



WORLD-CLASS
STANDARD SCHOOL

แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง เคมีอินทรีย์
หัวข้อ ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์



นายวิทวัส จำปาทอง

ตำแหน่ง ครู

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สิงห์บุรี อ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง เคมีอินทรีย์ เวลารวม 40 ชั่วโมง

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	เวลา (ชั่วโมง)
เคมีอินทรีย์	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์	1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างสารประกอบอินทรีย์ที่มีพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม ที่พบในชีวิตประจำวัน	สารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบของคาร์บอนส่วนใหญ่พบในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างหลากหลายและแบ่งได้หลายประเภท เนื่องจากธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม นอกจากนี้ยังสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับธาตุอื่น ๆ ได้อีกด้วย และมีการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย	2
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	2. เขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ และสูตรโครงสร้างแบบเส้นของสารประกอบอินทรีย์	โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์แสดงได้ด้วยสูตรโครงสร้างลิวอิส สูตรโครงสร้างแบบย่อ หรือสูตรโครงสร้างแบบเส้น	3
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง หมู่ฟังก์ชัน	3. วิเคราะห์โครงสร้าง และระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์จากหมู่ฟังก์ชัน	สารประกอบอินทรีย์มีหลายประเภท การพิจารณาประเภทของสารประกอบอินทรีย์อาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้เป็นแอลเคน แอลคีน แอลคีน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์อีเทอร์	3

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	เวลา (ชั่วโมง)
			เอมีน แอลดีไฮด์คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์เอไมด์	
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ชื่อของสารประกอบอินทรีย์	4. เขียนสูตรโครงสร้างและเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ที่มีหมู่ฟังก์ชันไม่เกิน 1 หมู่ตามระบบ IUPAC	การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์อีเทอร์เอมีน แอลดีไฮด์คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ และเอไมด์จะเรียกตามระบบ IUPAC หรืออาจเรียกโดยใช้ชื่อสามัญ	3
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ไอโซเมอร์	5. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ	ปรากฏการณ์ที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสมบัติแตกต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์ซิม และเรียกสารแต่ละชนิดว่า ไอโซเมอร์ ไอโซเมอร์ที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน เรียกว่า ไอโซเมอร์โครงสร้าง	3
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมบัติของสารประกอบอินทรีย์	6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบจุดเดือดและการละลายในน้ำของสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างต่างกัน	สารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ขนาดโมเลกุล หรือโครงสร้างของสารต่างกันจะมีจุดเดือดและการละลายในน้ำต่างกัน สำหรับการละลายของสารพิจารณาได้จากความมีขั้วของตัวละลาย และตัวทำละลาย โดยสารสามารถละลายได้	10

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	เวลา (ชั่วโมง)
			ในตัวทำละลายที่มีขั้ว ใกล้เคียงกัน	
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของสารประกอบ อินทรีย์	7. ระบุประเภทของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน และเขียนผลิตภัณฑ์จาก ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโบรมีน หรือ ปฏิกิริยากับ โพแทสเซียมเปอร์แมงกา เนต	สารประกอบอินทรีย์ ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคโนะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน เป็น สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อ เกิดปฏิกิริยา การเผาไหม้ปฏิกิริยากับ โบรมีนและปฏิกิริยากับ โพแทสเซียมเปอร์ แมงกานีส จะให้ผลของ ปฏิกิริยาต่างกัน จึงสามารถ ใช้เป็นเกณฑ์ ในการจำแนกประเภทของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนได้	10
		8. เขียนสมการเคมีและ อธิบายการเกิดปฏิกิริยา เอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยา การสังเคราะห์เอไมด์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสและ ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน	กรดคาร์บอกซิลิกทำ ปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้ เป็นเอสเทอร์เรียกว่า ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดคาร์บอกซิลิกทำ ปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็น เอไมด์ เอสเทอร์และเอไมด์ สามารถเกิดปฏิกิริยา ไฮโดรลิซิส ปฏิกิริยา ไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ในเบสแอลคาไลเรียกว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน	

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	เวลา (ชั่วโมง)
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์	8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกริยาสะปอนนิฟิเคชัน 9. ทดสอบปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส และปฏิกริยาสะปอนนิฟิเคชัน	กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกริยากับแอลกอฮอล์ได้เป็นเอสเทอร์ เรียกว่า ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน เอสเทอร์ สามารถเกิดปฏิกริยาไฮโดรลิซิส ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในเบสแอลคาไล เรียกว่า ปฏิกริยาสะปอนนิฟิเคชัน	3
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่องสารประกอบอินทรีย์ในชีวิตประจำวันและการนำไปใช้ประโยชน์	10. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการนำสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม	สารประกอบอินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นและตัวทำละลายในอุตสาหกรรม ด้านต่างๆเช่น อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเกษตร	3

หมายเหตุ : หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง เคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นเนื้อหาที่จัดอยู่สาระเคมี (เพิ่มเติม) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงมีเพียงผลการเรียนรู้ ไม่มีตัวชี้วัดระหว่างทางกับตัวชี้วัดปลายทาง

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อ-นามสกุล.....นายวิฑูรย์ จำปาทอง..... โรงเรียน.....อ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม.....
รายวิชา.....เคมี 5..... ระดับชั้น.....มัธยมศึกษาปีที่ 6.....
ชื่อหน่วยการเรียนรู้.....เคมีอินทรีย์..... เวลา 40 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง.....ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์..... เวลา 3 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

เอสเทอร์ (Ester) จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทหนึ่ง ที่มีความหลากหลายเป็นอย่างมาก ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มนี้ รวมถึงไขมัน ไข และน้ำมันหอมระเหย โดยพบได้ทั้งในธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งเอสเทอร์ มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่หลากหลาย และคุณสมบัติเหล่านี้ ก็เป็นข้อกำหนดแนวทางการนำเอสเทอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย อาทิ ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำหอม เครื่องสำอาง เป็นตัวทำละลายที่ดี สำหรับสีและสารเคลือบเงา นอกจากนี้ ยังใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมอาหารอีกด้วย ซึ่งในชีวิตประจำวันของนักเรียน น่าจะเคยพบหรือใช้ประโยชน์จากเอสเทอร์กันอยู่บ้าง หากนักเรียนได้เรียนรู้และทำกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องนี้ จะทำให้นักเรียนรู้จักเอสเทอร์มากขึ้น รู้ถึงที่มาของการสังเคราะห์เอสเทอร์ และเป็นแนวทางการนำสารประกอบเอสเทอร์ไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน

เอสเทอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำกรดคาร์บอกซิลิกมาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเอสเทอร์ที่ได้มักมีกลิ่นแตกต่างไปจากสารตั้งต้นอย่างชัดเจน และตามทฤษฎีเราเรียกปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอสเทอร์ว่า **ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification reaction)** จากการวิเคราะห์โครงสร้างของเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ จะพบว่า $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-$ เป็นส่วนที่มาจากกรดคาร์บอกซิลิก และ $-\text{OR}'$ เป็นส่วนที่มาจากแอลกอฮอล์ โดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันนี้ สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับหรือผันกลับได้ โดยปฏิกิริยาที่ผันกลับได้จะเป็นการแยกสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์กลับคืนมา จะเรียกปฏิกิริยานี้ว่า **ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ (Hydrolysis reaction)** ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส จะเกิดได้ทั้งในสภาวะที่มีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่ง หากใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ แต่ถ้าใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือคาร์บอกซิเลต (สบู่) และแอลกอฮอล์ ซึ่งมีชื่อปฏิกิริยาเฉพาะว่า **ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification reaction)** หรือปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่ ในกรณีที่ใช้เอสเทอร์เป็นน้ำมันหรือไขมัน) เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดคาร์บอกซิลิก สามารถทำปฏิกิริยากับเบสที่เป็นตัวเร่ง จนได้เกลือคาร์บอกซิเลต (สบู่) ออกมานั่นเอง

2. มาตรฐานและตัวชี้วัด

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของ สสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม : สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

8. เขียนสมการเคมีและอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน
9. ทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

3. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- 1) สมรรถนะที่ 1 ความสามารถในการสื่อสาร
ตัวชี้วัดที่ 1 ใช้ภาษาถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองด้วยการพูดและเขียน
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบได้
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบได้
- 2) สมรรถนะที่ 2 ความสามารถในการคิด
ตัวชี้วัดที่ 1 คิดพื้นฐาน (การคิดวิเคราะห์)
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 จำแนก จัดหมวดหมู่ จัดลำดับความสำคัญ และเปรียบเทียบข้อมูลในบริบทต่าง ๆ
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของส่วนประกอบของข้อมูลในบริบทต่าง ๆ
ตัวชี้วัดที่ 2 คิดขั้นสูง
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 คิดสังเคราะห์เพื่อ ประกอบการวางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คาดการณ์ ประเมินผล ข้อสรุป และตรวจสอบ ความเหมาะสมของ ข้อมูลที่พบเห็นในบริบทต่าง ๆ
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 คิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อตัดสินใจเลือกทางเลือกที่หลากหลาย โดยใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม
- 3) สมรรถนะที่ 4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
ตัวชี้วัดที่ 1 นำกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายไปใช้ในชีวิตประจำวัน
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่หลากหลาย มาสร้างผลงานที่เป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจน และมีประสิทธิภาพ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม
ตัวชี้วัดที่ 2 เรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 มีทักษะในการแสวงหา ความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 สามารถเชื่อมโยงความรู้
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง
ตัวชี้วัดที่ 3 ทำงานและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสร้างสรรค์ สามารถแสดงความคิดเห็นของตน ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 มีจิตสำนึก รับผิดชอบ ปฏิบัติตามกฎหมาย กติกา สิทธิ และหน้าที่
- 4) สมรรถนะที่ 5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี
ตัวชี้วัดที่ 1 เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาตนเองและสังคม
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการเรียนรู้สร้างสรรค์และมีคุณธรรม
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์และมีคุณธรรม
พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 เลือกและใช้เทคโนโลยีในการทำงานและนำเสนอ ผลงานอย่างสร้างสรรค์

4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์ สุจริต
3. มีวินัย รับผิดชอบ
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

5. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

1. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้
2. ระบุชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้

ด้านทักษะกระบวนการ (Skills)

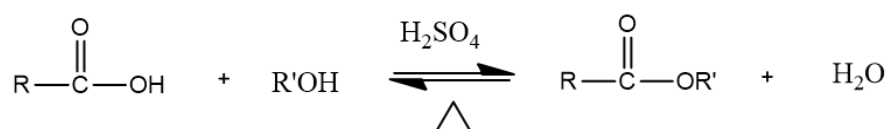
3. ออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้ถูกต้อง
4. ออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ได้ถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะ (Attributes)

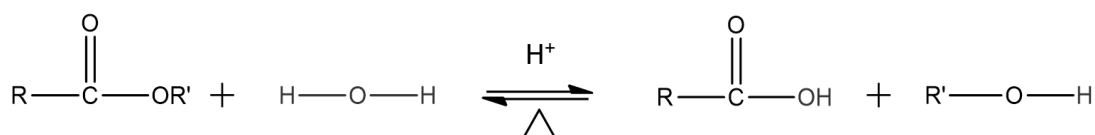
5. ความกล้าแสดงออกและมีส่วนร่วมในการอภิปราย
6. การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
7. การทำงานด้วยความรับผิดชอบและรู้จักหน้าที่ของตน

6. เนื้อหาสาระ

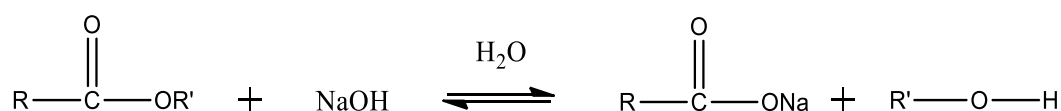
เอสเทอร์ (Ester) เป็นสารผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว และแตกต่างจากสารตั้งต้น เตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์และกรดคาร์บอกซิลิกที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดเข้มข้นทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเรียกปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์ว่า **ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification reaction)** เขียนสมการทั่วไป แสดงการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ได้ดังนี้



สำหรับการแยกสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำในสภาวะกรด เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เรียกว่า **ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis reaction)** ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็น ปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์และกรดคาร์บอกซิลิกกลับคืนมา ซึ่งเขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้



ส่วนปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ในสภาวะเบส จะมีชื่อปฏิกิริยาเฉพาะ ที่เรียกว่า **ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification reaction)** หรือเรียกโดยทั่วไปว่าเป็น ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ ซึ่งแตกต่างจากปฏิกิริยาที่ใช้กรดเป็นตัวเร่ง เนื่องจาก กรดคาร์บอกซิลิกที่เกิดขึ้นในขั้นแรก จะทำปฏิกิริยากับเบสที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่แล้วต่อ จนได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือคาร์บอกซิเลต (สบู่) (จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่ ในกรณีที่ใช้เอสเทอร์เป็นน้ำมันหรือไขมัน) และแอลกอฮอล์ และเขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้



7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- 1) เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- 2) สื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบเอสเทอร์
- 3) วีดิทัศน์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์ (เคมี ม.6 เล่ม 5 บทที่ 12) จากโครงการสอนออนไลน์ Project 14
- 4) วีดิทัศน์ เรื่อง Carboxylic Acids, Typical Acids and Esters | Organic Chemistry | Chemistry ผลิตโดย FuseSchool - Global Education
- 5) ใบความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาของสารประกอบเอสเทอร์
- 6) แบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์
- 7) แบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

8. วิธีการดำเนินกิจกรรม ตามแนวคิด Active Learning

(แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน : วิธีการสอนโดยใช้การปฏิบัติการทดลอง ร่วมกับรูปแบบการสอน CIPPA Model 7 ขั้นตอน อ้างอิงจาก ทิศนา ขัมมณี และคณะ. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบซีปปา (CIPPA model). กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ. 2548 พิมพ์ครั้งที่ 1)

ขั้นที่ 1 การทบทวนความรู้เดิม (15 นาที)

1. นักเรียนถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ด้วยโปรแกรม Super Soom กลุ่มละ 5-6 คน จำนวน 8 กลุ่ม และนั่งประจำโต๊ะ เพื่อเตรียมความพร้อมในการทำกิจกรรมตามแผนผังที่นั่งที่กำหนด



2. นักเรียนชมวีดิทัศน์ เรื่อง Carboxylic Acids, Typical Acids and Esters | Organic Chemistry | Chemistry ผลิตโดย FuseSchool - Global Education แล้วช่วยกันสรุปข้อมูลที่ได้เป็นแผนผังความคิด (ประเด็นที่ต้องสรุป เช่น ความหมาย ลักษณะ ประเภท และคุณสมบัติของกรดคาร์บอกซิลิก, ความสัมพันธ์ระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับเอสเทอร์ และการนำไปใช้ประโยชน์)



ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=3YeXGpDdgZw>

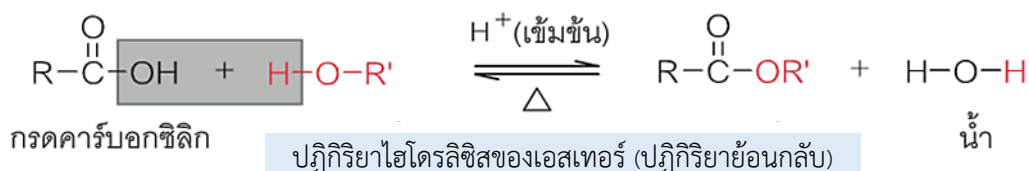
3. สุ่มตัวแทนกลุ่มนักเรียนออกมานำเสนอแผนผังความคิดของตน พร้อมให้เพื่อน ๆ กลุ่มอื่น ช่วยตรวจสอบความถูกต้อง และให้ข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 2 การแสวงหาความรู้ใหม่ (30 นาที)

4. นักเรียนร่วมกันศึกษาใบความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์ และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม จากแหล่งการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ (หนังสือแบบเรียน/เว็บไซต์ของหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษา/วิดิทัศน์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอินทรีย์)

สมการทั่วไปของปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์

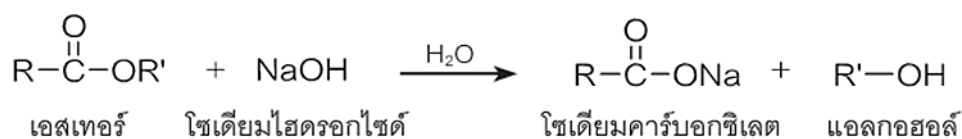
ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (ปฏิกิริยาไปข้างหน้า)



สมการทั่วไปของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะกรด

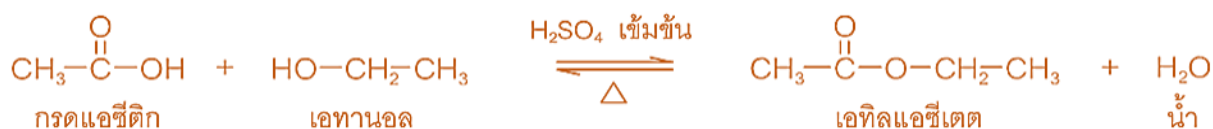


สมการทั่วไปของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะเบส



5. นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน โดยคุณครูทำหน้าที่เป็น Mentor คอยอำนวยความสะดวก และตอบข้อสงสัยให้นักเรียน

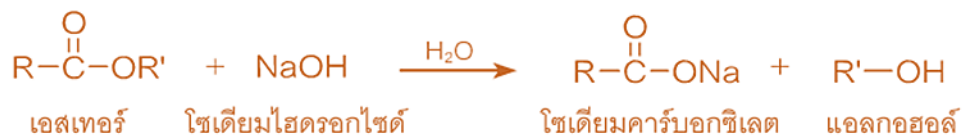
(แนวคำตอบ : การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน)



แนวคำตอบ : การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะกรด



แนวคำตอบ : การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะเบส



ขั้นที่ 3 การศึกษาความรู้ใหม่และเชื่อมโยงกับความรู้เดิม (20 นาที)

6. นักเรียนและคุณครู ร่วมกันอภิปรายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกรดคาร์บอกซิลิก และแอลกอฮอล์ รวมถึงปฏิกิริยาเคมีทั่วไปของสารประกอบอินทรีย์ที่ได้เรียนรู้ไปในคาบเรียนที่ผ่านมา มาผนวกกับความรู้ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาในคาบเรียนนี้ จากใบความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน และที่สืบค้นแหล่งเรียนรู้ภายนอกเพิ่มเติม โดยครูคอยกระตุ้นและชวนคิดกับนักเรียนด้วยคำถาม

ตัวอย่างคำถาม “กรดคาร์บอกซิลิกทำปฏิกิริยาเคมีกับแอลกอฮอล์ได้หรือไม่ และจะทราบได้อย่างไรว่าทั้ง 2 สาร ทำปฏิกิริยากัน” (แนวคำตอบ : กรดคาร์บอกซิลิก สามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแอลกอฮอล์ได้ โดยสามารถพิสูจน์ได้จากการต้มกลั่นเปรียบเทียบระหว่างก่อนทำปฏิกิริยากับหลังทำปฏิกิริยา)

ตัวอย่างคำถาม “ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะที่มีกรดเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กับในสภาวะที่มีเบสเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

(แนวคำตอบ : ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ และผลิตภัณฑ์ทั้งสอง จะไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจาก กรดคาร์บอกซิลิกมีความเป็นกรด จึงไม่ทำปฏิกิริยากับกรดด้วยกัน ส่วนแอลกอฮอล์ มีค่า pH ประมาณ 6.6 ซึ่งถือว่าเป็นกรดอ่อนมาก ๆ จึงไม่ทำปฏิกิริยากับกรดที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเช่นกัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่ จึงเกิดปฏิกิริยาเพียงขั้นตอนเดียว

ส่วนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ในสภาวะที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนแรก จะเกิดเป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ เช่นเดียวกัน ซึ่งกรดคาร์บอกซิลิก สามารถเกิดปฏิกิริยากับเบสที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อในขั้นที่ 2 ซึ่งเบสที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ NaOH กับ KOH และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาในขั้นที่ 2 นี้ จะได้เป็นเกลือคาร์บอกซิเลต (สบู่) (จะได้สบู่ในกรณีที่ใช้อะซิเตอเป็นน้ำมันหรือไขมัน) กับแอลกอฮอล์ที่มีอยู่จากปฏิกิริยาในขั้นที่ 1 เราจะเรียกปฏิกิริยาเฉพาะนี้ว่า ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ทั้งนี้การเลือกชนิดของเบสก็มีผลต่อคุณสมบัติของสบู่ด้วย เช่น สบู่เหลวจะเลือกใช้ KOH ในการผลิต ส่วนสบู่ก้อนจะใช้ NaOH ในการผลิต)

ตัวอย่างคำถาม “เหตุใด ในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ต้องใช้กรดเจือจางหรือเบสเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (แนวคำตอบ : เหตุผลที่ใช้กรดและเบสเจือจาง เนื่องจาก เป็นกรดและเบสที่มีน้ำอยู่มาก ซึ่งในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นสารตั้งต้นในการแยกสลายโมเลกุลของสารประกอบเอสเทอร์)

ขั้นที่ 4 การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม (10 นาที)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแบ่งปันความรู้จากการศึกษาและสืบค้นข้อมูลจากขั้นที่ 3 โดยพิมพ์สิ่งที่ได้เรียนรู้ลงใน Padlet ซึ่งคุณครูจะเตรียมและแบ่งคอลัมน์แยกเป็นรายกลุ่ม และให้นักเรียนสมาชิกในกลุ่มทุกคนพิมพ์ข้อมูลของตนเองลงไป จากนั้นให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มจับคู่กัน โดยใช้เทคนิคการสอนแบบ Think-Pair-Share เพื่อแลกเปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดที่ได้เรียนรู้มา โดยคุณครูเปิดโอกาสให้นักเรียนถามข้อสงสัย หรือเสนอข้อคิดเห็นได้ตลอดเวลา

ขั้นที่ 5 การสรุปจัดระเบียบความรู้ และวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ (25 นาที)

8. หลังจากนักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนและตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ครูมอบหมายภารกิจให้นักเรียนเขียนบันทึกสะท้อนคิด (Reflective Thinking) จากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาในขั้นที่ 1 - 4 ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อสรุป และจัดระเบียบความรู้ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสังเกต ทำความเข้าใจ และคิดวิเคราะห์ในสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มา รวมถึงแสดงความรู้สึกและความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้ทำไป โดยครูเป็นผู้อ่าน ซึ่งจะช่วยให้ครูทราบถึง

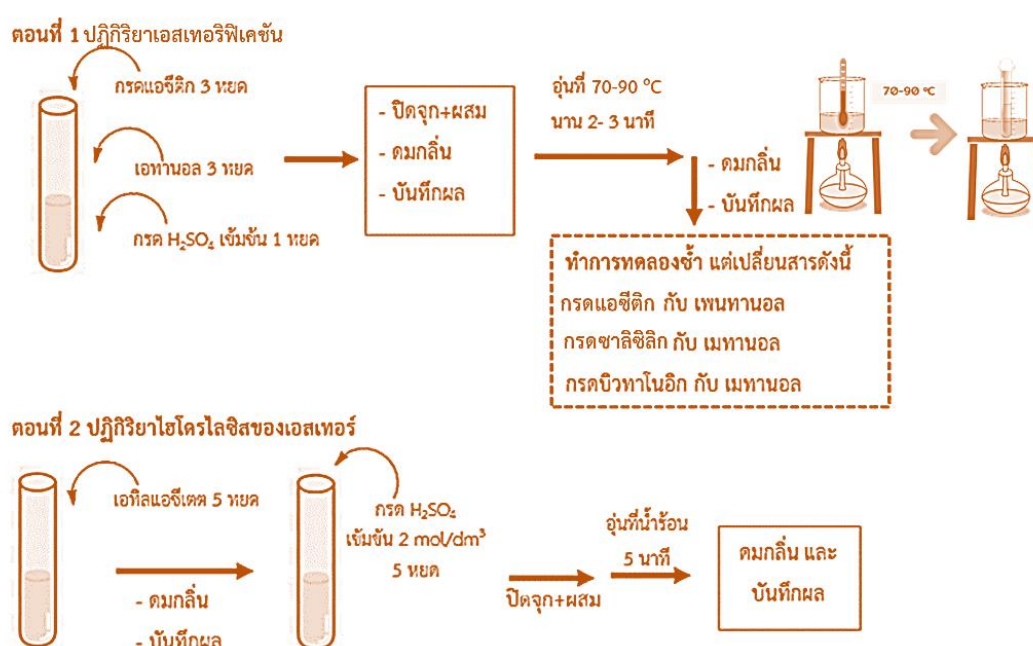
กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ความถูกต้องของเนื้อหา/แนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ครูได้นำข้อมูลไปแก้ปัญหา ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมในขั้นต่อไป

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับมอบหมายให้ ศึกษาข้อมูล และเขียนรายละเอียดของกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ ได้แก่ จุดประสงค์การทดลอง สมมติฐานการทดลอง อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ ออกแบบขั้นตอนการทดลอง ตลอดจนให้นักเรียนร่วมกันออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ภายในกลุ่มตนเอง โดยสามารถสืบค้นข้อมูลผ่าน ChatGPT หรือ AI ชนิดอื่น ๆ มาช่วยในการทำกิจกรรมได้ แต่ต้องมี ข้อมูลและทฤษฎีที่ถูกต้อง จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาอ้างอิงด้วย

10. หลังจากสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และออกแบบขั้นตอนการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มสลับกันตรวจสอบความถูกต้อง ของขั้นตอนการทดลอง และตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบมา โดยคำนึงถึงทฤษฎีที่ได้เรียนมา ตลอดจนลอง ทำนายผลการทดลองหรือผลิตภัณฑ์ที่จะเกิดขึ้น โดยใช้ความรู้เรื่องการเขียนสมการเคมีของปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ที่ได้เรียนรู้อีก และมีการคอยให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของนักเรียน ทุกกลุ่ม

11. ภายหลังจากนักเรียนสลับกันตรวจสอบความถูกต้องแล้ว นักเรียนนำจุดแข็ง จุดอ่อนของการออกแบบผลการทดลอง และตารางบันทึกผลการทดลอง รวมถึงแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง มาแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม แล้วนำ จุดอ่อนของกลุ่มตนเองมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้ทดลองจริง

ตัวอย่างแผนผังจากการออกแบบขั้นตอนการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง



****คำเตือน :** ห้ามสูดดมหรือสัมผัสกับเมทานอลโดยตรง เนื่องจาก เป็นสารที่มีพิษ และควรใช้สารนี้อย่างระมัดระวัง

บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

หลอดที่	สารตั้งต้น	กลิ่นของสารก่อนต้ม	กลิ่นของสารหลังต้ม
1			
2			
3			
4			

ตอนที่ 2 ปฏิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

หลอดที่	สาร	กลิ่นของสาร
1		
2		

ขั้นที่ 6 การปฏิบัติและแสดงผลงาน (60 นาที)

12. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนที่กลุ่มตนเองออกแบบไว้ แล้วถ่ายภาพขณะทดลอง บันทึกผลการทดลอง และสรุป อภิปรายผลการทดลอง ลงในลิงก์ Canva ที่ครูเตรียมให้ เพื่อนำเสนอ เปรียบเทียบผลการทดลอง และอภิปรายระหว่างกลุ่ม



ในขั้นการอภิปรายผลการทดลอง ครูใช้คำถาม เพื่อนำการอภิปรายผลการทดลองตอนที่ 1 ปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ร่วมกับนักเรียน ดังนี้

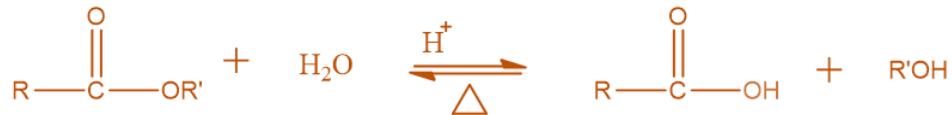
- นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า ปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชันเกิดขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์แล้ว (แนวคำตอบ : สารตั้งต้นมีกลิ่นฉุนคล้ายน้ำส้มสายชู/กลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์ ส่วนสารผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่หลากหลาย)
- สารผลิตภัณฑ์ใหม่ เรียกว่าอะไร (แนวคำตอบ : เอสเทอร์)
- ภายหลังจากนำหลอดทดลองที่ 1 – 4 ไปให้ความร้อน กลิ่นของสารของแต่ละหลอด มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง (แนวคำตอบ : หลอดที่ 1 กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ หลอดที่ 2 กลิ่นคล้ายกล้วย หลอดที่ 3 กลิ่นคล้ายน้ำมันระกำ และหลอดที่ 4 กลิ่นคล้ายแอปเปิล ตามลำดับ) โดยครูอาจมีกลิ่นสารมาตรฐานให้นักเรียนดมเปรียบเทียบ
- ปฏิริยาการสังเคราะห์เอสเทอร์ เรียกว่าอะไร (แนวคำตอบ : ปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชัน)
- สมการทั่วไปของปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชัน เขียนได้อย่างไร



13. ครูใช้คำถาม เพื่อนำการอภิปรายผลการทดลองตอนที่ 2 ปฏิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ ร่วมกับนักเรียนต่อไปนี้

- เอทิลแอสซิเตต เป็นสารอินทรีย์ประเภทใด (แนวคำตอบ : เอสเทอร์)
- เอทิลแอสซิเตต มีกลิ่นอย่างไร (แนวคำตอบ : กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ)
- เมื่อนำเอทิลแอสซิเตต ผสมกรดซัลฟิวริก อุ่นในน้ำร้อน มีกลิ่นอย่างไร (แนวคำตอบ : กลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชู)
- กลิ่นของสารผลิตภัณฑ์คล้ายกลิ่นน้ำส้มสายชู นักเรียนคาดว่าเป็นสารชนิดใด (แนวคำตอบ : กรดแอสซิติค)

- จากผลการทดลอง มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น เนื่องจากสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่แตกต่างกัน)
- ปฏิกิริยาการแยกสลายของเอสเทอร์ ให้กลายเป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ เรียกปฏิกิริยานี้ ว่าอะไร (แนวคำตอบ : ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์)
- จากปฏิกิริยานี้ ใส่กรดซัลฟิวริก เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ : ใส่กรดซัลฟิวริก เพื่อเป็นสารเร่งปฏิกิริยา)
- สมการทั่วไปของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เขียนได้อย่างไร



14. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลองทั้งตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จากนั้นครูสุ่มนักเรียนเฉลยคำถามท้ายการทดลอง ทั้งนี้ ครูอาจเปลี่ยนรูปแบบจากการตอบคำถามในแบบบันทึกผลการทดลองเป็นเกมสื่อออนไลน์ เช่น Kahoot, Quizizz, Wordwall ได้ เพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ในบรรยากาศที่สนุกสนาน และมีการแข่งขันกันระหว่างกลุ่ม

ตอนที่ 1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

1. จากการทดลองทราบได้อย่างไรว่า มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น และได้สารใดเป็นสารผลิตภัณฑ์

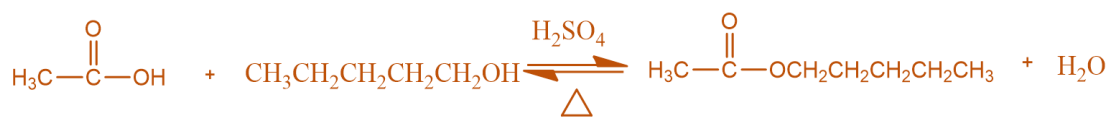
(แนวคำตอบ : เมื่อดมกลิ่นของสารตั้งต้นทั้งสองชนิด คือ กรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ ในแต่ละหลอด พบว่า สารมีกลิ่นต่างกัน และเมื่อผสมสารทั้งสอง ให้ทำปฏิกิริยาโดยใช้กรดเข้มข้นเป็นตัวเร่ง แล้วนำไปให้ความร้อน หลังจากนั้น จะพบว่า สารที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง มีกลิ่นแตกต่างไปจากสารตั้งต้น แสดงว่า มีสารผลิตภัณฑ์ คือ เอสเทอร์ เกิดขึ้นเอง และมีน้ำเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งด้วย)

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด พร้อมทั้งเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

(แนวคำตอบ : หลอดที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างกรดแอสติกกับเอทานอล ที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมี ได้ดังนี้



หลอดที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่างกรดแอสติกกับเพนทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมี ได้ดังนี้



หลอดที่ 3 ปฏิกิริยาระหว่างกรดซาลิซิลิกกับเมทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมี ได้ดังนี้



ทดลองที่ 4. ปฏิกิริยาระหว่างกรดนิวทานโนอิกกับเมทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



ตอนที่ 2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

1. นักเรียนคิดว่า สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ควรเป็นสารใด

(แนวคำตอบ... ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอทิลแอซีเตต ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้คือ กรดแอซีติก เนื่องจาก มีกลิ่นฉุนคล้าย น้ำส้มสายชู ส่วนผลิตภัณฑ์อีกชนิดเป็นแอลกอฮอล์ คือ เอทานอล ตามทฤษฎีและสมการเคมีของปฏิกิริยา แต่เนื่องจาก กรดแอซีติกมีกลิ่นฉุน และแรงกว่า จึงอาจกลบกลิ่นของเอทานอลที่เกิดขึ้น)

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น

(แนวคำตอบ... เมื่อสลายเอทิลแอซีเตตด้วยน้ำ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



ขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ความรู้ (20 นาที)

15. จากนั้น นักเรียนเข้าสู่กิจกรรม เรื่อง “D.I.Y My Perfume” โดยใช้คำถาม ดังนี้

“จากเอสเทอร์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเคราะห์ได้ นักเรียนคิดว่า จะนำสารเหล่านี้ไปทำอะไรได้อะไรบ้าง”

(แนวคำตอบ : นำไปผสมเป็นน้ำหอม, นำไปแต่งกลิ่นอาหารได้ แต่ต้องระมัดระวัง เรื่อง ความสะอาด และสิ่งปนเปื้อน หรือนำไปผสมสบู์ โดยนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน ในการผลิตสบู์ด้วยตนเองได้)

โดยครูเสริมแรงเชิงบวกโดยให้คะแนนพิเศษกับนักเรียนที่ร่วมตอบคำถาม



16. จากนั้น นักเรียนได้รับมอบหมายให้นำสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง มาปรุงเป็นน้ำหอมตามกลิ่นที่ตนเองชอบ โดยครูจัดเตรียมอุปกรณ์-สารเคมีดังต่อไปนี้

อุปกรณ์-สารเคมี

1. หัวน้ำหอมแบบต่าง ๆ และเอสเทอร์ที่นักเรียนสังเคราะห์ได้
2. แอลกอฮอล์สำหรับผสมหัวน้ำหอม
3. ขวดสเปรย์ขนาด 5 mL
4. หลอดฉีดยาขนาด 1 mL

5. แห้งแก้วสำหรับคน

6. แถบกระดาษทดสอบกลิ่น (Smelling Stripe)

17. หลังจากนักเรียนทุกคน ปรงน้ำหอม ในแบบที่ตนเองชอบเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะได้รับการกิจสุดท้ายเป็นการบ้าน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์น้ำหอม และทำโฆษณาผลิตภัณฑ์น้ำหอม เพื่อเผยแพร่ให้เพื่อนนักเรียนห้องอื่น ๆ ได้รับชม และร่วมให้คะแนน สำหรับนักเรียนที่ได้คะแนน popular vote สูงสุด จะได้รับคะแนนพิเศษจากครู

9. การวัดและการประเมินผล

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	หลักฐานการเรียนรู้ (ชิ้นงาน/ภาระงาน)	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้ ประเมิน
ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ 1. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้ 2. ระบุชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้	- การสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนรายบุคคล (ประเมินผลระหว่างเรียน) - การทำแบบฝึกหัดรายบุคคล (ประเมินผลระหว่างเรียน)	- แบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม - แบบฝึกหัด เรื่องปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน	- นักเรียนแสดงพฤติกรรมตอบคำถามในระดับพอใช้ขึ้นไป - ตอบคำถามถูกต้อง ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านกระบวนการ (P) นักเรียนสามารถ 3. ออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้ถูกต้อง 4. ออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้ถูกต้อง	- การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการเรียน เช่น การตอบคำถาม (ประเมินผลระหว่างเรียน) - การนำเสนอผลการทำปฏิบัติการ/การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (ประเมินผลหลังเรียน) - การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างทำปฏิบัติการทดลอง (ประเมินผลระหว่างเรียน)	- แบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม - แบบประเมินการนำเสนอผลงาน - แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน - แบบเฉลยการบันทึกผลการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยา	นักเรียนแสดงพฤติกรรมตอบคำถามในระดับพอใช้ขึ้นไป - นำเสนอผลงานในระดับพอใช้ขึ้นไป - ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ร้อยละ 70 ขึ้นไป - ออกแบบและปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้องตาม

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	หลักฐานการเรียนรู้ (ชิ้นงาน/ภาระงาน)	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้ ประเมิน
	- แบบบันทึกผลการ ทดลอง เรื่อง ปฏิกริยา เอสเทอร์ฟิเคชัน และ ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส ของเอสเทอร์ (ประเมินผลหลังเรียน)	เอสเทอร์ฟิเคชัน และ ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส ของเอสเทอร์	ขั้นตอนร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) นักเรียนมี 5. ความกล้าแสดงออกและมีส่วนร่วมใน การอภิปราย 6. การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 7. การทำงานด้วยความรับผิดชอบและ รู้จักหน้าที่ของตน	- การสังเกตการแสดง ความคิดเห็นของ นักเรียน (ประเมินผล ระหว่างเรียน) - การสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม (ประเมินผลระหว่าง เรียน)	- แบบสังเกต พฤติกรรมการตอบ คำถาม - แบบสังเกต พฤติกรรมการทำงาน กลุ่ม	- นักเรียนแสดง พฤติกรรมตอบ คำถามในระดับ พอใช้ขึ้นไป - นักเรียนแสดง พฤติกรรมดังกล่าว ในระดับพอใช้ขึ้น ไป

10. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1) ผลการจัดการเรียนรู้

การประเมินด้านความรู้ (Knowledge) พบว่า

นักเรียนผ่านเกณฑ์ประเมิน จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 88.61

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 11.39

- ★ นักเรียน จำนวน 70 คน เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน และระบุชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันได้ถูกต้อง ร้อยละ 70 ขึ้นไป

การประเมินด้านทักษะกระบวนการ (Process) พบว่า

นักเรียนผ่านเกณฑ์ประเมิน จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 87.34

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.66

- ★ นักเรียน จำนวน 69 คน ออกแบบและปฏิบัติการทดลองเพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้ถูกต้องร้อยละ ขึ้นไป 70 (ประเมินจากการเขียน Flowchart แสดงขั้นตอนการทดลอง การบันทึกผล สรุป อภิปรายผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลองได้ครบถ้วน ถูกต้อง)

การประเมินด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attribute) พบว่า

นักเรียนผ่านเกณฑ์ประเมิน จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 100

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

- ★ นักเรียน จำนวน 79 คน กล้าแสดงออกและมีส่วนร่วมในการอภิปราย ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และทำงานด้วยความรับผิดชอบและรู้จักหน้าที่ของตน ในระดับปานกลางขึ้นไป

หมายเหตุ : นักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมินผลการเรียนรู้ จะได้รับโอกาสให้ซ่อมเสริม จนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2) ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนบางคนยังเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ และปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน และระบุชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ยังไม่ถูกต้อง
2. นักเรียนบางกลุ่มบันทึกผลการทดลองสลับหลุดทดลอง ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

3) สาเหตุของปัญหา/อุปสรรคที่พบในการจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนบางคนขาดการทบทวนบทเรียนทำให้การเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาต่าง ๆ ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์
2. นักเรียนบางกลุ่มไม่ระบุชื่อสารให้ชัดเจนที่หลุดทดลอง แต่ละหลุด จึงทำให้เกิดความสับสนได้

4) วิธีการแก้ไขหรือพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผู้เรียน

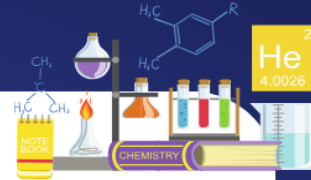
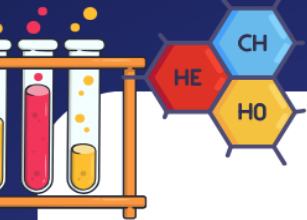
1. ครูควรให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นการบ้านเพิ่มมากขึ้น นักเรียนจะได้ฝึกฝน เรียนรู้ และเข้าใจ มากกว่าท่องจำ
2. ครูควรเน้นย้ำนักเรียนก่อนเริ่มทำการทดลอง ให้นักเรียนระมัดระวัง และมีความรอบคอบ ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ แล้วบันทึกผลการทดลอง อย่างเป็นระบบ จะได้ไม่เกิดความสับสน เมื่อนำผลการทดลองมาสรุป อภิปราย และเปรียบเทียบผลการทดลองกับเพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายวิฑูรย์ จำปาทอง)

ตำแหน่ง ครู

ภาคผนวก

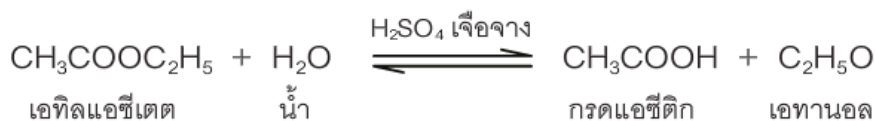


ใบความรู้เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบเอสเทอร์

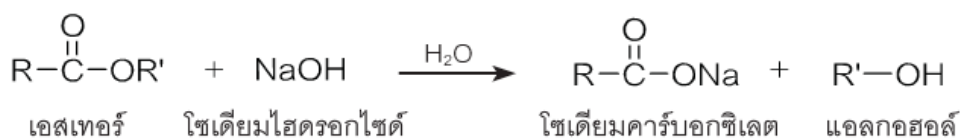
ปฏิกิริยาในการสังเคราะห์เอสเทอร์ จากกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ จะเรียกว่า **ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification reaction)** ซึ่งต้องใช้กรดเข้มข้น และใช้ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนปฏิกิริยาย้อนกลับที่เป็นการแยกสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์กลับคืนมา ปฏิกิริยานี้เรียกว่า **ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ (Hydrolysis reaction)** ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน และเขียนสมการทั่วไป ได้ดังนี้



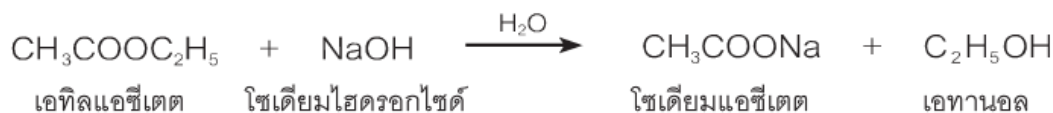
ตัวอย่างปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอทิลแอสिटเตต ซึ่งจะนำเอทิลแอสिटเตต มาทำปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิสูง (70-90 °C) โดยมีสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้กรดแอสिटิกกับเอทานอลเกิดขึ้น เขียนสมการแสดง ได้ดังนี้



ส่วนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสเอสเทอร์ที่สภาวะเบสเรียกว่า **ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification reaction)** จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือคาร์บอกซิเลต (จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสบู่ ในกรณีที่ใช้เอสเทอร์เป็นน้ำมันหรือไขมัน) และแอลกอฮอล์ เขียนสมการทั่วไป ได้ดังนี้



ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันระหว่างเอทิลแอสिटเตตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้เกลือโซเดียมแอสिटเตตกับเอทานอลเป็นผลิตภัณฑ์ เขียนสมการเคมี ได้ดังนี้



จากข้อมูลในข้างต้น นักเรียนจะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ปฏิกิริยานี้ ล้วนเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอสเทอร์ ที่นักเรียนจะต้องศึกษาเรียนรู้ในกิจกรรมนี้



แบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง
เรื่อง ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

ชื่อกลุ่ม..... ระดับชั้น ม.6/.....

สมาชิกในกลุ่ม

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1.หัวหน้ากลุ่ม | 4.ผู้ช่วยคนที่ 1 |
| 2.รองหัวหน้ากลุ่ม | 5.ผู้ช่วยคนที่ 2 |
| 3.เลขานุการ | 6.ผู้ช่วยคนที่ 3 |

คำชี้แจง ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และปฏิบัติการทดลองให้ครบถ้วน ถูกต้อง และปลอดภัยตามจุดประสงค์การทดลองที่กำหนด พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองให้ครบถ้วน

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อออกแบบและปฏิบัติการทดลอง สำหรับทดสอบปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ว่าเป็นจริงตามทฤษฎีหรือไม่

วัสดุ-อุปกรณ์

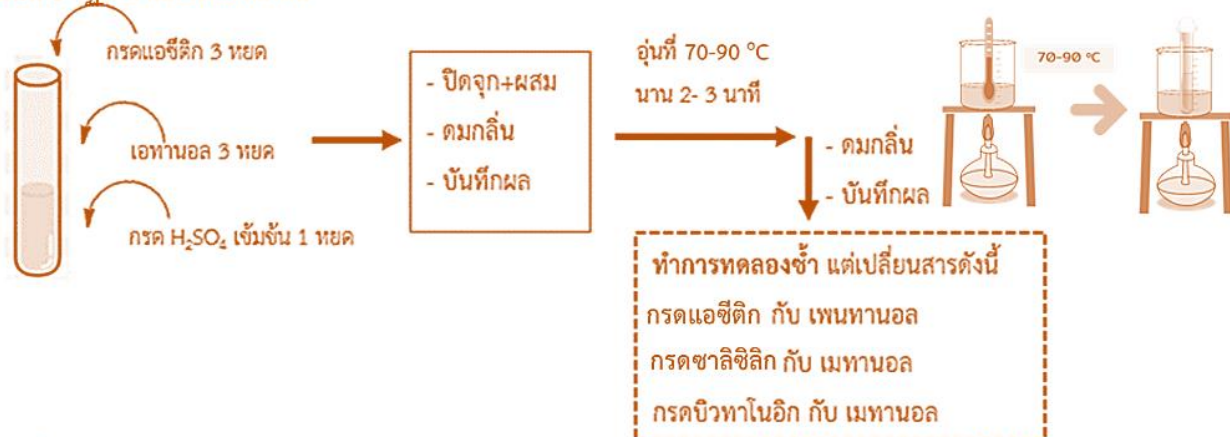
- | | |
|--|---|
| 1. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 2. จุกปิดหลอดทดลอง |
| 3. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 18 mol/L | 4. บีกเกอร์ขนาด 100 mL |
| 5. กระบอกตวง ขนาด 10 mL | 6. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรงลวด |
| 7. ที่จับหลอดทดลอง | 8. แ่งงแ้วคนสาร |
| 9. เทอร์มอมิเตอร์ | 10. สำลี |

สารเคมี

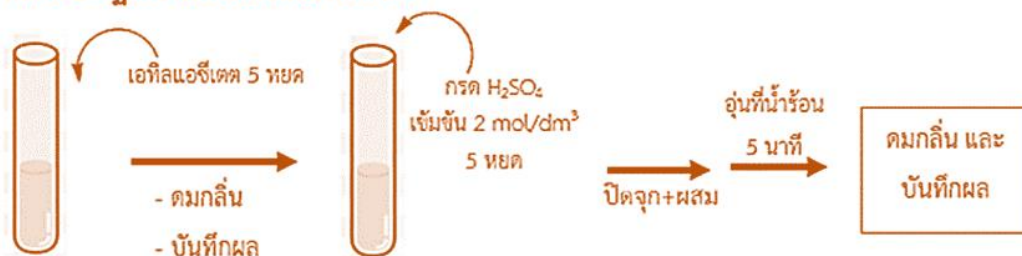
- | | | | |
|------------|----------------|--------------------|----------------------------------|
| 1. เมทานอล | 2. เพนทานอล | 3. กรดเบนโซอิก | 4. กรดบิวทาโนอิก |
| 5. เอทานอล | 6. กรดแอสซิติค | 7. เอทิลแอสซิติเตด | 8. กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 18 mol/L |

ออกแบบขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน



ตอนที่ 2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์



บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน

หลอดที่	สารตั้งต้น	กลิ่นของสารก่อนต้ม	กลิ่นของสารหลังต้ม
1	กรดแอซิดิก กับ เอทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ
2	กรดแอซิดิก กับ เฟนทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายกล้วย
3	กรดซาลิซิลิก กับ เมทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายน้ำมันระกำ
4	กรดบิวทาโนอิก กับ เมทานอล	กลิ่นฉุน	กลิ่นคล้ายแอปเปิล

****คำเตือน :** ห้ามสูดดมหรือสัมผัสกับเมทานอลโดยตรง เนื่องจาก เป็นสารที่มีพิษ และควรใช้สารนี้อย่างระมัดระวัง

ตอนที่ 2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

หลอดที่	สาร	กลิ่นของสาร
1.	เอทิลแอซิเตต	กลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ
2.	เอทิลแอซิเตต ผสมกรดซัลฟิวริกเจือจาง นำไปอุ่นในน้ำร้อน	กลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชู

สรุปผลการทดลอง

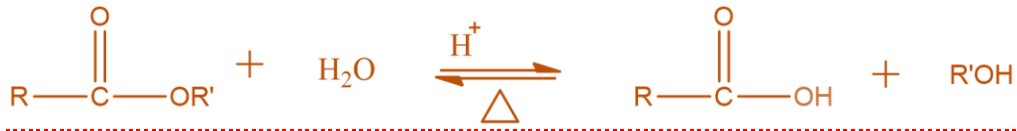
ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน

เมื่อนำกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์แต่ละชนิด ทำปฏิกริยากัน จะทำให้เกิดสารใหม่ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว เรียกว่า เอสเทอร์ (Ester) และเรียกปฏิกริยาเตรียมเอสเทอร์ว่า ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification reaction) ซึ่งมีสมการทั่วไปเป็นดังนี้



ตอนที่ 2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

เมื่อสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ (Hydrolysis reaction) จะได้กรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์กลับคืนมา มีสมการทั่วไปเป็นดังนี้



อภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน

จากการทดลอง เมื่อนำกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ทำปฏิกิริยากัน จะเกิดสารใหม่ที่มีกลิ่นแตกต่างไปจากสารตั้งต้น และมีกลิ่นที่แตกต่างกันในแต่ละหลอด ซึ่งสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์ และจะเรียกปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์นี้ว่า ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification reaction) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ในแต่ละหลอด ให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นต่างกัน แสดงว่า เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์ คนละชนิดกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ ที่เลือกมาทำปฏิกิริยา

ตอนที่ 2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

เอทิลแอซีเตต (Ethyl acetate) เป็นเอสเทอร์ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำไปต้มกับกรดซัลฟิวริก แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารที่มีกลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชู ซึ่งแสดงให้เห็นว่า มีสารใหม่เกิดขึ้น และน่าจะเป็นกรดแอซีติก (Acetic acid) แสดงว่า ในหลอดทดลองที่ 2 เกิดปฏิกิริยาการแยกสลายเอสเทอร์ด้วยน้ำ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ (Hydrolysis reaction) และเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของสารตั้งต้น สารผลิตภัณฑ์ที่ควรจะเป็น คือ ได้กรดแอซีติกกับเอทานอลกลับคืนมา ซึ่งสอดคล้องกับกลิ่นที่เกิดขึ้นหลังจากปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์

คำถามท้ายการทดลอง

ตอนที่ 1 ปฏิกริยาเอสเทอริฟิเคชัน

1. จากการทดลองทราบได้อย่างไรว่า มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น และได้สารใดเป็นสารผลิตภัณฑ์

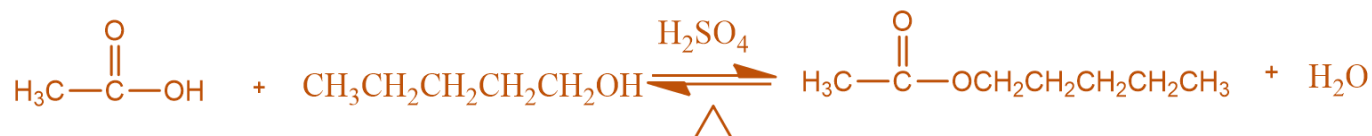
(แนวคำตอบ : เมื่อดมกลิ่นของสารตั้งต้นทั้งสองชนิด คือ กรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ ในแต่ละหลอด พบว่า สารมีกลิ่นต่างกัน และเมื่อผสมสารทั้งสอง ให้ทำปฏิกิริยาโดยใช้กรดเข้มข้นเป็นตัวเร่ง แล้วนำไปอุ่นให้ร้อน หลังจากนั้น จะพบว่า สารที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง มีกลิ่นแตกต่างไปจากสารตั้งต้น แสดงว่า มีสารผลิตภัณฑ์ คือ เอสเทอร์ เกิดขึ้นเอง และมีน้ำเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งด้วย)

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด พร้อมทั้งเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

(แนวคำตอบ : หลอดที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างกรดแอซีติกกับเอทานอล ที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยาเขียนสมการเคมี ได้ดังนี้



หลอดที่ 2 ปฏิกริยาระหว่างกรดแอสติติกกับเมทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



หลอดที่ 3 ปฏิกริยาระหว่างกรดซาลิซิลิกกับเมทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



หลอดที่ 4 ปฏิกริยาระหว่างกรดนิวทานอิกกับเมทานอลที่อุณหภูมิสูง โดยมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



ตอนที่ 2 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์

1. นักเรียนคิดว่า สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ควรเป็นสารใด

(แนวคำตอบ : ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสของเอทิลแอสเตต ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้คือ กรดแอสติก เนื่องจาก มีกลิ่นฉุนคล้ายน้ำส้มสายชู ส่วนผลิตภัณฑ์อีกชนิดเป็นแอลกอฮอล์ คือ เอทานอล ตามทฤษฎีและสมการเคมีของปฏิกิริยา แต่เนื่องจาก กรดแอสติกมีกลิ่นฉุน และแรงกว่า จึงอาจกลบกลิ่นของเอทานอลที่เกิดขึ้น)

2. จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น

(แนวคำตอบ : เมื่อสลายเอทิลแอสเตตด้วยน้ำ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เขียนสมการเคมีได้ดังนี้



แบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถาม

คำชี้แจง : ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนพฤติกรรมที่นักเรียนปฏิบัติดังนี้

ระดับ 3 หมายถึง แสดงพฤติกรรมให้เห็นมาก

ระดับ 2 หมายถึง แสดงพฤติกรรมให้เห็นปานกลาง

ระดับ 1 หมายถึง แสดงพฤติกรรมให้เห็นน้อย

ลำดับ ที่	ชื่อ - สกุล	พฤติกรรม									รวม คะแนน	การ ประเมินผล	
		สนใจและ ตั้งใจฟัง คำถาม			ตอบคำถามได้ ถูกต้องและตรง ประเด็น			ตอบคำถาม อย่าง สม่ำเสมอ				ผ่าน	ไม่ ผ่าน
		ระดับคะแนน			ระดับคะแนน			ระดับคะแนน					
		3	2	1	3	2	1	3	2	1			
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													
6.													
7.													
8.													
9.													
10.													

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายวิฑูรย์ จำปาทอง)

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

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
8 – 9	ดี
6 – 7	ปานกลาง
4 – 5	พอใช้
ต่ำกว่า 4	ไม่ผ่าน

แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน

วิชาเคมี 5.....ชั้น.....ม.6.....ภาคเรียนที่.....1.....

การทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ชื่อกลุ่ม.....

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องระดับคะแนนพฤติกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ

ชื่อ - สกุล สมาชิกในกลุ่ม	การทำการทดลอง (5)			ผลการทดลอง (5)	คุณลักษณะ/พฤติกรรมที่เหมาะสม ในระหว่างการทำปฏิบัติการทดลอง (10)											รวมคะแนน	
	ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง	การใช้อุปกรณ์ในการทดลอง	ความปลอดภัยในการทดลอง	การจัดกระทำข้อมูล	ความถูกต้องของข้อมูล	การแปลความหมายข้อมูล	ความซื่อตรง	ความร่วมมือในการทำงาน	ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	ตรงต่อเวลา	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	มีความอยากร้อยากเห็น	ตั้งใจทำงาน	มีความละเอียดรอบคอบ	สามารถแก้ไขปัญหาได้		พึ่งตนเองในการทำงาน
	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายวิทวัส จำปาทอง)

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

เกณฑ์การประเมินผล

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ	ความหมาย
15 – 20	2	ความสามารถในการทดลองอยู่ในระดับดี
8 – 14	1	ความสามารถในการทดลองอยู่ในระดับปานกลาง
0 – 7	0	ความสามารถในการทดลองอยู่ในระดับน้อย

สรุปผลการประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองเรื่อง ปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์
ของนักเรียนกลุ่ม.....คะแนนที่ได้.....มีคุณภาพอยู่ในระดับ.....

เกณฑ์การประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

1. การทำการทดลอง (5 คะแนน)

- ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง

ถูกต้องทุกขั้นตอน	ให้	2	คะแนน
ถูกต้องเพียงบางขั้นตอน	ให้	1	คะแนน
ไม่ถูกต้อง	ให้	0	คะแนน
- การใช้อุปกรณ์ในการทดลอง

ใช้อุปกรณ์ถูกต้องทั้งหมด	ให้	2	คะแนน
ใช้ถูกต้องเพียงบางอุปกรณ์	ให้	1	คะแนน
ไม่ถูกต้อง	ให้	0	คะแนน
- ความปลอดภัยในการทดลอง

ปลอดภัย	ให้	1	คะแนน
ไม่ปลอดภัย/เกิดอุบัติเหตุ	ให้	0	คะแนน

2. ผลการทดลอง (5 คะแนน)

- การจัดกระทำข้อมูล

ใช้แผนภาพหรือตารางในการนำเสนอข้อมูล	ให้	1	คะแนน
ไม่มีการจัดกระทำข้อมูล	ให้	0	คะแนน
- ความถูกต้องของข้อมูล

ถูกต้องตามทฤษฎีทางเคมีทั้งหมด	ให้	2	คะแนน
ถูกต้องเพียงบางส่วน	ให้	1	คะแนน
ไม่ถูกต้อง	ให้	0	คะแนน
- การแปลความหมายข้อมูล

แปลความหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์	ให้	2	คะแนน
แปลความหมายได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	ให้	1	คะแนน
ไม่ถูกต้อง	ให้	0	คะแนน

3. คุณลักษณะ/พฤติกรรมที่เหมาะสมในระหว่างการทำปฏิบัติการทดลอง (10 คะแนน)

- ความซื่อตรง

ซื่อตรง	ให้	1	คะแนน
ไม่ซื่อตรง	ให้	0	คะแนน
- ความร่วมมือในการทำงาน

ให้ความร่วมมือ	ให้	1	คะแนน
ไม่ให้ความร่วมมือ	ให้	0	คะแนน

3. คุณลักษณะ/พฤติกรรมที่เหมาะสมในระหว่างการทำปฏิบัติการทดลอง (10 คะแนน) (ต่อ)

- ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น			
ยอมรับฟัง	ให้	1	คะแนน
ไม่ยอมรับฟัง	ให้	0	คะแนน
- ตรงต่อเวลา			
ตรงต่อเวลา	ให้	1	คะแนน
ไม่ตรงต่อเวลา	ให้	0	คะแนน
- มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์			
มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ให้	1	คะแนน
ไม่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ให้	0	คะแนน
- มีความอยากรู้อยากเห็น			
มีความอยากรู้อยากเห็น	ให้	1	คะแนน
ไม่มีความอยากรู้อยากเห็น	ให้	0	คะแนน
- ตั้งใจทำงาน			
มีความตั้งใจทำงาน	ให้	1	คะแนน
ไม่มีความตั้งใจทำงาน	ให้	0	คะแนน
- มีความละเอียดรอบคอบ			
มีความละเอียดรอบคอบ	ให้	1	คะแนน
ไม่มีความละเอียดรอบคอบ	ให้	0	คะแนน
- สามารถแก้ไขปัญหาได้			
แก้ไขปัญหาได้	ให้	1	คะแนน
ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้	ให้	0	คะแนน
- พึ่งตนเองในการทำงาน			
พึ่งตนเอง	ให้	1	คะแนน
ไม่พึ่งตนเอง	ให้	0	คะแนน

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

[illegible]

(นายวิฑูรย์ จำปาทอง)

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

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

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินผลการนำเสนอผลงานของนักเรียนตามรายการ แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	ความถูกต้องของเนื้อหา			
2	การลำดับขั้นตอนของเรื่อง			
3	วิธีการนำเสนอผลงานอย่างสร้างสรรค์			
4	การใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอ			
5	การมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่ม			

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นายวิทวัส จำปาทอง)

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

เกณฑ์การให้คะแนน

- ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน
- ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน
- ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
12-15	ดี
8-11	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

คุณลักษณะ อันพึงประสงค์ด้าน	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 เชื่อมโยงคำสั่งสอนของบิดา-มารดา โดยไม่ได้แย้ง			
	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 เห็นคุณค่าและปฏิบัติตามวัฒนธรรมไทย			
8. มีจิตสาธารณะ	8.1 รู้จักช่วยพ่อแม่ ผู้ปกครอง และครูทำงาน			
	8.2 รู้จักการดูแลรักษาทรัพย์สินสมบัติและสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและโรงเรียน			

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นายวิฑูรย์ จำปาทอง)

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

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

แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 ชื่อชั้น.....ม...../..... เลขที่.....

สมรรถนะที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
1. ความสามารถในการสื่อสาร				
1.1 ใช้ภาษาถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองด้วยการพูดและการเขียน				
1.1.2 พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึกและทัศนะของตนเองจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบได้				
1.1.3 เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูด้วยภาษาของ ตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบได้				
สรุปความสามารถในการสื่อสาร				
2. ความสามารถในการคิด				
2.1 คิดพื้นฐาน (การคิดวิเคราะห์)				
2.1.1 จำแนก จัดหมวดหมู่ จัดลำดับความสำคัญและเปรียบเทียบข้อมูลในบริบทต่างๆ				
2.1.2 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของส่วนประกอบของข้อมูลในบริบทต่างๆ				
2.2 คิดขั้นสูง (การคิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ)				
2.2.1 คิดสังเคราะห์เพื่อ ประกอบการวางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คาคการณ์ ประเมินผล ข้อสรุปและตรวจสอบ ความเหมาะสมของ ข้อมูลที่พบเห็นในบริบทต่าง ๆ				
2.2.3 คิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อตัดสินใจเลือกทางเลือกที่หลากหลาย โดยใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม				
สรุปความสามารถในการคิด				
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต				
4.1 นำกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายไปใช้ในชีวิตประจำวัน				
4.1.1 นำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่หลากหลาย มาสร้างผลงาน/โครงการ ที่ เป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจน และมีประสิทธิภาพ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม				
4.2 เรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง				
4.2.1 มีทักษะในการแสวงหา ความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร				
4.2.2 สามารถเชื่อมโยงความรู้				
4.2.3 มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง				
4.3 ทำงานและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข				

สมรรถนะที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
4.3.1 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ สามารถแสดงความคิดเห็นของตน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				
4.3.3 มีจิตสำนึก รับผิดชอบ ปฏิบัติตามกฎหมาย กติกา สิทธิ และหน้าที่				
สรุปความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต				
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				
5.1 เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาตนเองและสังคม				
5.1.1 เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์และมีคุณธรรม				
5.1.2 เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์และมีคุณธรรม				
5.1.3 เลือกและใช้เทคโนโลยีในการทำงานและนำเสนอ ผลงานอย่างสร้างสรรค์				
สรุปความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นายวิทวัส จำปาทอง)

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

เกณฑ์การให้คะแนน :

- พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
 พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
 พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนบางครั้ง ให้ 1 คะแนน
 พฤติกรรมที่ไม่เคยปฏิบัติเลย ให้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 1 เกณฑ์คุณภาพในการประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (Rubric)

สมรรถนะที่ 1 ความสามารถในการสื่อสาร

ตัวชี้วัดที่ 1 ใช้ภาษาถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองด้วยการพูดและการเขียน

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
2. พูดถ่ายทอด ความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบแต่ ไม่สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู ด้วยภาษาของ ตนเอง และไม่มีตัวอย่าง ประกอบ	พูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะ จากสารที่อ่าน ฟัง หรือ ดู ตามแบบ
3. เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของ ตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบได้	เขียนถ่ายทอดความรู้ ความ เข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อม ยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	เขียนถ่ายทอดความรู้ ความ เข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของตนเอง พร้อม ยกตัวอย่างประกอบแต่ไม่สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	เขียนถ่ายทอดความรู้ ความ เข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ด้วยภาษาของตนเอง และ ไม่มีตัวอย่างประกอบ	เขียนถ่ายทอดความรู้ ความ เข้าใจจากสาร ที่อ่าน ฟังหรือดู ตามแบบ

สมรรถนะที่ 2 ความสามารถในการคิด

ตัวชี้วัดที่ 1 คิดพื้นฐาน (การคิดวิเคราะห์)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. จำแนก จัดหมวดหมู่ จัดลำดับความสำคัญและ เปรียบเทียบข้อมูลในบริบท ต่างๆ	มีพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ 1. จำแนกข้อมูลได้ 2. จัดหมวดหมู่ข้อมูลได้ 3. จัดลำดับความสำคัญของ ข้อมูลได้ 4. เปรียบเทียบข้อมูลได้ในบริบท ต่างๆ อย่างเหมาะสมสอดคล้อง กับความเป็นจริง	มี พฤติกรรม บ่งชี้ 3 พฤติกรรมในบริบทต่างๆ ได้ อย่างเหมาะสมสอดคล้อง กับความเป็นจริง	มีพฤติกรรมบ่งชี้ 2 พฤติกรรม ในบริบทต่างๆ ได้ อย่าง เหมาะสมสอดคล้องกับ ความ เป็นจริง	มีพฤติกรรมบ่งชี้ พฤติกรรมใด พฤติกรรม หนึ่ง หรือไม่ ปรากฏพฤติกรรมใดเลย
2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของ ส่วนประกอบของข้อมูลใน บริบทต่างๆ	ระบุความสัมพันธ์ของส่วน ประกอบต่างๆ ของข้อมูล และสามารถเชื่อมโยงกับ เหตุการณ์ ที่พบเห็นในในบริบทต่างๆ ได้ อย่างสมเหตุสมผล	ระบุความสัมพันธ์ของส่วน ประกอบต่างๆ ของข้อมูล และสามารถเชื่อมโยงกับ เหตุการณ์ที่พบเห็นในบริบท ต่างๆ ได้	ระบุความสัมพันธ์ของส่วน ประกอบต่างๆ ของข้อมูลได้ ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเชื่อม โยง กับ เหตุการณ์ที่พบเห็น ใน บริบทต่างๆ ได้	ไม่สามารถระบุความ สัมพันธ์ ของส่วนประกอบ ต่างๆ ของ ข้อมูล และ ไม่สามารถ เชื่อมโยงกับ เหตุการณ์ที่พบ เห็นใน บริบท ต่างๆ ได้

สมรรถนะที่ 2 ความสามารถในการคิด (ต่อ)

ตัวชี้วัดที่ 2 คิดขั้นสูง (การคิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. คิด สังเคราะห์ เพื่อประกอบการวางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คำนวณ ประเมินผล ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบ ความเหมาะสมของ ข้อมูลที่พบเห็นในบริบทต่างๆ	รวบรวม จัดกระทำประมวลผล ข้อมูล วางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คำนวณและ ประเมินผลข้อเสนอแนะ ได้ถูกต้อง ตลอดจนนำผลที่ได้ไปสร้าง ผลงานที่มีคุณภาพ	รวบรวม จัดกระทำ ประมวลผล ข้อมูล วางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คำนวณและประเมินผล ข้อเสนอแนะได้ ถูกต้อง ตลอดจน นำผลที่ได้ไปสร้าง ผลงานได้	รวบรวม จัดกระทำ ประมวลผล ข้อมูล วางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คำนวณ และ ประเมินผลข้อเสนอแนะได้ถูกต้อง	รวบรวม จัดกระทำ ประมวลผลข้อมูล วางแผน ออกแบบ ปรับปรุง คำนวณ และประเมินผล ข้อเสนอแนะไม่ได้
3. คิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อตัดสินใจเลือกทาง เลือกที่หลากหลายโดย ใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม	คิดแบบองค์รวม รอบด้าน มีเหตุผลเชิงตรรกะ ตัดสินใจ เลือกทางเลือกที่หลากหลาย โดยใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม เกี่ยวกับตนเอง และสังคม	คิดแบบองค์รวม รอบด้าน มีเหตุผลเชิงตรรกะ และตัดสินใจเลือกทางเลือกโดย ใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม เกี่ยวกับตนเองหรือสังคม	คิดแบบองค์รวม รอบด้านมีเหตุผลเชิงตรรกะและตัดสินใจเลือกทางเลือกโดยใช้เกณฑ์ ที่เหมาะสมได้	คิดแบบองค์รวม รอบด้าน หรือ มีเหตุผลเชิงตรรกะ และตัดสินใจเลือก ทางเลือกโดย ใช้เกณฑ์ที่ เหมาะสมไม่ได้

สมรรถนะที่ 4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

ตัวชี้วัดที่ 1 นำกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายไปใช้ในชีวิตประจำวัน

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. นำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่หลากหลายมาสร้างผลงานที่เป็นระบบ มีขั้นตอนชัดเจน และมีประสิทธิภาพ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม	ผลงาน สามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และสะท้อนถึงการนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่ หลากหลายที่ได้รับจากการเรียนรู้และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม โดยใช้ทักษะ เทคนิค และประยุกต์ใช้อย่างมีขั้นตอนชัดเจนและมีประสิทธิภาพ	ผลงาน สามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันและสะท้อนถึงการนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่หลากหลาย โดยใช้ทักษะ เทคนิคและประยุกต์ใช้อย่างมีขั้นตอนชัดเจนและมีประสิทธิภาพ	ผลงาน สามารถนำไป ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และสะท้อนถึงการนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการที่ หลากหลาย อย่างมีขั้นตอน ชัดเจนแต่ไม่มีประสิทธิภาพ	ผลงาน ที่สะท้อน ถึงการนำความรู้ หลักการ และกระบวนการเพียง หลักการใด หลักการหนึ่ง และไม่สามารถนำไปใช้ แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวันได้

สมรรถนะที่ 4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ต่อ)

ตัวชี้วัดที่ 2 เรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. มีทักษะในการแสวงหาความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร	สืบค้นความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ได้ถูกต้องรวดเร็วกว่าเวลา ที่กำหนดและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม	สืบค้นความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร จากแหล่งต่างๆ ได้ถูกต้อง ภายในเวลาที่กำหนดและ นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม	สืบค้นความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร จากแหล่งต่างๆ ได้ถูกต้อง ช้ากว่าเวลาที่กำหนด	คัดลอก ข้อมูล ข่าวสาร ผู้อื่น โดยไม่มีการสืบค้น
2. สามารถเชื่อมโยงความรู้	นำความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ที่ได้จากการสืบค้น เรียบเรียง เป็นเนื้อหาใหม่ที่เสนอ แก่นสาระสำคัญในประเด็น ที่เหมือนกันและต่างกัน โดย เชื่อมโยงหลักการ ทฤษฎี ได้อย่างสอดคล้องน่าเชื่อถือ	นำความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ที่ได้จากการสืบค้น เรียบเรียง เป็นเนื้อหาใหม่ที่เสนอ สาระ สำคัญในประเด็นที่เหมือนกัน และต่างกันได้	นำความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ที่ได้จากการสืบค้น เรียบเรียงเป็นเนื้อหาใหม่ได้	นำความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ที่ได้จากการสืบค้น มาเรียบเรียงเป็นเนื้อหาใหม่ไม่ได้
3. มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง	มีวิธีการศึกษาความรู้เพิ่มเติมอย่างหลากหลายเพื่อขยายประสบการณ์ไปสู่การเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ และ สร้างองค์ความรู้ตามความสนใจได้อย่างต่อเนื่อง	มีวิธีการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมอย่างหลากหลายเพื่อขยายประสบการณ์ไปสู่การ เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ และสร้างองค์ความรู้ตามความสนใจ	มีวิธีการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อขยายประสบการณ์ไปสู่การเรียนรู้สิ่งใหม่และสร้างองค์ความรู้ตามความสนใจ	มีวิธีการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมแต่ไม่สามารถขยายประสบการณ์ไปสู่ความรู้ ใหม่ได้

สมรรถนะที่ 4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต (ต่อ)

ตัวชี้วัดที่ 3 ทำงานและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ สามารถแสดงความคิดเห็นของตน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยสนับสนุนหรือคัดค้านความคิดเห็นนั้นด้วยกิริยา วาจาที่สุภาพ ให้เกียรติผู้อื่น และปฏิบัติงานที่ตนรับผิดชอบจนสำเร็จ เป็นที่พึงพอใจ ของกลุ่ม	แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยสนับสนุนหรือคัดค้าน ความคิดเห็นนั้นด้วยกิริยา วาจาที่สุภาพ ให้เกียรติผู้อื่น และปฏิบัติงานที่ตนรับผิดชอบจนสำเร็จ	แสดงความคิดเห็นของตน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ตามที่ตนได้รับมอบหมายจากกลุ่มจนสำเร็จ	ปฏิบัติงานของตนเองได้ แต่ไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. มีจิตสำนึก รับผิดชอบ ปฏิบัติตามกฎหมาย กติกา สิทธิ และหน้าที่	ปฏิบัติตามกฎ กติกาของ สังคม สามารถระบุหน้าที่ใน ความรับผิดชอบของตน และ ปฏิบัติตามสิทธิและหน้าที่ ที่ส่งผลให้เกิดผลดีต่อตนเองและ ส่วนรวม	ปฏิบัติตามกฎ กติกาของ สังคม สามารถระบุ หน้าที่ใน ความรับผิดชอบของตนและ ปฏิบัติตามสิทธิและหน้าที่ ที่ส่งผลให้เกิดผลดีต่อตนเองได้	ปฏิบัติตามกฎ กติกาของ สังคม สามารถระบุสิทธิและ หน้าที่ได้ แต่ละเลยการปฏิบัติเป็นบางครั้ง	ไม่ปฏิบัติตามกฎ กติกาของ สังคมหรือละเลยในสิทธิ และ หน้าที่

สมรรถนะที่ 5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

ตัวชี้วัดที่ 1 เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาตนเองและสังคม

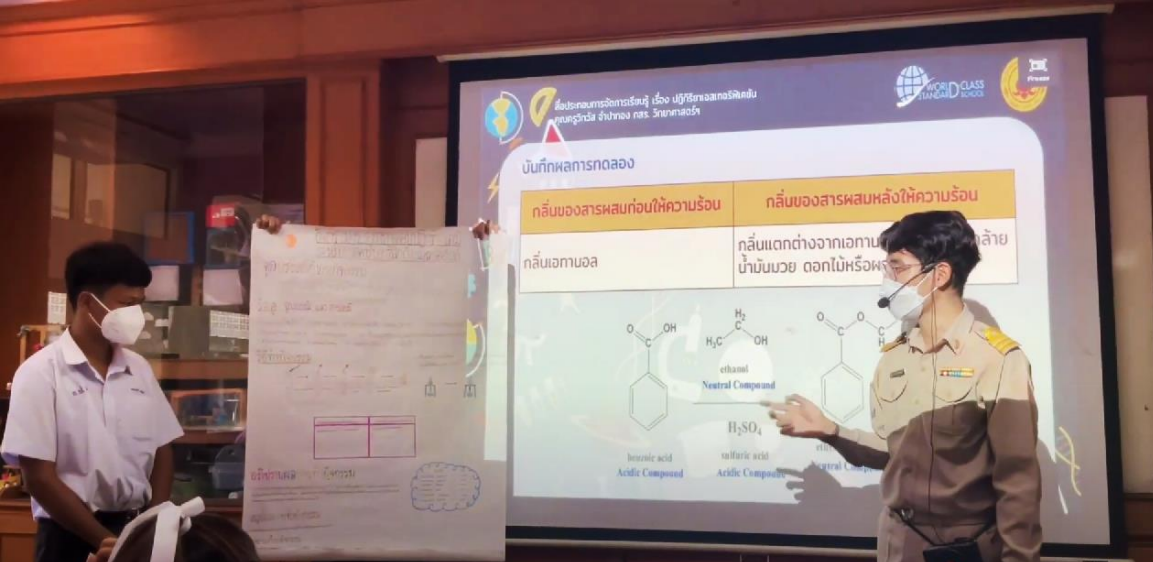
พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
1. เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์และมีคุณธรรม	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง มีความหลากหลาย แปลกใหม่ และเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมโดยสามารถแนะนำผู้อื่นได้	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง มีความหลากหลาย แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม	เลือกและใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม และ สรุปความรู้ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง และเป็นประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม	เลือกและใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม และสรุปความรู้ ด้วยตนเองได้แต่ต้องอาศัยผู้แนะนำ
2. เลือกและใช้เทคโนโลยี ในการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์และมีคุณธรรม	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการรับและส่ง สารให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้องและมีความหลากหลาย แปลกใหม่ โดยไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน และสามารถแนะนำผู้อื่นได้	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการรับและส่งสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง และมีความหลากหลาย แปลกใหม่ โดยไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน	เลือกและใช้เทคโนโลยีในการรับและส่งสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ อย่างถูกต้อง โดยไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน	เลือกและใช้เทคโนโลยีให้ ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้องแต่ ไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อผู้อื่น

สมรรถนะที่ 5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (ต่อ)

ตัวชี้วัดที่ 1 เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาตนเองและสังคม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคุณภาพ			
	ดีเยี่ยม (3)	ดี (2)	พอใช้/ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (1)	ปรับปรุง (0)
3. เลือกและใช้เทคโนโลยีในการทำงานและนำเสนอผลงานอย่างสร้างสรรค์	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อลดขั้นตอน เวลา ทรัพยากร ในการทำงาน และนำเสนอผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม โดยมีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ ไม่ ลอกเลียนแบบ ไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน ไม่มีผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถ แนะนำผู้อื่นได้	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อลดขั้นตอน เวลา ทรัพยากร ในการ ทำงานและนำเสนอผลงานที่ เป็นประโยชน์ ต่อตนเองและ สังคม โดยไม่ทำให้ผู้อื่น เดือดร้อน ไม่มีผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม	เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อ ลดขั้นตอน เวลา ทรัพยากร ในการทำงานและนำเสนอผล งานที่เป็นประโยชน์ต่อตนเอง หรือสังคม	เลือกและใช้เทคโนโลยีเพื่อ ลดขั้นตอน เวลา ทรัพยากร ในการทำงานและนำเสนอ ผลงานได้โดยต้องมีผู้แนะนำ

ภาพประกอบการสอน / ผลงานนักเรียน



โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สิงห์บุรี อ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ