 ของปฏิกิริยาที่คำนวณได้ สามารถนำมาใช้ทำนายได้ว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ เกิดขึ้นได้หรือไม่ และทิศทางของปฏิกิริยาดำเนินไปในทิศทางใด ถ้าค่า E^0 ของปฏิกิริยามีค่าเป็นบวก แสดงว่า ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้จริงตามสมการ ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์กัลวานิก แต่ถ้าค่า E^0 ของปฏิกิริยามีค่าเป็นลบ แสดงว่า ปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดขึ้นได้เอง ต้องให้กระแสไฟฟ้าจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์อิเล็กโทรลิติก

ชั่วโมงที่ 6

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

26. ครูถามคำถาม BIG QUESTION จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมีอีกครั้ง ดังนี้
    - เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยอะไรบ้าง และแต่ละองค์ประกอบมีหน้าที่อย่างไร

    (แนวตอบ : เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้
    - *ขั้วไฟฟ้า โดยในเซลล์ไฟฟ้าเคมี 1 เซลล์ จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนด ซึ่งเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (จ่ายอิเล็กตรอน) และขั้วแคโทด ซึ่งเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับอิเล็กตรอน)*
    - *สารอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ดี เคลื่อนที่และนำไฟฟ้าได้*
    - *สะพานเกลือ เป็นตัวเชื่อมให้เซลล์ไฟฟ้าเคมีครบวงจร)*
27. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง เซลล์กัลวานิก ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
28. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.4.1 เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก**
29. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.4.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก**

30. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
31. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้

- เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือที่ต่อไว้ในสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์
- ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานที่มีค่า E^0 เป็นศูนย์ ค่า E^0 ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนสูงกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E^0 มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่า ธาตุหรือไอออนในครึ่งเซลล์นั้นมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนต่ำกว่า H^+ ในครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.4.1 เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.4.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
6. ครูวัดและประเมินผลจากนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) เซลล์กัลวานิก	- ตรวจใบงานที่ 5.4.1 - ตรวจใบงานที่ 5.4.2 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.4.1 - ใบงานที่ 5.4.2 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
3) ใบงานที่ 5.4.1 เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก
4) ใบงานที่ 5.4.2 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก
5) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
6) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 5.4.1

เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

1. เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกจากสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้

   1) $Ni\ (s) + Ag^{+}\ (aq) \rightarrow Ni^{2+}\ (aq) + Ag\ (s)$

   .....

   2) $Mg\ (s) + 2Fe^{3+}\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2Fe^{2+}\ (aq)$

   .....

   3) $Sn^{2+}\ (aq) + 2Cr^{3+}\ (aq) \rightarrow Sn^{4+}\ (aq) + 2Cr^{2+}\ (aq)$

   .....

   4) $Fe^{2+}\ (aq) + MnO_4^{-}\ (aq) \rightarrow Fe^{3+}\ (aq) + Mn^{2+}\ (aq)$

   .....

   5) $Zn\ (s) + H^{+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$

   .....

2. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์จากแผนภาพเซลล์กัลป์วานิกที่กำหนดให้

   1) $Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq) \parallel Pb^{2+}\ (aq) \mid Pb\ (s)$

   .....

   2) $Cr\ (s) \mid Cr^{3+}\ (aq) \parallel Fe^{2+}\ (aq) \mid Fe\ (s)$

   .....

   3) $Pt\ (s) \mid Cu^{+}\ (aq), Cu^{2+}\ (aq) \parallel Ag^{+}\ (aq) \mid Ag\ (s)$

   .....

   4) $Mg\ (s) \mid Mg^{2+}\ (aq) \parallel H^{+}\ (aq) \mid H_2\ (g) \mid Pt\ (s)$

   .....

   5) $Pt\ (s) \mid Fe^{2+}\ (aq), Fe^{3+}\ (aq) \parallel Ag^{+}\ (aq) \mid Ag\ (s)$

   .....

ใบงานที่ 5.4.1

เฉลย

เรื่อง การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

1. เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกจากสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่กำหนดให้

   1) $Ni\ (s) + Ag^{+}\ (aq) \rightarrow Ni^{2+}\ (aq) + Ag\ (s)$

      $Ni\ (s) \mid Ni^{2+}\ (aq) \parallel Ag^{+}\ (aq) \mid Ag\ (s)$

   2) $Mg\ (s) + 2Fe^{3+}\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2Fe^{2+}\ (aq)$

      $Mg\ (s) \mid Mg^{2+}\ (aq) \parallel Fe^{3+}\ (aq), Fe^{2+}\ (aq) \mid Pt\ (s)$

   3) $Sn^{2+}\ (aq) + 2Cr^{3+}\ (aq) \rightarrow Sn^{4+}\ (aq) + 2Cr^{2+}\ (aq)$

      $Pt\ (s) \mid Sn^{2+}\ (aq), Sn^{4+}\ (aq) \parallel Cr^{3+}\ (aq), Cr^{2+}\ (aq) \mid Pt\ (s)$

   4) $Fe^{2+}\ (aq) + MnO_4^{-}\ (aq) \rightarrow Fe^{3+}\ (aq) + Mn^{2+}\ (aq)$

      $Pt\ (s) \mid Fe^{2+}\ (aq), Fe^{3+}\ (aq) \parallel MnO_4^{-}\ (aq), Mn^{2+}\ (aq) \mid Pt\ (s)$

   5) $Zn\ (s) + H^{+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$

      $Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq) \parallel H^{+}\ (aq) \mid H_2\ (g) \mid Pt\ (s)$

2. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์จากแผนภาพเซลล์กัลป์วานิกที่กำหนดให้

   1) $Zn\ (s) \mid Zn^{2+}\ (aq) \parallel Pb^{2+}\ (aq) \mid Pb\ (s)$

      $Zn\ (s) + Pb^{2+}\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Pb\ (s)$

   2) $Cr\ (s) \mid Cr^{3+}\ (aq) \parallel Fe^{2+}\ (aq) \mid Fe\ (s)$

      $2Cr\ (s) + 3Fe^{2+}\ (aq) \rightarrow 2Cr^{3+}\ (aq) + 3Fe\ (s)$

   3) $Pt\ (s) \mid Cu^{+}\ (aq), Cu^{2+}\ (aq) \parallel Ag^{+}\ (aq) \mid Ag\ (s)$

      $Cu^{+}\ (aq) + Ag^{+}\ (aq) \rightarrow Cu^{2+}\ (aq) + Ag\ (s)$

   4) $Mg\ (s) \mid Mg^{2+}\ (aq) \parallel H^{+}\ (aq) \mid H_2\ (g) \mid Pt\ (s)$

      $Mg\ (s) + 2H^{+}\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$

   5) $Pt\ (s) \mid Fe^{2+}\ (aq), Fe^{3+}\ (aq) \parallel Ag^{+}\ (aq) \mid Ag\ (s)$

      $Fe^{2+}\ (aq) + Ag^{+}\ (aq) \rightarrow Fe^{3+}\ (aq) + Ag\ (s)$

ใบงานที่ 5.4.2

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

1. เรียงลำดับความสามารถในการรับและเสียอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์จากน้อยไปมาก

   1) กำหนดค่า E^0 ของครึ่งเซลล์รีดักชันให้ ดังนี้

   $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ $\quad E^0 = +0.80$ V

   $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ $\quad E^0 = -0.44$ V

   $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$ $\quad E^0 = +1.50$ V

   $Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$ $\quad E^0 = -1.18$ V

   ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ .....

   ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ .....

   2) กำหนดแผนภาพเซลล์กลวานิกให้ ดังนี้

   $W(s) \mid W^{2+}(aq) \parallel X^{2+}(aq) \mid X(s)$

   $X(s) \mid X^{2+}(aq) \parallel Z^{2+}(aq) \mid Z(s)$

   $Y(s) \mid Y^{2+}(aq) \parallel W^{2+}(aq) \mid W(s)$

   ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ .....

   ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ .....

   3) กำหนดปฏิกิริยารีดอกซ์ให้ ดังนี้

   $2B^- + C_2 \rightarrow B_2 + 2C^-$

   $B_2 + 2D^- \rightarrow 2B^- + D_2$

   $2A^- + 2D_2 \rightarrow 2D^- + A_2$

   ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ .....

   ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ .....

   4) แผ่นโลหะ Pt ที่เคลือบผิวด้วยโลหะ Ni เป็นชั้นบาง ๆ เมื่อนำไปจุ่มในสารละลาย HNO_3 โลหะ Ni จะละลายออกหมด เหลือแต่แผ่นโลหะ Pt

   ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ .....

   ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ .....

5) ในการศึกษาเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี เมื่อนำโลหะ Al มาพันกับ Sn ปรากฏว่าโลหะ Al เกิดการผุกร่อน
ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ .....
ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ .....

2. ใช้ตารางค่าความต่างศักย์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่กำหนดให้ ตอบคำถามข้อ 1) – 5)

เซลล์ไฟฟ้าเคมี	**ความต่างศักย์ที่ 25°C (V)**
Pt ⎸ H_2 (1 atm) ⎸ H^+ (1 M) ‖ Pb^{2+} (1 M) ⎸ Pb (s)	-0.13
Pt ⎸ H_2 (1 atm) ⎸ H^+ (1 M) ‖ Cd^{2+} (1 M) ⎸ Cd (s)	-0.40
Pt ⎸ H_2 (1 atm) ⎸ H^+ (1 M) ‖ Mn^{2+} (1 M) ⎸ Mn (s)	-1.18
Pt ⎸ H_2 (1 atm) ⎸ H^+ (1 M) ‖ Mg^{2+} (1 M) ⎸ Mg (s)	-2.37

1) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mg (s) ⎸ Mg^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) ⎸ Cd (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

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

2) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mn (s) ⎸ Mn^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) ⎸ Pb (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

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

3) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mn (s) ⎸ Mn^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) ⎸ Cd (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

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

4) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Cd (s) ⎸ Cd^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) ⎸ Pb (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

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

5) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mg (s) | Mg^{2+} (aq) || Mn^{2+} (aq) | Mn (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

ใบงานที่ 5.4.2

เฉลย

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

1. เรียงลำดับความสามารถในการรับและเสียอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์จากน้อยไปมาก

1) กำหนดค่า E^0 ของครึ่งเซลล์รีดักชันให้ ดังนี้

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ $\quad E^0 = +0.80$ V

$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ $\quad E^0 = -0.44$ V

$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$ $\quad E^0 = +1.50$ V

$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$ $\quad E^0 = -1.18$ V

ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ $Mn^{2+} < Fe^{2+} < Ag^+ < Au^{3+}$

ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ $Au < Ag < Fe < Mn$

2) กำหนดแผนภาพเซลล์กัลวานิกให้ ดังนี้

$W(s) \mid W^{2+}(aq) \parallel X^{2+}(aq) \mid X(s)$

$X(s) \mid X^{2+}(aq) \parallel Z^{2+}(aq) \mid Z(s)$

$Y(s) \mid Y^{2+}(aq) \parallel W^{2+}(aq) \mid W(s)$

ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ $Y^{2+} < W^{2+} < X^{2+} < Z^{2+}$

ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ $Z < X < W < Y$

3) กำหนดปฏิกิริยารีดอกซ์ให้ ดังนี้

$2B^- + C_2 \rightarrow B_2 + 2C^-$

$B_2 + 2D^- \rightarrow 2B^- + D_2$

$2A^- + 2D_2 \rightarrow 2D^- + A_2$

ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ $C_2 < B_2 < D_2 < A_2$

ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ $A^- < D^- < B^- < C^-$

4) แผ่นโลหะ Pt ที่เคลือบผิวด้วยโลหะ Ni เป็นชั้นบาง ๆ เมื่อนำไปจุ่มในสารละลาย HNO_3 โลหะ Ni จะละลายออกหมด เหลือแต่แผ่นโลหะ Pt

ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ $Ni^{2+} < H^+ < Pt$

ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ $Pt < H_2 < Ni$

5) ในการศึกษาเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี เมื่อนำโลหะ Al มาพันกับ Sn ปรากฏว่าโลหะ Al เกิดการผุกร่อน
ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของตัวออกซิไดส์ $Al^{3+} < Sn^{2+}$
ความสามารถในการเสียอิเล็กตรอนของตัวรีดิวซ์ Sn < Al

2. ใช้ตารางค่าความต่างศักย์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่กำหนดให้ ตอบคำถามข้อ 1) – 5)

เซลล์ไฟฟ้าเคมี	**ความต่างศักย์ที่ 25°C (V)**
Pt | H_2 (1 atm) | H^+ (1 M) ‖ Pb^{2+} (1 M) | Pb (s)	-0.13
Pt | H_2 (1 atm) | H^+ (1 M) ‖ Cd^{2+} (1 M) | Cd (s)	-0.40
Pt | H_2 (1 atm) | H^+ (1 M) ‖ Mn^{2+} (1 M) | Mn (s)	-1.18
Pt | H_2 (1 atm) | H^+ (1 M) ‖ Mg^{2+} (1 M) | Mg (s)	-2.37

1) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mg (s) \| Mg^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) \| Cd (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

ความต่างศักย์ของเซลล์ = -0.40 – (-2.37)
= 1.97 V

ดังนั้น ความต่างศักย์ของเซลล์ Mg (s) \| Mg^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) \| Cd (s) มีค่าเท่ากับ 1.97 โวลต์

2) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mn (s) \| Mn^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) \| Pb (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

ความต่างศักย์ของเซลล์ = -0.13 – (-1.18)
= 1.05 V

ดังนั้น ความต่างศักย์ของเซลล์ Mn (s) \| Mn^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) \| Pb (s) มีค่าเท่ากับ 1.05 โวลต์

3) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mn (s) \| Mn^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) \| Cd (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

ความต่างศักย์ของเซลล์ = -0.40 – (-1.18)
= 0.78 V

ดังนั้น ความต่างศักย์ของเซลล์ Mn (s) \| Mn^{2+} (aq) ‖ Cd^{2+} (aq) \| Cd (s) มีค่าเท่ากับ 0.78 โวลต์

4) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Cd (s) \| Cd^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) \| Pb (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

ความต่างศักย์ของเซลล์ = -0.13 – (-0.40)
= 0.27 V

ดังนั้น ความต่างศักย์ของเซลล์ Cd (s) \| Cd^{2+} (aq) ‖ Pb^{2+} (aq) \| Pb (s) มีค่าเท่ากับ 0.27 โวลต์

5) เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าเคมี ดังนี้ Mg (s) | Mg^{2+} (aq) || Mn^{2+} (aq) | Mn (s) ความต่างศักย์ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

ความต่างศักย์ของเซลล์ = -1.18 – (-2.37)

= 1.19 V

ดังนั้น ความต่างศักย์ของเซลล์ Mg (s) | Mg^{2+} (aq) || Mn^{2+} (aq) | Mn (s) มีค่าเท่ากับ 1.19 โวลต์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ประเภทของเซลล์กัลวานิก

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของเซลล์กัลวานิก เซลล์ปฐมภูมิ และเซลล์ทุติยภูมิได้ (K)
2. บอกส่วนประกอบและหลักการทำงานของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิชนิดต่าง ๆ ได้ (K)
3. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิชนิดต่าง ๆ ได้ (P)
4. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้อีก	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบ หลักการทำงาน และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์กัลวานิก
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเภทของเซลล์กัลวานิกที่พบในชีวิตประจำวันว่า *“เซลล์กัลวานิกที่พบในชีวิตประจำวันบางชนิดเมื่อใช้งานแล้วสามารถนำมาประจุไฟและใช้งานใหม่ได้ ส่วนบางชนิดเมื่อใช้แล้วไม่สามารถประจุไฟเพื่อใช้งานใหม่ได้ เช่น ถ่านไฟฉายหรือเซลล์แห้งกับเซลล์นิกเกิล-แคดเมียม”* เพื่อนำไปสู่การสรุปว่าเซลล์กัลวานิกมี 2 ประเภท คือ เซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเซลล์ปฐมภูมิชนิดต่าง ๆ ตามรายละเอียดใน**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** โดยศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้
   - ส่วนประกอบและหลักการทำงาน
   - ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์
   - ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
2. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย

   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม

   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง เซลล์ปฐมภูมิ ดังนี้
   1) เซลล์ปฐมภูมิมีลักษณะอย่างไร

      (แนวตอบ : เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้)
   2) เซลล์เชื้อเพลิงมีลักษณะอย่างไร

      (แนวตอบ : เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเซลล์กัลวานิกที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลาถ้ามีการผ่านสารตั้งต้นเข้าสู่ระบบอยู่ตลอด)
   3) จงเปรียบเทียบถ่ายไฟฉายกับเซลล์แอลคาไลน์ในหัวข้อต่อไปนี้
      - ส่วนประกอบของเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และอิเล็กโทรไลต์

      (แนวตอบ : ถ่ายไฟฉาย แอโนด คือ Zn แคโทด คือ แท่งแกรไฟต์ อิเล็กโทรไลต์ คือ MnO_2 NH_4Cl $ZnCl_2$ ผงคาร์บอน และแป้งเปียก
      เซลล์แอลคาไลน์ แอโนด คือ Zn แคโทด คือ แท่งแกรไฟต์ อิเล็กโทรไลต์ คือ MnO_2 ผสม KOH)

- ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารีดอกซ์

(แนวตอบ : ถ่ายไฟฉายมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น ดังนี้

ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด : $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$

ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด : $2MnO_2\ (s) + 2NH_4^+\ (aq) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3\ (s) + 2NH_3\ (g) + H_2O\ (l)$

ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + 2MnO_2\ (s) + 2NH_4^+\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Mn_2O_3\ (s) + 2NH_3\ (g) + H_2O\ (l)$

เซลล์แอลคาไลน์มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น ดังนี้

ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด : $Zn\ (s) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow ZnO\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^-$

ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด : $2MnO_2\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3\ (s) + 2OH^-\ (aq)$

ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + 2MnO_2\ (s) \rightarrow ZnO\ (s) + Mn_2O_3\ (s)$)

- ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

(แนวตอบ : ถ่ายไฟฉายและเซลล์แอลคาไลน์มีความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่ากับ 1.5 โวลต์)

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (กลุ่มเดิม) จากชั่วโมงที่ผ่านมา เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเซลล์ทุติยภูมิชนิดต่าง ๆ ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี โดยศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้
   - ส่วนประกอบและหลักการทำงาน
   - ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์
   - ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ และการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
6. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)

8. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง เซลล์ทุติยภูมิ ดังนี้

1) เซลล์ทุติยภูมิมีลักษณะอย่างไร

(แนวตอบ : เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลป์วานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่)

2) ตอบคำถามเกี่ยวกับการนำเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วไปประจุไฟ

- แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุไฟเป็นชนิดใด และวิธีการต่อขั้วไฟฟ้าของเซลล์เข้ากับขั้วไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต้องต่ออย่างไร

(แนวตอบ : จะต้องใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงในการประจุไฟเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว โดยต่อขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของแบตเตอรี่)

- เขียนปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารีดอกซ์

(แนวตอบ : ขั้วแอโนด : $PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \rightarrow PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^-$

ขั้วแคโทด : $PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$

ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $2PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$)

- เพราะเหตุใดเมื่อใช้เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วไปนาน ๆ จะไม่สามารถนำเซลล์มาประจุไฟได้อีก

(แนวตอบ : เพราะ $PbSO_4$ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการจ่ายไฟจะหลุดออกจากแผ่นตะกั่ว และตกลงไปอยู่ก้นเซลล์ ทำให้แผ่นตะกั่วกร่อนไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถนำมาประจุไฟได้อีก)

3) ถ่านไฟฉายและเซลล์นิกเกิล-แคดเมียมแตกต่างกันอย่างไร

(แนวตอบ : ถ่านไฟฉายเมื่อใช้จนถ่านหมดจะไม่สามารถนำมาประจุไฟเพื่อนำกลับมาใช้ได้ แต่เซลล์นิกเกิล-แคดเมียมเมื่อใช้จนถ่านหมดจะสามารถนำมาประจุไฟเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

9. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป

10. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.5.1 เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก**
11. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
12. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้

- เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.5.1 เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) ประเภทของเซลล์กัลวานิก	- ตรวจใบงานที่ 5.5.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.5.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

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

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) ใบงานที่ 5.5.1 เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก

4) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

ใบงานที่ 5.5.1

เรื่อง เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับประเภทของเซลล์กัลวานิก

1. เติมคำตอบเกี่ยวกับเซลล์ปฐมภูมิลงในตารางให้ถูกต้อง

เซลล์ปฐมภูมิ	ปฏิกิริยาภายในเซลล์
ถ่านไฟฉาย	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์แอลคาไลน์	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์ปรอท	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์เงิน	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์ลิเทียม	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์เชื้อเพลิงแบบ AFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์เชื้อเพลิงแบบ MCFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....
เซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEMFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....

เซลล์เชื้อเพลิง	ปฏิกิริยาที่แอโนด : .....
แบบ	ปฏิกิริยาที่แคโทด : .....
C_3H_8-O_2 FC	ปฏิกิริยารีดอกซ์ : .....

2. เติมคำตอบเกี่ยวกับเซลล์ทุติยภูมิลงในตารางให้ถูกต้อง

เซลล์ทุติยภูมิ	**ปฏิกิริยาและค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์**
เซลล์ **นิกเกิล-แคดเมียม**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....
เซลล์ **นิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....
เซลล์ **โซเดียม-ซัลเฟอร์**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....
เซลล์ **ลิเทียม-ไอออน**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....
เซลล์ **ลิเทียม-พอลิเมอร์**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....
เซลล์ **ลิเทียม-ไอออนฟอสเฟต**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : ..... ปฏิกิริยาที่แคโทด : ..... ปฏิกิริยารีดอกซ์ : ..... ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : .....

ใบงานที่ 5.5.1

เฉลย

เรื่อง เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับประเภทของเซลล์กัลวานิก

1. เติมคำตอบเกี่ยวกับเซลล์ปฐมภูมิลงในตารางให้ถูกต้อง

เซลล์ปฐมภูมิ	ปฏิกิริยาภายในเซลล์
ถ่านไฟฉาย	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $2MnO_2\ (s) + 2NH_4^+\ (aq) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3\ (s) + 2NH_3\ (g) + H_2O\ (l)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + 2MnO_2\ (s) + 2NH_4^+\ (aq) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + Mn_2O_3\ (s) + 2NH_3\ (g) + H_2O\ (l)$
เซลล์แอลคาไลน์	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Zn\ (s) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow ZnO\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $2MnO_2\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3\ (s) + 2OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + 2MnO_2\ (s) \rightarrow ZnO\ (s) + Mn_2O_3\ (s)$
เซลล์ปรอท	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Zn\ (s) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow ZnO\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $HgO\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow Hg\ (l) + 2OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + HgO\ (s) \rightarrow ZnO\ (s) + Hg\ (l)$
เซลล์เงิน	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Zn\ (s) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow ZnO\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $Ag_2O\ (s) + H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow 2Ag\ (s) + 2OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Zn\ (s) + Ag_2O\ (s) \rightarrow ZnO\ (s) + 2Ag\ (s)$
เซลล์ลิเทียม	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Li\ (s) \rightarrow Li^+\ (aq) + e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $MnO_2\ (s) + e^- \rightarrow MnO_2^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Li\ (s) + MnO_2\ (s) \rightarrow LiMnO_2\ (s)$
เซลล์เชื้อเพลิงแบบ AFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $2H_2\ (g) + 4OH^-\ (aq) \rightarrow 4H_2O\ (l) + 4e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $O_2\ (g) + 2H_2O\ (l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $2H_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2H_2O\ (l)$
เซลล์เชื้อเพลิงแบบ MCFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $H_2\ (g) + CO_3^{2-}\ (l) \rightarrow H_2O\ (g) + CO_2\ (g) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $\frac{1}{2}O_2\ (g) + CO_2\ (g) + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}\ (l)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $H_2\ (g) + \frac{1}{2}O_2\ (g) \rightarrow H_2O\ (l)$

เซลล์เชื้อเพลิง แบบ PEMFC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $2H_2\ (g) \rightarrow 4H^+\ (aq) + 4e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $O_2\ (g) + 4H^+\ (aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O\ (g)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $2H_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2H_2O\ (l)$
เซลล์เชื้อเพลิง แบบ C_3H_8-O_2 FC	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $C_3H_8\ (g) + 6H_2O\ (l) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 20H^+\ (aq) + 20e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $5O_2\ (g) + 20H^+\ (aq) + 20e^- \rightarrow 10H_2O\ (g)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $C_3H_8\ (g) + 5O_2\ (g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 4H_2O\ (g)$

2. เติมคำตอบเกี่ยวกับเซลล์ทุติยภูมิลงในตารางให้ถูกต้อง

เซลล์ทุติยภูมิ	ปฏิกิริยาและค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์
เซลล์ นิกเกิล-แคดเมียม	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Cd\ (s) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow Cd(OH)_2\ (s) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $2NiO(OH)\ (s) + 2H_2O\ (l) + 2e^- \rightarrow 2Ni(OH)_2\ (s) + 2OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Cd\ (s) + 2NiO(OH)\ (s) + 2H_2O\ (l) \rightarrow Cd(OH)_2\ (s) + 2Ni(OH)_2\ (s)$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 1.2 โวลต์
เซลล์ นิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $MH\ (s) + OH^-\ (aq) \rightarrow M\ (s) + H_2O\ (l) + e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $NiO(OH)\ (s) + H_2O\ (l) + e^- \rightarrow Ni(OH)_2\ (s) + OH^-\ (aq)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $MH\ (s) + NiO(OH)\ (s) \rightarrow M\ (s) + Ni(OH)_2\ (s)$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 1.2-1.3 โวลต์
เซลล์ โซเดียม-ซัลเฟอร์	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $2Na\ (l) \rightarrow 2Na^+\ (l) + 2e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $\frac{n}{8}S_8\ (l) + 2e^- \rightarrow nS^{2-}\ (l)$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $2Na\ (l) + \frac{n}{8}S_8\ (l) \rightarrow Na_2S_n\ (l)$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 3.4 โวลต์
เซลล์ ลิเทียม-ไอออน	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $Li \rightarrow Li^+ + e^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $Li^+ + CoO_2 + e^- \rightarrow LiCoO_2$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Li + CoO_2 \rightarrow LiCoO_2$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 3.4 โวลต์

เซลล์ **ลิเทียม-พอลิเมอร์**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $LiCoO_2 \rightarrow Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $6C + xLi^+ + xe^- \rightarrow Li_xC_6$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $6C + LiCoO_2 \rightarrow Li_{1-x}CoO_2 + Li_xC_6$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 3.4 โวลต์
เซลล์ **ลิเทียม-ไอออนฟอสเฟต**	ปฏิกิริยาที่แอโนด : $LiC_6 \rightarrow Li_{1-x}C_6 + xLi^+ + xe^-$ ปฏิกิริยาที่แคโทด : $Li_{1-x}FePO_4 + xLi^+ + xe^- \rightarrow LiFePO_4$ ปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Li_{1-x}FePO_4 + LiC_6 \rightarrow LiFePO_4 + Li_{1-x}C_6$ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ : 3.4 โวลต์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

เซลล์อิเล็กโทรไลติก

เวลา 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบด้วยไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์โดยใช้เซลล์อิเล็กโทรไลติก แลการผลิตโลหะโซเดียม อะลูมิเนียม และแมกนีเซียมได้ (K)
2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสีได้ (P)
3. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
5. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เซลล์อิเล็กโทรไลติก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงลงในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น

เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความหมายและหลักการทำงานเบื้องต้นและค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์อิเล็กโทรลิติก
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทไลติกมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อร่วมกันศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์อิเล็กโทรไลติก จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ดังนี้
    - เซลล์อิเล็กโทรไลติก

- ความแตกต่างระหว่างเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลติก
- การแยกสารประกอบไอออนิกหลอมเหลวด้วยกระแสไฟฟ้า
- การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

2. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“ในการพิจารณาว่าจะที่ขั้วแอโนดและแคโทดจะเกิดปฏิกิริยาใด สามารถสังเกตได้จากค่า E^0 โดยที่ขั้วแคโทดจะเกิดปฏิกิริยาที่มีค่า E^0 สูง ส่วนที่ขั้วแอโนดจะเกิดปฏิกิริยาที่มีค่า E^0 ต่ำ”*
5. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า *“การใช้ค่า E^0 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการเกิดปฏิกิริยาในเซลล์อิเล็กโทรไลติก อาจไม่สอดคล้องกับค่า E^0 ที่นำมาพิจารณา เช่น การแยกสารละลาย NaCl ซึ่งถ้าพิจารณาจากค่า E^0 จะพบว่า ที่ขั้วแคโทดควรเกิดแก๊สออกซิเจน แต่ในทางปฏิบัติกลับเกิดแก๊สคลอรีนแทน ทั้งนี้เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะต้องนำมาประกอบการพิจารณา เช่น ศักย์ไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในเซลล์ ความเข้มข้นของสารละลาย”*

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

6. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนเกี่ยวกับผลการทดลองเกี่ยวกับการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าที่นักเรียนได้ทำไปในชั่วโมงที่ผ่านมา แล้วนำอภิปรายผลการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่สังเกตเห็นการเคลือบของโลหะที่ขั้วไฟฟ้า เพื่อประยุกต์หลักการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้ามาใช้ในการชุบโลหะ ซึ่งอาจมีการยกตัวอย่างเกี่ยวกับการชุบโลหะในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรมเพิ่มเติม
7. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
8. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง

- สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
- สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

9. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน *(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)*
11. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *“เมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเซลล์ Zn^{2+} ไอออนในสารละลายจะมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าน้ำ จึงรับอิเล็กตรอนจากตะปูเหล็กที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า หรือขั้วแคโทด เกิดเป็นโลหะสังกะสีไปเคลือบติดบนผิวของตะปูเหล็ก ขณะเดียวกันแผ่นโลหะสังกะสีที่ต่ออยู่กับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า หรือขั้วแอโนด จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้ Zn^{2+} ไอออนละลายลงในสารละลาย เพื่อชดเชย Zn^{2+} ไอออนที่เปลี่ยนไปเป็นโลหะสังกะสีขณะชุบ ดังนั้นจึงพบว่า แผนสังกะสี (ขั้วแอโนด) กร่อนไป ส่วนตะปูเหล็ก (ขั้วแคโทด) มีโลหะสังกะสีมาเกาะเพิ่มขึ้น”*
12. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษา เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้า จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมีจากนั้นให้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
13. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการชุบด้วยไฟฟ้า ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้
    - จัดโลหะที่ต้องการชุบเป็นขั้วแคโทด และต้องการชุบด้วยโลหะใด ใช้โลหะนั้นเป็นขั้วแอโนด
    - สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ต้องมีไอออนของโลหะที่เป็นขั้วที่ต้องการชุบ
    - ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้อิเล็กตรอนไหลในทิศทางเดียวตลอดเวลา
    - ขณะชุบโลหะ ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าที่ขั้วแอโนดจะกร่อนหมด
14. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า *“การชุบโลหะให้ได้ผิวเรียบและสวยงามขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้*
    - *สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีความเข้มข้นเหมาะสม*
    - *กระแสไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีค่าความต่างศักย์เหมาะสมตามชนิดและขนาดของชิ้นโลหะที่ต้องการชุบ*
    - *โลหะที่ใช้เป็นขั้วแอโนดต้องบริสุทธิ์*
    - *ไม่ควรใช้เวลาที่ชุบนานเกินไป”*

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

15. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แล้วร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับการทำโลหะให้บริสุทธิ์โดยใช้เซลล์อิเล็กโทรไลติก จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ดังนี้
    - การทำทองแดงให้บริสุทธิ์
    - การเตรียมโลหะโซเดียม
    - การผลิตโลหะอะลูมิเนียม
    - การผลิตโลหะแมกนีเซียม

    จากนั้นร่วมกันอภิปรายความรู้จนสมาชิกทุกคนในกลุ่มเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน
16. นักเรียนส่งตัวแทนแต่ละกลุ่ม ออกมาอธิบายเรื่องที่ได้ศึกษาให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยครูคอยเสริมความรู้ จนนักเรียนทั้งห้องเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

17. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
18. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.6.1 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า**
19. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.6.2 เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์**
20. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทำโลหะให้บริสุทธิ์ ซึ่งได้ข้อสรุป ดังนี้

- จัดโลหะที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์เป็นขั้วแอโนด และจัดโลหะที่บริสุทธิ์เป็นขั้วแคโทด
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ต้องมีไอออนของโลหะที่เป็นโลหะที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์
- ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีศักย์ไฟฟ้าเหมาะสมสำหรับการทำโลหะนั้น ๆ ให้บริสุทธิ์

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.6.1 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.6.2 เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) เซลล์อิเล็กโทรไลติก	- ตรวจใบงานที่ 5.6.1 - ตรวจใบงานที่ 5.6.2 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 5.6.1 - ใบงานที่ 5.6.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) ใบงานที่ 5.6.1 เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

4) ใบงานที่ 5.6.2 เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

5) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 5.6.1

เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

<u>คำชี้แจง</u> : เติมคำตอบเกี่ยวกับการอิเล็กโทรลิซิสสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายลงในตารางให้ถูกต้อง

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ต่างๆ ให้ ดังนี้

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)	ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)
$S_2O_8^{2-}$ (aq) + $2e^-$ → $2SO_4^{2-}$ (aq)	+2.01	$S_4O_6^{2-}$ (aq) + $2e^-$ → $2S_2O_3^{2-}$ (aq)	+0.08
Cl_2 (g) + $2e^-$ → $2Cl^-$ (aq)	+1.36	$2H^+$ (aq) + $2e^-$ → H_2 (g)	0.00
O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$ → $2H_2O$ (l)	+1.23	$2H_2O$ (l) + $2e^-$ → H_2 (g) + $2OH^-$ (aq)	-0.83
I_2 (s) + $2e^-$ → $2I^-$ (aq)	+0.54	Na^+ (aq) + e^- → Na (s)	-2.71
Cu^{2+} (aq) + $2e^-$ →Cu (s)	+0.34	Ca^{2+} (aq) + $2e^-$ →Ca (s)	-2.87

สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
H_2SO_4	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น**	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น** ....
	เลือกปฏิกิริยา	**เลือกปฏิกิริยา** ....
	สารที่เกิดขึ้น	**สารที่เกิดขึ้น** ....
	ปฏิกิริยารวม ..... **ค่า E^0 เซลล์**	

สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
$Na_2S_2O_3$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น ....
	เลือกปฏิกิริยา	เลือกปฏิกิริยา ....
	สารที่เกิดขึ้น	สารที่เกิดขึ้น ....
	ปฏิกิริยารวม ..... ค่า E^0 เซลล์ = ...	
CaI_2	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น ....
	เลือกปฏิกิริยา	เลือกปฏิกิริยา ....
	สารที่เกิดขึ้น	สารที่เกิดขึ้น ....
	ปฏิกิริยารวม ..... ค่า E^0 เซลล์ = ...	

สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
NaCl	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น ....
	เลือกปฏิกิริยา	เลือกปฏิกิริยา ....
	สารที่เกิดขึ้น	สารที่เกิดขึ้น ....
	ปฏิกิริยารวม ..... ค่า E^0 เซลล์ = ...	
$CuSO_4$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น ....
	เลือกปฏิกิริยา	เลือกปฏิกิริยา ....
	สารที่เกิดขึ้น	สารที่เกิดขึ้น ....
	ปฏิกิริยารวม ..... ค่า E^0 เซลล์ = ...	

ใบงานที่ 5.6.1

เฉลย

เรื่อง การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

<u>คำชี้แจง</u> : เติมคำตอบเกี่ยวกับการอิเล็กโทรลิซิสสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายลงในตารางให้ถูกต้อง

กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ต่างๆ ให้ ดังนี้

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)	ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)
$S_2O_8^{2-}$ (aq) + $2e^-$ → $2SO_4^{2-}$ (aq)	+2.01	$S_4O_6^{2-}$ (aq) + $2e^-$ → $2S_2O_3^{2-}$ (aq)	+0.08
Cl_2 (g) + $2e^-$ → $2Cl^-$ (aq)	+1.36	$2H^+$ (aq) + $2e^-$ → H_2 (g)	0.00
O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$ → $2H_2O$ (l)	+1.23	$2H_2O$ (l) + $2e^-$ → H_2 (g) + $2OH^-$ (aq)	-0.83
I_2 (s) + $2e^-$ → $2I^-$ (aq)	+0.54	Na^+ (aq) + e^- → Na (s)	-2.71
Cu^{2+} (aq) + $2e^-$ →Cu (s)	+0.34	Ca^{2+} (aq) + $2e^-$ →Ca (s)	-2.87

สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
H_2SO_4	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น** $2H^+$ (aq) + $2e^-$ → H_2 (g) $2H_2O$ (l) + $2e^-$ → H_2 (g) + $2OH^-$ (aq)	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น** $2SO_4^{2-}$ (aq) → $S_2O_8^{2-}$ (aq) + $2e^-$ $2H_2O$ (l) → O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$
	เลือกปฏิกิริยา $2H^+$ (aq) + $2e^-$ → H_2 (g)	**เลือกปฏิกิริยา** $2H_2O$ (l) → O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$
	สารที่เกิดขึ้น H_2	**สารที่เกิดขึ้น** O_2 และ H^+
	ปฏิกิริยารวม $2H_2O$ (l) → $2H_2$ (g) + O_2 (g) **ค่า E^0 เซลล์ =** 0.00 – 1.23 = -1.23 โวลต์	

สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
$Na_2S_2O_3$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $Na^+ (aq) + e^- \rightarrow Na (s)$ $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $2S_2O_3^{2-} (aq) \rightarrow S_4O_6^{2-} (aq) + 2e^-$ $2H_2O (l) \rightarrow O_2 (g) + 4H^+ (aq) + 4e^-$
	เลือกปฏิกิริยา $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	เลือกปฏิกิริยา $2S_2O_3^{2-} (aq) \rightarrow S_4O_6^{2-} (aq) + 2e^-$
	สารที่เกิดขึ้น H_2 และ OH^-	สารที่เกิดขึ้น $S_4O_6^{2-}$
	ปฏิกิริยารวม $2H_2O (l) + 2S_2O_3^{2-} (aq) \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq) + S_4O_6^{2-} (aq)$ ค่า E^0 เซลล์ = -0.83 – 0.08 = -0.91 โวลต์	
CaI_2	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $Ca^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow Ca (s)$ $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $2I^- (aq) \rightarrow I_2 (s) + 2e^-$ $2H_2O (l) \rightarrow O_2 (g) + 4H^+ (aq) + 4e^-$
	เลือกปฏิกิริยา $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	เลือกปฏิกิริยา $2H_2O (l) \rightarrow O_2 (g) + 4H^+ (aq) + 4e^-$
	สารที่เกิดขึ้น H_2 และ OH^-	สารที่เกิดขึ้น O_2 และ H^+
	ปฏิกิริยารวม $2H_2O (l) \rightarrow 2H_2 (g) + O_2 (g)$ ค่า E^0 เซลล์ = -0.83 – 1.23 = -2.06 โวลต์	
NaCl	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $Na^+ (aq) + e^- \rightarrow Na (s)$ $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น $2Cl^- (aq) \rightarrow Cl_2 (g) + 2e^-$ $2H_2O (l) \rightarrow O_2 (g) + 4H^+ (aq) + 4e^-$
	เลือกปฏิกิริยา $2H_2O (l) + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	เลือกปฏิกิริยา $2Cl^- (aq) \rightarrow Cl_2 (g) + 2e^-$
	สารที่เกิดขึ้น H_2 และ OH^-	สารที่เกิดขึ้น Cl_2
	ปฏิกิริยารวม $2H_2O (l) + 2Cl^- (aq) \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq) + Cl_2 (g)$ ค่า E^0 เซลล์ = -0.83 – 1.36 = -2.19 โวลต์	

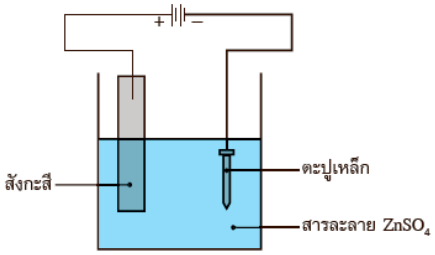
สารละลาย	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด
$CuSO_4$	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น** Cu^{2+} (aq) + $2e^-$ → Cu (s) $2H_2O$ (l) + $2e^-$ → H_2 (g) + $2OH^-$ (aq)	**ปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้น** $2SO_4^{2-}$ (aq) → $S_2O_8^{2-}$ (aq) + $2e^-$ $2H_2O$ (l) → O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$
	เลือกปฏิกิริยา Cu^{2+} (aq) + $2e^-$ → Cu (s)	**เลือกปฏิกิริยา** $2H_2O$ (l) → O_2 (g) + $4H^+$ (aq) + $4e^-$
	สารที่เกิดขึ้น Cu	**สารที่เกิดขึ้น** O_2 และ H^+
	ปฏิกิริยารวม $2Cu^{2+}$ (aq) + $2H_2O$ (l) → 2Cu (s) + O_2 (g) + $4H^+$ (aq) **ค่า E^0 เซลล์ =** 0.34 – 1.23 = -0.89 โวลต์	

ใบงานที่ 5.6.2

เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

1. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม



1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

.....

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

.....

.....

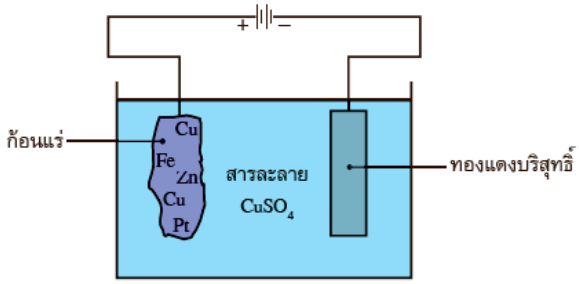
.....

.....

.....

.....

2. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม



1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

.....

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

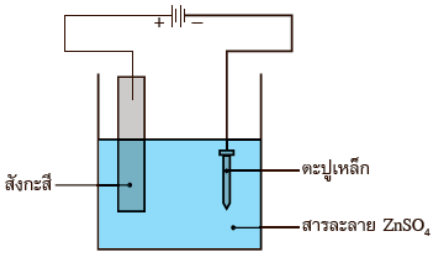
ใบงานที่ 5.6.2

เฉลย

เรื่อง การชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการชุบด้วยไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

1. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม



1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

การชุบตะปูเหล็กด้วยสังกะสี

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด : $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$

แอโนด

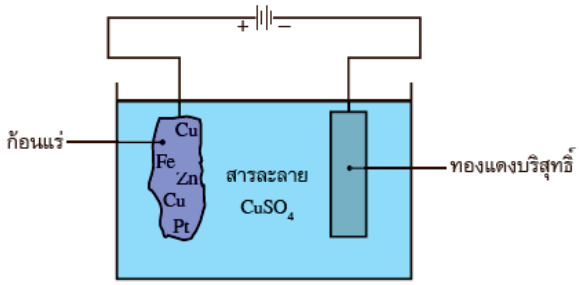
ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด : $Zn^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Zn\ (s)$

แคโทด

ปฏิกิริยารวม : $Zn\ (s) \rightarrow Zn\ (s)$

แอโนด แคโทด

2. พิจารณาภาพการทดลองที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม



1) จากภาพ เป็นการทดลองอะไร

การทำทองแดงให้บริสุทธิ์

2) ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด และปฏิกิริยารวมเป็นอย่างไร

ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด : $Cu\ (s) \rightarrow Cu^{2+}\ (aq) + 2e^-$

ไม่บริสุทธิ์

ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด : $Cu^{2+}\ (aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$

บริสุทธิ์

ปฏิกิริยารวม : $Cu\ (s) \rightarrow Cu\ (s)$

ไม่บริสุทธิ์ บริสุทธิ์

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

  .....

  .....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

  .....

  .....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

  .....

  .....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

  .....

  .....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

  .....

  .....

- ปัญหา/อุปสรรค

  .....

  .....

- แนวทางการแก้ไข

  .....

  .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกวิธีป้องกันการกัดกร่อนของโลหะได้ (K)
2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาการป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กได้ (P)
3. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (P)
4. ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองได้อย่างถูกต้อง (P)
5. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การกัดกร่อนของโลหะ เป็นการที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ โลหะ แล้วทำให้โลหะนั้นเปลี่ยนสภาพเป็นไอออน หรือกลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือสารประกอบไฮดรอกไซด์

การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ ทำได้หลายวิธี เช่น การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ การทาผิวของโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน การทำแคโทดิกโดยใช้โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำกว่าไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม การทำอะโนไดซ์โดยใช้กระแสไฟฟ้าทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์ และการทำรมดำซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีสีต่าง ๆ กันบนผิวของโลหะ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการทำงานร่วมกัน 4) ทักษะการวิเคราะห์ 5) ทักษะการทดลอง 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป 7) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องใช้โลหะที่เกิดการกัดกร่อนที่พบในชีวิตประจำวัน คนละ 1 ตัวอย่าง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับภาวะและปัจจัยที่ทำให้เครื่องใช้โลหะเกิดการกัดกร่อน และวิธีการป้องกันเครื่องใช้โลหะเกิดการกัดกร่อน

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของการกัดกร่อนหรือการเกิดสนิม ปัจจัยที่ส่งผลให้โลหะเกิดสนิม และการเกิดสนิมของเหล็กในสภาวะที่เป็นกลางและสภาวะที่เป็นกรด จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**

2. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะ ดังนี้
   1) การกัดกร่อนของโลหะหมายถึงอะไร
      (แนวตอบ : กระบวนการที่เกิดจากโลหะถูกออกซิไดส์กลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือซัลไฟด์มาเคลือบที่ผิวโลหะ)
   2) การกัดกร่อนของเกิดขึ้นได้อย่างไร
      (แนวตอบ : การกัดกร่อนของโลหะเกิดขึ้นได้ ดังนี้
      - *ผิวของโลหะสัมผัสกับน้ำและแก๊สออกซิเจน โดยโลหะจะเสียอิเล็กตรอนให้กับน้ำและแก๊สออกซิเจน*
      - *โลหะสัมผัสกับสารที่รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า หรือมีค่า E^0 สูงกว่า)*

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน แล้วทำการทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กจากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี
6. ครูใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT มาจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่มมีบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังนี้
   - สมาชิกคนที่ 1 : ทำหน้าที่เตรียม**วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก**
   - สมาชิกคนที่ 2 : ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลอง ทำความเข้าใจ และอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
   - สมาชิกคนที่ 3 : ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
   - สมาชิกคนที่ 4 และ 5 : ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง
7. สมาชิกทุกคนในกลุ่มช่วยกันลงมือทำการทดลอง

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน (สมาชิกคนที่ 4 และ 5 ของกลุ่ม) ออกมานำเสนอผลการทดลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจนมีความเข้าใจที่ตรงกัน
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินปฏิบัติการ)
9. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งได้ข้อสรุปว่า *"การป้องกันการกัดกร่อนของตะปูเหล็กทำได้โดยป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะสัมผัสกับน้ำแก๊สออกซิเจน หรือนำโลหะที่มี E^0 มาพันหรือวางไว้ใกล้ ๆ หรือนำไปต่อกับวัสดุที่รับอิเล็กตรอนได้ดี"*

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

10. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะจากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ดังหัวข้อต่อไปนี้
    - การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ
    - การชุบหรือเคลือบโลหะด้วยโลหะอีกชนิดหนึ่งที่สลายตัวยาก
    - การทำเป็นโลหะผสม
    - การเคลือบผิวโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน
    - การทำอะโนไดซ์
    - การทำแคโทดิก
    - การรมดำ

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน ออกมาอธิบายเรื่องที่ได้ศึกษาให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยครูคอยเสริมความรู้ จนนักเรียนทั้งห้องเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน
    (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
12. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะ ดังนี้
    1) การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะด้วยวิธีแคโทดิกมีหลักการอย่างไร
       (แนวตอบ : ใช้โลหะที่มี E^0 ต่ำกว่า ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด ไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด)
    2) การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะด้วยวิธีอะโนไดส์มีหลักการอย่างไร
       (แนวตอบ : ใช้กระแสไฟฟ้าไปทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์)

3) ควรนำตะขอสร้อยคอที่ทำด้วยโลหะเงินมาแขวนพระเลี่ยมทองหรือไม่ เพราะเหตุใด
(แนวตอบ : ไม่ควร เพราะโลหะทองคำมีค่า E0 สูงกว่าโลหะเงิน จะทำให้ตะขอที่ทำด้วยโลหะเงินเสียอิเล็กตรอน และเกิดการกร่อนไปเรื่อยๆ)

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเนื้อหา เรื่อง ประเภทของเซลล์กัลวานิก ว่ามีส่วนไหนที่ยังไม่เข้าใจ และให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น เพื่อจะใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อ ๆ ไป
14. นักเรียนทำ**ใบงานที่ 5.7.1 เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน**
15. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
16. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
(หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล)

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ การกัดกร่อนของโลหะ เป็นการที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ โลหะ แล้วทำให้โลหะนั้นเปลี่ยนสภาพเป็นไอออน หรือกลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือสารประกอบไฮดรอกไซด์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ ทำได้หลายวิธี เช่น การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ การทาผิวของโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน การทำแคโทดิกโดยใช้โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำกว่าไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม การทำอะโนไดซ์โดยใช้กระแสไฟฟ้าทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์ และการทำรมดำซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มี สีต่าง ๆ กันบนผิวของโลหะ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำใบงานที่ 5.7.1 เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
5. ครูวัดและประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1) การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน	- ตรวจใบงานที่ 5.7.1 - ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- ใบงานที่ 5.7.1 - แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก	- ประเมินการปฏิบัติการ	- แบบประเมินการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) ใบงานที่ 5.7.1 เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

4) วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนของเหล็ก

5) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน

ใบงานที่ 5.7.1

เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

1. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ให้ ดังนี้

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)	ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0.13	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0.74
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0.14	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1.66
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0.44	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2.37

เมื่อนำโลหะคู่หนึ่งคู่ใดมาไว้ใกล้กัน โลหะชนิดใดจะผุกร่อน

โลหะที่นำมาไว้ใกล้กัน	โลหะที่ผุกร่อน
แมกนีเซียมกับดีบุก	.....
อะลูมิเนียมกับเหล็ก	.....
ตะกั่วกับเหล็ก	.....
โครเมียมกับอะลูมิเนียม	.....
ดีบุกกับตะกั่ว	.....
ตะกั่วกับโครเมียม	.....
แมกนีเซียมกับโครเมียม	.....
ดีบุกกับโครเมียม	.....
เหล็กกับตะกั่ว	.....
ตะกั่วกับอะลูมิเนียม	.....
เหล็กกับดีบุก	.....
แมกนีเซียมกับตะกั่ว	.....
โครเมียมกับเหล็ก	.....
อะลูมิเนียมกับแมกนีเซียม	.....

2. บอกพร้อมอธิบายวิธีการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะมา 5 วิธี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 5.7.1

เฉลย

เรื่อง การกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

<u>คำชี้แจง</u> : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกัดกร่อนของโลหะและการป้องกัน

1. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ให้ ดังนี้

ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)	ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0.13	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0.74
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0.14	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1.66
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0.44	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2.37

เมื่อนำโลหะคู่หนึ่งคู่ใดมาไว้ใกล้กัน โลหะชนิดใดจะผุกร่อน

โลหะที่นำมาไว้ใกล้กัน	โลหะที่ผุกร่อน
แมกนีเซียมกับดีบุก	แมกนีเซียม
อะลูมิเนียมกับเหล็ก	อะลูมิเนียม
ตะกั่วกับเหล็ก	เหล็ก
โครเมียมกับอะลูมิเนียม	อะลูมิเนียม
ดีบุกกับตะกั่ว	ดีบุก
ตะกั่วกับโครเมียม	โครเมียม
แมกนีเซียมกับโครเมียม	แมกนีเซียม
ดีบุกกับโครเมียม	โครเมียม
เหล็กกับตะกั่ว	เหล็ก
ตะกั่วกับอะลูมิเนียม	อะลูมิเนียม
เหล็กกับดีบุก	เหล็ก
แมกนีเซียมกับตะกั่ว	แมกนีเซียม
โครเมียมกับเหล็ก	โครเมียม
อะลูมิเนียมกับแมกนีเซียม	แมกนีเซียม

2. บอกพร้อมอธิบายวิธีการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะมา 5 วิธี

1. การป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะถูกน้ำและอากาศ เช่น ทำน้ำมัน ทาสี เคลือบพลาสติก ชุบโลหะ
2. การทาผิวของโลหะด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน เช่น เกลือโครเมตร เกลือบิวทิลลามีน
3. การทำแคโทดิก โดยใช้โลหะที่มีค่า E^0 ต่ำกว่าไปพันไว้กับโลหะที่ไม่ต้องการให้เกิดสนิม
4. การทำอะโนไดซ์ โดยใช้กระแสไฟฟ้าทำให้ผิวหน้าของโลหะกลายเป็นโลหะออกไซด์
5. การทำรมดำ ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีสีต่าง ๆ กันบนผิวของโลหะ

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกส่วนประกอบและหลักการทำงานของแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็ง แบตเตอรี่อากาศ และการทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเลได้ (K)
2. เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็งและแบตเตอรี่อากาศได้ (P)
3. ตั้งใจเรียนรู้และแสวงหาความรู้ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (A)

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการสำรวจค้นหา 3) ทักษะการวิเคราะห์ 4) ทักษะการเชื่อมโยง 5) ทักษะการทำงานร่วมกัน 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. มีวินัย รับผิดชอบ 2. ใฝ่เรียนรู้ 3. มุ่งมั่นในการทำงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

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

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge จาก**หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี** ว่า *"เซลล์ไฟฟ้าเคมีมีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันอย่างไร"* ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย *(แนวตอบ : เซลล์กัลวานิกนำมาทำเป็นแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก มาใช้ในกระบวนการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะ การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ)*
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนหลักการของเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลติก รวมทั้งการนำหลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมีทั้งสองประเภทมาใช้ประโยชน์ เพื่อนำเข้าสู่การเรียนการสอน เรื่อง ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า

ขั้นสอน

ขั้นที่ 2 สำรวจค้นหา (Explore)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาเรื่อง ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ดังนี้
   - แบตเตอรี่อิเล็กโทไลต์ของแข็ง
   - แบตเตอรี่อากาศ
   - การทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเล
2. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ตามความคิดเห็นของแต่ละกลุ่ม เช่น แผนภาพ แผนผัง เขียนบรรยาย
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม)

ขั้นที่ 3 อธิบายความรู้ (Explain)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอเรื่องที่ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและผลงานการจัดทำข้อมูลของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจนครบทุกกลุ่ม
   (หมายเหตุ : ครูเริ่มประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินการนำเสนอผลงาน)
4. ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าโดยครูเขียนโจทย์และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดูบนกระดาน ดังนี้
   1) จงเขียนปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด แอโนด และปฏิกิริยารวมของแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็งที่มี TiS_2 และ MnO_2 เป็นขั้วแคโทด

      วิธีทำ แบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็งที่มี TiS_2 เป็นขั้วแคโทด

      ที่ขั้วแคโทด : $TiS_2\ (s) + e^- \rightarrow TiS_2^-\ (s)$

      ที่ขั้วแอโนด : $Li\ (s) \rightarrow Li^+$ (ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) $+ e^-$

      ปฏิกิริยารวม : $Li\ (s) + TiS_2\ (s) \rightarrow LiTiS_2\ (s)$

      แบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์ของแข็งที่มี MnO_2 เป็นขั้วแคโทด

      ที่ขั้วแคโทด : $MnO_2\ (s) + Li^+$ (ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) $+ e^- \rightarrow LiMnO_2\ (s)$

      ที่ขั้วแอโนด : $Li\ (s) \rightarrow Li^+$ (ในอิเล็กโทรไลต์แข็ง) $+ e^-$

      ปฏิกิริยารวม : $Li\ (s) + MnO_2\ (s) \rightarrow LiMnO_2\ (s)$

2) จงเขียนปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด แอโนด และปฏิกิริยารวมของแบตเตอรี่อะลูมิเนียม-อากาศและแบตเตอรี่สังกะสี-อากาศ

วิธีทำ แบตเตอรี่อะลูมิเนียม-อากาศ

ที่ขั้วแคโทด : $3O_2\ (g) + 6H_2O\ (l) + 12e^- \rightarrow 12OH^-\ (aq)$

ที่ขั้วแอโนด : $4Al\ (s) + 16OH^-\ (aq) \rightarrow 4Al(OH)_4^-\ (aq) + 12e^-$

ปฏิกิริยารวม : $4Al\ (s) + 3O_2\ (g) + 6H_2O\ (l) + 4OH^-\ (aq) \rightarrow 4Al(OH)_4^-\ (aq)$

แบตเตอรี่สังกะสี-อากาศ

ที่ขั้วแคโทด : $\frac{1}{2}O_2\ (g) + 2e^- \rightarrow O_2^-\ (g)$

ที่ขั้วแอโนด : $Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^-$

ปฏิกิริยารวม : $Zn\ (s) + \frac{1}{2}O_2\ (g) \rightarrow ZnO\ (s)$

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 4 ขยายความเข้าใจ (Elaborate)

5. ครูถามคำถาม ดังนี้
   - เซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลติกสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

   (แนวตอบ : เซลล์กัลวานิกนำมาทำเป็นแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลติก มาใช้ในกระบวนการแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะ การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ)
6. นักเรียนทำแบบฝึกหัด ใน**หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี**
7. นักเรียนทำ Topic Questions จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงใน**สมุดประจำตัว**
8. นักเรียนอ่าน summary ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี เพื่อเป็นการทบทวนความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมา
9. นักเรียนทำ Self Check จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงในสมุดประจำตัว เพื่อตรวจสอบตนเอง
10. นักเรียนทำ Unit Questions 5 และแนวข้อสอบ A-level จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี ลงในสมุดประจำตัว
11. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

ขั้นสรุป

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ดังนี้ ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูประเมินผลนักเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และจากการนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบฝึกหัด
3. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Topic Questions
4. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Self Check
5. ครูตรวจสอบผลจากการทำ Unit Questions 5
6. ครูตรวจสอบผลจากการทำแนวข้อสอบ A-level
6. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

7. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 ประเมินระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้า	- ตรวจแบบฝึกหัด - ตรวจสมุดประจำตัว	- แบบฝึกหัด - สมุดประจำตัว	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอผลงาน	- แบบประเมินการเสนอผลงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย รับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 การประเมินหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี	- ประเมินตามสภาพจริง

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

2) หนังสือแบบฝึกหัดรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ม.5 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ไฟฟ้าเคมี

3) สมุดประจำตัว

8.2 แหล่งการเรียนรู้

-

9. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ตำแหน่ง .....

10. บันทึกผลหลังการสอน

- ด้านความรู้

.....

.....

- ด้านสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

- ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

- ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์

.....

.....

- ด้านอื่น ๆ (พฤติกรรมเด่น หรือพฤติกรรมที่มีปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ถ้ามี))

.....

.....

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- แนวทางการแก้ไข

.....

.....