

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แผนการจัดการเรียนรู้
3. ตัวแทนความคิด
4. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.1.1 หลักสูตร กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-6)

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ
2. ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ
3. สารและสมบัติของสารสมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมีและการแยกสาร
4. แรงและการเคลื่อนที่ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
5. พลังงานพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม
6. กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ
7. ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
8. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

2.1.2 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มุ่งศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) โดยหลักสูตรแกนกลางกำหนดคุณภาพของผู้เรียนที่จบช่วงชั้นจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรจะมีคุณภาพดังต่อไปนี้

2.1.2.1 เข้าใจการรักษาคุณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต

2.1.2.2 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มีวาทะชั้น วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

2.1.2.3 เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.2.4 เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.1.2.5 เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

2.1.2.6 เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.2.7 เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

2.1.2.8 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2.1.2.9 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.2.10 เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

2.1.2.11 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.1.2.12 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.1.2.13 วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

2.1.2.14 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.1.2.15 อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.1.2.16 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการ สืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

2.1.2.17 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

2.1.2.18 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

2.1.2.19 แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

2.1.2.20 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิง และเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็น

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

สืบค้นข้อมูล สำรวจตรวจสอบ ศึกษา วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด แบบจำลองอะตอมของโบร์ คลื่นและสมบัติของคลื่นแสง สเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และตามคาบ พันธะไอออนิก การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก สมบัติสารประกอบไอออนิก ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

การเกิดพันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์ แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สารโครงผลึก่างตาข่าย สมบัติของโลหะ พันธะโลหะ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะสมบัติของสารประกอบของธาตุตามคาบ ปฏิริยาของธาตุและสารประกอบของธาตุตามหมู่ สารประกอบของธาตุแทรนซิชัน สมบัติของธาตุกัมมันตรังสีและการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ความหมายของปฏิริยาฟิชชัน ปฏิริยาฟิวชันและปฏิริยาหลูกโซ่ ประโยชน์และโทษของธาตุและสารประกอบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ

เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มี คุณธรรม จริยธรรม และก่านิยมที่พึงประสงค์รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่อย่างพอเพียง ซื่อสัตย์ มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน รักความเป็นไทย และมีจิตสาธารณะ

2.1.4 โครงสร้างรายวิชา

ตารางที่ 2.1

โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 รหัส ว30221 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2559

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
2	พันธะเคมี			(17)
	บทนำ	1. บอกเหตุผลที่แสดงว่า	ธาตุส่วนใหญ่ไม่อยู่เป็น	1
	พันธะเคมี	มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง อนุภาคของสารหรือ พันธะเคมีได้	อะตอมอิสระแต่จะรวมตัว กับอะตอมอื่นโดยอาศัยแรง ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม เรียกว่า พันธะเคมี สมบัติเหมือนหรือต่างกันได้	

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			พันธะเคมีในสารต่างๆจะส่งผลให้สารเหล่านั้นอาจมีสมบัติเหมือนหรือต่างกันได้	
การเกิด ชนิด การเขียน สูตรและการเรียกชื่อ พันธะ โคเวเลนต์	2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้, เขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ได้, ใช้ความรู้เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะระบุชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้	พันธะ โคเวเลนต์เกิดจากอะตอมตั้งแต่ 2 อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ โคนทั่วไปอะตอมจะรวมกันด้วยอัตราส่วนที่ทำให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต	พันธะเคมีในสารต่างๆจะส่งผลให้สารเหล่านั้นอาจมีสมบัติเหมือนหรือต่างกันได้	2
		กฎออกเตตใช้ทำนายอัตราส่วนจำนวนอะตอมของธาตุองค์ประกอบที่รวมกันเป็นสารโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์	การเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์บางชนิดอาจไม่เป็นไปตามกฎออกเตตโดยอาจมีจำนวนอิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางมากกว่าหรือน้อยกว่า 8 อิเล็กตรอน	
		การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ที่เป็นอะตอมคู่ ให้เรียกชื่อธาตุ		

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			ที่อยู่หน้าก่อนและตามด้วย ชื่อของอีกธาตุหนึ่ง โดย เปลี่ยนท้ายเสียงเป็น 'ไ-ด์' พร้อมทั้งระบุจำนวนอะตอม ของธาตุเป็นภาษากรีก	
พันธะ โคเวเลนต์ ความยาว พันธะ พลังงาน พันธะ และ โครงสร้างเร โซแนนซ์	3. ใช้ค่าพลังงานพันธะ คำนวณหาพลังงานที่ เปลี่ยนแปลงของ ปฏิกิริยาได้, อธิบาย โครงสร้างของสาร โคเว เลนต์ที่มีโครงสร้างเร โซแนนซ์ได้	ระยะระหว่างนิวเคลียสของ อะตอมแต่ละคู่ที่เกิดพันธะ ต่อกันเรียกว่า ความยาว พันธะ ส่วนพลังงานที่น้อย ที่สุดที่ใช้สลายพันธะ ระหว่างอะตอมในสถานะ แก๊ส เรียกว่า พลังงานพันธะ ความยาวพันธะและพลังงาน พันธะใช้เป็นข้อมูลใน การศึกษาชนิดของพันธะ โคเวเลนต์ได้ พลังงานพันธะใช้คำนวณหา พลังงานที่เปลี่ยนแปลงของ ปฏิกิริยาได้ โมเลกุล โคเวเลนต์ที่มีพันธะคู่ บางโมเลกุลเขียนสูตร โครงสร้างที่แน่นอนไม่ได้ จะเขียนแทนด้วย โครงสร้างเรโซแนนซ์	2	

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์	4. ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเขียนแสดงด้วยโครงสร้างลิวอิสได้, อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง	1
	สภาพขั้วและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	5. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ได้	พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่างกันเป็นพันธะไม่มีขั้ว ถ้าเกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีไม่เท่ากันจะเป็นพันธะมีขั้ว สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของพันธะและรูปร่างโมเลกุล แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้วเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมเรียกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์	1

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุล โคเวเลนต์ที่เกิด จากธาตุไฮโดรเจนกับ อะตอมของธาตุที่มีขนาด เล็กและมีค่าอิเล็กโตรเน กาติวิตีสูง เรียกว่า พันธะ ไฮโดรเจน	
สาร โครง ผลึกร่างตา ข่าย	6. บอกสมบัติที่แตกต่างกัน ของสารโคเวเลนต์ประเภท โมเลกุลไม่มีขั้ว โมเลกุลมี ขั้ว และ โครงผลึกร่างตา ข่ายได้	สาร โคเวเลนต์บางชนิดที่ อะตอมยึดกันเป็นโครง ผลึกร่างตาข่ายจะมีจุด เดือดและจุดหลอมเหลว สูงมาก	2	
การเกิด โครงสร้าง การเขียน สูตรและการ เรียกชื่อ พันธะไอออ นิก	7. อธิบายเกี่ยวกับกฎออก เตต การเกิดไอออน การ เกิดพันธะไอออนิกและ โครงสร้างของ สารประกอบไอออนิกได้, เขียนสูตรและเรียกชื่อ สารประกอบไอออนิกได้	ธาตุส่วนใหญ่จะรวมกันด้วย สัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์ อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่ง เป็นสภาพที่เสถียรที่สุด เรียกว่า กฎออกเตต อะตอมของธาตุบางชนิด เมื่อให้หรือรับอิเล็กตรอน จะเกิดเป็นไอออนบวก หรือลบ ตามลำดับ ไอออนบวกและไอออน ลบจะยึดเหนี่ยวกันด้วย แรงดึงดูดระหว่างประจุ ไฟฟ้าต่างชนิดกัน เรียกว่า พันธะไอออนิก เกิดเป็น สารประกอบไอออนิก		

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			<p>สารประกอบไอออนิก จัดเรียงตัวเป็น โครงผลึกที่ มีรูปร่างแน่นอน ประกอบด้วยไอออนบวก รวมอยู่กับไอออนลบ ต่อเนื่องสลับกันไปทั้ง สามมิติ โครงสร้างของ ผลึกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วน ของจำนวนประจุและ ขนาดของไอออน</p> <p>สูตรของสารประกอบ ไอออนิกแสดงอัตราส่วน อย่างต่ำของจำนวน ไอออนบวกและไอออน ลบที่ทำให้ผลรวมของ ประจุเป็นศูนย์</p> <p>การเรียกชื่อสารประกอบ ไอออนิกให้เรียกไอออน บวกและตามด้วยไอออน ลบ</p>	
พลังงานกับ การเกิด พันธะ ไอออนิก	8. อธิบายการเปลี่ยนแปลง พลังงานกับการเกิด สารประกอบไอออนิก		<p>การเกิดสารประกอบ ไอออนิก มีสมมติฐานว่า เกิดขึ้นหลายขั้นตอน แต่ ละขั้นจะมีการ เปลี่ยนแปลงพลังงาน ซึ่ง อาจเป็นการคายพลังงาน หรือดูดพลังงาน</p>	1

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
สมบัติของ พันธะ ไอออนิก	9. บอกสมบัติบางประการ ของสารประกอบไอออนิก ได้		สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่จะมีสถานะเป็นของแข็ง เปราะและแตกง่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าแต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่ละลายในน้ำ แต่บางชนิดละลายได้น้อยหรือไม่ละลาย	2
ปฏิกิริยาของ พันธะ ไอออนิก	10. เขียนสมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ ได้		เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายในน้ำจะมีการสลายพันธะระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ และเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนกับโมเลกุลของน้ำ และเมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกบางคู่ ไอออนอิสระจะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิกชนิดอื่น	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้/เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	พันธะโลหะ	11. อธิบายการเกิดพันธะ โลหะและใช้ความรู้เรื่อง พันธะโลหะอธิบายสมบัติ ของโลหะได้	อะตอมของธาตุโลหะยึด เหนี่ยวกัน ด้วยพันธะ โลหะ เกิดจากอะตอมใช้ เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ เคลื่อนอย่างอิสระ	1

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้

2.2.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้

ได้มีผู้ให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 43) ได้กล่าวว่า การวางแผนและเตรียมการสอนว่าเป็นการกำหนดไว้ล่วงหน้าจะสอนใคร ในเนื้อหาใด สอนเมื่อใด สอนอย่างไร และเพื่อให้เกิดอะไร ซึ่งเมื่อถึงเวลาดังกล่าว จะดำเนินการสอนตามที่วางแผนไว้ ผู้สอนจึงต้องคิดวางแผนและเตรียมการสอนล่วงหน้าอย่างละเอียดรอบคอบเหมาะสม เพื่อให้สามารถดำเนินการสอนตามที่ได้กำหนด

สุวิทย์ มูลคำ (2547, น. 58) ได้กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้หมายถึง แผนการเตรียมการสอนหรือการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบและจัดทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยมีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มากำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์จะให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านใด (สติปัญญา เจตคติ ทักษะ) จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิธีใด ใช้สื่อการสอนหรือแหล่งการเรียนรู้ใดและจะประเมินอย่างไร

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2551, น. 297) ได้กล่าวว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้สื่อการสอน การวัดผลประเมินผลให้สอน

คล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เป็นแผนที่ผู้สอนจัดทำขึ้นจากคู่มือครูหรือแนวการสอนของกรมวิชาการทำให้ผู้สอนทราบว่าสอนเนื้อหาใด เพื่อจุดประสงค์ใด สอนอย่างไร ใช้สื่ออะไร และวัดผลประเมินผลโดยวิธีใด

สรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแผนการจัดการกิจกรรมที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้สำหรับสอนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แผนการสอนที่ดีควรมีองค์ประกอบที่เหมาะสมมีขั้นตอนการจัดเตรียมและมีการปรับปรุงอยู่เสมอประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สื่อและอุปกรณ์มีการวัดผลประเมินผลให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือจุดเน้นของหลักสูตรสภาพผู้เรียน เป็นการเตรียมการสอนที่เป็นระบบเป็นเครื่องมือช่วยให้ครูจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2.2 ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้

ได้มีผู้ให้ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำและคณะ (2549, น. 58) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ทำให้เกิดการวางแผนวิธีสอนที่ดี วิธีเรียนที่ดีที่เกิดจากการผสมผสานความรู้และจิตวิทยาการศึกษา
2. ช่วยให้ผู้สอนมีคู่มือการจัดการเรียนรู้ทำไว้ล่วงหน้าด้วยตนเองและทำให้ครูมีความมั่นใจในการเรียนรู้ได้ตามเป้าหมาย
3. ช่วยให้ผู้สอนทราบว่าการสอนของตนได้เกินไปในทิศทางใด หรือทราบว่า จะสอนอะไร ด้วยวิธีใด สอนทำไม สอนอย่างไร จะใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้อะไรและจะวัดผลประเมินผลอย่างไร
4. ส่งเสริมให้ผู้สอนใฝ่ศึกษาหาความรู้ ทั้งเรื่องหลักสูตร วิธีจัดการเรียนรู้และจัดหาและใช้สื่อแหล่งเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและประเมินผล
5. ใช้เป็นคู่มือสำหรับครูที่มาสอนแทนได้
6. แผนการจัดการเรียนรู้ที่นำไปใช้และพัฒนาแล้วจะเกิดประโยชน์ต่อวงการการศึกษา
7. เป็นผลงานทางวิชาการที่แสดงถึงความชำนาญและความเชี่ยวชาญของครูผู้สอนสำหรับประกอบการประเมินเพื่อขอเลื่อนตำแหน่งและวิทยฐานะครูให้สูงขึ้น

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ครูผู้สอนจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจในมาตรฐานช่วงชั้น สาระนั้นเนื้อหาที่ต้องการเรียนที่คาดหวังไว้

2.2.3 ลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี

สุวิทย์ มูลคำและคณะ (2549, น. 59) กล่าวว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีมีลักษณะดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ชัดเจน ในการสอนเรื่องนั้น ๆ ต้องทำให้ผู้เรียนเกิดคุณสมบัติอะไร หรือด้านใด
2. กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ชัดเจน และนำไปสู่การเรียนรู้ตามจุดประสงค์ได้จริง ระบุบทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียนไว้อย่างชัดเจนว่าจะต้องทำอะไรจึงจะทำให้การเรียนการสอนบรรลุผล
3. กำหนดสื่ออุปกรณ์หรือแหล่งเรียนรู้ไว้ชัดเจน จะใช้สื่ออุปกรณ์หรือแหล่งเรียนรู้อะไรช่วยบ้างและจะใช้อย่างไร
4. กำหนดวิธีการวัดและประเมินผลไว้ชัดเจน จะใช้วิธีการและเครื่องมือในการวัดและประเมินผลใด เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์นั้น
5. ยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้ ในกรณีมีปัญหาเมื่อมีการนำไปใช้หรือไม่สามารถกำหนดการจัดการเรียนรู้ตามแผนนั้นได้ก็สามารถปรับเปลี่ยนเป็นอย่างอื่นได้ โดยไม่กระทบต่อการเรียนการสอนและผลการเรียนรู้
6. มีความทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ ความเคลื่อนไหวต่าง ๆ และสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงที่ผู้เรียนดำเนินชีวิตอยู่
7. แปลความได้ตรงกัน แผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนขึ้นจะต้องสื่อความหมายได้ตรงกันเขียนให้เข้าใจง่าย กรณีมีการสอนแทนหรือเผยแพร่ผู้นำไปใช้สามารถเข้าใจและใช้ได้ตรงตามจุดประสงค์ของผู้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้
8. มีการบูรณาการ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี จะสะท้อนให้เห็นการบูรณาการแบบองค์รวมของเนื้อหาสาระความรู้และวิธีการการจัดการเรียนรู้เข้าด้วยกัน
9. มีการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้อย่างต่อเนื่อง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้และประสบการณ์ เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์ใหม่ และนำไปใช้ในชีวิตจริงกับการเรียนในเรื่องต่อไป

ชนิดย์ สุวรรณเจริญ (2556) กล่าวว่าไว้ว่า แผนการสอนเป็นเอกสาร ซึ่งครูผู้สอนต้องจัดทำขึ้น เพื่อเตรียมการสอนให้เป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนด นอกจากนั้นยังเป็นคู่มือการจัดการเรียนการสอนของครูประจำวันวิชา หรือ ครูคนอื่นที่ต้องสอนแทน เมื่อจำเป็นการเขียนแผนการสอนเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา ตลอดจนจุดประสงค์การเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้น จึงพิจารณาแต่ละจุดประสงค์ว่า

ควรจัดกระบวนการเรียนรู้อย่างไร ต้องใช้เทคนิคใด สื่ออะไรเพื่อจะให้นักเรียน เข้าใจ เกิดทักษะ มีความตระหนัก หรือ สาระนำไปใช้ได้ ตามมาตรฐานนั้น ๆ แผนการสอนที่ดี คือ

1. เป็นแผนการสอนที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างสนุกสนาน มีความสุขที่จะเรียน เพราะน่าสนใจน่าติดตามขั้นตอนต่อ ๆ ไปของครูรวมถึงทำให้นักเรียนทุกคนบรรลุจุดประสงค์ได้อย่างรวดเร็วการจัดการเรียนการสอน ห้องเรียนต้องพร้อมไปด้วยสื่อวัสดุอุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ถ้าเป็นวิทยาศาสตร์ เครื่องมือ อุปกรณ์ อุปกรณ์ หลอดทดลอง บีกเกอร์ ตะเกียงแอลกอฮอล์ สารเคมี ฯลฯ ต้องพร้อม การเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง จะทำทนายให้นักเรียนสนใจได้ อย่างประหลาดใจทีเดียว

2. เป็นแผนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และวัดประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยวิธีการอย่างหลากหลาย ตามที่หลักสูตรกำหนด แน่แน่นอนว่าแผนการสอนจะดีไม่ได้เลย ถ้าไม่สอดคล้องกับหลักสูตร ทั้งนี้ได้ให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ และคิดอย่างมีวิจารณญาณ โรงเรียนจึงต้องจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การวัดประเมินผลต้องเน้นสภาพจริง ด้วยวิธีต่าง ๆ กัน เพื่อค้นหาความแตกต่างของบุคคล จนสามารถประเมินนักเรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำการเขียนแผนการสอนที่ดี ครูผู้สอนอย่าไปยึดติดกับรูปแบบ หรืออะไรอื่น ๆ ให้มากนัก เช่นจะเขียนว่า ครูแจกใบงานให้กับนักเรียนก็ไม่ได้ เพราะครูว่านักเรียนไม่สำคัญ ต้องเขียนว่า นักเรียนรับใบงานจากครู จึงจะว่านักเรียนสำคัญกว่า อย่างนี้เป็นต้น

จากการที่ได้ศึกษาสรุปได้ว่า ลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี คือ ต้องมีการวางแผนที่ดี มีการวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดเนื้อหาที่จะสอน กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กำหนดสื่อการสอน มีความยืดหยุ่นสอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่ของผู้เรียน เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมีการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อในการเตรียมความพร้อมก่อนสอบ บันทึกเป็นหลักฐานว่าสอนอะไรถึงไหน รวมทั้งบันทึกว่าได้ผลอย่างไร แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีควรมีกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้คำแนะนำ และการดูแลของครูผู้สอนเน้นให้ผู้เรียนที่ได้ปฏิบัติจริงและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง และนำกระบวนการไปใช้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งส่งเสริมการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในท้องถิ่น โดยแผนการจัดการเรียนรู้ การประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ (ที่ได้มาจากผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายปี) สาระการเรียนรู้ (สาระสำคัญ) กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อ / แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ (ผลการจัดการเรียนรู้) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นของผู้บริหาร

1. สารสำคัญ (Concept) เป็นความคิดรวบยอด หรือหลักการของเรื่องหนึ่งที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียนเมื่อเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objective) เป็นการกำหนดจุดประสงค์ที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียนเมื่อเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้
3. สารการเรียนรู้ (Content) เป็นเนื้อหาที่จะจัดกิจกรรมและต้องการให้เกิดกับนักเรียนเมื่อเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (Instructional Activities) เป็นการเสนอขั้นตอนหรือกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่กำหนดไว้
5. สื่อแหล่งเรียนรู้ (Instructional Media) เป็นสื่อและวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้
6. การวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation) เป็นการกำหนดขั้นตอนหรือวิธีการวัดประเมินผลว่า นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ตามที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนการสอน แยกประเมินเป็นก่อนสอน ขณะสอนและประเมินหลังสอน
7. กิจกรรมเสนอแนะ เป็นกิจกรรมบันทึกเพิ่มเติมของครูผู้สอนหลังจากได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้บังคับบัญชาตรวจ เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้สอน
8. ความเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา เป็นการบันทึกการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อเสนอแนะหลังจากที่ได้ตรวจความถูกต้อง การกำหนดรายละเอียดในหัวข้อต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์ เช่น การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สารการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ การใช้สื่อ รวมทั้งการวัดและประเมินผล ให้มีความสอดคล้องส่งเสริมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ของหลักสูตร
9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ เป็นการบันทึกของผู้สอนหลังจากนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้สอนแล้ว เพื่อนำแผนไปปรับปรุงและใช้สอนในคราวต่อไป ประกอบด้วย 3 หัวข้อ
 10. ผลการเรียนรู้ด้านปริมาณและคุณภาพทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัยด้านทักษะพิสัย ด้านจิตพิสัย และกระบวนการ ซึ่งกำหนดในขั้นกิจกรรมการเรียนการสอนและขั้นประเมินผล
 11. ปัญหาและอุปสรรค เป็นการบันทึกปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะที่สอนก่อนสอนและหลังทำการสอน
 12. ข้อเสนอแนะ แนวทางการแก้ไข เป็นการบันทึกข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปรับปรุงการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ บรรลุจุดประสงค์ของบทเรียนที่หลักสูตรกำหนด

สุวิทย์ มูลคำและคณะ(2549, น. 63) กล่าวไว้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย ส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ส่วนนำหรือหัวแผนการจัดการเรียนรู้

เป็นส่วนประกอบที่แสดงให้เห็นภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้ ว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ใด ใช้กับผู้เรียนระดับใด เรื่องอะไร ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมนานเท่าใด

ส่วนที่ 2 ตัวแผนการจัดการเรียนรู้

1. สาระ
2. มาตรฐานการเรียนรู้
3. มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น
4. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
5. สาระสำคัญ
6. จุดประสงค์การเรียนรู้ ประกอบด้วย
 - 6.1 จุดประสงค์ปลายทาง
 - 6.2 จุดประสงค์นำทาง
7. สาระการเรียนรู้ เนื้อหา
8. กิจกรรม กระบวนการเรียนรู้
9. การวัดและประเมินผลประกอบด้วย
 - 9.1 วิธีการประเมิน
 - 9.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน
 - 9.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน
10. เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้
11. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ส่วนที่ 3 ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

ประกอบด้วยบันทึกผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นส่วนที่ผู้สอนบันทึกข้อสังเกตที่พบจากการนำไปใช้ เช่น ปัญหาและแนวทางแก้ไขกิจกรรมเสนอแนะและข้อมูลอื่น ๆ เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในการนำไปใช้ต่อไปอีกส่วนหนึ่งของท้ายแผนการจัดการเรียนได้แก่ เอกสารประกอบการสอนได้แก่ใบงาน แบบทดสอบที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแผนนั้น ๆ เป็นต้น

จากการที่ได้ศึกษาสรุปได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้และแผนผังมโนทัศน์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการให้นักเรียนสิ่งที่เรียนเป็นแผนผังมโนทัศน์ หรือตอบข้อสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เพื่อแสดงความเข้าใจในการเขียนตอบ รวมทั้งการแสดงความคิด ความเข้าใจ ที่สรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรือเรื่องนั้น ๆ หลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งเหล่านั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้

2.3 ตัวแทนความคิด (Representation)

2.3.1 ความหมายของตัวแทนความคิด

นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับตัวแทนความคิด และได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด Hall (1997, อ้างถึงใน อภิวัดน์ ศรีกันหา, 2557, น.26) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดเป็นผลผลิตที่เกิดจากการให้ความหมายของแนวคิดของเราโดยผ่านทางสัญลักษณ์ หรือภาษา ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงแนวคิด (Concept) กับระบบสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน หรือเป็นการนำเสนอแนวคิดผ่านสัญลักษณ์นั่นเอง ระบบการนำเสนอภาพ หรือตัวแทนความคิดนั้นเกิดขึ้นในสองระดับ คือ การเสนอภาพแทนในใจหรือตัวแทนความคิดภายใน (Internal Representation) เป็นการพยายามตีความความจริงรอบตัวมนุษย์ซึ่งเป็นกระบวนการกลั่นกรองสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวให้เป็นความรู้หรือความคิดหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ และในการนำเสนอตัวแทนความคิดภายนอก (External Representation) เป็นการสื่อสารความคิดหรือความรู้ที่มีอยู่ในสมองให้ผู้อื่นได้รับทราบโดยระบบสัญลักษณ์หนึ่ง ๆ เช่น ภาพ ภาษา เป็นต้น โดยสอดคล้องกับ Kozma and Russell (2005, p.125) ที่กล่าวว่าลักษณะของนักเคมีจะต้องเป็นคนที่มีความจินตนาการสูง ซึ่งสามารถมองเห็นสิ่งที่เกี่ยวกับเคมีจะมีตัวแทนความคิดที่ใช้ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของสสาร คือ ตัวแทนความคิดที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ (Internal Mental Representation) และการแสดงออกของตัวแทนความคิดภายนอกเป็นสัญลักษณ์ (External Representation) ซึ่งนักเคมีทุกคนจะต้องมีความสามารถในการมองเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่เกี่ยวกับเคมีให้เป็นภาพของโมเลกุล หรือภาพของการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยของ Kozma and Russell (2005, p.129) ได้กล่าวถึง ตัวแทนความคิดภายใน (Internal Mental Representation) ว่าเป็นสิ่งที่เป็มนโนทัศน์ (Concept) หลักการ (Principles) หรือเรียกว่าแบบจำลองภายในจิตใจ (Mental Model) สิ่งเหล่านี้เป็นสภาพความเข้าใจทางเคมีของแต่ละ

บุคคล เช่นเดียวกัน นักเคมีก็จะมีการสร้างมีการปรับเปลี่ยน และโดยใช้ตัวแทนความคิดภายนอก (External Representation) แสดงออกมาเป็นสัญลักษณ์ เช่น การวาดภาพ การเขียนสมการ การเขียนกราฟ และแผนผังต่าง ๆ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นตัวแทนความคิดของเขาโดยเฉพาะ การนำเสนอตัวแทนทางวิทยาศาสตร์ (Representation In Science) โดยส่วนมาก ไม่ว่าจะเป็นการอธิบายกฎทางธรรมชาติ หรือหลักการต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอในงานวิจัย ตำรา เอกสาร หรือบทความต่าง ๆ ส่วนต้องใช้ภาษา ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ภาษาในการอธิบาย หรือบอกข้อมูลเบื้องต้น เช่น สูตรร่างของวัตถุ แต่ถ้าจะอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่ซับซ้อนขึ้นบางครั้งอาจใช้มากกว่าภาษาทั่ว ๆ ไป เช่น แผนภาพ แผนผัง กราฟ และบางอย่างที่ไม่สามารถมองเห็นได้อาจใช้จินตนาการ นักวิทยาศาสตร์จะใช้ความสัมพันธ์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาอธิบาย Teller (2006, อ้างถึงใน อภิวัฒน์ ศรีกันหา, 2557, น.27) ซึ่งสอดคล้องกับ Prain, Tytler and Peterson (2009, pp.787-808) ที่กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือ สิ่งที่สื่อสารออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนคำอธิบาย การแผนภาพ การบรรยายด้วยคำพูด การแสดงท่าทาง และการวาดภาพ เพื่อใช้ในการแทนความรู้ความคิด และการอธิบายของตัวเอง ซึ่ง ดวงกมล บำรุงบ้านหมุ่ม (2556, น.11) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่นักเรียนใช้เป็นตัวแทนเพื่อที่จะสื่อสาร หรือแสดงออกถึงความคิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ เป็นตัวแทนของความคิดซึ่งเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้นมาอาจแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนบรรยายแผนภาพ รูปภาพ การแสดงท่าทาง การทำแบบจำลอง ที่สอดคล้องกับ สิทธิพงษ์ เมืองโคตร (2557, น.4-8) ได้กล่าวว่า ตัวแทนความคิด คือ การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ สัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้เปลี่ยนสิ่งที่เรามองเห็น เข้าใจ และจินตนาการ มาเป็นตัวแทนซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการรับรู้ของเรา ซึ่งในงานวิจัยของอภิวัฒน์ ศรีกันหา (2557, น.27-28) ได้กล่าวถึง ตัวแทนความคิดว่า คือ การที่บุคคลแสดงออกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเป็นการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้วนำเสนอสิ่งนั้นแสดงออกมาให้คนอื่นทราบการถึงสิ่งที่เราเข้าใจ ซึ่ง รัชณี เจนกลาง (2558, น.1659) กล่าวว่า ความสามารถในการแสดงออกของความคิดของตนเองออกมาในแนวทางที่หลากหลาย ได้แก่ Visual Mode คือ การแสดงตัวแทนความคิดของตนเองออกมาในรูปแบบของสิ่งที่มองเห็นได้ เช่น การใช้รูปภาพ การวาดภาพ การสร้างแบบจำลอง การใช้ภาพเคลื่อนไหว เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย ใกล้เคียงกัน Weller and Nakhleh (2010, pp. 349-351) ที่กล่าวว่า การใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นภาพ หรือเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ (Visual Representation) เช่น ภาพเคลื่อนไหว กราฟ แผนภาพ และ การวาดภาพต่าง ๆ มาใช้ในการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี จะช่วยให้ครูเข้าใจในแนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception) ของนักเรียนได้

จากการศึกษาความหมายของ ตัวแทนความคิด สรุปได้ว่า ตัวแทนความคิด คือ การรับรู้ความเข้าใจแสดงออกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเป็นการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้วนำเสนอแสดงสิ่งที่

เข้าใจนั้นออกมาให้คนอื่นรับรู้กับสิ่งที่เราเข้าใจเรื่องนั้น ๆ โดยการเสนอภาพแทนในใจหรือตัวแทนความคิดภายในเป็นการพยายามตีความ ความจริงรอบตัวมนุษย์ซึ่งเป็นกระบวนการกลั่นกรองสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวให้เป็นความรู้หรือความคิดหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ และการนำเสนอตัวแทนความคิดภายนอกเป็นการสื่อสารความคิดหรือความรู้ที่เข้าใจให้ผู้อื่นได้รับทราบโดยรูปแบบสัญลักษณ์ เช่น ภาพ ภาษา แบบจำลอง ซึ่งการแสดงออกมานั้นอาจจะเป็นการเขียนอธิบาย การพูด การใช้ภาษา การใช้สัญลักษณ์ การวาดภาพ การเขียนแผนผัง กราฟ และอื่น ๆ เพื่อที่จะสื่อสารหรือแสดงออกถึงความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นตัวแทนของความคิด

2.3.2 ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี (Level of Chemical Representation)

วิชาเคมีเป็นหนึ่งในสาขาที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ เป็นหัวข้อหรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับสมบัติปฏิกิริยา และการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่อยู่รอบ ๆ ตัวของนักเรียนได้ (Sirhan, 2007, pp.2-20) แต่ก็เป็นสิ่งที่ยากในการทำความเข้าใจของนักเรียนหลาย ๆ คน เพราะในหลักสูตรเคมีส่วนมากจะเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น เนื่องจากเนื้อหาเคมีโดยส่วนมากแล้วจะมีลักษณะเป็นนามธรรม ดังนั้นในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับเคมี นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาแนวคิดทางเคมี ระดับของการแสดงออกทางเคมี หรือระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี ซึ่งมีในภาษาอังกฤษที่มื่อนักการศึกษาใช้บ่อย ๆ ได้แก่ ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี (Johnstone, 1993, pp. 701-705), ระดับความคิด (Johnstone, 1991, p.75), ระดับของตัวแทนความคิด (Gabel 1999, pp.548-554), ในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า The Levels of Chemical Representation ซึ่งหมายถึง ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี โดยนักการศึกษาใช้ในภาษาอังกฤษแตกต่างกัน ดังนี้ จุลภาค, ระดับอะตอม (Andersson, 1986, p.549) ระดับแมคโครสโกปิก, ระดับไมโครสโกปิก, ระดับซิมโบลิก (Ben, Eylon, and Siberstein, 1987, pp.117-120) ระดับแมคโครสโกปิก (Gabel, Samuel, and Hunn, 1987, pp.695-697) ระดับไมโครสโกปิก, ระดับซิมโบลิก (Gabel, 1993, pp.193-194 Cite in Gilbert and Treagust, 2009, pp.1-10); ระดับแมคโคร, ระดับซิมโบลิก, ระดับสัญลักษณ์ (Johnstone, 1991, p.75); จุลภาคของเคมี, สัญลักษณ์ของเคมี (Bodner, 1992, p.186) , แมคโครเคมี, ซิมโบลิกเคมี, ตัวแทนความคิดเคมี (Johnstone, 1993, p.701), แมคโครสโกปิก, Atomic World (Fensham, 1994, pp.76-82, Cite in Gilbert and Treagust, 2009, p.2); ระบบแมคโครสโกปิก, ระบบไมโครสโกปิก, ระบบซิมโบลิก (Nakhleh and Krajcik, 1994, p.1007); แมคโคร, ซิมโบลิก, ตัวแทนความคิด (Johnstone, 2000, p.9) แมคโครสโกปิก, ซิมโบลิก, สิมโบลิก (Treagust, Chittleborough and Mamiala 2007, pp.1353-1369.) เมื่อจัดเป็นกลุ่มจะได้ 3 กลุ่มที่มีความหมายคล้ายกัน กล่าวคือ กลุ่มระดับแมคโคร, ระดับแมคโครสโกปิก กลุ่ม

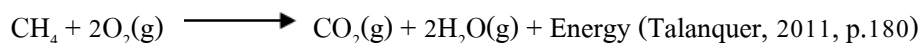
ระดับซับไมโคร, ระดับไมโครสโกปิก และกลุ่มระดับซิมโบลิก, ตัวแทนความคิดทางเคมี (Talanquer, 2011, p.179) โดยงานวิจัยนี้จัดได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมคโครสโกปิก ระดับไมโครสโกปิก และระดับสัญลักษณ์ ซึ่งตัวแทนความคิดทางเคมีจะหมายถึง ประเภทของการนำเสนอเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และกระบวนการทางเคมี โดยตัวแทนความคิดทางเคมีจะเป็นไปในมุมของการอุปมาการใช้แบบจำลอง การสร้างหลักการและทฤษฎีของนักเคมี ในการตีความหมายหรือแปลความหมายเกี่ยวกับธรรมชาติและความจริง (Hoffman and Lazzlo, 1991, p.1) ตัวแทนความคิดถูกสร้างขึ้นเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงผลที่ได้จากการทดลอง ปรากฏการณ์ต่าง ๆ และทฤษฎีที่นักเคมีสร้างขึ้น (Krajcik et al., 2001, p.821) ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางเคมี

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ตัวแทนความคิดทางเคมี (Chemical Representation) แบ่งได้เป็นระดับตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ (Level of Chemical Representation) ได้แก่

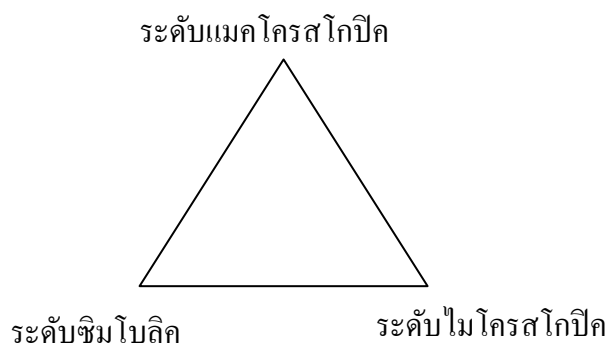
1. ระดับแมคโครสโกปิก เป็นระดับที่เป็นรูปธรรม สามารถสังเกตและเห็นได้ชัดเจน โดยนักเรียนสามารถใช้ความรู้สึกหรือ ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือ จากการทดลอง มาอธิบายปรากฏการณ์เคมีที่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนสี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ค่า Ph การตกตะกอนของสารเคมีในปฏิกิริยาเคมี โดยนักเรียนจะแสดงออกมาโดยการเขียนรายงานการทดลอง การอภิปราย การนำเสนอเป็นต้น (Gabel, 1999, p.548, Treagust, Chittleborough and Mamiala, 2007, p.1353) เช่น นักเรียนพูดถึงการเผาไหม้ของแก๊สธรรมชาติว่าเมื่อแก๊สธรรมชาติถูกเผาไหม้แล้วจะมีไอความร้อนเกิดขึ้น (Talanquer, 2011, p.179)

2. ระดับไมโครสโกปิก เป็นระดับที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นการอธิบายที่สังเกตได้ในระดับ Macroscopic Level โดยในลักษณะนี้จะมีลักษณะเป็นเนื้อหา แนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Johnstone, 199, p.75) เช่น แก๊สธรรมชาติประกอบด้วยแก๊สมีเทน ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดหนึ่ง โดยปฏิกิริยาเผาไหม้จะเกิดอันตรกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารใหม่ 2 ชนิด ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ และได้พลังงานออกมาเป็นความร้อนและแสง (Talanquer, 2011, p.179)

3. ระดับซิมโบลิก เป็นระดับที่เป็นการนำเสนอปรากฏการณ์ทางเคมีโดยใช้ ภาษา สัญลักษณ์ ประเภทต่าง ๆ เช่น สมการเคมี สูตรเคมี สมการทางคณิตศาสตร์ กราฟ รูปภาพ กลไกของปฏิกิริยาเคมี ลูกศร เป็นต้น (Johnstone, 1991, p.75) เช่น



Johnstone (1991, p.76) กล่าวว่า การแสดงตัวแทนความคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ มีความสัมพันธ์การเชื่อมโยงกัน เหมือนรูปสามเหลี่ยมที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 2.1 ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

จากภาพที่ 2.1 แสดงระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีระดับแมคโครสโกปิก จะเป็นพื้นฐานของการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี ซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถสังเกต หรือศึกษาได้ชัดเจน จึงจัดอยู่ในระดับแมคโครสโกปิกแล้วนำสิ่งที่เรานำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจะจัดอยู่ในระดับแมคโครสโกปิก และระดับซิมโบลิก Gabel (1999 อ้างถึงใน อภิวัฒน์ ศรีกันหา, 2557, น.30) ดังนั้นสิ่งที่เรานำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทางเคมีจะเป็นตัวแทนความคิดในระดับแมคโครสโกปิก และระดับซิมโบลิก มาอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ (Johnstone, 1993, p.701) ซึ่งถ้านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละระดับของการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี (Level of Chemical Representation) นักเรียนจะสามารถเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดในระดับหนึ่งไปยังตัวแทนความคิดในอีกระดับหนึ่งได้ หมายความว่านักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายที่เข้าใจได้สำหรับโมโนเคมี ผลก็จะทำให้นักเรียนมีโมโนเคมีที่คลาดเคลื่อนลดลง สอดคล้องกับ Treagust et al., (2007, pp.1353-1368) ที่กล่าวว่าความเชื่อมโยงของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับนี้ นักเรียนควรจะได้รับ การสอนอย่างชัดเจน ดังนั้นปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 3 ระดับนี้ ถือได้ว่าเป็นลักษณะที่สำคัญในการเรียนเคมี และมีความจำเป็นต่อการสร้างความเข้าใจในโมโนเคมีทางเคมี ดังนั้นถ้านักเรียนมีความยากต่อการเข้าใจในระดับใดระดับหนึ่งก็อาจจะมีผลต่อระดับอื่น ๆ (Sirhan, 2007, p.2) Kozma and Russell (1997, p.127) ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาตัวแทนความคิด (Representational Competence) ในการเปลี่ยนตัวแทนความคิดทางเคมีจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับอื่น ๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความเข้าใจ และประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาทางเคมี โดยการพัฒนาความสามารถของการ

แสดงออกของตัวแทนความคิด (Representation Competence) จะขึ้นอยู่กับการจัดการอย่างเชี่ยวชาญและอย่างมีความหมายของตัวแทนความคิดทางเคมีในระดับ Microscopic และ Symbolic ความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิด เป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับทักษะและการปฏิบัติของบุคคลที่จะสะท้อนออกมาจากการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการเปลี่ยนแปลงตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Macroscopic Level, Microscopic Level และ Symbolic Level) ซึ่งความสามารถนี้จะนำไปสู่ความสำเร็จในการสร้างความเข้าใจทางเคมี และในเนื้อหาสาระของหลักสูตรเคมีจะต้องประกอบด้วยทักษะต่อไปนี้ที่เป็นความสามารถในการพัฒนาตัวแทนความคิดทางเคมี Kozma and Russell, 2005, pp.125-130 ได้แก่

1. สามารถที่จะใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้
2. สามารถที่จะสร้างหรือเลือกตัวแทนความคิดและอธิบายได้ว่าตัวแทนความคิดนั้นมีความเหมาะสมอย่างไร
3. สามารถที่จะใช้คำในการระบุหรือวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะตัวของตัวแทนความคิดได้
4. สามารถบรรยายถึงความแตกต่างของตัวแทนความคิดได้
5. สามารถที่จะเชื่อมโยงตัวแทนความคิดที่แตกต่างกันเข้าด้วยกันหรือเชื่อมโยงประเภทของตัวแทนความคิดประเภทหนึ่งไปยังตัวแทนความคิดอีกประเภทหนึ่งได้
6. สามารถที่จะใช้ตัวแทนความคิดมาเป็นหลักฐาน เพื่อที่จะสนับสนุนปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น

สรุปได้ว่า ความรู้หรือการแสดงออกถึงความเข้าใจแนวคิดทางเคมี จะจำแนกได้เป็น 3 ระดับที่เรียกว่า ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี (The Levels of Chemical Representation) ได้แก่ ระดับแมคโครสโกปิก ระดับไมโครสโกปิก และระดับซิมโบลิก ซึ่งการที่นักเรียนจะสร้างความเข้าใจในเนื้อหาทางเคมีได้นั้น นักเรียนจะต้องมีการเชื่อมโยง และสามารถเปลี่ยนแปลงระดับของตัวแทนความคิดจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ ดังนั้นนักเรียนจึงจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจ ซึ่งสามารถแสดงออกได้ในรูปแบบของความสามารถในการพัฒนาความคิด โดยการเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิดทางเคมีที่สร้างความรู้ความเข้าใจและนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนเคมีได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี (The Levels of Chemical Representation) โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ สามารถพัฒนาความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น และเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งจะทำให้ นักเรียนเข้าใจวิชาเคมีซึ่งเป็นแนวคิดที่ยากและซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น

2.3.3 รูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิด (Mode of Representation)

การเรียนรู้เกี่ยวกับมโนคติทางเคมีจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับภาษาของเคมี (Social Language of Chemistry) ซึ่งความสำคัญของการพัฒนาภาษาทางเคมี คือการได้รับความรู้หรือการเชื่อมโยงของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ได้แก่ Macroscopic Level, Microscopic Level และ Symbolic Level ซึ่งความยากต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติทางเคมี ของนักเรียน มีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนขาดการมองเห็นภาพที่เป็นนามธรรมของเคมี และไม่สามารถแปลความหมายของรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิด (Mode Of Representation) ที่แตกต่างกันได้ (Cheng and Gilbert, 2009, pp.1-10) และ Cheng and Gilbert (2009, pp.55-73) ได้เสนอว่าการที่นักเรียนจะประสบผลสำเร็จในการเรียนวิชาเคมีได้นั้นจะต้องเกี่ยวกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางเคมี ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี โดยใช้รูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิด (Mode of Representation) ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิด ได้แก่ Waldrip and Prain(2006, pp.17-21) ที่ยอมรับว่านักเรียนจำเป็นที่จะต้องเชื่อมโยงรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิดที่แตกต่างกันได้ เช่น กราฟ ตัวเลข หรือภาษาพูด ที่ใช้ในการเรียนรู้กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ Warden (2006 Cited In Olaley, 2012) กล่าวว่าความหลากหลายของรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิด สามารถที่จะนำมาใช้ในการสอนวิชาเคมี เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่าง ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับได้ และสามารถนำเสนอมุมมองหรือแนวคิดของตัวเองได้ โดยรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิดได้แก่ 1) รูปแบบ 3 มิติ (3D Mode) เช่น แบบจำลองหรือการทดลอง 2) รูปแบบกราฟิกและการมองเห็น (Graphic And Visual Mode) เช่น โปสเตอร์ ตาราง ภาพ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3) รูปแบบการใช้ภาษาพูด (Verbal Mode) เช่น การนำเสนอปากเปล่า การพูด 4) รูปแบบการเขียน (Written Mode) เช่น บทความ การเขียนรายงาน 5) รูปแบบที่เป็นรูปร่างตัวตน (Embodied Mode) เช่น การแสดงบทบาทสมมติ และ 5) รูปแบบของตัวเลข (Numerical Mode) เช่น ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ส่วน Carolan et al. (2008, pp.18-23) จำแนกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) รูปภาพที่จำเพาะกับวิทยาศาสตร์ เช่น ตาราง กราฟ แบบจำลอง 3 มิติ 2) รูปแบบทั่วไป เช่น การอภิปราย การแสดงบทบาทสมมติ การโต้วาที ซึ่งสอดคล้องกับ Gilbert (2005, pp. 9-27 อ้างถึงใน อภิวัฒน์ ศรีกันหา, 2557, น.31) จำแนกประเภทของรูปแบบการแสดงออกตัวแทนความคิด ได้อย่างละเอียด แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) รูปแบบวัตถุหรือรูปธรรม (Concrete Mode) เป็นลักษณะของการนำเสนอที่เป็น 3 มิติ เช่น แบบจำลองโมเลกุล แบบจำลองการไหลเวียนเลือดของคน เป็นต้น 2) รูปแบบการแสดงออกทางภาษา (Verbal Mode) อาจจะแสดงออกด้วยการพูดหรือเขียนก็ได้ 3) รูปแบบการแสดงออกที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Mode) เช่น สัญลักษณ์เคมี สูตร

สมการเคมี 4) รูปแบบการแสดงผลออกทางการมองเห็น (Visual Mode) เช่น กราฟ สื่อภาพเคลื่อนไหว แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 5) รูปแบบการแสดงผลออกที่เป็นการใช้ท่าทาง (Gestural Mode) เช่น การใช้ร่างกายคนหรือส่วนหนึ่งส่วนใดในการแสดงท่าทาง เช่น การแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น

จากการศึกษามีนักการศึกษาจำแนกรูปแบบการแสดงผลออกตัวแทนความคิดได้แตกต่างกันแต่ก็ยังคงมีความสอดคล้องกันในวัตถุประสงค์ของการแสดงผลออก เพื่อที่จะสื่อสารให้คนอื่นได้รับรู้ที่เราเข้าใจเป็นอย่างไร ดังนั้นครูซึ่งเป็นผู้ใช้หรือผู้กระตุ้นให้นักเรียนใช้รูปแบบการแสดงผลออกตัวแทนความคิด ควรใช้รูปแบบที่หลากหลาย มาใช้ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางเคมีเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจและเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาของเคมีให้สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด

2.3.4 การวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

จากการศึกษาการวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางเคมี การวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมีสามารถวัดได้หลากหลาย จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้ในการวัดระดับตัวแทนความคิดเป็นการอธิบายความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติการหาข้อสรุป และความสามารถในการแสดงผลออกถึงความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางเคมี ดังนั้นก็จะมีวิธีการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับ ซึ่งการวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี สามารถวัดได้โดยภาษา การสัมภาษณ์ การอธิบาย การใช้สัญลักษณ์ การวาดรูป การเขียนแผนภาพ ซึ่งสามารถแสดงผลออกในรูปแบบของความเข้าใจและความสามารถในการพัฒนาความคิด โดยการเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เพื่อแสดงความเข้าใจและสามารถแสดงผลออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงระดับความสามารถของการแสดงผลออกของตัวแทนความคิดทางเคมี ดังนี้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551, น.13 -14) ได้ให้ความหมายและอธิบายในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ดังนี้

1. ระดับมหภาค (Macroscopic Level) คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสารที่สังเกตเห็นได้ เช่น การอธิบายการละลายของเกลือในน้ำ
2. ระดับจุลภาค (Sub-Microscopic Level) คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสารที่ไม่สามารถมองเห็น เช่น การอธิบายว่าโซเดียม ไอออน และคลอไรด์ ไอออนเกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของน้ำอย่างไร
3. ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) คือ การใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการอธิบายระดับมหภาคและระดับจุลภาค เช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สมการ

เคมี สูตรโมเลกุล แบบจำลองอะตอม หรือสัญลักษณ์อื่นๆ ที่แทนสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น การใช้สมการเคมีเพื่ออธิบายการละลายของเกลือ ดังสมการ



พรณวิไล ชมชิต (2550, น.32-33) กล่าวว่า ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีเป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่แสดงออกในระดับต่าง ๆ ทั้งที่สามารถมองเห็น (Vision) และที่ต้องใช้จินตนาการ (Imagery) ในวิชาเคมีระดับการแสดงผลของปรากฏการณ์แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับแมคโครสโกปิก (Macroscopic) ระดับซัพ-แมคโครสโกปิก (Sub - Microscopic) และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) ซึ่งสอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551, น.13 -14) ได้วัดระดับความสามารถของการแสดงผลของตัวแทนความคิด ไว้ 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับแมคโครสโกปิก (Macroscopic) ซึ่งเป็นการอธิบายสมบัติของสารหรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันหรือพฤติกรรมของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเกิดสนิม การเปลี่ยนสี และการละลาย เป็นต้น

2. ระดับซัพ-แมคโครสโกปิก (Sub-Microscopic) เป็นการอธิบายในระดับที่บ่งบอกว่าสารที่สังเกตเห็นนั้นประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล หรือไอออนอะไรบ้าง เช่น แบบจำลองอะตอม แบบจำลองแสดงการจัดเรียงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร เป็นต้น

3. ระดับซิมโบลิก (Symbolic) เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางเคมีด้วยการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีแทนสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น สูตรเคมี สมการเคมี เป็นต้น

พัชรีย์ ร่มพะยอม (2558, น.193-194) กล่าวว่า ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี เป็นการนำเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิชาเคมีที่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับมหภาค (Macroscopic Level) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นหรือจับต้องได้ เช่น การเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัส การตกตะกอนการเกิดแก๊ส และการได้กลิ่นของสาร

2. ระดับอนุภาค (Microscopic Level) หมายถึง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน เช่น เมื่อเกลือแกงละลายในน้ำ ไอออนบวกและไอออนลบจะแยกจากกัน และโมเลกุลของน้ำเข้าล้อมรอบ

3. ระดับภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic Level) หมายถึง การใช้สัญลักษณ์ทางเคมี สูตร สมการ รูปภาพแสดงโครงสร้างโมเลกุล แผนภาพเสนอแนวคิดทางเคมี

จากการศึกษาระดับความสามารถของการแสดงผลของตัวแทนความคิดทางเคมี จะเห็นว่าความรู้หรือการแสดงผลถึงความเข้าใจในการแสดงผลของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี 3

ระดับ ได้แก่ ระดับแมโครสโกปิก ระดับไมโครสโกปิก และระดับสัญลักษณ์ เป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากความคิดซึ่งเป็นสิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จะสะท้อนออกมาในรูปแบบตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น รูปภาพ แบบจำลอง สัญลักษณ์ เป็นต้น การแสดงออกดังกล่าวล้วนแต่เป็นความสามารถของบุคคลในการเปลี่ยนแปลงตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง การแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียนในรูปแบบที่หลากหลาย จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่เป็นนามธรรมไปสู่ระดับสัญลักษณ์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมโครสโกปิก ระดับไมโครสโกปิก และระดับสัญลักษณ์

2.3.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิด

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าถึงการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิด พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

อรรวรรณ จันทร์ฟู (2554, น.163-164) ได้ให้ความสำคัญของการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ ผู้เรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในเรียนวิชาเคมี เห็นว่าการเรียนวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับ พัชรี ร่มพะยอม (2558, น.188-191) กล่าวว่า เนื้อหาเคมีส่วนใหญ่มีความซับซ้อนและมักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี ซึ่งผู้สอนต้องใช้แบบจำลอง (Model) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) ในการอธิบายเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุดังกล่าวที่ว่า เพราะเหตุใดวิชาเคมีจึงเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซึ่งสรุปได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. ความเป็นนามธรรม วิชาเคมีเนื้อหาส่วนใหญ่อยู่ในระดับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งผู้เรียนต้องอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในระดับดังกล่าว ครูต้องสามารถอธิบายให้นักเรียนเข้าใจให้ได้ โดยใช้การแสดงออกของตัวแทนความคิด เช่น การวาดภาพ การปั้น การสร้างแบบจำลอง การสร้างสัญลักษณ์ทางเคมี เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ ได้

2. อุปสรรคด้านภาษา ในการเรียนวิชาเคมีครูผู้สอนต้องอธิบายถึงนิยามและสัญลักษณ์ ให้นักเรียนเข้าใจ เพราะจะส่งผลให้นักเรียนนั้นแสดงออกของตัวแทนความคิดที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนอาจไม่ได้คำนึงถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับนี้กับนักเรียน เนื่องจากแนวคิดนี้อาจเป็นสิ่งที่ครูเข้าใจอยู่แล้ว ทำให้ครูคิดว่าสิ่งที่ครูกำลังอธิบายหรือสอนผู้เรียนนั้น ไม่ใช่เรื่องที่เข้าใจยาก แต่สำหรับผู้เรียนแล้ว การสังเกตเห็นเกลือแกงละลายในน้ำ ก็อาจจะคิดเพียงว่า เกลือแกงละลายในน้ำ แล้วเกิดสารละลายใส

ไม่มีสี มีรสเค็ม โดยไม่ได้คำนึงถึงว่าเกลือแกงมีสูตรทางเคมีคือ NaCl ประกอบไปด้วยโซเดียม ไอออนและคลอไรด์ไอออน ไอออนบวกและไอออนลบเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันไปเรื่อย ๆ จนเกิดโครงสร้างสามมิติ และเมื่อละลายในน้ำไอออนบวกและไอออนลบจะแยกออกจากกัน เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้ากับโมเลกุลของน้ำ และไม่ได้คิดเชื่อมโยงไปถึงภาษาสัญลักษณ์ที่ครูกำลังเขียน หรืออธิบายบนกระดานแต่อย่างใด

ศักดิ์ศรี สุภาธร (2555, น.1) กล่าวว่า ผู้เรียนอาจเรียนวิชาเคมีโดยปราศจากความเข้าใจ ไม่ได้เชื่อมโยงแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ และเป็นการเรียนแบบท่องจำแยกส่วนกัน ซึ่งการเรียนโดยปราศจากความเข้าใจนั้นจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ แต่ถ้านักเรียนเข้าใจถึงระดับความคิดทางเคมีโดยการเลือกใช้การแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตัวเอง จะทำให้นักเรียนเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558, น.97-98) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดและเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนได้ ทำให้เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูง

พัชรี ร่มพะยอม (2558, น.188-191) จึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) เพราะ ถ้าผู้เรียนไม่ได้เห็นสิ่งที่เรียนนั้นมีลักษณะอย่างไร ก็จะทำให้ผู้เรียนจินตนาการไม่ออก และไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนสังเกตเห็นได้ การเรียนรู้นั้นก็จะไม่เกิดความหมายกับผู้เรียน

2. ควรให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง เพื่อให้เห็นภาพ หรือเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ก่อนแล้วใช้การตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามคิดหาเหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นเพื่อโยงเข้าสู่คำอธิบายในระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) แล้วจึงค่อยนำเสนอภาษาสัญลักษณ์ที่เป็นสมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา ควบคู่กับการใช้คำถามกระตุ้น การจัดการเรียนการสอนดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนได้เห็นของจริงหรือได้เห็นตัวอย่างของเรื่องที่กำลังเรียน จะทำให้สิ่งที่กำลังเรียนนั้นมีความหมายกับผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีในระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) และภาษาสัญลักษณ์ได้ง่ายขึ้น

3. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับซับ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) ด้วยการใช้สื่อรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้แผนภาพ รูปภาพ แบบจำลอง และสื่อแอนิเมชัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็น (แมโครสโกปิก) อธิบาย

แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับอะตอม โมเลกุลหรือไอออน (ซับ-แมคโครสโกปิก) และเข้าใจการสื่อสารด้วยภาษาสัญลักษณ์ (สัญลักษณ์)

4. ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในระดับระดับสัญลักษณ์ (Symbolic) เพื่อเขียนภาษาสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ โมเลกุล สารประกอบ หน่วยของการวัด การเปลี่ยนแปลงของสาร ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรให้เวลากับผู้เรียนเพื่อทำความเข้าใจภาษาสัญลักษณ์เหล่านั้น

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดในวิชาเคมี ถ้าจะให้เกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับนั้น ผู้เรียนต้องเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสารว่าเกิดขึ้นอย่างไร อาจศึกษาได้จากการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง หรือการสังเกตรูปร่างลักษณะภายนอก เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์สิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จากนั้นนักเรียนต้องเขียนเป็นสัญลักษณ์เพื่อแสดงความเข้าใจและเป็นตัวแทนความคิดของตัวเอง โดยที่ผู้เรียนต้องรู้จักสัญลักษณ์ทางเคมี เพราะความหมายของสัญลักษณ์นั้น จะสามารถอธิบายหรือสื่อความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนครุควรปฏิบัติดังนี้

1. ให้นักเรียนแสดงออกตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพ การสร้างแบบจำลอง การบรรยาย เป็นต้น
2. ครูจัดกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้ให้นักเรียนได้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงภายใน เช่น การแลกเปลี่ยนไอออนของสาร
3. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คำศัพท์ และสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยให้ผู้เรียนรู้หลักการเขียนสมการเคมี เช่น ตำแหน่งของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์
4. ให้ผู้เรียนฝึกเขียนสมการเคมี พร้อมวาดรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอะตอม โมเลกุล หรือไอออนสารประกอบ
5. ครูควรเชื่อมโยงการนำเสนอตัวแทนความคิดคิดทางเคมี 3 ระดับ เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตเห็นได้จากการทดลองหรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน ภาษาสัญลักษณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยา เมื่อผู้เรียนได้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสาร และเข้าใจภาษาสัญลักษณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในระดับจุลภาคที่เป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

กิจกรรมการเรียนรู้ระดับของตัวแทนความคิด พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ว่าอย่างหลากหลาย ซึ่งต่างก็ให้ความสำคัญในการเชื่อมโยงการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับเข้าด้วยกัน ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดของผู้เรียนเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการ

เรียนรู้วิชาเคมี โดยถ้าผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดได้ดี ผู้เรียนก็จะสามารถเรียนรู้วิชาเคมีได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระดับแมโครโครสโกปิก (Macroscopic) เข้ากับระดับไมโครสโกปิก (Microscopic) และระดับซิมโบลิก (Symbolic) ทั้งนี้การสร้างตัวแทนความคิดจะเป็นทักษะของแต่ละบุคคลอาจจะพัฒนาได้ยาก ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้เด็กได้พัฒนาตัวแทนความคิดของตนเองได้เร็ว ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชา เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจเนื้อหาอย่างชัดเจน ครูควรกระตุ้นในการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนโดยการสร้างข้อคำถามที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจ การใช้สื่อประกอบการเรียนรู้สามารถเชื่อมโยงของระดับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ ทั้งนี้เมื่อนักเรียนเข้าใจในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ดังกล่าวแล้ว ก็สามารถทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดได้ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ สอดคล้องกับแนวคิดทางเคมีและจะส่งผลให้เรียนรู้วิชาเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

2.4.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า Attitude มาจาก Aptus ในภาษาละตินบางครั้งแปลคำนี้ว่า เจตคติหรือท่าที ปัจจุบันคำนี้ก็ยังแพร่หลายอยู่แต่มีนักวิชาการบัญญัติขึ้นมาใหม่ คือ เจตคติ โดยมีความต้องการใช้ศัพท์ให้ทันสมัยมากขึ้น (พิภพ วังเงิน, 2547, น. 403) โดยพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้บัญญัติศัพท์ว่า เจตคติ หมายถึง ท่าที หรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546, น.321)

ปิยะนุช สารสิทธิยศ (2557, น. 30-31) กล่าวว่า การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแก้ปัญหาทางอื่น ๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับการคิดการกระทำที่อาจเป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้น ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวจัดเป็นเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ปริชาติ เบ็ญจวรรณ (2551, น. 23) กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง อารมณ์และความรู้สึกของบุคคลที่แสดงออกถึง ความชอบ ความเชื่อ และค่านิยมที่มีต่อวิทยาศาสตร์

รังสรรค์ ประเสริฐศรี (2548, น. 68) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง การประเมินหรือการตัดสินใจเกี่ยวกับความชอบหรือไม่ชอบในวัตถุคนหรือเหตุการณ์ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความรู้สึกของคน คนหนึ่งเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างหรือเป็นท่าทีหรือแนวโน้มของบุคคลที่แสดงต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจเป็นกลุ่มบุคคล ความคิดหรือสิ่งของก็ได้ โดยมีความรู้สึกหรือความเชื่อเป็นพื้นฐาน เจตคติไม่ใช่สิ่งเดียวกับค่านิยม เพราะค่านิยมเป็นสิ่งที่เราเห็นคุณค่า เจตคติเป็นความรู้สึกทางด้านอารมณ์ (พอใจหรือไม่พอใจ) แต่ทั้ง 2 อย่างมีความสัมพันธ์กัน เจตคติเป็นพลังอย่างหนึ่งที่มองไม่เห็น เช่นเดียวกับสัญชาตญาณหรือแรงจูงใจ แต่เป็นพลังซึ่งสามารถผลักดันการกระทำบางอย่างที่สอดคล้องกับความรู้สึกของเจตคติ

พรรณวิไล ชมชิด (2557, น. 96) กล่าวว่า เจตคติเป็นเรื่องของความรู้สึก มีอิทธิพลทำให้แต่ละคนสนองตอบต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป เจตคติเป็นเรื่องที่มีความสำคัญที่ควรสร้างให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เนื่องจากถ้าหากผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งที่เรียนจะส่งผลต่อการเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดี เจตคติเกี่ยวข้องกับต่อวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง อารมณ์ ความรู้สึกโดยทั่วไปของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์และกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเชื่อ ค่านิยม และความรู้สึกในด้านคุณธรรม จริยธรรม และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น.86) กล่าวว่า เจตคติเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีความรู้สึกด้านอารมณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งมองไม่เห็นเป็นตัวกำหนดให้บุคคลมีการกระทำต่าง ๆ กันแล้วแต่ความเชื่อ ค่านิยมและความรู้สึกของเขาในการจัดการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น.6) กล่าวไว้ว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว ได้แก่ ความพอใจ ความศรัทธาและซาบซึ้ง เห็นคุณค่าและประโยชน์ ตระหนักในคุณและโทษของการตั้งใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์การเลือกใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพ โดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

นอกจากนี้ Chisman (1976, p.59) ได้รวบรวมความหมายจากนักจิตวิทยาหลายๆ คน และสรุปออกมาสั้นๆ ว่า เจตคติ คือความคงทนของการประเมินค่าทางอารมณ์และจิตใจ เช่นเดียวกับ Allport (1987, p.120) ได้อธิบายความหมายของเจตคติไว้ว่า สภาพของจิตใจและประสาทซึ่งอาจแสดงให้เห็นได้ทางพฤติกรรม เช่น โกรธ เกลียด รัก พพอใจ ไม่พอใจ ทำให้มีความต้องการที่จะเรียนหรือสนใจ ซึ่งเมื่อเกิดเจตคติต่อสิ่งใดแล้วจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกัน และมีพฤติกรรมที่มี

ความสัมพันธ์กับเจตคตินั้น เช่น โกรธก็หน้าบึ้ง อีกทั้งประสบการณ์ยังมีส่วนในการสร้างเจตคติ และพฤติกรรมที่แสดงออกต่อสิ่งใดอย่างไรมันจะขึ้นอยู่กับเจตคติเป็นสำคัญ

ดังนั้น เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึก ซึ่งฝังลึกอยู่ในจิตใจของตัวนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการรับรู้หรือผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลาย ตามกระบวนการเรียนรู้ในวิชาเคมี ซึ่งจะแสดงท่าทีบอกให้ทราบว่านักเรียนนั้นมีความรู้สึกทั้งด้านบวกและด้านลบ เกี่ยวกับการเห็นความสำคัญและตระหนักในคุณค่าของการเรียนวิชาเคมี

2.4.2 องค์ประกอบของเจตคติ

บุคคลจะสร้างเจตคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งได้ จะต้องอาศัยองค์ประกอบที่ทำให้เกิดเจตคติ มีอยู่ 3 องค์ประกอบ ดังนี้ (สร้อยตระกูล อรรถมานะ, 2542, น. 64-65)

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive Component) เป็นเรื่องของการรู้ของบุคคลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจเป็นการรับรู้เกี่ยวกับวัตถุสิ่งของบุคคล หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ว่ารู้สิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นอย่างไร รู้ในทางที่ดีหรือไม่ดี ทางบวกหรือทางลบ ซึ่งจะก่อให้เกิดเจตคติขึ้น ถ้าเรารู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางดี เราก็จะมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งนั้น ถ้ารู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางไม่ดี เราก็จะมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นด้วย เช่น สุขภาพ อ่อนโยน จะก่อให้เกิดเจตคติทางบวก

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Effective Component) เกิดจากอารมณ์ของบุคคลที่มีผลสืบเนื่องจากแนวความคิดต่าง ๆ ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใด ก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น เช่น ความรัก ความโกรธ ความเกลียด ความพอใจ ความไม่พอใจ ชอบหรือไม่

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) คือ แนวโน้มของบุคคลที่กระทำสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากความคิดและความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาในรูปของการประพฤติปฏิบัติ โดยการยอมรับหรือการปฏิเสธ หรือเฉย ๆ เป็นต้น แต่เป็นการกระทำที่สามารถสังเกตเห็นได้ องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันและมีผลต่อการพัฒนาเจตคติเมื่อบุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้มีประสบการณ์ มีการติดต่อสัมพันธ์กับบุคคลอื่น การเลียนแบบในสังคม และการปรับตัวให้เข้ากับสังคมสิ่งเหล่านี้รวมอยู่ในรูปแบบเจตคติของแต่ละบุคคล เจตคติจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางจิตวิทยาสังคมที่สำคัญได้แก่ การสนใจ การเรียนรู้ การรับรู้

2.4.3 คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีผู้ที่กล่าวถึงคุณลักษณะของเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Haney (1969, pp.198-204) ได้กำหนดลักษณะของเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. เจตคติที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่
 - 1.1. ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ความพอใจที่จะเผชิญกับปัญหาใหม่ๆ เป็นคนที่มีลักษณะชอบซักถาม ชอบคิด และริเริ่มสิ่งใหม่ๆ
 - 1.2. ความมีเหตุผล หมายถึง การใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยไม่เชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ
 - 1.3. มีความรอบครอบในการลงข้อสรุป หรือตัดสินใจ หรือความรอบครอบ หมายถึง การไม่รีบตัดสินใจหรือลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ
2. เจตคติเกี่ยวกับการยอมรับความคิดเห็นใหม่ๆ ได้แก่
 - 2.1. ความมีใจกว้าง หมายถึง ความเต็มใจที่เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตัวเอง
 - 2.2. การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อมูลสนับสนุนหลักฐานอ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ รู้จักโต้แย้งและหลักฐานสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง
 - 2.3. มีความเป็นปรนัย หมายถึง การเป็นปรนัย หรือความถูกต้อง เทียบตรงในการรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การตีความหมายโดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปเกี่ยวข้อง
3. เจตคติที่เกี่ยวกับโลกทัศน์ของแต่ละบุคคล ได้แก่ การยอมรับในข้อจำกัด หมายถึง การยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้ ความจริง ที่ค้นพบวันนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ในวันหน้า

วีระเดช เกิดบ้านตะเคียน (2546, น.54)กล่าวว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อ ความคิด ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกนั้นจะมี 2 ลักษณะ คือ

1. เจตคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะพึงพอใจ ความชอบ อยากรเรียน และอยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. เจตคติเชิงลบต่อวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาในลักษณะไม่พอใจไม่ชอบ ไม่อยากเรียน และไม่อยากเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ลักษณะของเจตคติ ยังมองได้หลายแง่มุม ดังที่ Shaw and Wright (1967, อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2542, น.57-59) ได้รวบรวมลักษณะทั่วไปหรือมิติของเจตคติจากแนวความคิดของนักจิตวิทยาหลายคน ส่วนใหญ่แล้วมองเจตคติว่ามีลักษณะขึ้นอยู่กับ การประเมินมโนภาพของเจตคติ ซึ่งตัวเจตคติเองไม่ใช่แรงจูงใจ แต่เป็นตัวการทำให้เกิดแรงจูงใจใน

การแสดงพฤติกรรม แต่ถ้าแสดงออกเป็นพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามแนวของแนวของทิศทางตั้งแต่บวกจนถึงลบ นั่นคือ เป็นการแสดงความรู้สึกว่าไปทางบวกมากหรือน้อย ไปทางลบมากหรือน้อย ความเข้มข้นศูนย์ก็คือไม่รู้สึคนั่นเองหรือเป็นกลางระหว่างบวกกับลบ และเกิดจากการเรียนรู้สิ่งที่ปฏิสัมพันธ์รอบตัว ขึ้นอยู่กับกลุ่มสิ่งเร้าเฉพาะอย่าง กลุ่มที่มีเจตคติต่อสิ่งเดียว กันจะมีความสัมพันธ์กัน และมีลักษณะมั่นคงและทนทานเปลี่ยนแปลงยาก จากลักษณะของเจตคติดังกล่าว จากข้างต้นจะเห็นว่าเจตคตินั้น แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ เจตคติทางบวกและเจตคติทางลบ ซึ่งเจตคติทางบวกจะส่งผลต่อพฤติกรรมให้เกิดความรู้สึกชอบหรือสนใจร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ทุก ๆ ด้านส่วนเจตคติทางลบจะส่งผลต่อพฤติกรรมให้เกิดความรู้สึกไม่ชอบหรือไม่สนใจร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ทุก ๆ ด้านเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์นั้น จะต้องใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองจึงจะทำให้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์แล้วจะทำให้ให้นักเรียนสนใจอยากเรียน ซึ่งจะส่งผลไปถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญมากในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ครูควรพยายามสร้างให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนซึ่ง พรเพ็ญ หลักคำ (2535, น.41) และพันธ์ ทองชุมนุม (2547, น.15-16) ได้เสนอแนะวิธีการที่ครูสามารถใช้เพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ก่อนที่จะพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ครูควรได้วิเคราะห์ดูก่อนว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่จะพัฒนาให้นักเรียน
2. ควรจะให้นักเรียนได้ทราบและทำความเข้าใจถึงความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์แต่ละลักษณะให้แจ่มแจ้งเสียก่อน
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน โดยครูอาจสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนมีโอกาสใช้กระบวนการแก้ปัญหา
4. ครูอาจเสนอแนะแบบอย่างของผู้ที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอาจศึกษาเป็นตัวอย่างได้
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับอิสระเต็มที่ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อนักเรียนจะได้ฝึกใช้ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์อันจะเป็นผลด้านเจตคติต่อตัวนักเรียน
6. ในการสอนแต่ละครั้ง ครูควรมุ่งเน้นที่การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ให้แก่นักเรียนทีละลักษณะ

7. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่ม เพื่อจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่ม

8. เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติจริงหรือได้พบสถานการณ์ที่เป็นจริง

9. การสอนโดยการเตรียมกิจกรรมหลาย ๆ อย่างที่เป็นการฝึกประสาทสัมผัสและให้มีความหลากหลายของประสบการณ์แปลกใหม่และเร้าใจนักเรียน ไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย มีความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นอยู่ตลอดเวลา

10. กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นความรู้ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ รอบตัวที่นักเรียนกำลังประสบปัญหาอยู่ ความรู้ด้านความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นอาจจะได้จากโทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ตลอดจนสื่อต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั่วไป

จากแนวคิดข้างต้นสรุปได้ว่า เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเจตคตินั้นแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ เจตคติทางบวกและเจตคติทางลบ ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์แล้วจะทำให้นักเรียนสนใจอยากเรียน ซึ่งจะส่งผลไปถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ครูควรพยายามสร้างให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น.12-13) ระบุว่า ผู้ที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะ ได้แก่ ความอยากรู้อยากเห็น ความเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ ความมีระเบียบและรอบคอบ และความใจกว้าง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552, น.133-135) ระบุคุณลักษณะสำคัญและพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะเป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้ มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่สืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ ชอบทดลองค้นคว้า ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น เป็นต้น

2. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น ความอดทน แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาตต่อส่วนรวม ทำงานเต็มความสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหา

จนกว่าจะได้คำตอบ ไม่ท้อถอยในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา เป็นต้น

3. ความมีเหตุผล แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่ของเหตุผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หากความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เสาะแสวงหาหลักฐานข้อมูลจากการสังเกต หรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ เป็นต้น

4. ความมีระเบียบและรอบคอบ แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ ยอมรับว่าความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์ เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ นำวิธีการหลาย ๆ วิธีมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน ตรวจสอบความเรียบร้อยและคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง ทำงานอย่างมีระบบระเบียบ เป็นต้น

5. ความซื่อสัตย์ แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ เสนอความจริงถึงแม้เป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง บันทึกผลหรือข้อมูลตามความจริง และไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเข้าไปเกี่ยวข้อง ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง เป็นต้น

6. ความใจกว้างร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นแสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจยอมพิจารณาข้อมูลหรือแนวความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น (พรรณวิไล ชมชิด, 2557, น.96-97)

2.4.4 การวัดเจตคติ

Triandis (1971, pp.2-3) ได้กล่าวถึงการวัดเจตคติว่าเป็นการวัดลักษณะภายในของบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึก คุณลักษณะดังกล่าวเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ไม่แน่นอน ดังนั้นการวัดเจตคติจะต้องอาศัยหลักสำคัญดังนี้

1. ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดเจตคติ คือ

1.1 ความคิดเห็น ความรู้สึก หรือเจตคติของบุคคลนั้นมีค่าคงที่หรือคงเส้นคงวา อยู่ตลอดช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดได้

1.2 เจตคติของบุคคลไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง การวัดจะเป็นการวัดทางอ้อม โดยวัดจากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงออกหรือปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ

1.3 เจตคตินอกจากจะแสดงออกในรูปทิศทางของความคิดความรู้สึก เช่น สนับสนุน หรือคัดค้าน ยังมีขนาดหรือปริมาณความคิด ความรู้สึกนั้นด้วย ดังนั้นในการวัดเจตคติ นอกจากการจะทำให้ทราบลักษณะหรือทิศทางแล้วยังบอกระดับความมากน้อย หรือความเข้มข้นของเจตคติได้ด้วย

1.4 การวัดเจตคติด้วยวิธีใดก็ตาม จะต้องประกอบด้วย 3 อย่างคือ ตัวบุคคลที่รู้สึก มีสิ่งเร้า และสิ่งที่ต้องการตอบสนอง ซึ่งจะออกมาเป็นระดับ สูง ต่ำ มาก น้อย

1.5 สิ่งเร้าที่นำมาใช้จะทำให้บุคคลได้แสดงเจตคติที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกมา ซึ่งนิยมใช้ คือข้อความวัดเจตคติ

1.6 การวัดเจตคติเพื่อทราบทิศทาง หรือระดับความรู้สึกของบุคคลนั้น เป็นการสรุปผลการตอบสนองของบุคคลในแง่มุมต่าง ๆ ดังนั้นการวัดเจตคติของบุคคลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งจะต้องพยายามถามคุณค่าและลักษณะต่าง ๆ ครบทุกลักษณะเพื่อให้การสรุปผลออกมาใกล้เคียงความเป็นมากที่สุด

1.7 การวัดความรู้สึกต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรงของผลการวัดเป็นพิเศษ กล่าวคือ ต้องพยายามให้ผลการวัดที่ได้ตรงตามสภาพเป็นจริงของบุคคลทั้งในแง่ทิศทาง ระดับ และช่วงของเจตคติ

สมบูรณ สุริยวงศ์ และคณะ (2544, น. 142) ได้กล่าวถึงการวัดเจตคติว่า ในการวัดเจตคตินั้นนิยมวัดออกมาในลักษณะของทิศทาง (Direction) และปริมาณหรือขนาด (Magnitude) เกี่ยวกับทิศทางจะมีอยู่ 2 ทิศทาง คือ ทางบวกและทางลบ เจตคติสามารถวัดได้ด้วยวิธีต่าง ๆ คือ การสังเกต การสัมภาษณ์และการใช้แบบสอบถาม แต่ที่นิยมกันได้แก่การวัดของ Likert เพราะมาตรการวัด เจตคติแบบวัดโดยใช้ข้อความเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สอบถามความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อเรื่องนั้นแล้วให้บุคคลนั้นแสดงความรู้สึกต่อข้อความดังกล่าว การตอบสนองข้อความนั้นอาจเป็นไปได้ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้นหรือแสดงความไม่แน่ใจ กับข้อความนั้น มีวิธีการสร้างข้อความ โดยเขียนข้อความเกี่ยวกับ คุณลักษณะของเรื่องที่จะสอบถามให้ครอบคลุมลักษณะที่สำคัญให้ครบถ้วนทุกแง่มุมโดยให้มีข้อความที่แสดงคุณค่าทั้งทางด้านบวกและด้านลบ กำหนดระดับ (Scale) ของการตอบสนองในแต่ละข้อความที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree)
2. เห็นด้วย (Agree)

3. ไม่แน่ใจ (Uncertain)
4. ไม่เห็นด้วย (Dis Agree)
5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ให้ผู้ตอบอ่านข้อความที่กำหนดขึ้นในแต่ละข้อ แล้วแสดงความรู้สึกว่าเห็นด้วยกับข้อความนั้น มากน้อยเพียงใดหรือระดับใด หรืออีกในแง่หนึ่งให้พิจารณาแต่ละข้อความนั้นกล่าวถึงเรื่องต่าง ๆ ตรงกับความรู้สึกของผู้ตอบในระดับใด ในระดับการให้น้ำหนักคะแนนเพื่อแทนระดับเจตคติตามวิธีการของ Likert สามารถให้ได้ 3 วิธี คือวิธี ใช้หลักของคะแนนมาตรฐาน วิธีการกำหนดค่าน้ำหนักและวิธีหาผลรวมของน้ำหนัก ความเบี่ยงเบนทั้งสามวิธีจะได้น้ำหนักความคิดเห็นของบุคคลได้สอดคล้องสัมพันธ์กัน ในเชิงปฏิบัตินิยมกำหนดค่าน้ำหนักเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็นคือ กำหนด 5-4-3-2-1 หรือแบบ 4-3-2-1-0 แต่ถ้าข้อความใดกล่าวในลักษณะลบการให้น้ำหนักความเห็นของข้อความนั้นจะให้กลับเป็น 1-2-3-4-5 หรือ 0-1-2-3-4 เมื่อแต่ละระดับความเห็นของแต่ละข้อความ วัดเจตคติมีค่าประจำตายตัว การที่จะหาว่าบุคคลใด มีเจตคติเป็นอย่างไร ก็ใช้วิธีรวมน้ำหนักหรือคะแนนการตอบทุกข้อความของแต่ละคน ถ้าน้ำหนักรวมจากการตอบข้อความทั้งหมดมีค่าสูงแสดงว่าระดับเจตคติของบุคคลนั้นต่อสิ่งนั้นเป็นไปในลักษณะพอใจหรือคล้อยตาม แต่ถ้าได้คะแนนหรือน้ำหนักรวมต่ำแสดงว่าบุคคลนั้นมิได้ต่อสิ่งนั้นหรือมีความรู้สึกไม่พอใจ คัดค้านสิ่งนั้น

ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (The Test of Science-Related Attitude (Tosra)) ของ แบร์รี. เจ. เฟรเซอร์ (1981, pp.67-92) ซึ่งแบบทดสอบจะมีทั้งหมด 70 ข้อ แบ่งออกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ ผลกระทบทางสังคม (Social Implications Of Science) ธรรมชาตินักวิทยาศาสตร์ (Normality of Scientists) ทัศนคติต่อการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ (Attitude to Scientific Inquiry) การนำทัศนคติทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ (Adoption Of Scientific Attitudes) ความสนุกสนานในการเรียนวิทยาศาสตร์ (Enjoyment Of Science Lessons) ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ (Leisure Interest In Science) ความสนใจในด้านอาชีพวิทยาศาสตร์ (Career Interest In Science) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแบบวัดเจตคติมา 21 ข้อ โดยประกอบไปด้วย 7 ด้าน ด้านละ 3 ข้อ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกประเมินทั้ง 7 ด้าน จะประเมินเฉพาะนักเรียนในกลุ่มชั้นเรียนวิทยาศาสตร์เท่านั้น การใช้เครื่องมือนี้สามารถวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนหรือกลุ่มตัวอย่างทุกช่วงเวลาทั้งการประเมินผลก่อนเรียนหรือหลังเรียนเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเจตคติได้ด้วยมาตรคะแนน 5 ระดับ เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strong Agree = 5) เห็นด้วยในระดับมาก (Agree = 4) เห็นด้วยในระดับปานกลาง (Not Sure = 3) เห็นด้วยในระดับน้อย (Disagree = 2) และเห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด (Strongly Disagree = 1) อย่างไรก็ตามบางข้อของแบบประเมินเจตคติมี

ความหมายเชิงบวกและบางข้อมีความหมายเชิงลบ ต้องแปลค่ามาตรฐานระดับคะแนนจากการประเมินเจตคตินี้ด้วย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

ฉัตรฤต เกื้อทาน (2553, น.1176-1190) ศึกษาแบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน จากโรงเรียนรัฐบาล 5 แห่ง โดยเลือกแบบจำเพาะเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่วาดภาพและเขียนบรรยายพร้อมอธิบายเหตุผลจำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุม 3 หัวข้อหลักในเรื่องพันธะเคมี ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในทั้ง 3 หัวข้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อย่อยต่อไปนี้เป็นคือ โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการเกิดพันธะโลหะ รวมทั้งยังพบว่านักเรียนนำเอาประสบการณ์หรือคำอธิบายในชีวิตประจำวันมาใช้อธิบายพันธะเคมีและสมบัติของสาร

ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ง (2555, น.96-102) ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ (Analogy) ตามแนว Far Guide รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนว Far Guide เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสำรวจตัวแทนความคิด การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง และวิเคราะห์ใบงาน กิจกรรมนักเรียน นำข้อมูลมาจัดกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์รูปแบบการทำความเข้าใจที่ปรับปรุงจาก Lin And Chiu (2007) พบว่า หลังจากที่ใช้กิจกรรมการเปรียบเทียบในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่หลากหลาย และเปลี่ยนจากไม่มีรูปแบบการทำความเข้าใจมาเป็น Phenomenon Model Scientific Model Inference Model และ Character-Symbol Model ตามลำดับ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนรูปแบบการทำความเข้าใจ หรือช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติที่นักเรียนกำลังศึกษาเพิ่มขึ้น

นินนาท์ จันทรสุริย์ (2553, น.1) ได้ศึกษาการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับของผู้เรียนเคมีโดยใช้ชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับมาสอนในวิชาเคมี โดยการทำกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี

ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การศึกษาแนวคิดในระดับจุลภาคเรื่องสารบริสุทธิ์และของผสม 2) การพัฒนาหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ และ 3) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี กลุ่มตัวอย่าง 35 คน โดยการสุ่มแบบตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความพึงพอใจ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบแบบ t-test ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดในระดับจุลภาคเรื่องสารบริสุทธิ์และของผสม โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมีมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 นักเรียนทำกิจกรรมระดับความคิดทางเคมีมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ในระดับมาก

นุศรา เอี่ยมวรรัตน์ (2542) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอน โดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอน โดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรรณวิไล ชมชิด (2550, น.31) ศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งที่มองเห็นและความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องโครงสร้างอะตอมและตารางธาตุ พบว่าแม้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมและตารางธาตุ ในแง่ของความสามารถในการตอบคำถามได้ถูกต้องภายในกรอบแนวคิด แต่ผลจากการถามคำถามในเชิงลึกแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเชิงลึกได้ นักเรียนใช้วิธีจดจำข้อมูลมากกว่าที่จะสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และนักเรียนประสบปัญหาเรื่องการเปลี่ยนสลับระหว่างระดับการแสดงออกทางเคมี

พลศักดิ์ แสงพรหมสร และคณะ (2558) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ กับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนโรงเรียนพัคฆภูมิพิทยาคาร อำเภอพัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลัง

เรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการ เรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พัชรีย์ ร่มพะยอม (2558, น.187) ศึกษาธรรมชาติของวิชาเคมี และการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี และเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเข้าใจยาก นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อธิบายสาเหตุหลักของความยากของวิชาเคมีว่า เนื้อหาวิชาเคมีมีความเป็นนามธรรม ผู้เรียนมีอุปสรรคเกี่ยวกับภาษา สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอน และการจัดการเรียนการสอนของครูมักจะขัดแย้งกับธรรมชาติ การเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้ นักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อธิบายธรรมชาติของวิชาเคมีว่า แนวคิดทางเคมีจำแนกเป็น แนวคิดในระดับมหภาค ระดับอนุภาค และภาษาสัญลักษณ์ ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ครูผู้สอนต้องจัดให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี และธรรมชาติของการเรียนรู้ของผู้เรียน การเรียนวิชาเคมีจึงจะไม่ใช่ว่าสิ่งที่ยากเกินไปสำหรับผู้เรียน

รัชณี เจนการ (2558, น.1658-1659) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการนำเสนอ ตัวแทนความคิดของนักเรียน เรื่องประเภทของพอลิเมอร์ โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 45 คน เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียน โดยใช้ แบบวัดความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิด และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดระดับ ความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดตามเกณฑ์ของ Michalchik et al. (2008) ผลการวิจัย พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 53.33 อธิบายความหมายของพอลิเมอร์แต่ละประเภทใน ระดับมหภาคเท่านั้น ผู้วิจัยจึง ได้ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จริงและแบบจำลองประกอบการอธิบาย พบว่า หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 37.78 อธิบายความหมายของพอลิเมอร์แต่ละประเภทใน ระดับโมเลกุลได้

วารภรณ์จิณบุญ (2555) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และเพื่อพัฒนา ความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมายจำนวน 40 คน เป็นการใช้วิธีแบบผสานวิธี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการ เรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ การสัมภาษณ์ และ แบบทดสอบวัดความสามารถ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากคะแนนการตรวจใบงานและ แบบทดสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสามเส้าจากข้อมูลการทำ ใบงาน การสัมภาษณ์ ร่วมกับผลการทำแบบทดสอบ เพื่อวิเคราะห์แนวคิดที่ถูกต้องและแนวคิดที่ คลาดเคลื่อนของนักเรียนในการให้เหตุผลการตอบคำถามจากแบบทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เท่า 82.55/81.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง ในการเชื่อมโยงระดับการคิดแบบอภิปัญญาทางเคมี 3 ระดับ คือ ระดับแมคโครสโกปิก (Macroscopic Level ระดับซัพ-แมคโครสโกปิก (Sub-Macroscopic Level และระดับ ซิมโบลิก (Symbolic Level)

อภิวัฒน์ ศรีกันหา (2557, น.118) ได้ศึกษามโนคติและตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนคติระหว่างเรียนและหลังเรียน และตัวแทนความคิดหลังเรียน เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอน เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน ในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ แห่งหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจตัวแทนความคิดหลังเรียน การสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างและวิเคราะห์ผลงานนักเรียน ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มคำตอบโดยอาศัยแนวคิดของ Tytler and Peterson และระบุระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดของนักเรียนตามแนวคิด ของ Kozma ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับความสามารถที่ส่วนใหญ่มีความสามารถในการแสดงออกตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ 5 จะเห็นว่า ความเข้าใจมโนคติและตัวแทนความคิดของนักเรียนมีแนวโน้มเป็นไปได้ในทางเดียวกัน กล่าวคือนักเรียนส่วนใหญ่ มีมโนคติที่สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่สูง หลังจากผ่านวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติที่หลากหลาย ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหว (Computer Animations) และการเปรียบอุปมา (Analogy)

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Coll and Taylor (2001, pp.171-191) ได้ศึกษาแนวความคิดทางเลือกเกี่ยวกับพันธะเคมีในเนื้อหาเคมีระดับชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 พบว่า เนื้อหาของหลักสูตรส่วนใหญ่ที่นักศึกษาเผชิญระหว่างการเรียนระดับปริญญาตรี และหลังปริญญาตรี อาจมีอิทธิพลต่อทางเลือกของการเกิดแนวความคิดของนักศึกษาดังนั้น ครูที่สอนระดับชั้นปีที่ 3 ควรตระหนักในข้อจำกัดของการสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม โดยใช้แบบจำลองในการสอน เรื่อง พันธะเคมี

Coll and Taylor (2002, pp.175-184) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิดในวิชาเคมีของนักเรียนรุ่นใหญ่ แบบจำลองความคิดเกี่ยวกับพันธะเคมี พบว่า แบบจำลองความคิดของผู้เรียนเป็นแบบง่าย ๆ และมีลักษณะที่เหมือนจริงในธรรมชาติ และซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ที่นำออกแสดงในระหว่างการสอน ผู้เรียนได้ร่างแบบจำลองทางแนวคิดจากแบบจำลองอื่น เมื่อแบบจำลองของพวกเขาได้พิสูจน์ว่า ไม่สามารถอธิบายเหตุการณ์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่าได้

Coll and Treagust (2003, pp. 464-486) ได้ศึกษาการตรวจสอบวิเคราะห์แบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะไอออนิก ของผู้เรียนระดับโรงเรียนมัธยมศึกษา นิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี และนิสิตนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่าผู้เรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา มองพันธะไอออนิกในสารประกอบด้วยการดึงคู่ของประจุทางไฟฟ้าที่ตรงข้ามกัน ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน นักศึกษาระดับปริญญาตรีมองโครงสร้างตาข่าย และระบุลักษณะเฉพาะของโครงร่างตาข่ายของพันธะไอออนิก เพื่อใช้ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพได้อย่างรวดเร็ว ส่วนนิสิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ระบุอย่างชัดเจนถึงโครงร่างตาข่ายไอออนิก เช่นเดียวกัน โดยมุ่งไปที่การอธิบายเกี่ยวกับ โครงสร้างไอออนิกเฉพาะ และมีความเห็นสอดคล้องกับแนวคิดของพันธะไอออนิกเชื่อมโยงถึงพันธะโคเวเลนต์

Coll (2008, pp.22-47) ได้ศึกษาแบบจำลองทางความคิด เรื่องพันธะเคมี ที่ผู้เรียนชอบในวิชาเคมี พบว่าผู้เรียนทั้งระดับชอบแบบจำลองทางความคิดที่มีลักษณะเหมือนจริง เรียบง่ายและมีความหลากหลายที่ผู้เรียนสามารถใช้แบบจำลองเหล่านั้น อธิบายคุณลักษณะของสารทั้งด้านฟิสิกส์ และเคมีพื้นฐาน

Chandrasegaran and Treagust (2007, p. 293) ได้นำการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี 3 ระดับใช้เพื่อให้ผู้เรียนเคมีเข้าใจเกี่ยวกับการแยกปรอทออกจากสารละลายที่มีโพแทสเซียมไอโอไดด์และโซเดียมไอโอไดด์เป็นส่วนประกอบ โดยทำการทดลองเติมสารละลายเลด (II) ในเตรดในสารละลาย และสังเกตผลที่ได้จากการทดลอง จากการทดลองสังเกตเห็นตะกอนสีเหลืองของ เลด (II) ไอโอไดด์ (ระดับมหภาค) สามารถอธิบายดังสมการ $Pb^{2+}(Aq) + 2I^-(Aq) \longrightarrow PbI_2(S)$ (ระดับสัญลักษณ์) เนื่องจากในปฏิกิริยามีการทำปฏิกิริยาระหว่างไอออนของ Pb^{2+} และ I^- ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์)

Gilbert (2005, p.21) ที่กล่าวว่าความสามารถทางอภิปัญญานั้น มีความสัมพันธ์กับการมองเห็น และความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจระดับการแสดงออกทุกระดับจึงจะเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้

Kozma and Russell (2005, p.141) ที่กล่าวว่าแบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีเกี่ยวกับ โครงสร้างและพันธะมากยิ่งขึ้น

Krajcik et al. (2001, p. 821) ทำการศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจตัวแทนความคิดทางเคมี ดดยนักเรียนใช้เครื่องมือที่ทำให้มองเห็นในชั้นเรียน (Visualization Tool) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยใช้เครื่องมือที่ทำให้มองเห็นผ่านคอมพิวเตอร์ เป็นโปรแกรม E-Chem ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถสร้างแบบจำลองโมเลกุลที่หลากหลายได้ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 71 คน ในโรงเรียนขนาดเล็ก จากการวิเคราะห์ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าการใช้

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนสร้างภาพภายในจิตใจออกมาได้ สุดท้ายนักเรียนก็จะแสดงให้เห็นถึงชนิดของตัวแทนความคิดที่นักเรียนเข้าใจ

Tytler et al. (2007, p.313) ได้สำรวจความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของการระเหย (Evaporation Phenomena) โดยผ่านตัวแทนความคิดในรูปแบบต่างๆ เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 คน ในประเทศออสเตรเลีย เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ 2 ครั้ง โดยเว้นระยะห่าง 1 ปี หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ถูกลงแผนเพื่อให้บริบทของการเรียนการสอนทำให้ความคิดของนักเรียนถูกท้าทายและตรวจสอบได้ โดยการใช้แบบจำลองโมเลกุล ร่วมกับการอภิปรายในชั้นเรียนซึ่งจะเน้นที่การตีความเกี่ยวกับลักษณะของปรากฏการณ์ เช่น การเดือดของน้ำ การควบแน่น และการกระจายกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งนักเรียนจะถูกถามเพื่อตีความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์เหล่านี้ โดยใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นภาพ คำบรรยาย และการอธิบายด้วยวาจา ร่วมกับการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า ประเด็นของตัวแทนความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นแตกต่างกัน จะช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ได้ โดยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนคติมากขึ้น และเพิ่มความเข้าใจในเชิงลึกให้กับครูเกี่ยวกับความคิดนักเรียน

Treagust et al. (2007, p.1353) ทำการศึกษาเพื่อประเมินวิธีการสอนของครูในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้ระดับตัวแทนความคิดที่หลากหลายโดยใช้ตัวแทนความคิดในระดับ Macroscopic Microscopic และ Symbolic ในการอธิบายและอภิปรายเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีโดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 65 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษา ประเทศสิงคโปร์ ในการศึกษาใช้เวลา 9 เดือน โดยใช้การสอนเสริมที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้ ระดับของตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (Multiple Level of Representation) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบพร้อมให้เหตุผล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนมากมีการใช้ระดับของตัวแทนความคิดที่หลากหลายมาใช้ในการอธิบาย

Wu and Shah (2004, p.492) ได้กล่าวถึงการพัฒนาทักษะระดับการแสดงออกในแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ว่าต้องจัดให้นักเรียนได้เห็นระดับการแสดงออกและสร้างคำอธิบายเชื่อมโยงกับสิ่งที่มองเห็นนั้น นำเสนอพลวัต และธรรมชาติของเคมีในเชิงปฏิสัมพันธ์ส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นทั้งในระดับ 2 มิติ 3 มิติ และลดการสอนให้นักเรียนจดจำ

จากงานวิจัยสรุปได้ว่าการนำตัวแทนความคิดทางเคมี มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดของผู้เรียนสูงขึ้น พัฒนาผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งระดับพื้นฐานและระดับบูรณาการ พัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการตระหนักในแนวคิดมีผลต่อความสำเร็จของการพัฒนาความคิดและระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดสูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถที่ส่งเสริมตัวแทนความคิดทางเคมีสามารถพัฒนาความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น และเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจวิชาเคมีซึ่งเป็นแนวคิดที่ยากและซับซ้อน ได้ดียิ่งขึ้น จะส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน