

## บทที่ 4

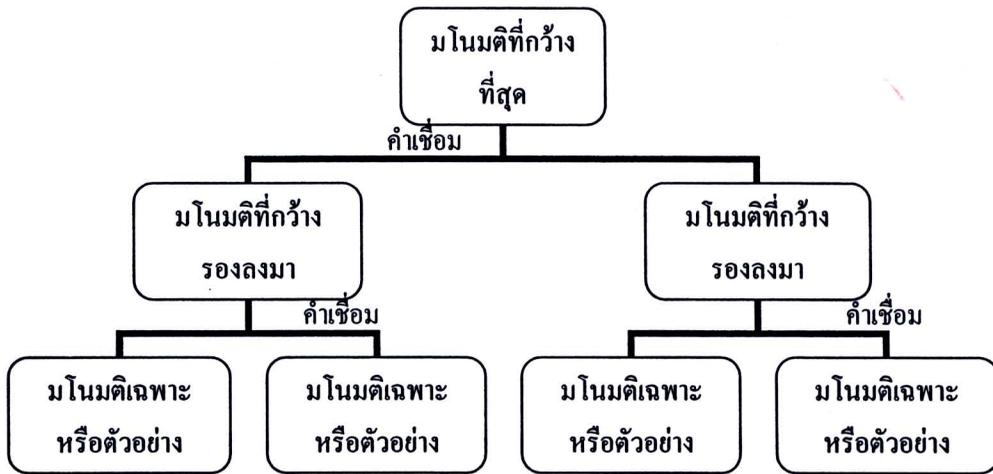
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผล การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การดำเนินการวิจัย
2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ
3. ผลการศึกษามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจบการ จัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ
4. ผลการศึกษาคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจบการจัดการกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ
5. ผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผัง มโนคติ
6. อภิปรายผล

#### 1. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นที่การปฐมนิเทศ โดยได้อธิบายถึงลักษณะและวิธีการเขียนแผนผังมโนคติให้นักเรียนทราบการสร้าง แผนผังมโนคติ โดยกระทำในรูปของกิจกรรมเกี่ยวกับการเรียนรู้หรือแนะนำโดยตรงตามแนวคิด Novak และ Gowin (1984) แผนผังมโนคติ มีลักษณะลดหลั่นเป็นขั้นๆคือ มโนคติที่เป็นหลักหรือที่ครอบคลุม มากที่สุดจะอยู่ด้านบนสุดของแผนผัง ตามด้วยมโนคติที่กว้างรองลงมา จนกระทั่งถึงมโนคติ ที่ครอบคลุมน้อยกว่าหรือเฉพาะเจาะจงมากกว่าหรือตัวอย่าง จะถูกจัดลำดับให้อยู่ตอนล่าง ดังแผนภาพ



ภาพที่ 12 แสดงองค์ประกอบแผนผังมโนคติ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ในการวิจัย เพื่อเป็นการเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และการเชื่อมโยงความรู้ด้วยตนเองเนื่องจากวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้การค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองอย่างมีระบบ โดยครูกระตุ้นนักเรียน ให้เกิดคำถาม เกิดความคิด ลงมือเสาะแสวงหาความรู้ รู้จักการใช้เหตุผล มาประกอบการพิจารณา เพื่อประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปคำตอบนั้นด้วยตัวเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูมีหน้าที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะ แนะนำและอำนวยความสะดวก และเลือกใช้ร่วมกับแผนผังมโนคติ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แผนผังมโนคติ ในขั้นประเมิน (Evaluation) เนื่องจากมโนคติคือความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนการสอน ความเข้าใจของตนเอง การรู้จักนำเอาข้อเท็จจริงของเนื้อหาต่าง ๆ ที่เรียนรู้มาสัมพันธ์กัน ดังนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบมโนคติที่เกิดขึ้นของนักเรียนว่าครอบคลุมเนื้อหาหรือมีความสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์หรือไม่เพียงใดและเพื่อจะทำให้นักเรียนจดจำได้ง่าย มีความคงทนในการจำ ตลอดจนนำมโนคติในรูปแบบผังมโนคติที่ตนเองสร้างขึ้นนั้นไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ดังเหตุผลดังกล่าวข้างต้น รวม 10 แผน ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะไอออนิก สารประกอบไอออนิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ชนิดของพันธะโคเวเลนต์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ ของสารโคเวเลนต์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง สภาพขั้ว

ของโมเดลกลไกเวเลนซ์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเดลกลไกเวเลนซ์ และ สารโคจรผลึกแร่ธาตุ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่องพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ

**2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ**

หลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 10 แผน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบ เรื่อง พันธะเคมี แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบ จำนวน 40 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

**ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ**

จำนวนนักเรียน(คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนสูงสุด 33 คะแนน		คะแนนต่ำสุด 14 คะแนน		จำนวนนักเรียน (คน)			
			นักเรียน (คน)	ร้อยละ	นักเรียน (คน)	ร้อยละ	ผ่านเกณฑ์ 70%	ร้อยละ	ไม่ผ่านเกณฑ์ 70%	ร้อยละ
42	40	27.07	3	7.14	1	2.3	34	80.95	8	19.05

จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวนทั้งสิ้น 42 คน โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัย คะแนนเต็ม 40 คะแนน พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 27.07 คะแนน คะแนนสูงสุด 33 คะแนน จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.14 คะแนนต่ำสุด 14 คะแนน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.3 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป จำนวน 34 คน คิดเป็น ร้อยละ 80.95 นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.05 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังปรากฏในตารางที่ 7

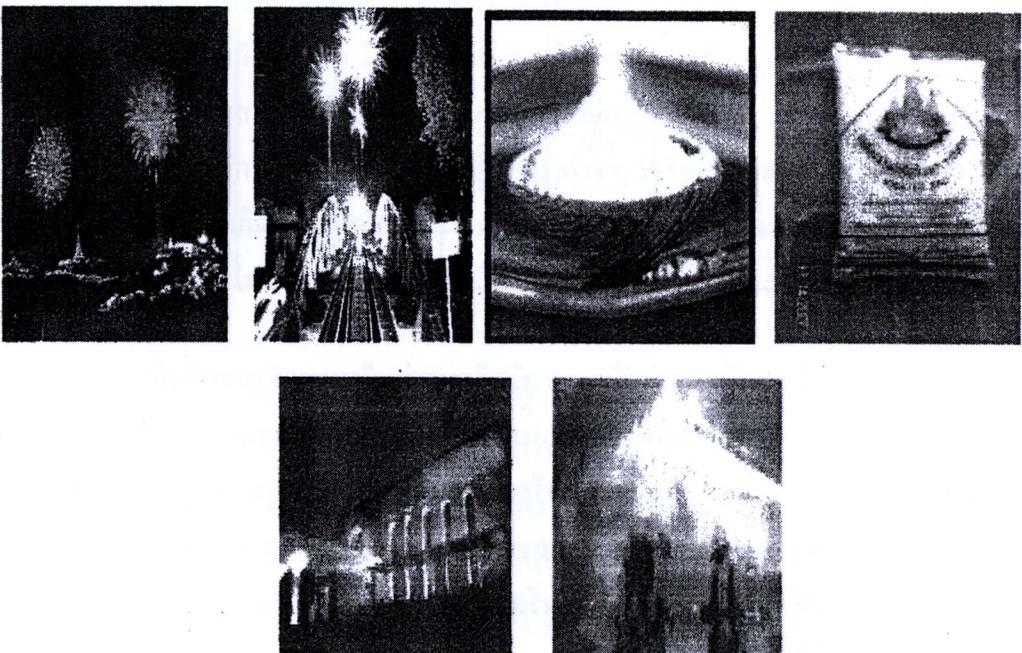
3. ผลการศึกษามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ

ผู้วิจัยได้สรุปผลการศึกษามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ

ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามลำดับคือมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก คือ พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นเมื่ออะตอมถ่ายเทอิเล็กตรอนให้แก่กันเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ทำให้มีค่าประจุต่างกันเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ เนื่องมาจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากโลหะให้แก่โลหะเรียกสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกว่า สารประกอบไอออนิก ลำดับชั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ(Engagement) ในขั้นนี้ครูได้ให้นักเรียนสังเกตดอกไม้ไฟแบบเย็น ดูภาพดอกไม้ไฟ ข่าวดอกไม้ไฟที่เกิดจากการเล่นดอกไม้ไฟ การช้อตปลาด้วยไฟฟ้า และดูเกลือพร้อมกับให้นักเรียนชิมเกลือ ตัวอย่างภาพที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้



นักเรียนสามารถบอกได้ว่าคอกไม้ไฟประกอบด้วยธาตุหลายชนิดที่เป็นเหตุให้เกิดไฟ เช่น  $\text{Sr}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}$ , ผงคาร์บอนและผงโลหะ(อะลูมิเนียม, แมกนีเซียม) เกิดประกอบด้วยธาตุ  $\text{Na}$  และ  $\text{Cl}$  และพบว่านักเรียนช่วยกันตอบและถามคำถามด้วยความกระตือรือร้น และแสดงความสงสัย สนใจในเนื้อหา ทำให้เกิดเสียงพูดคุยกันเล็กน้อย ครูได้แนะนำให้ลดเสียงลง ให้ตอบด้วยเสียงปกติไม่ต้องตะโกนตอบ ตัวอย่างคำถามและคำตอบที่แสดงถึงความสนใจของผู้เรียนเป็นดังนี้

ครู “จากที่นักเรียนชิมเกลือ เกลือมีรสอย่างไร” นักเรียน 1 “มีรสเค็มครับ”

นักเรียน 2 “ครูคะไม่ต้องชิมก็ได้ค่ะ เพราะมันคือเกลือน้ำมันก็เค็มค่ะ”

ครู “นักเรียนทราบไหมว่า เกลือ มีธาตุใดเป็นองค์ประกอบ”

นักเรียน 1 “อาจารย์คะ ชื่อวิทยาศาสตร์ของเกลือคือ โซเดียมคลอไรด์ ไซม์ยะคะ”

นักเรียน 2 “ไซ โซเดียมสัญลักษณ์ คือ  $\text{Na}$  คลอรีน คือ  $\text{Cl}$ ”

นักเรียน 3 “แต่ทำไมมันลงท้ายชื่อเป็นคลอไรด์ มันไม่เป็น โซเดียมคลอรีนคะ”

เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้ นักเรียนสืบค้นและทำความเข้าใจข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก จากหนังสือเรียนและหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่ครูเตรียมไว้ให้ จากนั้น รับประทานอาหารคั่นคว่ำตามหัวข้อที่กำหนดให้ โดยครูใช้คำถามในการค้นคว่ำ เช่น “พันธะเคมีมีลักษณะการเกิดขึ้นได้อย่างไร” “พันธะไอออนิกเกิดขึ้นได้อย่างไร” “วิธีการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก มีวิธีการอย่างไร” พบว่านักเรียนสามารถสืบค้นได้ดังนี้คือพันธะเคมีเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของสาร พันธะไอออนิกเกิดจากการให้อิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของ โลหะกับอโลหะพร้อมทั้งบอกถึงวิธีการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้และพบว่า นักเรียนทุกคนสนใจและตั้งใจในการสืบค้นข้อมูล โดยบันทึกลงในสมุดบันทึก หลังจากสืบค้นข้อมูลเสร็จ นักเรียนบางคนส่งเสียงคุยกันทำให้รบกวนเพื่อนๆที่ยังสืบค้นข้อมูลไม่เสร็จ ครูแนะนำให้ลดเสียงลง เพราะถือเป็นการรบกวนเพื่อนที่กำลังทำงานอยู่ การที่นักเรียนบางคนส่งเสียงคุยกันอาจเนื่องมาจากลักษณะนิสัยของนักเรียนเองหรือจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูจัดขึ้น ไม่เป็นที่น่าสนใจเท่าที่ควร

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปโดยครูใช้คำถามนำการอภิปราย และขณะใช้คำถามครูใช้คำถามโดยไม่ระบุเจาะจงนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้คิดหาคำตอบทุกคน เพื่อหาข้อสรุปที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์ในทุกคำถาม นักเรียนสามารถบันทึกสรุปลงในสมุดบันทึกได้ดังนี้คือการอยู่รวมกันเป็นไอออนอะตอมหรือโมเลกุลจะอยู่รวมกันได้โดยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคนั้นคือพันธะเคมี และพันธะไอออนิกเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวก

และไอออนลบ ที่ได้จากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากโลหะให้แก่โลหะเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก และพบว่า นักเรียนมีความตื่นเต้นมากและเตรียมคำตอบรอบคอบเพราะกลัวว่าอาจจะสับสนใคร่ตนเอง ชั้นนี้นักเรียนรอฟังคำตอบจากเพื่อนด้วยความตั้งใจจดจ่อ และสามารถลงข้อสรุปได้ว่าอนุภาคเล็กๆ ของสารอยู่รวมกันเป็น โมเลกุล ได้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารและเรียกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนี้ว่า พันธะไอออนิกเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ ที่ได้จากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากโลหะให้แก่โลหะ การที่มีการให้และรับไอออนของโลหะและอโลหะกันเรียกว่าเกิดสารประกอบไอออนิก ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “อนุภาคเล็กๆ ของสารอยู่รวมกันเป็น โมเลกุล ได้อย่างไร”

นักเรียน “อยู่ได้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารค่ะ”

ครู “พันธะไอออนิกเกิดขึ้น ได้อย่างไร”

นักเรียน “เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างไอออนบวกและไอออนลบที่ได้จากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากโลหะให้แก่โลหะ”

ครู “สารประกอบไอออนิกเกิดขึ้น ได้อย่างไร”

นักเรียน “สารประกอบไอออนิกเกิดขึ้นจากการที่โลหะและอโลหะมีการให้และรับไอออนกัน” เป็นต้น

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในชั้นนี้นักเรียนรับชุดคำถามคนละ 1 ชุด เพื่อให้ นักเรียนเขียนและอธิบายถึงการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้ชัดเจนมากขึ้น โดยให้นักเรียนเขียนตอบ นักเรียนสามารถเขียนตอบได้ครบทุกข้อและใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับพันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก อธิบายถึงหินงอก หินย้อย ที่เกิดตามธรรมชาติได้ว่า หินงอก หินย้อยนั้นเกิดพันธะไอออนิก ระหว่าง  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{CO}_3^{2-}$  เกิดเป็น  $\text{CaCO}_3$  และบอกได้ว่า เกลือแกงประกอบด้วย Na และ Cl มีประโยชน์คือใช้ปรุงและถนอมอาหารและพบว่านักเรียนทุกคนตั้งใจทำงานสังเกตได้จากการไม่พูดคุยเสียงดังนอกประเด็นคำถาม และหลังจากตรวจใบงานนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง นอกจากนี้ครูใช้คำถามเพิ่มเติมนอกเหนือจากชุดคำถาม ตัวอย่างบทสนทนา ครู “สูตรสารประกอบไอออนิก เลด (II) ไนเตรต เขียนได้อย่างไร”

นักเรียน “ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ค่ะ”

ครู “สารประกอบไอออนิกไปนี้  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  มีชื่ออย่างไร”

นักเรียน “คอปเปอร์(II)คาร์บอเนต ไอออน(III)ออกไซด์ ค่ะ”

ครู “ขอให้นักเรียนบอกสารประกอบไอออนิกที่ใช้ในชีวิตประจำวันและประโยชน์”

นักเรียน 1 “เกลือแกง (NaCl) ประโยชน์ ปรุงรสเค็ม ถนอมอาหารครับ”

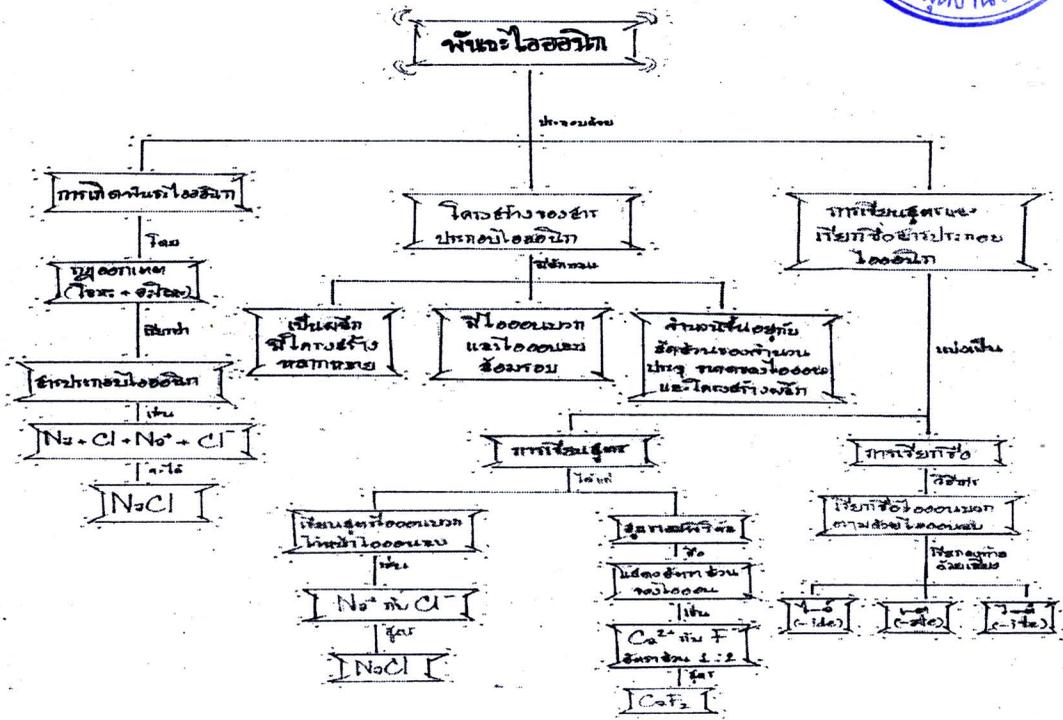
นักเรียน 2 “โซดาไฟ (NaOH) ประโยชน์ เป็นส่วนผสมในการทำสบู่และน้ำยาฟอกจางสีค่ะ” เป็นต้น

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับเรื่องพันธะไอออนิกและ สารประกอบไอออนิก ครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนตั้งใจทำงานดี โดยเริ่มจากการวางแผน ร่าง และสรุป ลงมือเขียนแผนผังมโนคติอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน แต่เนื่องจากการเขียนแผนผังมโนคติครั้งแรกนักเรียนใช้เวลานานมาก กินเวลาชั่วโมงถัดไป 10 นาที และในชั่วโมงสุดท้ายของแผนที่ 1 ซึ่งเรียนในคาบ 6 นักเรียนขออนุญาตเขียนแผนผังมโนคติต่อในคาบ 7 ซึ่งเป็นคาบชุมนุมเพื่อว่าจะได้สรุปมโนคติและเขียนแผนผังมโนคติได้ดีและเข้าใจมากขึ้น โดยครูได้เน้นถึงรูปแบบและวิธีการเขียนแผนผังมโนคติให้นักเรียนได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น นักเรียนส่วนมากหาคำเชื่อมเติมได้ไม่ครบทุกจุด สรุปเนื้อหาได้แต่ยังไม่กระชับเท่าที่ควร โดยนักเรียน เขียนเนื้อหา มาเยอะมากเพราะกลัวว่าเนื้อหาจะไม่สมบูรณ์ และบางจุดใช้คำเชื่อมยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร เช่น การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ตามด้วยวิธีการเขียนสูตรและการเรียกชื่อนักเรียนจะเชื่อมด้วยคำว่า “หมายถึง” ซึ่งถือว่าไม่สมควรใช้คำว่า “แบ่งเป็น” หรือ “ประกอบด้วย” เป็นต้น





ตัวอย่างที่ 3 แผนผังมโนคติ เรื่อง พันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก



สรุปได้ว่า ครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ คือ ครูให้นักเรียนสังเกตดอกไม้ไฟแบบเย็น ดูข่าวไฟไหม้ที่เกิดจากการเล่นดอกไม้ไฟ ครูปตัวอย่าง การช้อตปลาด้วยไฟฟ้า และนักเรียนสืบค้น ข้อมูลพันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิกจากหนังสือเรียนและหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่ครู เตรียมไว้ให้ พร้อมทำใบงาน ต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามนำการอภิปราย ครูใช้คำถาม ไม่ระบุเจาะจงนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบทุกคน แล้วสุ่มคำตอบจากนักเรียน เพื่อหา ข้อสรุป และเขียนแผนผังมโนคติ เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีมโนคติ หลังเรียนสอดคล้องกับมโนคติทางทวิวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือ พันธะไอออนิกและสารประกอบไอออนิก เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของโลหะกับ อโลหะ หรือเกิดจากอะตอมของธาตุโลหะกับอโลหะและมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนทำให้เกิด เป็นไอออนบวกกับไอออนลบ จะเกิดเป็นสารใหม่ต่อเนื่องกันเป็น โครงผลึกขนาดใหญ่ เป็นสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหา ความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ทำให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตามไปด้วย ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.2 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก คยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไอออนิกมีสถานะเป็นของแข็ง จะเปราะและแตกหักง่าย มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้าแต่เมื่อทำให้หลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ มีสภาพการละลายน้ำได้ต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของสาร เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกบางคู่ ไอออนอิสระจะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารประกอบ ไอออนิกชนิดอื่น ๆ สมการไอออนิกส่วนใหญ่ที่เขียนแสดงในสมการจะอยู่ในรูปของไอออนโดยเขียนเฉพาะไอออนหรือสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเท่านั้น ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้ครูได้เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และ ชุดตรวจการนำไฟฟ้า และสาริตโดยการนำชุดตรวจการนำไฟฟ้าจุ่มลงไปในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น และใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนค้นหาคำตอบพบว่านักเรียนให้ความสนใจและตื่นตื้นต่อกิจกรรมที่ทำให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม และนักเรียนส่วนมากสามารถตอบคำถามได้สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างบทสนทนาดังนี้

ครู “โซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยธาตุหมู่ใดบ้าง”

นักเรียน “หมู่ 1 และหมู่ 7 ค่ะ”

ครู “โซเดียมคลอไรด์ เป็นสารประกอบประเภทใด”

นักเรียน “สารประกอบไอออนิกครับ”

ครู “โซเดียมคลอไรด์ จะนำไฟฟ้าได้หรือไม่ เพราะอะไร”

นักเรียน 1 “ต้องทดลองก่อนครับ”

นักเรียน 2 “โซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในสถานะของแข็งจะไม่นำไฟฟ้าค่ะ”

นักเรียน 3 “สารละลายโซเดียมคลอไรด์ นำไฟฟ้าเพราะชุดตรวจการนำไฟฟ้าสว่างค่ะ”

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ในขั้นนี้นักเรียนศึกษาสมบัติของสารประกอบ ไอออนิก โดยก่อนปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนทำความเข้าใจกับวิธีการทดลองจากใบกิจกรรม ใบบันทึกกิจกรรม และจากหนังสือเรียน แล้วแบ่งหน้าที่ในการทำงานให้เรียบร้อย ครูให้คำแนะนำการใช้อุปกรณ์และสารเคมีอย่างระมัดระวัง ก่อนปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ และเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก โดยครูใช้

คำถามก่อนการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนสามารถบอกได้ว่า สารประกอบไอออนิกจะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง เมื่อเป็นของแข็งจะเปราะ แตกหักง่าย ไม่นำไฟฟ้าเมื่อเป็นอยู่ในสถานะของแข็งแต่เมื่อทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำแล้วจะสามารถนำไฟฟ้าได้ และจะละลายน้ำได้ต่างกัน บางตัวละลายได้มาก บางตัวละลายได้น้อย และพบว่า นักเรียนตั้งใจและตื่นตัวมากที่ได้ทำการทดลอง มีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่ม ตั้งใจฟังขณะที่ครูให้คำแนะนำการใช้อุปกรณ์และสารเคมี สมาชิกในแต่ละกลุ่มร่วมมือกันทำงาน ร่วมกันวางแผน ออกแบบการบันทึกผลการทดลองและ ลงมือทดลอง แต่นักเรียนบางคนไม่กล้าหยิบจับอุปกรณ์เนื่องจากกลัวทำอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย ครูต้องย้าให้กล้าคิดกล้าทำ บางกลุ่มส่งเสียงดังครูแนะนำให้ลดเสียงลง สมาชิกบางกลุ่มขณะทำการทดลองเดินไปดูกลุ่มอื่นว่าได้ผลเหมือนกลุ่มตนเองหรือไม่ ครูแนะนำให้หยุดเดินไปดูกลุ่มอื่นเพื่อที่จะได้ลงมือทำการทดลอง แล้วให้บันทึกผลการทดลองตามจริงที่กลุ่มตนเองทดลองได้ ให้ยอมรับข้อมูลความจริงถึงแม้ผลที่ได้จะแตกต่างจากกลุ่มอื่นก็ตาม ให้ชื่อสัตย์ต่อตนเอง แต่สมาชิกกลุ่มอื่นส่วนมากบันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริงโดยไม่เดินไปดูกลุ่มอื่น

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูลเกี่ยวกับ สมบัติของสารประกอบไอออนิก ที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหา โดยตอบคำถาม และครูสุ่มตัวแทนนักเรียน นำเสนอผลการทดลองเรื่อง การละลายของสารประกอบไอออนิกในน้ำ และเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกพบว่าเมื่อตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอผลการทดลอง สมาชิกกลุ่มอื่นๆ ให้ความสนใจและตั้งใจฟังและร่วมกันอภิปรายถึงผลการทดลองเพื่อหาข้อสรุปที่สอดคล้องตรงกันทุกกลุ่ม นักเรียนสามารถอภิปรายและลงข้อสรุปได้สังเกตได้จากตัวอย่างบทสนทนา ตัวแทนบางกลุ่มนำเสนอผลได้ดีไม่มีความตื่นตัวหรือประหม่า แต่บางกลุ่มยังตื่นตัวทำให้พูดเร็วและรัวไม่ชัดเจน และหลังนำเสนอเสร็จครูแนะนำนักเรียนทุกคนถึงวิธีการนำเสนองาน นักเรียนยอมรับข้อเสนอแนะเพื่อทำไปปรับปรุงต่อไป ตัวอย่างบทสนทนาเป็นดังนี้

ครู “การสังเกตว่า ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกเกิดขึ้น สังเกตได้จากสิ่งใด”

นักเรียน 1 “การเปลี่ยนไปของอุณหภูมิค่ะ”

ครู “การที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง บอกให้ทราบถึงอะไร”

นักเรียน 2 “อุณหภูมิสูงขึ้นจะเป็นการคายพลังงานครับ”

นักเรียน 3 “แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงจะเป็นการดูดพลังงานค่ะ”

ครู “แล้วสารแต่ละชนิดละลายน้ำได้ต่างกันหรือไม่ อย่างไร”

นักเรียน 4 “ละลายน้ำได้ต่างกัน บางตัวละลายได้มาก บางตัวละลายได้น้อยค่ะ”

เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้ นักเรียนรับใบงานและทำใบงาน ครุส่มเลขที่นักเรียนเพื่อนำเสนอเกี่ยวกับใบงานและสมาชิกที่เหลือทุกคนร่วมอภิปรายเพื่อความเข้าใจตรงกัน โดยครูใช้คำถามช่วยในการอภิปราย ในขั้นนี้พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่า  $\text{CaCO}_3$  เป็นสารประกอบไอออนิก ซึ่ง  $\text{CaCO}_3$  ประกอบด้วย  $\text{Ca}^{2+}$  กับ  $\text{CO}_3^{2-}$  และเป็นสารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยนำมาปรับสภาพดินเพื่อแก้ปัญหาดินเปรี้ยว และพบว่านักเรียนส่วนมากตั้งใจทำงาน สังเกตได้จากการไม่พูดคุยเสียงดังนอกประเด็นคำถาม แต่ยังมีนักเรียนบางคนไม่กล้าลงมือทำกลัวทำไม่ถูกต้องคอยสังเกตวิธีการทำจากเพื่อนก่อน ครูแนะนำให้เพื่อนอธิบายให้ฟังถึงวิธีการทำไม่ต้องให้เพื่อนลอก นักเรียนยอมรับฟังเพื่อนด้วยความเต็มใจและขณะที่เพื่อนทำเสนอนักเรียนทุกคนที่เหลือร่วมรับฟัง และเสนอแนะ วิพากษ์วิจารณ์ และแสดงข้อคิดเห็นที่มีเหตุผล และหลังจากตรวจใบงานนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้คำถามนอกเหนือจากใบงาน เพื่อช่วยเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น และเพื่อตรวจสอบนักเรียนสามารถนำความรู้เดิมมาให้เกิดผลประกอบได้หรือไม่ พบว่านักเรียนบอกได้ว่าสารประกอบไอออนิกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ต้องมีธาตุโลหะและอโลหะเป็นส่วนประกอบ ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “ให้บอกประโยชน์สารประกอบไอออนิกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน คนละ

1 ชนิด”

นักเรียน 1 “ $\text{NaHCO}_3$  ผงฟู ใช้หมักทำขนมปังให้ขนมปังฟูและนุ่มค่ะ”

นักเรียน 2 “โซดาไฟ ( $\text{NaOH}$ ) ประโยชน์ใช้เป็นส่วนผสมในการทำสบู่ครับ”

เป็นต้น

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกและครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้นพบว่า นักเรียนตั้งใจทำงานมากขึ้น สังเกตได้จากการวางแผน การร่าง และสรุป ตลอดจนการลงมือเขียนแผนผังมโนคติทำได้เร็วขึ้น นักเรียนส่วนมากสามารถเขียนแผนผังมโนคติตลอดจนการใช้คำเชื่อมได้ครบทุกจุด ดังตัวอย่างหน้า 87 ในแผนนี้ นักเรียนยังขออนุญาตทำแผนผังมโนคติในคาบที่ 7 เช่นเคย ครูอนุญาตให้เป็นครั้งสุดท้ายต่อไปให้เข้าร่วมกิจกรรมชุมนุมตามปกติ นักเรียนสามารถบอกรายละเอียดถึงลักษณะ คุณสมบัติ และปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้รายละเอียดชัดเจนเข้าใจง่าย แต่บางคนยังหาคำเชื่อมเติมได้ไม่ครบทุกจุดดังตัวอย่างที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อครบกำหนดเวลานักเรียนส่งแผนผังมโนคติครบทุกคน เช่น



นำเสนอผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองโดยการตอบคำถาม พร้อมกับทำใบงาน และเขียนแผนผังมโนคติ เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนมีมโนคติหลังเรียนสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง มีความแข็ง แต่เปราะ ไม่นำไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งหรืออุณหภูมิห้องแต่เมื่อหลอมเหลวหรือละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้และมีสภาพการละลายน้ำได้ต่างกัน แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ทำให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอีกด้วย ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.3 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ คือ พันธะเคมี ที่เกิดจากอะตอมตั้งแต่ 2 อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เพื่อให้เวเลนส์อิเล็กตรอนครบ 8 เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์โดยเกิดจากอะตอมของธาตุอโลหะร่วมกับอะตอมของธาตุอโลหะ และสารประกอบที่อะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่า สารโคเวเลนต์ และอิเล็กตรอนคู่ที่อะตอมทั้งสองใช้ร่วมกันเรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และเรียกชนิดการใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ ว่า พันธะเดี่ยว ใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่ และเมื่ออิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 3 คู่ เรียกว่าพันธะสาม โดยมีลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้ครูได้กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติโดยนักเรียน 1 คน แทนธาตุ 1 ชนิด มือ 2 ข้าง แทนเวเลนส์อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน และให้นักเรียนจับคู่เพื่อนและยืนขึ้นแล้วจับมือกัน โดยเริ่มที่มือ 1 ข้าง และเพิ่มเป็นสองข้าง ในขั้นนี้นักเรียนบอกได้ว่าเมื่อจับมือ 1 ข้าง จะเหนียวแน่นน้อยกว่าการจับมือ 2 ข้าง สังเกตได้จากเพื่อนต้องใช้แรงดึงมากกว่าเดิมในการที่จะแยกเมื่อมีการจับมือกัน 2 ข้าง และนักเรียนบางกลุ่มบอกว่าการจับมือกันข้างเดียวจะออกแรงดึงเพื่อให้แยกออกจากกันจะมีการใช้แรงดึงน้อยกว่าการจับมือกันสองข้างและพบว่านักเรียนให้ความสนใจและตื่นตัวต่อการทำกิจกรรมตามที่กำหนด สถานการณ์ให้ นักเรียนให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม ดังตัวอย่างบทสนทนาดังนี้

ครู “ขณะที่นักเรียนจับมือกัน 1 ข้าง การจับมือจะมีลักษณะเป็นอย่างไร”

นักเรียน “ก็เหมือนจับมือกับตามปกติค่ะ”

ครู “ถ้ามีคนอื่นมาดึงเพื่อที่จะแยกเราออกจากเพื่อน นักเรียนคิดว่าอย่างไร”

นักเรียน “เราสามารถแยกได้ค่ะถ้าเขามีแรงมากกว่าพวกเรา”

ครู “และถ้านักเรียนเพิ่มเป็นจับมือกันสองข้าง การจับมือจะมีลักษณะเป็นอย่างไร”

นักเรียน “จะแยกพวกเรายากกว่าเก่าค่ะ”

ครู “นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด ”

นักเรียน 1 “เพราะการจับมือกันสองข้างจะจับได้แน่นกว่าการจับมือกันข้างเดียวค่ะ”

นักเรียน 2 “ทำให้คนอื่นแยกเราได้ยากขึ้น”

ครู “และถ้าเวเลนซ์อีเล็กตรอนมีการสร้างพันธะในลักษณะเช่นเดียวกันนี้จะเป็นอย่างไรร”

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียน สืบค้นข้อมูลและทำความเข้าใจกับ Animation และ ข้อมูลจาก Internet เกี่ยวกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ สารโคเวเลนต์ โดยใช้คำถามในการค้นคว้า และบันทึกข้อมูล โดยครูกำหนดคำถามสำคัญให้ดังนี้คือ “พันธะโคเวเลนต์” “สารโคเวเลนต์” ในขั้นนี้นักเรียนบอกได้ว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากธาตุสองอะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้อยู่รวมกันเป็น โมเลกุล โมเลกุลจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์แล้วเกิดเป็น สารโคเวเลนต์ จากการตรวจสอบบันทึกนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและบันทึกข้อมูลได้ครอบคลุมทุกคำถาม และพบว่า นักเรียนทุกคนร่าเริง สนุกที่ได้เปลี่ยนบรรยากาศ จากห้องเรียนมาเป็นห้องคอมพิวเตอร์ที่มีความเย็นสบาย นักเรียนสนใจและตั้งใจสืบค้นข้อมูลโดยไม่ส่งเสียงพูดคุยกันเสียงดัง

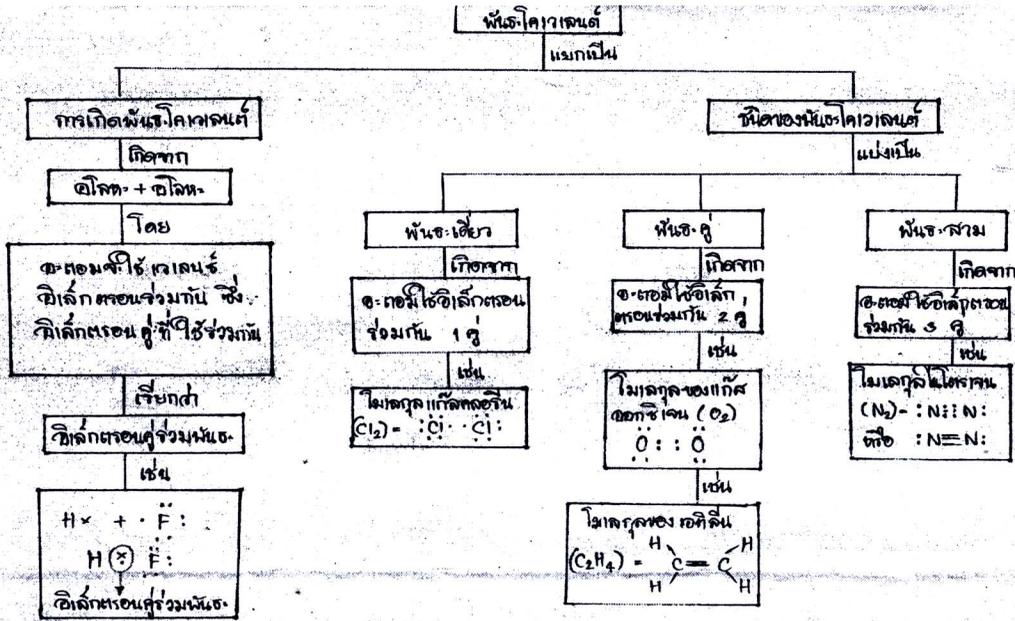
**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และชนิดของโคเวเลนต์ ที่ได้จากการค้นคว้า ข้อมูลจาก Internet โดยครูเป็นผู้ใช้คำถามนำ โดยไม่ระบุเจาะจงนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบในคำถามนั้นๆ ทุกๆคน พบว่านักเรียนสรุปได้ดังนี้คือพันธะโคเวเลนต์ เป็นพันธะเคมีที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน อะตอมที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เรียกว่า โมเลกุลโคเวเลนต์ และสารที่สร้างพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า สารโคเวเลนต์ ประกอบด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสามและพบว่า นักเรียนยังคงตื่นเต้นและเตรียมคำตอบรอตอบเพราะกลัวว่าจะสุ่มโดนตนเอง ตลอดจนนักเรียนรอฟังคำตอบจากเพื่อนด้วยความตั้งใจ และนำคำตอบที่ได้ร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “พันธะโคเวเลนต์มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมให้แก่กันหรือไม่ อย่างไร”

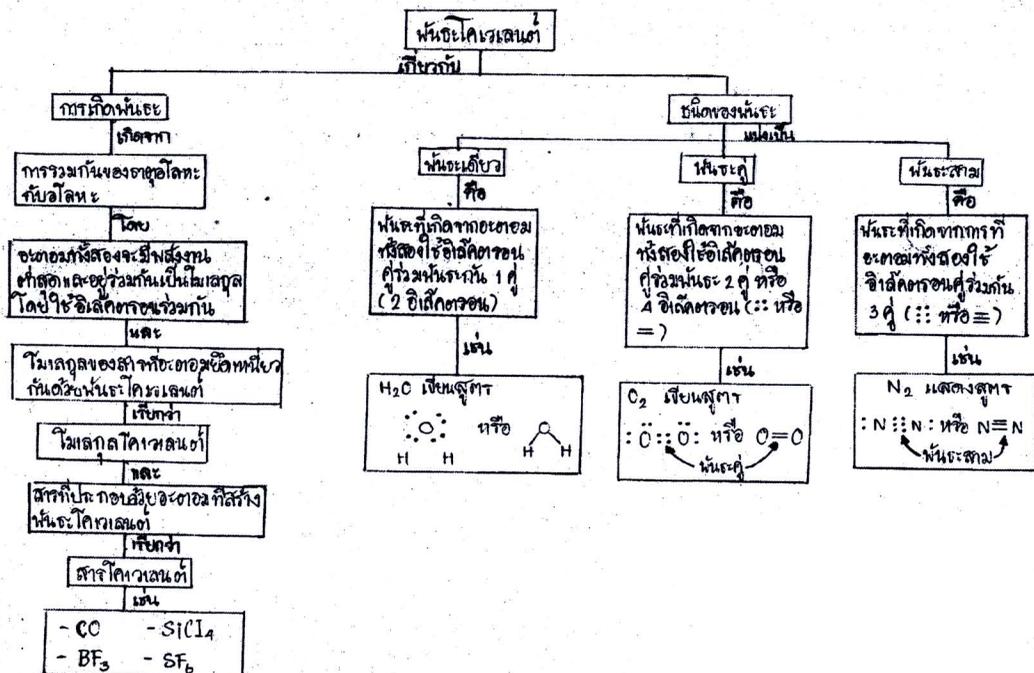
นักเรียน 1 “ไม่ ค่ะ แต่จะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมเพื่อปรับตัวเองให้อยู่ในสภาพเสถียร”

นักเรียน 2 “ไม่มีค่ะ เพราะอะตอมจะใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเท่านั้น”

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนมติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และชนิด ของพันธะโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนมติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และชนิด ของพันธะโคเวเลนต์



ครู “สารโคเวเลนต์มีลักษณะอย่างไร”

นักเรียน 1 “เป็นสารที่ประกอบด้วยอะตอมที่สร้างพันธะโคเวเลนต์”

นักเรียน 2 “เป็นสารที่ประกอบด้วยโมเลกุลโคเวเลนต์” เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนรับใบงานและทำใบงาน โดยครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่า จะสุ่มนักเรียน เพื่อนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย นักเรียนนำเสนองานต่อจากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบาย ถึงพันธะโคเวเลนต์ที่มีอยู่ในสารชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลทราย ( $C_6H_{12}O_6$ ) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า น้ำตาลทรายประกอบด้วยธาตุคาร์บอน จำนวน 6 อะตอม ธาตุไฮโดรเจน จำนวน 12 อะตอม และธาตุออกซิเจน จำนวน 6 อะตอม ซึ่งต่างก็เป็นอโลหะ และเมื่อสร้างพันธะโดยใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน จะทำให้เกิดพันธะโคเวเลนต์ และเรียกว่าสารประกอบโคเวเลนต์ และชนิดของพันธะที่ได้คือพันธะเดี่ยว และพันธะคู่ ส่วนแก๊สไฮโดรเจน ( $H_2$ ) นักเรียนบอกว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันคือมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน แต่เป็นมีพันธะเดี่ยวชนิดเดียว และพบว่านักเรียนตั้งใจทำงานอย่างเต็มความสามารถ สังกัดได้จากการไม่พูดคุยเสียงดังนอกประเด็นคำถาม เป็นผลให้นักเรียนทำงานทันตามเวลาที่กำหนด นำเสนองานและให้เหตุผลได้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก นอกจากนี้ครูใช้คำถามนอกเหนือจากใบงาน เพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจให้มากขึ้น เช่น

ครู “นักเรียนคิดว่า แอมโมเนีย และเอทานอล เป็นสารโคเวเลนต์ด้วยหรือไม่ อย่างไร”

นักเรียน 1 “แล้วแอมโมเนีย และเอทานอลมีสูตรว่าอย่างไรคะ”

นักเรียน 2 “แอมโมเนีย คือ  $NH_3$  แล้ว เอทานอล คือ  $C_2H_5OH$ ”

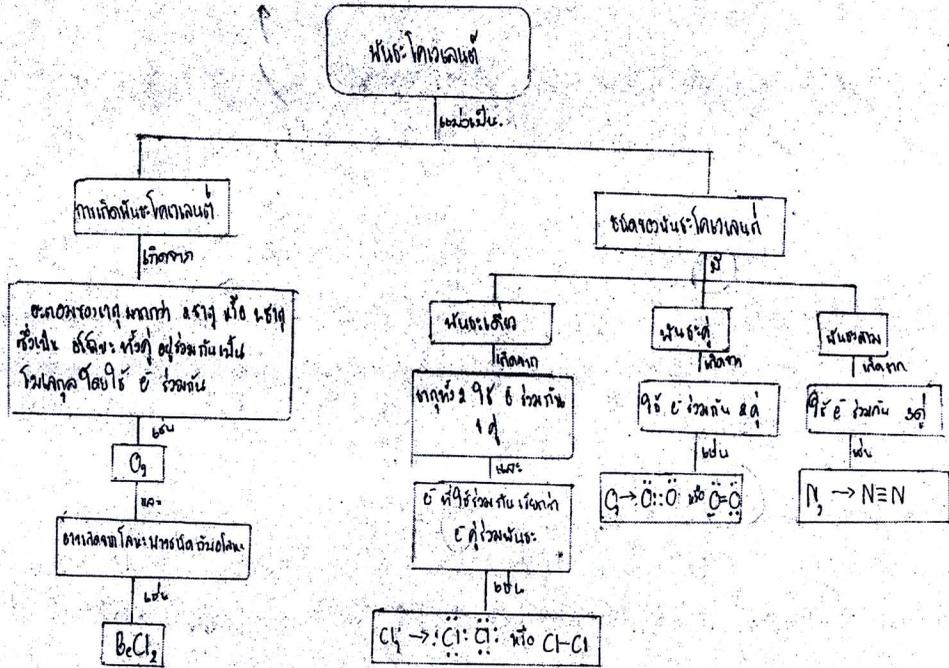
ครู “ทราบได้อย่างไร”

นักเรียน 3 “เขาดูจากด้านหลังของหนังสือเรียนคะ”

นักเรียน 4 “แอมโมเนียและเอทานอลเป็นสารโคเวเลนต์เพราะมีอโลหะรวมกับอโลหะจึงเป็นสารโคเวเลนต์คะ”

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์และครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น นักเรียนสามารถบอกได้ว่าพันธะโคเวเลนต์เกิดจากธาตุอโลหะกับอโลหะ โดยมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ประกอบด้วยชนิดของพันธะ 3 ชนิดคือพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม และพบว่า นักเรียนตั้งใจทำงานมากขึ้น สังกัดได้จากการวางแผน การร่าง ตลอดจนการลงมือเขียนแผนผังมโนคติสามารถทำได้เร็วขึ้น แต่มีนักเรียนบางส่วนบ่นว่าครูให้เวลาในการทำน้อย นักเรียนยังหาคำเชื่อมเติมได้ไม่ครบทุกจุดแต่จำนวนน้อยลงและบางคนใช้คำเชื่อมยังไม่เหมาะสมเพราะรีบส่งกลัวจะหมดเวลา นักเรียนนำเสนอแผนผังมโนคติครบทุกคน เช่น

ตัวอย่างที่ 3 แผนผังมโนคติ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้คือให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติโดยให้นักเรียน 1 คน แทนธาตุ 1 ชนิด มือ 2 ข้าง แทนเวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน และสืบค้นข้อมูลจาก Internet เกี่ยวกับเรื่องพันธะโคเวเลนต์ และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ตลอดจนนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงเรื่องที่สืบค้นนักเรียนทำใบงานและเขียนแผนผังมโนคติ เมื่อเสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือ พันธะโคเวเลนต์เกิดจากอะตอมของธาตุอโลหะร่วมกับอะตอมของธาตุอโลหะ โดยใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ เพื่อให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 และชนิดของพันธะประกอบด้วย 3 ชนิดคือ พันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ทำให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.4 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่องโครงสร้างของสาร โคเวเลนต์ คือ อะตอมตั้งแต่ 2 อะตอมจะใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต นิยมใช้การเขียนสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส ซึ่งเรียกว่า โครงสร้างลิวอิส สารบางชนิดมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 หรือมากกว่า 8 แต่อยู่ภาวะที่เสถียรจัดเป็นข้อยกเว้นสำหรับกฎออกเตต ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ในขั้นนี้ครูนำแบบจำลองโมเลกุลให้นักเรียนกลุ่มละ 1 กลุ่มละ 1 กล่อง แล้วให้นักเรียนทดลองประกอบโครงสร้างตามสูตรตัวอย่างที่ครูกำหนดให้ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน พบว่านักเรียนสามารถประกอบโครงสร้างของ NaCl และ CO<sub>2</sub> ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถมองเห็นภาพเวเลนซ์อิเล็กตรอนรอบๆ อะตอมของธาตุได้ และพบว่านักเรียนตื่นเต้นดีใจที่ได้ทำกิจกรรม นักเรียนตั้งใจประกอบโครงสร้าง บางกลุ่มประกอบโครงสร้างได้สมบูรณ์ทันตามเวลาที่กำหนดให้ บางกลุ่มประกอบไม่สมบูรณ์

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียนปั่นดินน้ำมันเป็นก้อนกลมแทนจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน และใช้ลูกปัดแทนสัญลักษณ์ธาตุโดยใช้สีเป็นเกณฑ์ในการแยกชนิดของธาตุ สืบค้นข้อมูลและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของสาร โคเวเลนต์ จากหนังสือเรียน และหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่ครูเตรียมให้ พบว่านักเรียนสามารถปั่นดินน้ำมันแทนโครงสร้างแบบจุดที่แสดงเวเลนซ์อิเล็กตรอนรอบๆอะตอมและเขียนสูตร โครงสร้างแบบจุด แบบเส้นจากการปั่นดินน้ำมันและใช้ลูกปัดแทนสัญลักษณ์ธาตุได้และพบว่านักเรียนมีความรู้เรื่องอะตอมปั่นดินน้ำมัน มุ่งมั่นตั้งใจเพื่อสร้าง โครงสร้างของสาร โคเวเลนต์ที่มีลักษณะเป็นจุดและเป็นเส้น นักเรียนบางคนบอกเหมือนดินน้ำมันและไม่ปั่นช่วยเพื่อน ครูแนะนำให้ทำงานช่วยเพื่อนในการทำงานต้องรู้จักมีความรับผิดชอบและอดทน เมื่อทำเสร็จแล้วล้างมือก็หมดกลิ่น

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูลตามแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นและที่ได้จากการสืบค้นในประเด็นการเขียนโครงสร้างของสาร โคเวเลนต์ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายและเชื่อมโยงได้ถึงดินน้ำมัน 1 ก้อนแทนจุดอิเล็กตรอน 1 จุดและแทนอิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน แล้วนำมาปรับเขียนโครงสร้างได้โดยเมื่อใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ คือมี 2 จุด จะเขียนแทนแบบเส้นได้ 1 เส้น เมื่อใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เขียนแทนแบบเส้นได้ 2 เส้น เมื่อใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ จะเขียนแทนแบบเส้นได้ 3 เส้น เช่น C1 : C1 เป็น C1 - C1, S :: C เป็น S = C, H : C :: C : H - C ≡ C - H และบอกได้ว่าแบบเส้น 1 เส้น เรียกว่าพันธะเดี่ยว แบบเส้น 2 เส้น เรียกว่าพันธะคู่ และแบบเส้น 3 เส้น เรียกว่าพันธะสามและสามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างของสาร โคเวเลนต์เป็นโครงสร้างที่แสดงถึงพันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจมีพันธะเดี่ยวทั้งหมด พันธะคู่ทั้งหมด พันธะสามทั้งหมดหรืออยู่

รวมกันในสารเดียวกันก็ได้ และพบว่านักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น โดยแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มร่วมแสดงความคิดเห็นและนักเรียนคนอื่นๆร่วมกันอภิปรายถึงรูปแบบ วิธีการที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น โดยแต่ละกลุ่มรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ และข้อเสนอแนะหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของกลุ่มอื่นเพื่อที่จะไปปรับปรุงต่อไป ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “นักเรียนลองประกอบโครงสร้างของ  $\text{NaCl}$  และ  $\text{CO}_2$  เปรียบเทียบกับการใช้กล่องอุปกรณ์และการปั้นดินน้ำมัน”

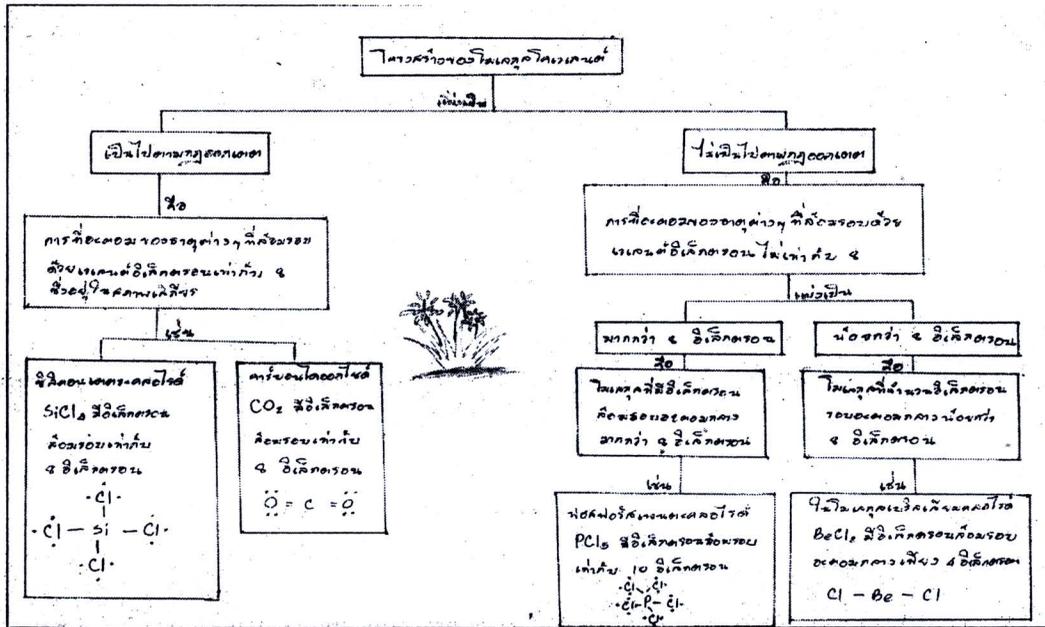
นักเรียน 1 “ครูคะดินน้ำมันต่อโครงสร้างได้ง่ายกว่ากล่องอุปกรณ์อีก”

นักเรียน 2 “เข้าใจง่ายกว่าด้วยค่ะ” เป็นต้น

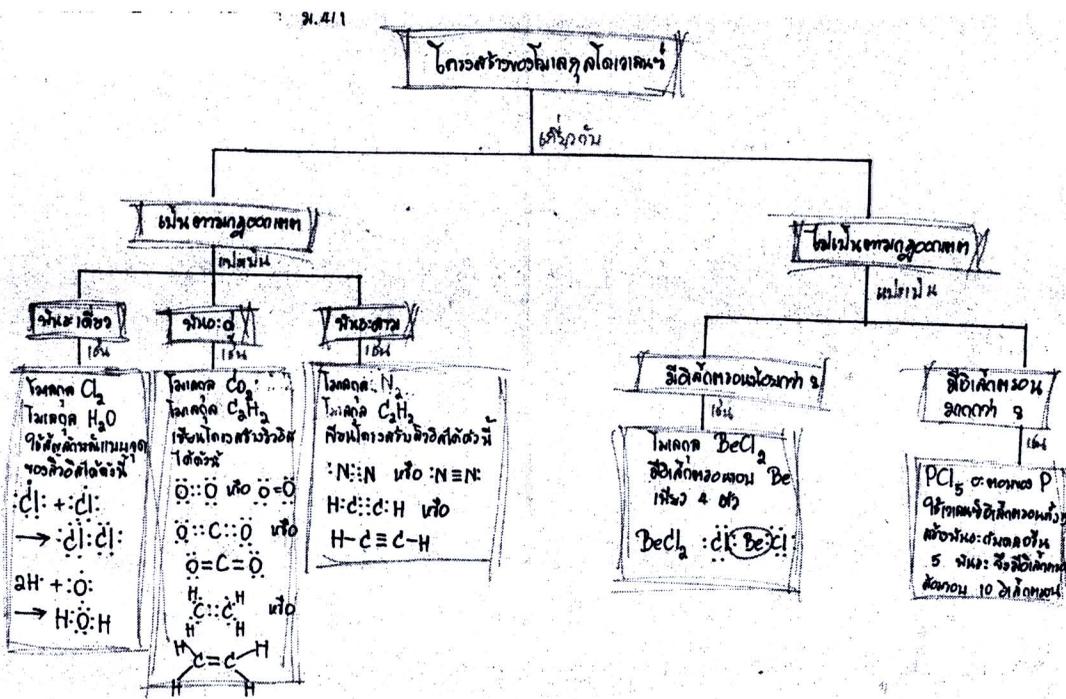
**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนทำใบงานโครงสร้างลิวอิสต่อจากนั้นครูสุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอการเขียนโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้น โดยให้นักเรียนเขียนตอบบนกระดานดำ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายและเขียนโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้นของ  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , และ  $\text{BF}_3$  ที่ครูกำหนดให้เพิ่มเติมได้และพบว่า นักเรียนตื่นเต้นกลัวว่าจะถูกสุ่ม ทำให้ทุกคนตั้งใจทำงาน สังเกตได้จากการไม่พูดคุยเสียงดังนอกประเด็นคำถาม สามารถเขียนและอธิบายถึงวิธีการเขียนโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้น และหลังจากตรวจใบงานนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้ครูได้ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติเกี่ยวกับเรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์ และครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียนโดยเปรียบเทียบกับแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้นการเขียน แผนผังมโนคติในครั้งนี้ นักเรียนสามารถเขียนผังมโนคติได้ดีมากขึ้นกว่าแผนแรกๆ สังเกตได้จากนักเรียนสรุปมโนคติของเนื้อหาได้กระชับพร้อมยกตัวอย่างได้ชัดเจน อ่านแล้วเข้าใจง่าย ตลอดจนใช้คำเชื่อมครบ และพบว่านักเรียนทุกคนตั้งใจเขียนแผนผังมโนคติ สังเกตจากมีการวางแผน ร่างแผนผังมโนคติ สรุป และลงมือเขียนแผนผังมโนคติอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน นักเรียนส่วนมากใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องที่เรียนและเพื่อความสมบูรณ์ของแผนผังมโนคติ นักเรียนสามารถส่งงานทันตามกำหนดเวลา ดังตัวอย่างในหน้า 95 และ 96

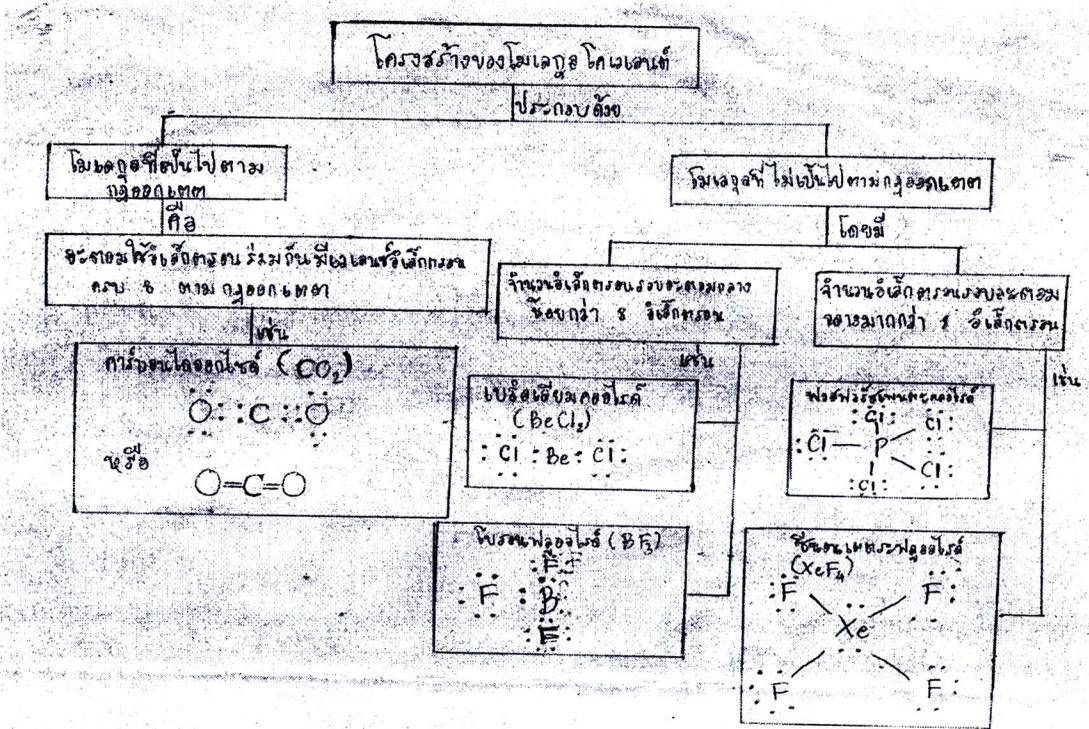
ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนติ เรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนติ เรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 3 แผนผังมโนคติ เรื่อง โครงสร้างของสารโคเวเลนต์



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ คือ ครูนำกล่องแบบจำลองโมเลกุลให้นักเรียนประกอบโครงสร้างตามสูตรตัวอย่างที่กำหนดให้ ต่อจากนั้นนักเรียนปั้นดินน้ำมันแทนจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน ตลอดจนใช้ลูกบิดแทนสัญลักษณ์ธาตุ ตามด้วยนักเรียนอภิปรายข้อมูลตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นและที่ได้จากการสืบค้นในเรื่องการเขียนโครงสร้างของสาร ตลอดจนนำเสนอการเขียนโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้นและนักเรียนเขียนแผนผังมโนคติของตนเอง ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ โครงสร้างโคเวเลนต์เขียนได้ 2 แบบคือแบบจุดและแบบเส้น เขียนเป็นจุดได้ 2 จุด หรือใช้เส้น 1 เส้น แทนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ระหว่างอะตอมทั้ง 2 เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 หรือบางครั้งน้อยกว่า 8 หรือมากกว่า 8 ก็ได้แต่อยู่ภาวะที่เสถียรซึ่งถือว่าไม่เป็นไปตามกฎออกเตต แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นดังปรากฏในตารางที่ 7 และทำให้นักเรียนมีมโนคติ สอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์

3.5 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ คือการเขียนสูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ กำหนดให้เขียนสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบเรียงตามลำดับดังนี้ B Si C P N H Se S I Br Cl O F ถ้าธาตุใดมีจำนวนอะตอมมากกว่า 1 ให้ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นไว้มุมล่างด้านขวาของสัญลักษณ์ธาตุ ส่วนการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ให้เรียกธาตุที่อยู่หน้าก่อนและตามด้วยชื่อของอีกธาตุหนึ่ง โดยเปลี่ยนท้ายเสียงเป็น - ไซด์ (-ide) พร้อมทั้งระบุจำนวนอะตอมของธาตุเป็นภาษากรีก ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ในขั้นนี้ครูตั้งสถานการณ์ โดยให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างของ คาร์บอนไดออกไซด์ และซิลิคอนเตตระคลอไรด์ บนกระดานดำและครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดว่าจะทำอะไรที่จะทำให้ลักษณะดังกล่าวง่ายต่อการจำและนำไปใช้ พบว่านักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างทั้งแบบจุดและแบบเส้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ และซิลิคอน เตตระคลอไรด์ และเปลี่ยนจากสูตรโครงสร้างเป็นสูตรโมเลกุลของสาร ได้ดังนี้คือ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{NO}_2$  และพบว่า นักเรียนกล้าแสดงออกโดยอาสาออกไปเขียนสูตรโครงสร้างบนกระดาน กล้าถามและกล้าที่จะตอบ ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “คาร์บอนไดออกไซด์ ละซิลิคอนเตตระคลอไรด์ มีโครงสร้างเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ”

นักเรียน 1 “มีโครงสร้างต่างกัน คือ คาร์บอนใน คาร์บอนไดออกไซด์ ใช้อิเล็กตรอนร่วมกับออกซิเจน โดยใช้ฝั่งละ 2 คู่ พันธะคู่ ไม่มีอิเล็กตรอนเหลือ ”

นักเรียน 2 “แต่ ซิลิคอน ในซิลิคอนเตตระคลอไรด์ ใช้อิเล็กตรอนร่วมกับคลอรีน 4 คู่ เป็นพันธะเดี่ยว ไม่มีเหลืออิเล็กตรอนโดดเดี่ยว” เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้ครูได้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือ นั่นคือการมอบหมายให้ตัวแทนของสมาชิกในกลุ่มไปรวมกลุ่มใหม่ เรียกว่า กลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert Group) กลุ่มนี้จะศึกษาเรื่องย่อยที่แบ่งไว้ ใช้เวลาตามที่กำหนด แล้วกลับมาอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มเดิมหรือกลุ่มบ้าน (Home Group) นั่นคือผู้เรียนแต่ละคนในหนึ่งกลุ่มได้รับมอบหมายงานเพียงหนึ่งชิ้นย่อย จากนั้นผลัดเปลี่ยนกันอธิบายให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มฟัง เริ่มจากหัวข้อย่อย 1 เขียนสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบเรียงตามลำดับ, หัวข้อย่อย 2 การระบุจำนวนอะตอมของธาตุ, หัวข้อย่อย 3 การเขียนสูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ และหัวข้อย่อย 4 การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ตามลำดับเพื่อให้เต็มรูป นั่นคือ ต้องเรียนรู้ทั้งเรื่อง แล้วมีการทดสอบเป็นคะแนนของแต่ละคนพบว่านักเรียนสามารถอธิบายถึงวิธีการเขียนสูตร ได้ดังนี้คือเขียนสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบ ธาตุใดมีจำนวนอะตอมมากกว่า 1 ให้ระบุจำนวนอะตอมของธาตุนั้นไว้มุมล่างด้านขวาของสัญลักษณ์ธาตุและวิธีการเรียกชื่อโดยอ่านชื่อธาตุตัวแรกก่อน ตามด้วยชื่อ

ธาตุตัวถัดมาและเปลี่ยนคำสุดท้ายเป็นไอดี (-ide) ระบุจำนวนอะตอมไว้หน้าชื่อธาตุแต่ละธาตุในกรณีธาตุที่อยู่ข้างหน้าถ้ามีอะตอมเดียวไม่ต้องระบุจำนวนอะตอมและพบว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มตั้งใจสืบค้นข้อมูล เพราะเกรงว่าจะอธิบายให้กลุ่มอื่นฟังได้ไม่เข้าใจ โดยบางกลุ่มได้รับมอบหมายให้เขียนสูตร โดยเปลี่ยนสูตร โครงสร้างเป็นสูตร โมเลกุลและบางกลุ่มให้เขียนชื่อแทนสูตร โครงสร้างนั้นๆ แต่ละกลุ่มจับคู่กันและ แบ่งกลุ่มกันศึกษาเนื้อหาการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ สมาชิกแต่ละคนมีหน้าที่รับผิดชอบในการเรียนรู้เพราะสามารถอธิบายเนื้อหาที่ตนเองได้รับผิดชอบให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มใหม่ทราบได้หลังการแลกเปลี่ยนสมาชิกกัน

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูลตามที่ได้รับคำอธิบายจากเพื่อนกลุ่มอื่นและจากเรื่องที่ตนเองรับผิดชอบในการค้นคว้าโดยครูคอยแนะนำเพิ่มเติมและครูใช้คำถามเกี่ยวกับการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ พบว่านักเรียนมีการพูดคุยและซักถามจนได้ข้อสรุปร่วมกันดังนี้คือการเขียนสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบเรียงตามลำดับดังนี้ B Si C P N H Se S I Br Cl O F ธาตุใดมีอะตอมมากกว่า 1 ให้เขียนตัวเลขบอกอะตอมไว้มุมล่างด้านขวาของธาตุนั้นและเรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อนและตามด้วยธาตุที่อยู่หลัง แล้วเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ - ด์ และบอกจำนวนอะตอมของธาตุเป็นภาษากรีก ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “การเขียนสูตร โมเลกุลของสาร โคเวเลนต์ มีหลักการอย่างไร”

นักเรียน 1 “เขียนเรียงสัญลักษณ์ของธาตุองค์ประกอบให้ถูกต้องก่อนครับ”

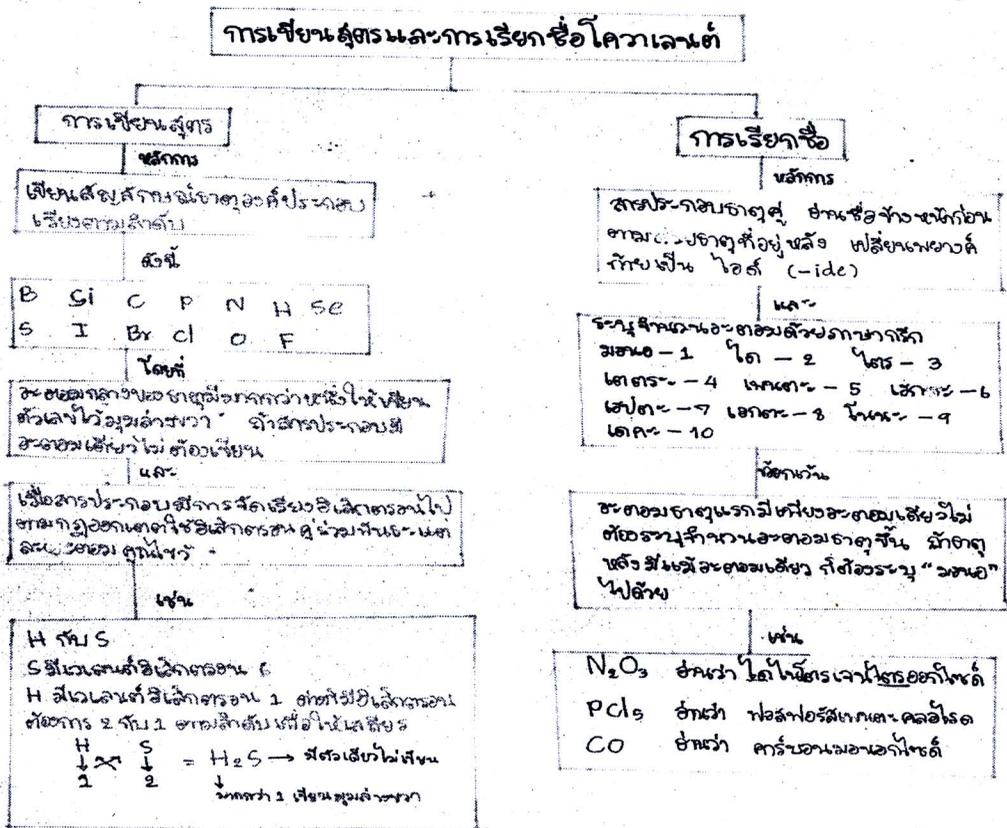
นักเรียน 2 “ถ้าธาตุใดมีอะตอมมากกว่า 1 ต้องบอกจำนวนอะตอมของธาตุไว้มุมล่างด้านขวาของธาตุด้วยค่ะ” เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนเล่นเกมเรียงคำ เกี่ยวกับเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ ตามวิธีการเล่นในบัตรกิจกรรมโดยมีจุดประสงค์เพื่อเสริมสร้าง ความเข้าใจ การนำมาใช้ และเกิดการเรียนรู้จากการเล่น ตลอดจนช่วยฝึกการตัดสินใจและการแก้ปัญหาของสมาชิกในกลุ่ม ต่อจากนั้นให้นักเรียนทำใบงานการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์เพิ่มเติม พบว่าจากการเล่นเกมเรียงคำนักเรียนสามารถเรียงคำเป็นชื่อสารโคเวเลนต์และเขียนสูตรสารโคเวเลนต์ได้ ดังตัวอย่างหน้า 103 และจากการตรวจใบงานเพิ่มเติมพบว่านักเรียนสามารถทำได้ถูกต้อง และพบว่า นักเรียนตั้งใจที่ได้เล่นเกมถ้าเรียงคำได้จำนวนมากที่สุดและถูกต้องในเวลาที่กำหนดจะได้ชนะที่ 1 และได้คะแนนเต็ม ดังนั้นในขั้นนี้นักเรียนจึงตั้งใจทำโดยแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ ไม่มีการพูดคุยระหว่างกลุ่ม แต่ภายในกลุ่มเดียวกันพูดคุยและปรึกษาหารือกันดี ไม่ส่งเสียงดังเพราะกลัวเพื่อนกลุ่มอื่นได้ยิน

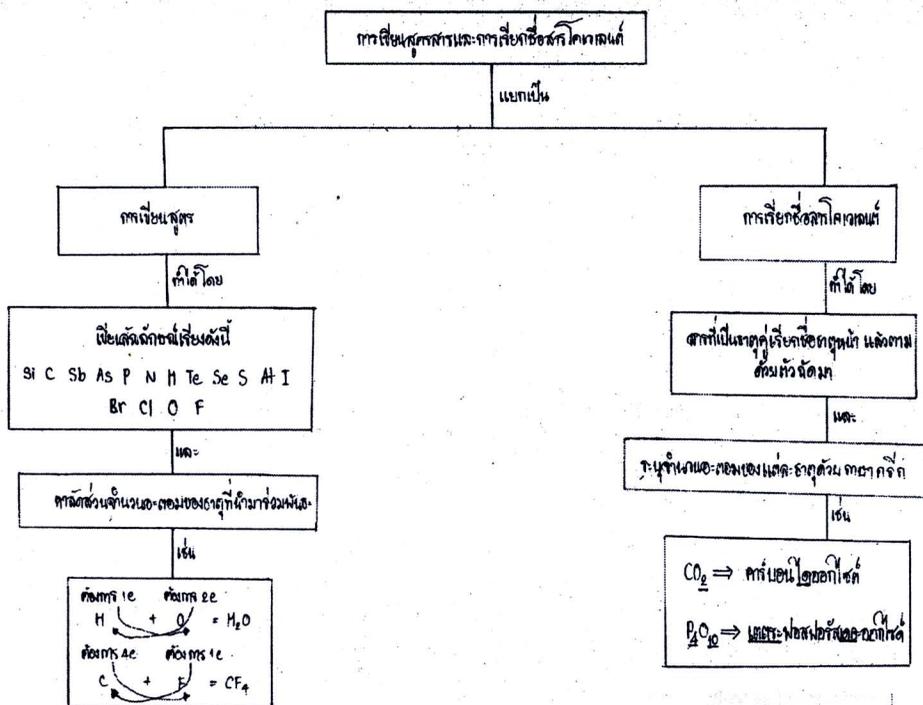


**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับเรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์และครุตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนตั้งใจเขียนแผนผังมโนคติ สังกะตจากมีการวางแผน ร่าง สรุป และลงมือเขียนแผนผังมโนคติอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน นักเรียนส่วนมากใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องที่เรียน นักเรียนสามารถเขียนแผนผังมโนคติได้ และส่วนมากสามารถหาคำเชื่อมเติมได้ครบทุกจุด แต่บางคนคำเชื่อมไม่ครบ เพราะรีบกลัวเวลาหมดอาจเนื่องมาจากการเล่นเกมเรียงคำสั่งช้ากว่าเวลาที่กำหนด ทำให้เริ่มเขียนแผนผังมโนคติช้าตามไปด้วย

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนคติ เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ คือ ครูตั้งสถานการณ์ให้นักเรียนเขียนรูปสูตรโครงสร้างตามที่กำหนดให้ แล้วให้นักเรียนคิดหาวิธีการที่ท่าอย่างไรที่จะทำให้ลักษณะดังกล่าวง่ายต่อการจำหรือนำไปใช้ ต่อจากนั้นแบ่งกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยสมาชิกแต่ละคนมีส่วนรับผิดชอบในการเรียนรู้ ต่อจากนั้นนักเรียนเล่นเกมเรียงคำเกี่ยวกับเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ และนักเรียนเขียนแผนผังมโนคติของตนเอง ดังนั้นเมื่อจบตามลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ คือ การเขียนสูตรให้เขียนสัญลักษณ์ของธาตุเรียงตามลำดับเช่น Si C P N ธาตุใดมีอะตอมมากกว่า 1 ให้บอกจำนวนอะตอมไว้มุมล่างด้านขวา เช่น CO<sub>2</sub> ให้เรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อนแล้วตามด้วยธาตุที่อยู่ถัดมา โดยเปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ได์ (ide) พร้อมทั้งระบุจำนวนอะตอมของแต่ละธาตุด้วยภาษากรีก ในกรณีธาตุแรกมีอะตอมเดียวไม่ต้องระบุ แต่ธาตุหลังก็ระบุตามเดิม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ทำให้นักเรียนมีมโนคติในเรื่องการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์สอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.6 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนติครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสาร โคเวเลนต์ คือ ระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอมแต่ละคู่ที่เกิดพันธะต่อกันเรียกว่าความยาวพันธะส่วนพลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมในสถานะแก๊สเรียกว่า พลังงานพันธะโดยความยาวพันธะจะแปรผกผันกับพลังงานพันธะ นั่นคือเมื่อความยาวพันธะสั้นพลังงานพันธะจะมาก ลำดับขั้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ(Engagement)** ในขั้นนี้ครูกำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ ดังนี้ นักเรียนจับคู่เพื่อนและยืนขึ้นแล้วจับมือกัน โดยเริ่มที่มีมือ 1 ข้าง และเพิ่มเป็นสองข้างและ ครูให้ไม้ไผ่ที่มีความยาว 5 และ 10 เซนติเมตร อย่างละ 6 ไม้ แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยเริ่มหักไม้จำนวน 1 ไม้ แล้วเพิ่มเป็น 2 ไม้ และ 3 ไม้เพื่อเปรียบเทียบกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะต่อไป พบว่า นักเรียนทำทางง สงสัยว่าครูเอาไม้มาทำไม ครูต้องอธิบายและให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองและ เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จนักเรียนสามารถบอกได้ว่าไม้จำนวน 1 ไม้หักได้ง่ายกว่าจำนวน 2 และ 3 ไม้ และไม้ที่มีความยาวมากจะหักได้ง่ายกว่าไม้ที่มีความยาวสั้น ตัวอย่างคำถามและคำตอบ

นักเรียน 1 “อาจารย์เอาไม้เสียบลูกขึ้นมาทำไมคะ”

นักเรียน 2 “เดี๋ยวอาจารย์ก็อธิบาย”

ครู “นักเรียนคิดว่าจำนวนและความสั้น- ยาวของไม้มีผลต่อการออกแรงหักหรือไม่อย่างไร”

นักเรียน 3 “อาจารย์รับมันหักยากต่างกันครับ”

ครู “และจะนำสถานการณ์ 2 ทั้งสถานการณ์นี้ไปอธิบายถึงความยาวพันธะและ พลังงานพันธะที่เกิดขึ้นในอะตอมจะได้เช่นเดียวกันหรือไม่ อย่างไร” เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียนคู่อือ วิดีทัศน์ เรื่องความยาวพันธะ พลังงานพันธะ และสืบค้นข้อมูลทำความเข้าใจกับข้อมูลจากหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยครูใช้คำถามเพื่อช่วยในการค้นคว้า นักเรียนสามารถบอกได้ว่าพันธะเดี่ยวจะมีความยาวพันธะมากกว่าพันธะคู่และพันธะคู่จะมีความยาวพันธะมากกว่าพันธะสาม และพันธะสามจะมีพลังงานมากกว่าพันธะคู่ และพันธะคู่จะมีพลังงานมากกว่าพันธะเดี่ยวและพบว่านักเรียนคู่อือด้วยความตั้งใจ เกรงว่าจะฟังไม่ทันและตอบคำถามไม่ได้ หลังจากคู่อือจบพบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามที่ให้ไว้ก่อนการค้นคว้าได้ทุกข้อเช่นถามว่าพลังงานพันธะสัมพันธ์กับความยาวพันธะหรือไม่อย่างไร นักเรียนสามารถตอบได้ว่า สัมพันธ์กัน คือความยาวพันธะจะแปรผกผันกับค่าพลังงานพันธะ เป็นต้น

**ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูล โดยครูถามนำเพื่อการอภิปรายเกี่ยวกับความยาวพันธะ พลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ และได้เชื่อมโยงไปถึงการหักไม้จำนวน 1 ไม้ แล้วเพิ่มเป็น 2 ไม้ และ 3 ไม้เพื่อเปรียบเทียบกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะในขั้นสำรวจและค้นหา โดยครูใช้คำถามดังตัวอย่าง

ครู “ขอให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์การหักไม้จำนวนมากๆ ทำไมจึงหักได้ยากและความยาวของไม้มีส่วนหรือไม่อย่างไร”

นักเรียน 1 “มีส่วน เพราะไม้เยอะ มีขนาดสั้นจึงทำให้เราหักไม้ได้ยากขึ้น ยิ่งสั้นยิ่งมากก็จะยิ่งหักยาก”

นักเรียน 2 “มี คือ ถ้าไม้มีความยาวมากจะใช้พลังงานน้อยและหักไม้ได้ง่ายกว่าไม้ที่มีขนาดสั้นและจำนวนมากกว่า”

ครู “นักเรียนจะเปรียบเทียบกิจกรรมนี้กับความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์ได้อย่างไร”

นักเรียน 3 “ความยาวของไม้ก็เปรียบเหมือนความยาวพันธะถ้าความยาวพันธะมากพลังงานที่ใช้แยกก็จะน้อยไม้ก็จะหักได้ง่าย แต่ถ้าความยาวพันธะน้อยพลังงานที่ใช้แยกก็จะมากไม้ก็จะหักได้ยาก”

นักเรียน 4 “ความยาวพันธะ คือ ถ้าไม้อาวก็จะหักได้ง่าย พลังงานพันธะ คือ เพิ่มจำนวนไม้จะใช้พลังงานมากขึ้น

และพบว่า นักเรียนมีความมั่นใจ กล้าแสดงออกและกล้าแสดงความคิดเห็น เช่นร่วมกันอภิปรายในข้อคำถามที่ถามว่า ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรได้ ข้อสรุปร่วมกันก็คือ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะแตกต่างกัน ความยาวพันธะคือระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอมแต่ละคู่ที่เกิดพันธะต่อกัน ส่วนพลังงานพันธะคือพลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมในสถานะก๊าซ ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

นักเรียน 1 “ต่างกันค่ะ ความยาวคือระยะห่างระหว่างนิวเคลียสของธาตุที่สร้างพันธะต่อกัน”

นักเรียน 2 “แตกต่างกันคือถ้าพันธะเดี่ยว>พันธะคู่>พันธะสาม จะเป็นความยาวพันธะ”

นักเรียน 3 “ต่างกันครับ พลังงานคือค่าพลังงานที่ใช้แยกอะตอมของธาตุ”

นักเรียน 4 “ต่างกันค่ะ พลังงานพันธะคือพันธะเดี่ยว<พันธะคู่<พันธะสาม” เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนทำใบงานเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะ พบว่านักเรียนสามารถคำนวณหาค่าพลังงานจากสมการ เพื่อหาว่าปฏิกิริยานั้นเป็นปฏิกิริยาคูดหรือคายพลังงาน และบอกได้ว่าปฏิกิริยาคูดพลังงานจะมีค่าพลังงานบวก ปฏิกิริยาคายพลังงานจะมีค่าเป็นค่าลบ และนักเรียนตั้งใจทำใบงาน มีการพูดคุยซักถามถึงวิธีการคำนวณระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ในแผนนี้นักเรียนขออนุญาตเขียนแผนผังมโนคติเรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะ ของสาร โคเวเลนต์เป็นการบ้านเพราะเวลานี้น้อยเกินไป ไม่เพียงพอแล้วว่าแผนผังที่ได้จะไม่ดีเท่าที่ควร ครูใช้คำถามเพิ่มเติม ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “ถ้ากำหนดความยาวพันธะระหว่างอะตอม C เป็น 154, 120 และ 134 พิโกเมตร ตามลำดับ ชนิดของพันธะเป็นอย่างไรและเปรียบเทียบพลังงานพันธะได้อย่างไร”

นักเรียน 1 “มีค่าตัวเลขต่างกัน 3 ค่าแสดงว่าต้องมีชนิดของพันธะ 3 ชนิดค่ะ”

ครู “แล้วอย่างไรต่อไป”

นักเรียน 2 “ค่าความยาวที่มีค่าน้อยสุดคือ 120 จะต้องเป็นพันธะสามเพราะจากที่เรียนมาพันธะสามจะมีความยาวน้อยสุด ที่เหลือ 134 ก็จะเป็นพันธะคู่ และ 154 ก็จะเป็นพันธะเดี่ยวค่ะ”

ครู “แล้วจะเปรียบเทียบพลังงานพันธะได้อย่างไร”

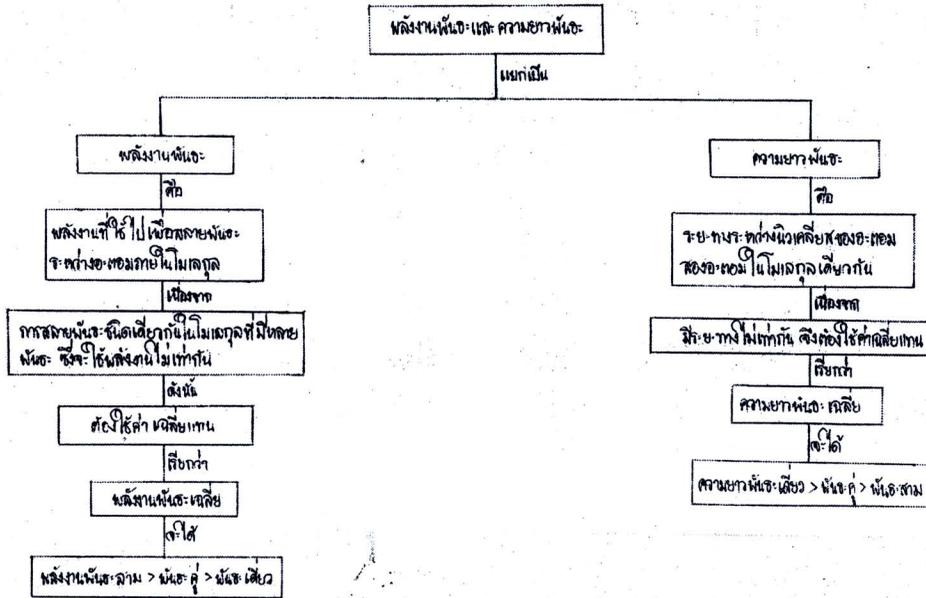
นักเรียน 1 “เมื่อเราทราบชนิดของพันธะแล้วเราก็จะเปรียบเทียบพลังงานพันธะได้เพราะมันตรงข้ามกันค่ะ”

นักเรียน 2 “คือถ้าความยาวพันธะมากพลังงานพันธะจะน้อย และถ้าความยาวพันธะน้อยพลังงานพันธะจะมากค่ะ”

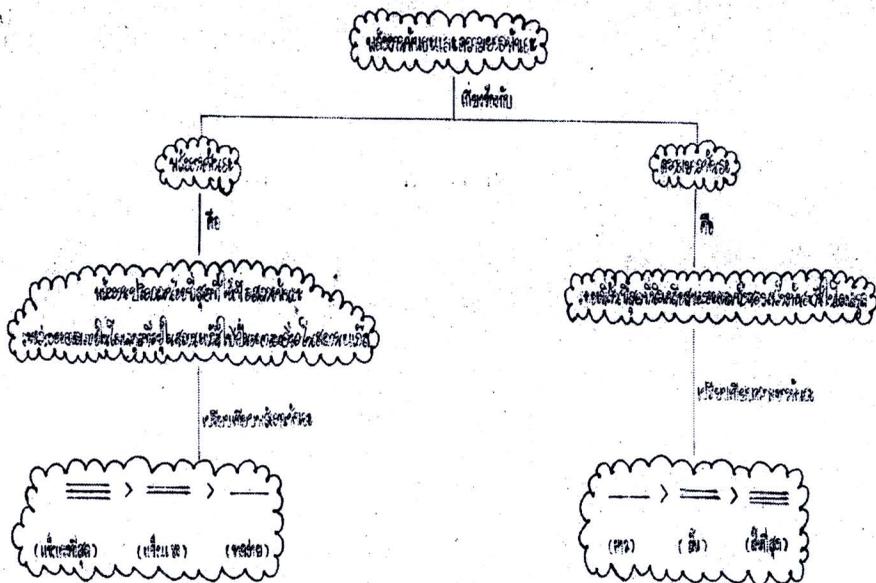
นักเรียน 3 “หรือความยาวพันธะจะแปรผกผันกับพลังงานพันธะ” เป็นต้น

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับเรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสาร โคเวเลนต์ ครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น หลังจากตรวจแผนผังมโนคติแล้วพบว่าส่วนประกอบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหา คำเชื่อม และตัวอย่างในแผนผังมโนติกระชับชัดเจนและสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ เช่น

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนคติ เรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์

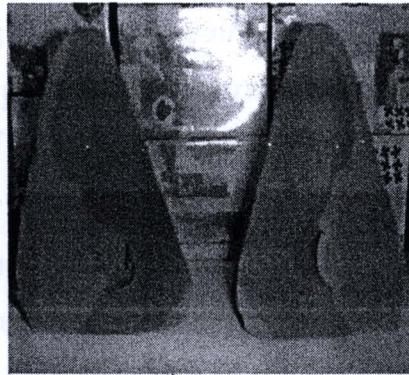


สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ คือ ครูให้นักเรียนเล่นบทบาทสมมติเรื่องความยาวพันธะ โดยจับคู่เพื่อนและยืนขึ้นจับมือกัน โดยเริ่มที่มือ 1 ข้าง แล้วเพิ่มเป็นสองข้าง และให้ไม้ไผ่ที่มีความยาวต่างกันแล้วให้นักเรียนเริ่มหักไม้โดยเริ่มที่จำนวน 1 , 2 และ 3 ไม้ตามลำดับเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะต่อไป จากนั้นนักเรียนคู่อือ วิดีทัศน์ เรื่องความยาวพันธะ พลังงานพันธะ ตลอดจนนักเรียนทำใบงานและนักเรียนเขียนแผนผังโนมติกของตนเอง เมื่อจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีโนมติสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้คือ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะจะแตกต่างกัน ความยาวพันธะคือระยะห่างระหว่างนิวเคลียสของธาตุ 2 อะตอม สร้างพันธะต่อกันส่วนพลังงานพันธะคือค่าพลังงานที่ใช้แยกอะตอมในสถานะแก๊สที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะ และความยาวพันธะจะสัมพันธ์กับพลังงานพันธะคือถ้าความยาวพันธะมากพลังงานพันธะจะน้อยแต่ถ้าความยาวพันธะน้อยพลังงานพันธะจะมาก แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นทำให้นักเรียนมีมโนมติในเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสาร โคเวเลนต์ สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.7 มโนมติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนมติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เป็นการจัดเรียงอะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลที่มีตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอน จึงทำให้รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ของสารแตกต่างกัน รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะหรือจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างสมมาตรประกอบด้วยรูปร่างโมเลกุลที่เป็นเส้นตรง ( $\text{BeCl}_2$ ) สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดฐานสามเหลี่ยมทรงแปดหน้า และรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีรูปร่างไม่สมมาตร เช่น มุมงอ พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในขั้นนี้ครูกำหนดสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนทบทวนและเปรียบเทียบระหว่างสเปสที่เกิดขึ้นกับรูปทรงเรขาคณิต เพื่อใช้เปรียบเทียบมิติสัมพันธ์เกี่ยวกับสเปสของรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์กับรูปทรงเรขาคณิต พบว่านักเรียนเมื่อทำกิจกรรมตามสถานการณ์แล้วนักเรียนตอบได้ว่าการหมุนแผ่นสามเหลี่ยมนั้นสเปสที่เกิดขึ้นจะได้รูปกรวยและเมื่อตัดคินน้ำมันในแนวตั้งฉากกับปากกรวยนั้นจะได้พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมดังตัวอย่าง



และพบว่านักเรียนบางคนทำหน้าง สงสัย เมื่อได้ยินคำว่าสเปส ดังนั้นครูต้องทบทวนคำว่า สเปสก่อนแล้วค่อยทำกิจกรรมตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้ ตัวอย่างคำถามและคำตอบ

ครู “ถ้าปั้นดินน้ำมันเป็นรูปกรวย แล้วตัดดินน้ำมันในแนวตั้งฉากกับปาก กรวยนักเรียนคิดว่าจะได้ผลอย่างไร”

นักเรียน 1 “จะได้ดินน้ำมันแบ่งเป็น 2 ก้อนค่ะ”

นักเรียน 2 “จะได้พื้นที่หน้าตัดจะเป็นรูปสามเหลี่ยมค่ะ”

ครู “แล้วถ้าตัดรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วจำนวน 1 แผ่น ตัดกับแกนไม้ไผ่แล้ว หมุนแผ่นสามเหลี่ยมจะได้รูป 3 มิติเป็นรูปอะไร”

นักเรียน 1 “รูป 3 เหลี่ยมเหมือนเดิมครับ”

นักเรียน 2 “เป็นรูปกรวยค่ะ” เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียนศึกษารูปร่างโมเลกุล โดยการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การจัดตัวของลูกโป่งกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ก่อนการทดลองครู อธิบายให้นักเรียนทราบว่าลูกโป่ง 1 ลูกแทน แทนด้วยอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ 1 คู่ พบว่านักเรียน สามารถปฏิบัติการทดลองตามวิธีการ โดยลำดับ คือ เมื่อนักเรียนพันลูกโป่งให้ติดกันโดยเริ่มที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 ลูก ประกอบกับให้นักเรียนเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างที่ได้ของลูกโป่งกับรูปทรง เรขาคณิตว่าเป็นรูปทรงใด นักเรียนสามารถบันทึกผลการปฏิบัติการทดลองได้รูปร่างเป็น เส้นตรง สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยมและทรงแปดหน้า แต่นักเรียนบางคนดูการ จัดตัวของลูกโป่งแล้วนำมาเปรียบเทียบกับรูปทรงเรขาคณิตยังไม่ถูกต้องครูต้องคอยให้คำแนะนำ ดังตัวอย่างในบทสนทนา “อาจารย์ค่ะเมื่อผูกลูกโป่ง 4 ลูก ดูไม่ออกค่ะว่าเป็นรูปร่างอะไร” พบว่า นักเรียนร่าเริงสดใส เมื่อมองเห็นลูกโป่งที่ครูเตรียมไว้ให้แต่ละกลุ่มและพูดองสีของลูกโป่งกัน เมื่อเป่าลูกโป่งก็มีความสุขสนุกสนาน ครูแนะนำให้เบาเสียงลงเพราะจะเป็นการรบกวนห้องเรียน ข้างเคียงและสมาชิกแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการทำงานกันทุกกลุ่ม

**ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนในแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการปฏิบัติการทดลองรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ได้และจากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนสามารถสรุปได้ดังนี้ หลังผูกลูกโป่ง 2 3 4 5 และ 6 ลูก ตามลำดับ พบว่าจะได้รูปร่างเป็นเส้นตรง สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดฐานสามเหลี่ยมและทรงแปดหน้าตามลำดับเช่นกัน และพบว่านักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น โดยละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ และข้อเสนอแนะหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของกลุ่มอื่นเพื่อที่จะนำไปปรับปรุงต่อไป ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “เมื่อพันข้าวลูกโป่งเข้าด้วยกัน จำนวน 2,3,4,5 และ 6 ลูก รูปร่างเรขาคณิตของลูกโป่งจะเป็นอย่างไร”

นักเรียน 1 “ถ้าต่อ 2 ลูก จะเป็นเส้นตรง”

นักเรียน 2 “แล้วถ้าต่อ 3 ลูกเป็นสามเหลี่ยม เห็นเป็นรูปสามเหลี่ยมชัดเจนค่ะ”

ปัญหาที่มีเช่น

นักเรียน 3 “อาจารย์คะเมื่อผูกลูกโป่ง 4 ลูก คุณไม่ออกคะว่าเป็นรูปร่างอะไร” เป็นต้น

จากคำตอบของนักเรียน 3 แสดงว่านักเรียนยังสับสนและบอกรูปร่างยังไม่ได้จากการสอบถามเพิ่มเติมพบว่านักเรียนยังยึดติดกับ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจัตุรัส นักเรียนบอกไม่ได้ว่าเป็นรูปทรงสี่หน้า ครูแนะนำเพิ่มเติมโดยให้สังเกตเป็นรูปทรงเหลี่ยมแต่ละด้านก่อน (สามเหลี่ยม)และนับจำนวนทั้งหมดว่ามีกี่ด้านหรือกี่หน้า นักเรียนตอบได้ว่ามี 4 ด้านหรือ 4 หน้า

**ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนเล่นเกมจับคู่ เกี่ยวกับเรื่อง รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ ตามวิธีการในบัตรกิจกรรม ดังตัวอย่าง หน้า 113-116 และนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงการนำความรู้ที่ได้ไปใช้เพื่ออธิบายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่านักเรียนสามารถเขียนและอธิบายการจัดรูปร่างโมเลกุลได้ว่าเมื่อเกิดเป็นเส้นตรง มุมระหว่างพันธะจะเป็น  $180^\circ$  สามเหลี่ยมแบนราบ มุมระหว่างพันธะเป็น  $120^\circ$  ทรงสี่หน้า มุมระหว่างพันธะเป็น  $109.5^\circ$  พีระมิดฐานสามเหลี่ยม มุมระหว่างพันธะเป็น  $90^\circ$  และ  $120^\circ$  ทรงแปดหน้า มุมระหว่างพันธะเป็น  $90^\circ$  และพบว่า นักเรียนตื่นเต้นและมีความสุขที่จะได้เล่นเกม นักเรียนบอกว่าจะได้ไม่ว่าง และนักเรียนทุกคนตั้งใจทำไปงาน



ตัวอย่างแผ่นบัตรคำที่ต้องตัดใส่ซองหรือใส่กล่อง

$\text{PBr}_3$	ฟอสฟอรัสไตรโบรไมด์	พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
$\text{BeH}_2$	แบริลเรียมไดไฮไดรด์	เส้นตรง
$\text{SiH}_4$	ซิลิคอนเตตระไฮไดรด์	ทรงสี่หน้า
$\text{H}_2\text{Se}$	ไดไฮโดรเจนมอนอซีลีไนด์	มุมงอ
$\text{TeF}_6$	เทลลูเรียมเฮกซะฟลูออไรด์	ทรงแปดหน้า
$\text{BrCl}$	โบรมีนคลอไรด์	เส้นตรง
$\text{BCl}_3$	โบรอนไตรคลอไรด์	สามเหลี่ยมแบนราบ
$\text{AsCl}_3$	อาร์เซนิกไตรคลอไรด์	พีระมิดฐาน สามเหลี่ยม
$\text{GeH}_4$	เจอร์เมเนียมเตตระไฮไดรด์	ทรงสี่หน้า

กิจกรรม เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

### บัตรกิจกรรม เกมจับคู่

กิจกรรม เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์

### วัสดุอุปกรณ์

ที่	รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1	บัตรกิจกรรม	1 แผ่น
2	แผ่นกระดาษคำตอบ	1 แผ่น
3	รูปร่างโคเวเลนต์	1 ซอง
4	สูตรเคมีของสารโคเวเลนต์	1 ซอง
5	ชื่อสารโคเวเลนต์	1 ซอง
6	แนวคำตอบ	1 แผ่น

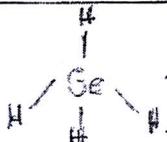
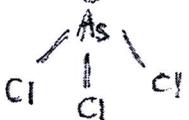
### วิธีเล่น

1. ให้สมาชิกในกลุ่มเลือกตัวแทน 1 คนเพื่อเป็นกรรมการตรวจความถูกต้องของการจับคู่
2. สมาชิกที่เหลือในกลุ่มช่วยกันจับคู่ระหว่างบัตรคำ ที่กำหนดให้ จากวัสดุอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ จากนั้นวาดรูปประกอบ และบันทึกผลการจับคู่ที่ได้ลงในแผ่นกระดาษคำตอบ
  - 2.1 รูปร่างโคเวเลนต์
  - 2.2 สูตรเคมีของสารโคเวเลนต์
  - 2.3 ชื่อสารโคเวเลนต์
3. ครูกำหนดเวลาให้กลุ่มละ เวลา 10 นาที
5. เมื่อครบกำหนดเวลาคครูมอบแนวคำตอบให้กรรมการในแต่ละกลุ่มตรวจตามแนวคำตอบ และแจ้งคะแนนให้กลุ่มสมาชิกกลุ่มอื่นๆทราบด้วย
6. กลุ่มที่จับคู่ได้ถูกต้องมากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ชนะ



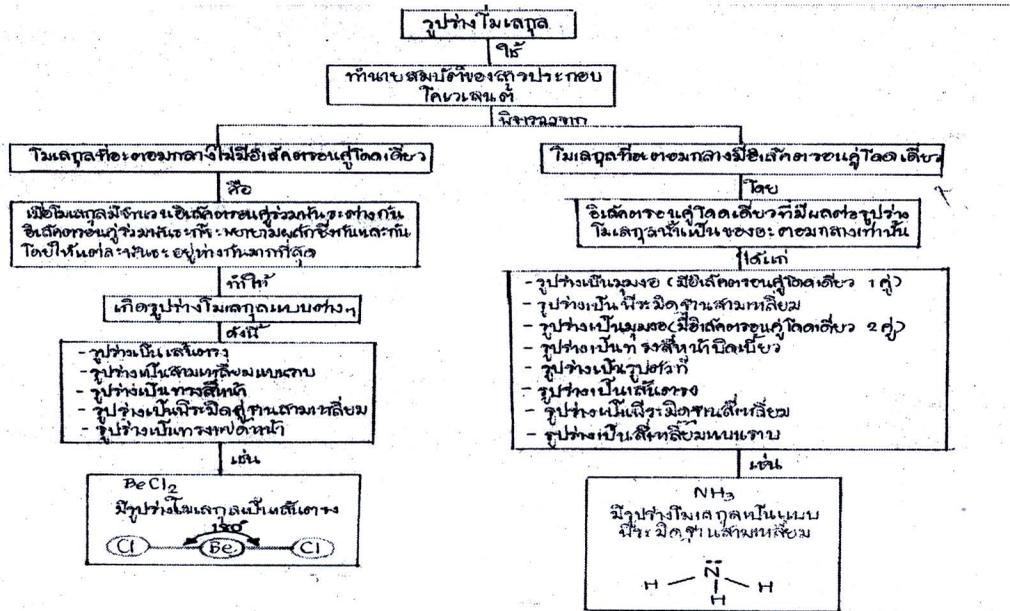
## ตัวอย่างแผ่นคำตอบเกมจับคู่

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่จับคู่ได้เชิงกิจกรรม พร้อมวาดรูปประกอบ

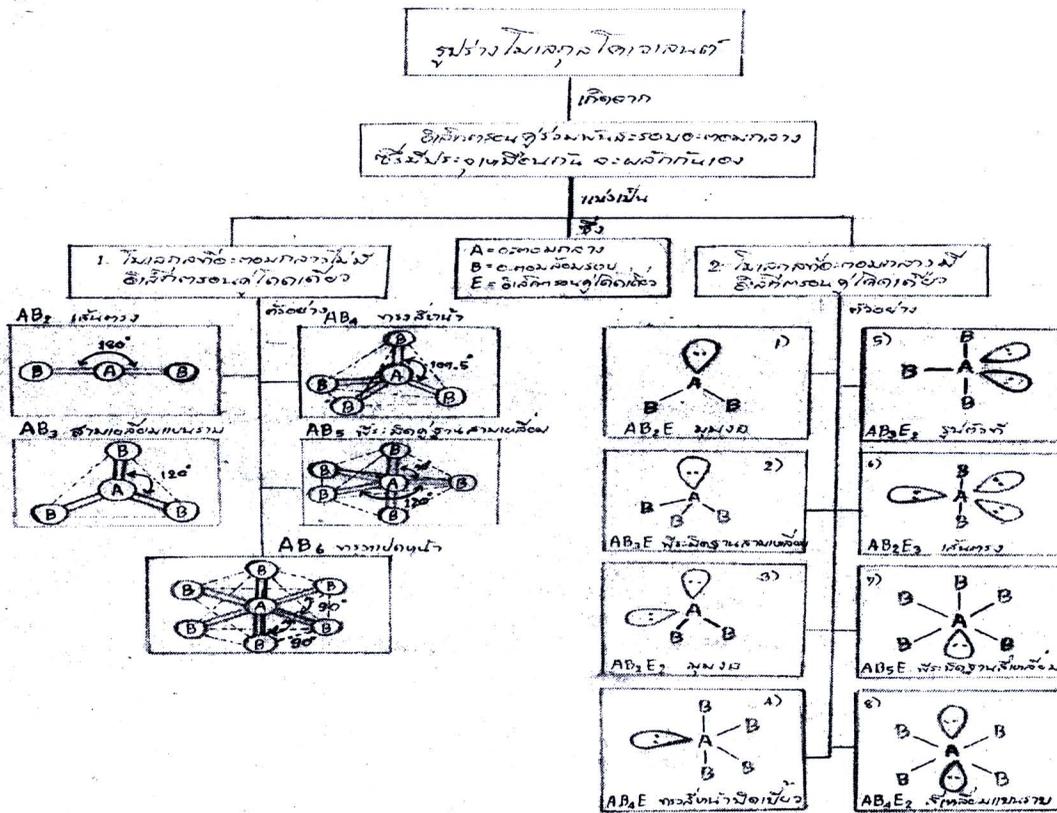
สูตร	การเรียกชื่อ	รูปร่าง	รูปวาดประกอบ
1 $CO_2$	คาร์บอนไดออกไซด์	เส้นตรง	$O = C = O$
2 $SF_6$	ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	ทรงแปดหน้า	
3 $CS_2$	คาร์บอนไดซัลไฟด์	เส้นตรง	$S = C = S$
4 $OF_2$	ไดฟลูออโรออกซิเจนไดออกไซด์	มุมงอ	
5 $GeH_4$	เจอร์เมเนียมเตตระไฮไดรด์	ทรงสี่หน้า	
6 $AsCl_3$	อาร์ซีนิกไตรคลอไรด์	ห้าเหลี่ยม สามเหลี่ยม	

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังโมเลกุล เกี่ยวกับเรื่อง รูปร่าง โมเลกุล โคเวเลนต์ และเมื่อครูตรวจแผนผังโมเลกุลของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับแผนผังโมเลกุลที่ครูสร้างขึ้น ขั้นนี้พบว่านักเรียนทุกคนตั้งใจเขียนแผนผังโมเลกุล และลงมือเขียนแผนผังโมเลกุลอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน นักเรียนส่วนมากยังคงใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบเนื้อหาเพิ่มเติมในเรื่องที่เรียนและความสมบูรณ์ของแผนผังโมเลกุล นักเรียนส่งงานทันตามกำหนดเวลา ตัวอย่างแผนผังโมเลกุล เช่น

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนคติ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ คือ ครูกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนเปรียบเทียบระหว่างสเปสที่เกิดขึ้นกับรูปทรงเรขาคณิต เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์กับรูปทรงเรขาคณิตต่อไปเช่น ตักรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วจำนวน 1 แผ่น ติดกับแกนไม้ไผ่แล้วหมุนแผ่นสามเหลี่ยมนั้นมิติหรือสเปสที่เกิดขึ้นคืออะไร จากนั้นนักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการจัดตัวของลูกโป่งกับรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และนักเรียนเล่นเกมจับคู่เกี่ยวกับรูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์ ตามวิธีการในบัตรกิจกรรมตลอดจนนักเรียนเขียนแผนผังมโนคติของตนเอง เมื่อเสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะหรือจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลาง แบ่งเป็น โมเลกุลที่อะตอมกลางไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว คือรูปร่างที่เป็นเส้นตรง สามเหลี่ยมแบนราบ ทรงสี่หน้า พีระมิดฐานสามเหลี่ยมและทรงแปดหน้า และโมเลกุลที่อะตอมกลางมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว คือมุมงอทรงสี่หน้าบิดเบี้ยว พีระมิดฐานสามเหลี่ยม รูปตัวที เส้นตรง ( $\text{XeF}_2$ ) พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมและสี่เหลี่ยมแบนราบ แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น ทำให้นักเรียนมีมโนคติ สอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.8 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันเป็นพันธะไม่มีขั้ว ถ้าเกิดจากอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่างกันเป็นพันธะมีขั้ว สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีของสารในโมเลกุลและรูปร่างโมเลกุล ถ้ารูปร่างโมเลกุลไม่สมมาตรทำให้อำนาจขั้วไฟฟ้าหักล้างกันไม่หมดจะเป็น โมเลกุลมีขั้ว ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ในขั้นนี้ครูกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนทำกิจกรรมดังนี้คือนำน้ำมันพืชหยดลงไปใต้น้ำ และนำแอมโมเนียหยดลงไปใต้น้ำ ครูกระตุ้นโดยใช้คำถามนักเรียน “ขอให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นจากเหตุการณ์แล้วให้นักเรียนสังเกต เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” ในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเมื่อน้ำมันพืชหยดลงไปใต้น้ำแล้วเขย่า ตั้งทิ้งไว้สักครู่ น้ำมันพืชจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ และบางส่วนจะลอยอยู่บนผิวน้ำ ส่วนเมื่อนำแอมโมเนียหยดลงไปใต้น้ำ แล้วเขย่า ตั้งทิ้งไว้สักครู่แอมโมเนียจะละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำและพบว่าตุ่นตุ่นและคิใจที่จะได้ทำกิจกรรม และนักเรียนบางคนทำหน้าที่สงสัยว่าเป็นเพราะอะไร

## ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “เมื่อนำน้ำมันพืชและแอมโมเนีย หยดลงไปลงในน้ำ นักเรียนคิดว่าสารเหล่านั้นจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด”

นักเรียน 1 “น้ำมันพืชจะไม่ละลายน้ำค่ะเพราะน้ำมันจะไม่ละลายน้ำ”

นักเรียน 2 “ส่วนแอมโมเนียผมไม่แน่ใจครับ”

นักเรียน 3 “หนูว่าแอมโมเนียละลายน้ำค่ะ เพราะหนูเคยเอาแอมโมเนียเทใส่่น้ำ”

เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องสภาพขั้วกับการละลายของสารประกอบโคเวเลนต์ โดยนักเรียนศึกษาวิธีการทดลองจากใบกิจกรรมและวิธีการบันทึกลงในใบบันทึกกิจกรรม แล้วลงมือทำปฏิบัติการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนพบว่าสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้คือ เมทานอล ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) และไตรคลอโรมีเทน ( $\text{CHCl}_3$ ) ส่วนเฮกเซน ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) จะไม่ละลายน้ำและพบว่านักเรียนมีความร่าเริง มุ่งมั่นและตั้งใจทำปฏิบัติการทดลอง

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน เพื่อนำเสนอผลการทดลองที่ได้และร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าสารประกอบที่ละลายน้ำได้คือเมทานอล และไตรคลอโรมีเทน ส่วนที่ไม่ละลายน้ำคือ เฮกเซน แสดงว่าเมทานอล และ ไตรคลอโรมีเทนเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว เช่นเดียวกับน้ำ เพราะโมเลกุลที่มีขั้วจะละลายในโมเลกุลมีขั้วด้วยกันส่วนโมเลกุลที่ไม่มีขั้วก็จะละลายในโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ส่วนเฮกเซนไม่ละลายน้ำแสดงว่าเฮกเซนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วและพบว่านักเรียนกล้าแสดงออกในการร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “สิ่งใดมีผลต่อสภาพมีขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์”

นักเรียน 1 “ความแตกของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีและรูปร่างค่ะ”

นักเรียน 2 “รูปร่างที่สมมาตร โมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วครับ ”

ครู “พันธะมีขั้วหรือไม่มีขั้วเกิดจากอะไร”

นักเรียน 3 “อะตอมคู่ร่วมพันธะที่มี EN กันจะเป็นพันธะไม่มีขั้วค่ะ ”

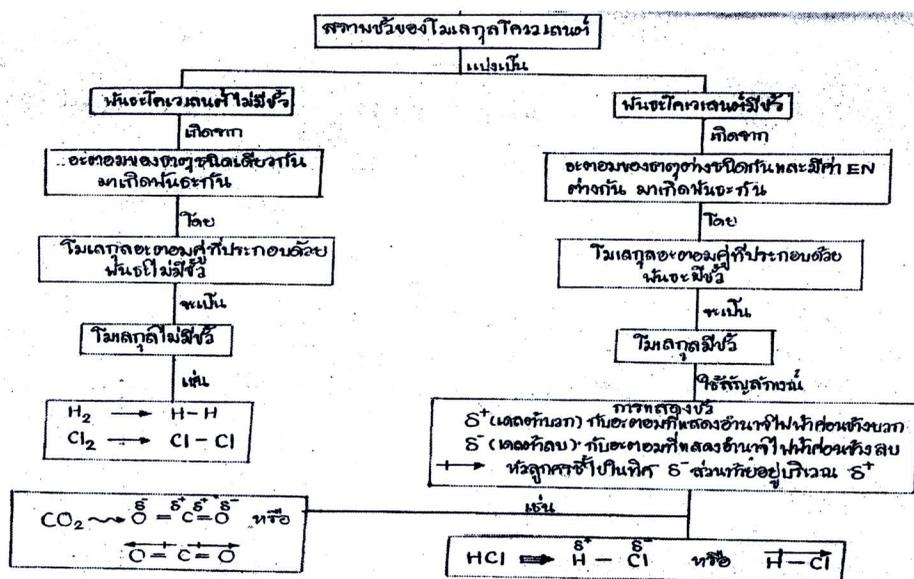
นักเรียน 4 “อะตอมคู่ร่วมพันธะที่มี EN ต่างกันจะเป็นพันธะมีขั้วค่ะ ” เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้ครูได้สาธิตการละลายน้ำของน้ำตาลกลูโคส และ เอทานอล และ นำขวดบรรจุน้ำโซดามาแล้วเปิดขวดให้นักเรียนสังเกตแก๊สที่แยกออกจากน้ำเพื่อนำสิ่งที่เรียนผ่านมาแล้วมาอธิบายถึงสารที่ใช้ในชีวิตประจำวันว่าเกี่ยวข้องกับหรือสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร โดยครูใช้คำถาม ถามนำก่อนอภิปรายและนักเรียนทำใบกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจในเรื่องนี้ให้มากขึ้น พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ว่าน้ำตาลกลูโคสและเอทานอล

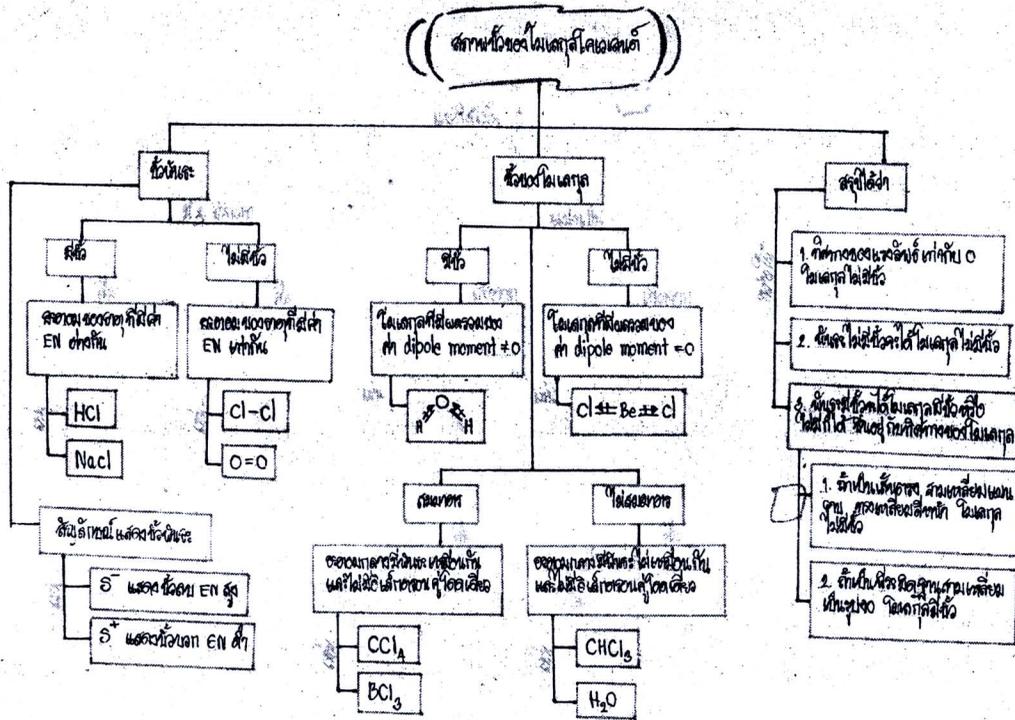
จัดเป็นโมเลกุลมีขั้วโดยเมื่อนักเรียนเขียนสูตร โครงสร้างของกลูโคสมีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_6H_{12}O_6$  นักเรียนอธิบายได้ว่าทิศทางของขั้วจะชี้ไปทางออกซิเจน แสดงว่าจะเกิดสภาพขั้วบริเวณพันธะของออกซิเจนนั่นเองและเอทานอลก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นเมื่อนำไปละลายน้ำสามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนน้ำโซดาซึ่ง เมื่อเปิดขวดจะเห็นว่าเกิดฟองก๊าซแยกออกจากน้ำ แสดงว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงไม่สามารถละลายในน้ำที่เป็นโมเลกุลมีขั้วได้โดยนักเรียนอธิบายได้ว่าเมื่อเขียนสูตร โครงสร้างแบบเส้นของ  $CO_2$  จะได้ รูปร่างเป็นเส้นตรง จะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว ส่วนโครงสร้างแบบเส้นของ  $H_2O$  จะได้ว่ารูปร่างเป็นมุมงอ เป็นโมเลกุลมีขั้ว ทำให้ไม่ละลายได้ในน้ำและพบว่า นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นโดยการร่วมอภิปรายและยอมรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อนๆ ไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

**ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และครูตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนตั้งใจเขียนแผนผังมโนคติ สังกัดจากมีการวางแผน ตลอดจนขณะลงมือเขียนแผนผังมโนคติก็ทำอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน นักเรียนส่วนมากยังคงใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเพิ่มเติมในเรื่องที่เรียน นักเรียนส่วนมากสามารถหาคำเชื่อมเติมได้ครบทุกจุดมีส่วนน้อยที่ลืมเขียนเลขทำให้คำเชื่อมไม่ครบแต่นักเรียนสามารถนำส่งแผนผังทันตามกำหนดเวลา เช่น

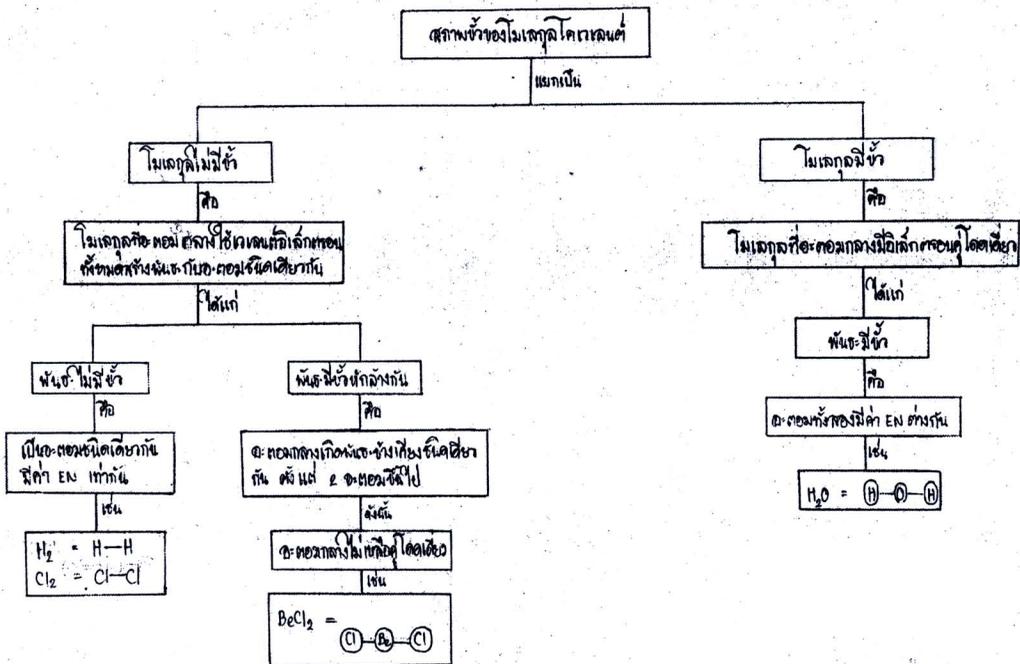
ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง สภาพขั้วของ โมเลกุลโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนมติ เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์



ตัวอย่างที่ 3 แผนผังมโนมติ เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ คือ ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยนำน้ำมันพืช และแอมโมเนีย หยดลงไปใต้น้ำ แล้วสังเกตผล ต่อจากนั้นนักเรียนทำการทดลองเรื่องสภาพขั้วกับการละลายของสารประกอบโคเวเลนต์ ตามวิธีการจากใบกิจกรรม และครูสาธิตการละลายน้ำของน้ำตาลกลูโคสและเอทานอล ตามด้วยการเปิดขวดบรรจุน้ำโซดาแล้วให้นักเรียนสังเกตผลและอธิบายถึงการที่แก๊สแยกออกจากรูปร่างและนักเรียนเขียนแผนผังมโนมิตของตนเอง เมื่อเสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนมิตสอดคล้องกับมโนมิตทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีโดยอะตอมคู่ร่วมพันธะที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันจะเรียกว่าพันธะไม่มีขั้ว ส่วนอะตอมคู่ร่วมพันธะที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีไม่เท่ากันจะเรียกว่าพันธะมีขั้ว และขึ้นอยู่กับรูปร่างของโมเลกุล แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นทำให้นักเรียนมีมโนมิต สอดคล้องกับมโนมิตวิทยาศาสตร์และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ดังปรากฏในตารางที่ 7

3.9 มโนมิตของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์ และสารโคจรผลึกร่างตาข่าย โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนมิต ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนมิตวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสารโคจรผลึกร่างตาข่าย ดังนี้คือ แรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลประกอบด้วยแรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว โมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้วยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์หรือแรงลอนดอน แรงนี้ขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลถ้ามวลโมเลกุลมากแรงยึดเหนี่ยวก็จะมาก ส่วนโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วแต่ไม่มีพันธะไฮโดรเจนจะยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์และแรงดึงดูดระหว่างขั้ว สำหรับโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้วและมีพันธะไฮโดรเจนจะยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ แรงดึงดูดระหว่างขั้วและพันธะไฮโดรเจน มีผลทำให้จุดหลอมเหลว จุดเดือดของสารโคเวเลนต์ประเภทนี้ สูงกว่าสารโคเวเลนต์ประเภทอื่นและสารโคเวเลนต์บางชนิดสร้างพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวกันแบบ 3 มิติ เกิดเป็นโครงสร้างคล้ายตาข่าย เรียกว่าสารโคจรผลึกร่างตาข่าย ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ในขั้นนี้นักเรียนศึกษาถึงความเหมือนและความต่าง ของลักษณะและองค์ประกอบ ของถ่านไม้ ไม้ ถ่านไฟฉาย และเพชร พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่าทั้งถ่านไม้ ไม้ ถ่านไฟฉาย และเพชรมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน แต่โครงสร้างจะต่างกัน ตัวอย่างคำถามและคำตอบ

ครู “ถ่านไม้ ไม้ ถ่านไฟฉาย รูปภาพเพชร มีลักษณะหรือองค์ประกอบเหมือนหรือต่างกันอย่างไร”

นักเรียน 1 “มีองค์ประกอบเหมือนกัน”

นักเรียน 2 “มีธาตุคาร์บอน เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน”

นักเรียน 3 “แต่การต่อโครงสร้างไม่เหมือนกัน” เป็นต้น

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้นักเรียนดู วิดีทัศน์ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และทำความเข้าใจกับข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสืออ่านเพิ่มเติมพบว่าในขั้นนี้นักเรียนสนใจวิดีโอทัศน์ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และตอบคำถามได้ครบทุกข้อ เช่น เพชร แกรไฟต์ มีองค์ประกอบเหมือนหรือต่างกันอย่างไร นักเรียนตอบได้ว่ามี C เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน ต่างกันตรงการสร้างพันธะโดย เพชรสร้างพันธะกับอะตอมทั้ง 4 พันธะ ส่วนแกรไฟต์สร้างพันธะกับอะตอม 3 พันธะ

**ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน นำเสนอและอภิปรายผลการสืบค้น นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในประเด็นแรงเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์โดยพยายามไม่ซ้ำตัวบุคคล พบว่า ในขั้นนี้นักเรียนลงข้อสรุปร่วมกันได้ดังนี้คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ประกอบด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งประกอบด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วกับมีขั้ว, แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วกับไม่มีขั้ว, แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลไม่มีขั้วกับไม่มีขั้วหรือแรงลอนดอน และพันธะไฮโดรเจน สารโคเวเลนต์ที่สร้างพันธะยึดเหนี่ยวกันแบบ 3 มิติ เกิดเป็นโครงสร้างคล้ายตาข่าย เรียกว่าสาร โครงผลึกร่างตาข่าย ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “เพชร แกรไฟต์ มีองค์ประกอบเหมือนหรือต่างกันอย่างไร”

นักเรียน 1 “เหมือนกัน แตกต่างตรงการสร้างพันธะคะ”

ครู “แล้วเพราะเหตุใดเพชรจึงไม่นำไฟฟ้า ส่วนแกรไฟต์นำไฟฟ้าได้”

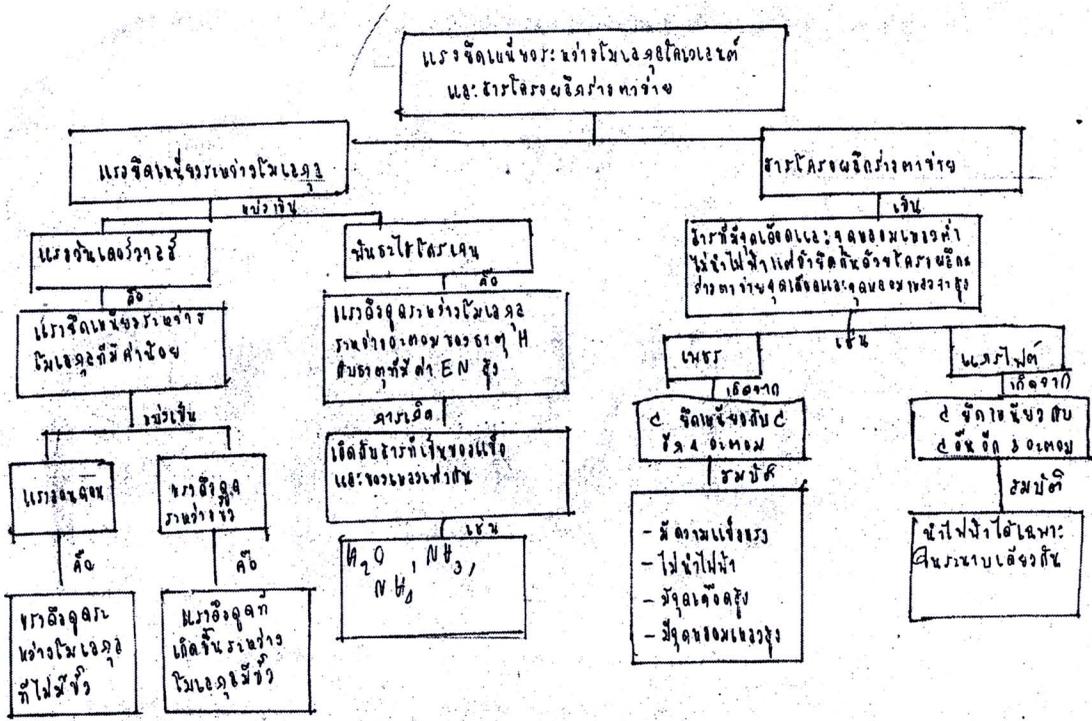
นักเรียน 2 “เพราะคาร์บอน ของเพชรใช้อิเล็กตรอนนอกสุดในการสร้างพันธะทั้งหมดทำให้ไม่นำไฟฟ้าไม่แน่นอนคะ”

นักเรียน 3 “ถูกแล้ว แล้วเหตุที่ คาร์บอน ของแกรไฟต์นำไฟฟ้าได้เพราะใช้อิเล็กตรอนนอกสุดเพียง 3 พันธะ” เป็นต้น

**ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้นักเรียนนำเสนอความรู้หรือข้อสรุปที่ได้ โดยครู ใช้คำถามเพิ่มเติมและให้นักเรียนเล่นเกมอักษรหรรษาเกี่ยวกับเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสาร โครงผลึกร่างตาข่าย พบว่านักเรียนสามารถบอกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสาร โครงผลึกร่างตาข่าย จากการเล่นเกมอักษรหรรษาได้ครบและถูกต้อง

และพบว่า นักเรียนส่วนมากมีความสุขที่ได้เล่นเกม แต่บางคนกังวลว่าจะไม่ชนะที่ 1 มากจนเกินไป นักเรียนเจียบขณะเล่นเกมไม่พูดคุยเสียงดัง และหลังจากตรวจใบงานนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องเป็น **ขั้นประเมิน (Evaluation)** ในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนคติ เกี่ยวกับ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสาร โครงผลึกร่างตาข่าย และครุตรวจแผนผังมโนคติ ของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับแผนผังมโนคติที่ครูสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนตั้งใจเขียนแผนผังมโนคติ สังกะตจากมีการวางแผน ร่าง สรุป และลงมือเขียนแผนผังมโนคติอย่างเต็มความสามารถของแต่ละคน นักเรียนยังคงใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องในเรื่องที่เรียน เช่นเคย ส่วนมากสามารถหาคำเชื่อมเติมได้ครบทุกจุดแต่ยังคงมีบางคนที่หาคำเชื่อไม่ครบซึ่งเมื่อตรวจสอบแผนผังมโนคติที่ผ่านแล้วพบว่าจะไม่ซ้ำคนเดิมมากนัก แสดงว่าอาจขึ้นอยู่กับตัวนักเรียนเองหรือสิ่งแวดล้อมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนสามารถส่งงานตามกำหนดเวลา

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสาร โครงผลึกร่างตาข่าย





สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ คือ ครูให้นักเรียนศึกษาความเหมือนและความต่าง ของลักษณะและโครงสร้างของ ถ่านไม้ ไม้ถ่านไฟฉาย รูปเพชร และคู่มือ วิชาทัศนศิลป์ เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ต่อจากนั้นสุ่มนักเรียนนำเสนอผลการศึกษาและอภิปรายผลการสืบค้นตลอดจนนักเรียนเล่นเกมอักษรพหุพยางค์เกี่ยวกับเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสาร โครงผลึกแร่ธาตุและนักเรียนเขียนแผนผังมโนคติของตนเอง เมื่อจบตามลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียน มีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์แบ่งเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์และพันธะไฮโดรเจน โดยแรงแวนเดอร์วาลส์จะประกอบด้วย แรงลอนดอนและแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ส่วนลักษณะที่อะตอมสร้างพันธะ โคเวเลนต์แล้วยึดเหนี่ยวกัน 3 มิติ เรียกว่าสาร โครงผลึกแร่ธาตุ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น ทำให้นักเรียนมี มโนคติสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ดังปรากฏใน ตารางที่ 7

3.10 มโนคติของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ครูได้ดำเนินการตามแผนการจัดเรียนรู้ตามลำดับดังนี้

มโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ คือ พันธะโลหะเป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อย่างอิสระร่วมกัน โลหะมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ ทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ติดอยู่กับอะตอมใดอะตอมหนึ่ง โดยเฉพาะโลหะเป็นสารที่มีคุณสมบัติ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี มีจุดหลอมเหลวสูง สามารถตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ หรือดึงเป็นเส้นได้และ สะท้อนแสงได้ ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นดังนี้

**ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนต่อถ่านไฟฉายพร้อมวางถ่านเข้ากับหลอดไฟ โดยใช้สายไฟเชื่อมเข้าด้วยกัน โดยเหลือปลายสายไว้ 2 ข้าง ปิดวงจรให้ครบโดยการต่อขั้วไฟฟ้าเข้ากับหลอดไฟ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับหลอดไฟ ในขั้นนี้นักเรียนตื่นเต้นที่จะได้ทำกิจกรรมอีกครั้งและเมื่อลงมือปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวแล้วนักเรียนส่วนใหญ่บอกได้ว่าหลอดไฟสว่าง

**ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ในขั้นนี้ครูเตรียมอุปกรณ์ ถ่านไฟฉายพร้อมวางถ่าน หลอดไฟ สายไฟ หลอดไฟ ก้ามคีบ ไม้จิ้มฟัน เส้นด้าย เพื่อให้นักเรียนทำปฏิบัติการทดลองเรื่องสมบัติของโลหะ และให้คำแนะนำก่อนปฏิบัติการทดลอง นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเมื่อต่อเชื่อมอุปกรณ์ให้ครบวงจรแล้วหลอดไฟจะสว่าง ผงตะไบเหล็ก ไม้จิ้มฟัน และเส้นด้ายหลอดไฟจะไม่สว่างและพบว่านักเรียนตั้งใจทำการทดลอง สมาชิกในกลุ่มทำหน้าที่ของตนเอง

**ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ในขั้นนี้ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอผลการปฏิบัติการทดลอง โดยแต่ละกลุ่มอภิปรายข้อมูลที่ได้ร่วมกัน พบว่านักเรียนสามารถลงข้อสรุปร่วมกันได้ว่าหลอดไฟจะสว่างเมื่อต่อด้วยหลอดทองแดง ส่วน ผงตะไบเหล็กไม่จิ้มฟัน และเส้นด้าย หลอดไฟจะไม่สว่างและพบว่านักเรียนกล้าแสดงออกในการแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนๆ กล้าที่จะถาม และกล้าตอบ ตัวอย่างบทสนทนาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นดังนี้

ครู “โลหะแบบแผ่นและแบบผง นำไฟฟ้าได้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

นักเรียน 1 “ต่างกันครับ”

นักเรียน 2 “โลหะที่เป็นแผ่นอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่านำไฟฟ้าได้ดีกว่า”

เป็นต้น

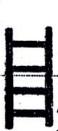
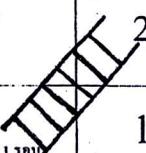
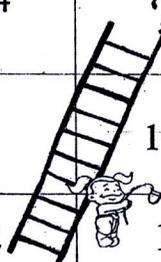
**ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ในขั้นนี้ครูได้ให้นักเรียนนำเสนอข้อสรุปและเล่นเกมบันไดงู เกี่ยวกับเรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ ดังตัวอย่างแผ่นเกมหน้า 128 และตามวิธีการในบัตรกิจกรรม พบว่านักเรียนนำเสนอข้อสรุปได้ดังนี้คือจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ทำให้หลอดไฟสว่างได้ต่างกัน แสดงว่านำไฟฟ้าได้ต่างกัน ตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจุดหลอมเหลวสูง และจากการเล่นเกมบันไดงู นักเรียนพบว่าโลหะมีสมบัติดังนี้ ตัวนำไฟฟ้าที่ดี มีจุดหลอมเหลวสูง สามารถตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ หรือดึงเป็นเส้นได้ และสะท้อนแสงได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อช่วยตรวจสอบความเข้าใจเพิ่มเติมในเรื่องที่เรียนมากขึ้น ตัวอย่างบทสนทนา

ครู “พันธะโลหะแตกต่างจากพันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์ อย่างไร”

นักเรียน 1 “อะตอมของธาตุที่มาสรางพันธะต่างกันคะ”

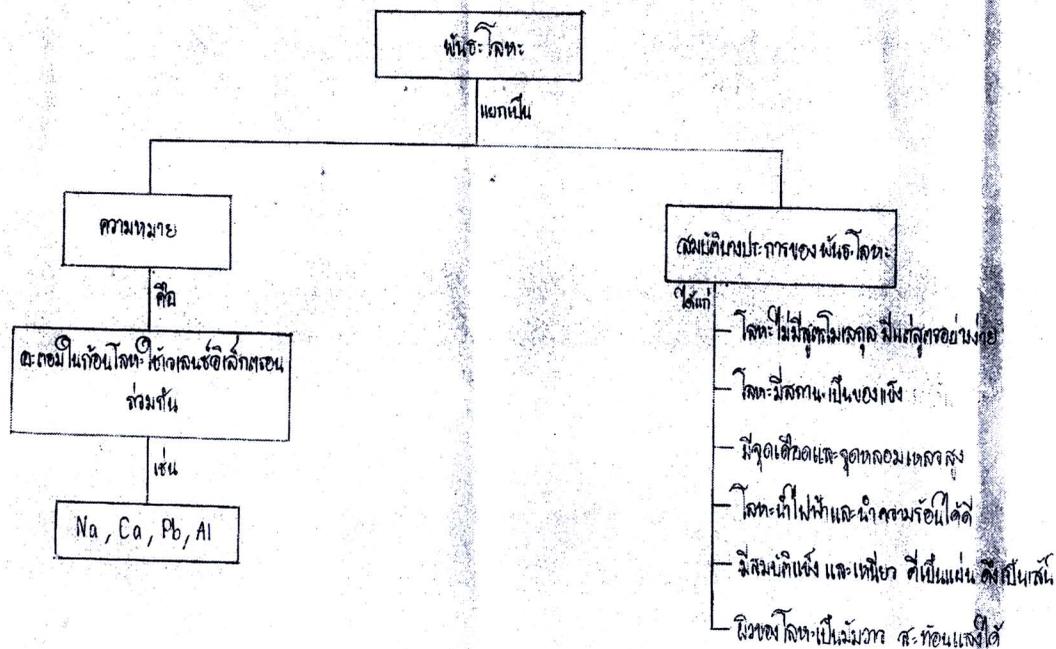
นักเรียน 2 “โลหะจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะครับ” เป็นต้น

ตัวอย่างเกมบันไดงู เกี่ยวกับเรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ

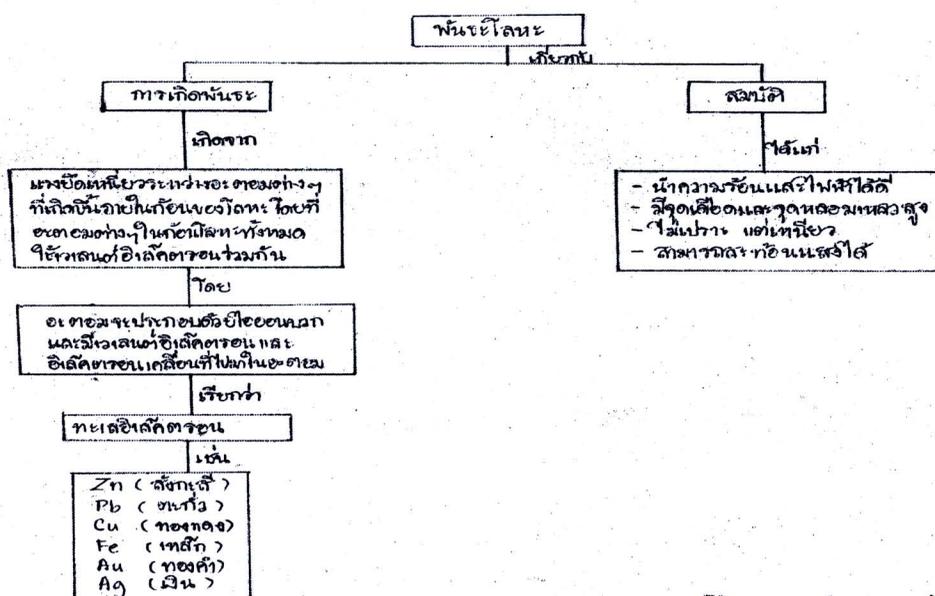
5. สถานะปกติเป็นของแข็ง ขฟวัน Mg เป็นของเหลว	31 	?	33	และ 6. นำความร้อนได้ดี เพราะอิเล็กตรอนอิสระ เคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง	THE WINNER
?	4. มีผิวเป็นมันวาว เพราะกลุ่ม อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่โดยอิสระ มีปฏิริยาสะท้อนแสง จึงสะท้อนแสง ทำให้มองเห็นเป็นมันวาว	 27	3. สามารถตีเหล็กเป็นแผ่น บางๆได้ เพราะมีกลุ่มอนุภาค อิเล็กตรอนที่หนาแน่นที่ติดอนุภาค ให้เรียงกันไม่ชนออกจากกัน	25 	?
18	สมบัติของพันธะโลหะ 1. เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เพราะ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่าย	?	21 	22	2. มีจุดเดือด และหลอมเหลว สูง เพราะอนุภาคอิเล็กตรอน ทั้งหมดเคลื่อนที่อิสระอิสระพอ ไว้อย่างเหนียวแน่น
17 	และ โลหะผสม เช่น นิกเกิล ทองเหลือง	Linear พักเหนื่อย 1 รอบ	14	?	ให้แก่ โลหะทุกชนิด เช่น Cu, Mg, Al, Fe, A
เกิดจากความแรงของอิเล็กตรอน ของโลหะเคลื่อนที่ไปมาได้ อิสระทั่วทั้งก้อนโลหะ	?	8	9	10 	11
5 	4 Octahedral	แรงดึงดูดระหว่างไอออน บวกซึ่งเรียงตัวกับอิเล็กตรอน ที่อยู่โดยรอบเรียกว่า พันธะโลหะ	2	1 	START พันธะโลหะและ สมบัติของโลหะ

ขั้นประเมิน (Evaluation) ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังมโนมติ  
 ที่เกี่ยวกับ เรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ และครูตรวจแผนผังมโนมติของนักเรียน โดย  
 เปรียบเทียบกับแผนผังมโนมติที่ครูสร้างขึ้น ในแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้  
 สุดท้ายพบว่านักเรียนสามารถเขียนสรุปมโนมติและเขียนแผนผังมโนมติได้สอดคล้องกับมโนมติ  
 วิทยาศาสตร์ และพบว่านักเรียนเขียนแผนผังมโนมติใช้เวลาทันตามที่ครูกำหนด มีการร่างและลง  
 มือเขียนลงกระดาษแผ่นเดียวได้เลย และนักเรียนเขียนแผนผังมโนมติอย่างเต็มความสามารถของ  
 แต่ละคน นักเรียนยังคงใช้หนังสือเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องที่เรียนและเพื่อความสมบูรณ์  
 ของแผนผังมโนมติ

ตัวอย่างที่ 1 แผนผังมโนคติ เรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ



ตัวอย่างที่ 2 แผนผังมโนคติ เรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ



สรุปได้ว่าครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ คือ ครูให้นักเรียนต่อถ่านไฟฉายพร้อมรางถ่านเข้ากับหลอดไฟ โดยเหลือปลายสายไว้ 2 ข้าง ปิดวงจรโดยการต่อเข้ากับหลอดทองแดง สังเกตผลต่อจากนั้นนักเรียนปฏิบัติการทดลอง เรื่อง สมบัติของโลหะ โดยเปลี่ยนจากหลอดทองแดงเป็นผงตะไบเหล็ก ไม้จิ้มฟัน และเส้นด้าย ตามลำดับ สุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลการทดลอง นักเรียนเล่นเกมบันไดงู เกี่ยวกับเรื่อง พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ ตามวิธีการในบัตรกิจกรรม และนักเรียนเขียนแผนผังมโนคติของตนเองเมื่อเสร็จสิ้นตามลำดับขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือ พันธะโลหะเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิเล็กตรอนกับไอออนบวก และโลหะจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะและโลหะมีสมบัติคือเป็นของแข็งมีจุดหลอมเหลวสูง มีความเหนียว ดีเป็นแผ่นบางๆ ได้ ชัดให้เป็นเงาได้นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ทำให้นักเรียนมีมโนคติสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ดังปรากฏในตารางที่ 7

#### 4. ผลการศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ทั้งในขณะจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ใช้ แบบสังเกตพฤติกรรมแบบบันทึกบทสนทนา แบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาจิตวิทยาศาสตร์จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไป วิเคราะห์เอกสาร หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลความหมาย ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณดังนี้

4.1 ผลการศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบบันทึกบทสนทนา การทำแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์และการทำแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ

ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน พบว่า ในขณะที่มีการทำการทดลองนักเรียนแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบ มีการช่วยเหลือกันในกลุ่มและต่างกลุ่มบ้าง หรือในขณะที่เขียนแผนผังมโนคติ นักเรียนมีความกระตือรือร้นตั้งใจทำการทดลอง รู้จักวางแผนก่อนทำงาน มีความรับผิดชอบต่องาน ร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อน เป็นผู้ฟังที่ดี ยอมรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากเพื่อนๆ และครู และนักเรียนยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย ตัวอย่างบทสนทนายาระหว่างครูและนักเรียน



“อาจารย์คะมีกระดาษ reuse มั้ยคะเพราะพวกหนูต้องร่างก่อนเขียนจริงคะขอเยอะๆนะคะ” แสดงให้เห็นว่านักเรียน มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงานและจากคำพูดที่ว่า“เพื่อนๆทำหน้าที่ใครก็หน้าที่ใครนะ จะได้เสร็จเร็วๆ ห้ามอู้” แสดงว่าไม่ทอดทิ้งเมื่อมีอุปสรรคในการทำงาน รวมถึง “ถ้างานผิดตรงส่วนไหน รับผิดชอบร่วมกัน ห้ามโทษกันนะ” แสดงว่ายอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย หรือ “อาจารย์คะพวกหนูทำ map ทุกอันด้วยความพยายามเต็มที่แล้วนะคะขอเกรด 4 ค่ะ” แสดงว่าทำงานอย่างเต็มความสามารถ นอกจากนี้ “อาจารย์คะถ้างานหนูผิด หนูยินดีรับฟังคำอธิบายนะคะ” แสดงว่ายอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ “อาจารย์คะเขียน map ยากมากแต่ด้วยความสามารถล้วนๆนะคะ” แสดงว่าไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง ตลอดจน “อาจารย์คะการเขียน map ทำให้หนูทำงานได้อย่างมีแบบแผนมากเลยคะ” แสดงว่านักเรียนเห็นคุณค่าความมีระเบียบและความรอบคอบ เป็นต้น

จากแบบบันทึกบทสนทนา พบว่านักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนทำงานเป็นระเบียบมากขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ บันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง และไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง มีความอดทนในการดำเนินการแก้ปัญหาแม้จะยุ่งยากและต้องใช้เวลาร่วม แสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ดังตัวอย่างบทสนทนา

ครู “นักเรียนเคยได้รับเรียนรู้โดยวิธีนี้มาก่อนหรือไม่”

นักเรียน 1 “ไม่เคยคะ”

นักเรียน 2 “แต่เคยเขียนแผนผังความคิด mind map อยู่คะ”

ครู “แล้วการเขียนแผนผังมโนมติยากเกินไปมั๊ย”

นักเรียน 1 “ไม่ยากเท่าไรคะ”

นักเรียน 2 “ยากคะ โดยเฉพาะแผ่นแรกๆหาคำเชื่อมก็อยาก แต่หนูก็พยายามทำเต็มที่คะ”

นักเรียน 3 “อาจารย์คะ หนูเปิดหนูหนังสือด้วยนะคะ หนูกลัวสรุปไม่ครบคะ”

ครู “แล้วเป็นอย่างไรบ้างเมื่อทำครบจนจบบทเรียน”

นักเรียน 1 “ช่วยให้หนูทำงานอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนคะ”

นักเรียน 2 “การเขียนแต่ละครั้งหนูต้องใช้ความอดทนสุดๆ เพราะสรุปไม่ค่อยได้และขี้เกียจด้วยคะ”

นักเรียน 3 “แต่ก็ดีนะคะเพราะหนูทำงานเป็นระเบียบมากขึ้น”

นักเรียน 4 “อาจารย์ครับของผมทำเองนะครับ ไม่ได้ลอกใคร แต่ถามเพื่อนอยู่ครับ”

นักเรียน 5 “อาจารย์คะพวกหนูก็ไม่ได้ลอกนะคะ แต่พวกหนูปรึกษากันหลายๆ”

เป็นต้น

จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน จากแบบบันทึกบทสนทนา และจากการทำแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ด้าน พบว่าจะสอดคล้องกันคือด้านความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ ด้านความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และความเพียรพยายาม พบว่านักเรียนทำงานอย่างเต็มความสามารถ ด้านความมีเหตุผล พบว่านักเรียนยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ ด้านความมีระเบียบและความรอบคอบ พบว่านักเรียนเห็นคุณค่าความมีระเบียบและความรอบคอบ ด้านความซื่อสัตย์ พบว่านักเรียนบันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริงเป็น ด้านความใจกว้าง พบว่านักเรียนรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น และจากการทำแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่านักเรียน เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตารางที่ 8

ส่วนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความรู้สึกรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนเห็นคุณค่าประโยชน์โทษของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี รวมถึงตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนานใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม แต่นักเรียนยังขาดการเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 9 ที่พบว่า เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติมีค่าน้อยที่สุด และจากตัวอย่างบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียนที่ว่า “นักเรียนเคยเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะอะไร” นักเรียนตอบว่า “เคยเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ค่ะ เพราะชอบการตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ชอบที่ได้เล่นเกม ชอบการแสดงทางวิทยาศาสตร์ และขณะที่ทำการทดลองในห้องก็สนุกดีค่ะ” แสดงว่านักเรียน เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน และ “นักเรียนชอบการสังเกตด้วยตนเอง มากกว่าให้ครูบอกสังเกตหรือไม่ อย่างไร” นักเรียนตอบว่า “ก็ชอบแต่บางครั้งต้องการให้ครูบอกมากกว่าเพราะกลัวผิดค่ะ” แสดงว่านักเรียนเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ รวมถึงคำตอบของนักเรียนที่กล่าวว่าชอบเรียนวิทยาศาสตร์เพราะ ได้ทดลอง ตื่นเต้นกับการตอบคำถาม ได้แสดงความคิดเห็นของตนเองด้วยค่ะ เพราะทำให้สรุปงานได้เป็นระบบขึ้น ตลอดจนในอนาคตอยากประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ค่ะ” แสดงว่านักเรียนตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และจากคำตอบที่ถามว่าการทดลองวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่น่าเบื่อหน่ายหรือไม่ อย่างไร”นักเรียนตอบว่า “ไม่ค่าน่าสนใจและตื่นเต้นดี สนุกดี อยากรู้คำตอบเร็วๆ แต่ไม่ชอบตอนทำไปงาน” แสดงว่านักเรียนพอใจในประสบการณ์เรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และ “นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร กับคำว่านักวิทยาศาสตร์” นักเรียนตอบว่า “เป็นบุคคลที่ทำประโยชน์ให้กับสังคมมากๆ เป็นคนที่ทำให้ชีวิตคนเรามีความสะดวกสบายมากขึ้น เป็นคนที่ชอบสังเกต ชอบทดลองชอบค้นคว้าค่ะ” แสดงว่านักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สรุปผลการศึกษาดิจิทัลของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม นักเรียนของครู แบบบันทึกบทสนทนา แบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่ามีความสอดคล้องกันคือนักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการทำกิจกรรม และ เรื่องต่างๆ ทำงานอย่างเต็มความสามารถ ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย มีความอดทนในการดำเนินการแก้ปัญหาแม้จะยุ่งยากและต้องใช้เวลา ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ มีการรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอก่อนจะสรุปเรื่องราวต่างๆ และตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เห็นคุณค่าความมีระเบียบ ความรอบคอบ มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย บันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง และไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นตลอดจนรับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ

4.2 ผลการศึกษาดิจิทัลในเชิงปริมาณ โดยใช้แบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ สรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังโนมตี

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา	อย่างสม่ำเสมอ	เป็นครั้งคราว	น้อยครั้ง	ไม่แสดงออกเลย
1. ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น								
- มีความใส่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆอยู่เสมอ	3.90	0.79	สม่ำเสมอ	23.80	45.23	30.95	2.38	-
- มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ	4.07	0.78	สม่ำเสมอ	30.95	47.61	19.04	2.38	-
- ชอบทดลองค้นคว้า	3.60	0.96	สม่ำเสมอ	19.04	38.09	33.30	7.14	2.38
- ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น	3.52	0.99	สม่ำเสมอ	19.04	28.57	35.71	14.28	-
2. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และความเพียรพยายาม								
- ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย	4.19	0.74	สม่ำเสมอ	38.09	42.87	19.04	-	-
- ทำงานที่ได้รับมอบหมาย ได้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา	3.88	0.80	สม่ำเสมอ	21.42	50.00	23.80	4.76	-
- ไม่กระทำการอันเป็นความเสียหายต่อส่วนรวม	4.19	0.92	สม่ำเสมอ	42.87	42.87	4.76	9.52	-

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ (ต่อ)

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่าง สม่ำเสมอ ตลอดเวลา	อย่าง สม่ำเสมอ	เป็นครั้ง คราว	น้อย ครั้ง	ไม่แสดง ออกเลย
- ทำงานอย่างเต็มความสามารถ	4.31*	0.72	สม่ำเสมอ	45.23	42.87	11.90	-	-
- ไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรคในการทำงาน	3.98	0.81	สม่ำเสมอ	28.57	42.87	26.19	2.38	-
- มีความอดทนในการดำเนินการแก้ปัญหาแม้จะยุ่งยากและต้องใช้เวลา	3.98	0.75	สม่ำเสมอ	23.80	47.61	23.80	.76	-
<b>3. ความมีเหตุผล</b>								
- ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ	4.24	0.79	สม่ำเสมอ	42.87	42.87	14.28	-	-
- พยายามอธิบายสิ่งต่างๆโดยมีเหตุผลและผลไม่เชื่อใจกลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้	3.74	0.91	สม่ำเสมอ	30.95	47.61	45.23	11.90	19.04
- อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	3.79	0.90	สม่ำเสมอ	52.38	16.66	9.52	-	-
- ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้	3.76	0.76	สม่ำเสมอ	16.66	45.23	5.71	2.38	-

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหา  
ความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังโนมตี (ต่อ)

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่าง สม่ำเสมอ ตลอดเวลา	อย่าง สม่ำเสมอ	เป็นครั้ง คราว	น้อย ครั้ง	ไม่แสดง ออกเลย
- รวบรวมข้อมูลให้เพียงพอจะสรุปเรื่องราวต่างๆ	3.88	0.74	สม่ำเสมอ	19.04	52.38	26.19	2.38	-
4. ความมีระเบียบและความรอบคอบ	4.07	0.75	สม่ำเสมอ	30.95	47.61	21.42	-	-
- นำวิธีการหลายวิธี มาตรวจสอบผล	3.81	0.83	สม่ำเสมอ	21.42	40.47	33.33	4.76	-
- มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง ฟินิจิเคราะห์	3.81	0.83	สม่ำเสมอ	19.04	54.76	21.42	7.14	-
- มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน	3.79	0.81	สม่ำเสมอ	14.28	47.61	33.33	4.76	-
- มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน	3.88	0.80	สม่ำเสมอ	23.80	38.09	35.71	2.38	-
- ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนทำการทดลอง	3.86	0.93	สม่ำเสมอ	26.19	42.87	28.57	2.38	2.38
- ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย	3.93	0.78	สม่ำเสมอ	23.80	47.61	23.80	2.38	-
5. ความซื่อสัตย์	4.02	0.87	สม่ำเสมอ	35.71	30.95	26.19	7.14	-
- เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น	4.05	0.73	สม่ำเสมอ	28.57	47.61	21.42	2.38	-
- เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง	4.05	0.73	สม่ำเสมอ	28.57	47.61	21.42	2.38	-

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ (ต่อ)

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา	อย่างสม่ำเสมอ	เป็นครั้งคราว	น้อยครั้ง	ไม่แสดงออกเลย
- บันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง	4.26*	0.66	สม่ำเสมอ	40.47	45.23	16.66	-	-
- ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง	3.95	1.50	สม่ำเสมอ	47.61	14.28	4.76	7.14	14.28
6. ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	4.29*	0.83	สม่ำเสมอ	52.38	28.57	14.28	4.76	
- รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น	3.88	0.83	สม่ำเสมอ	26.19	42.87	23.80	7.14	-
- ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง	4.24	0.79	สม่ำเสมอ	34.95	42.87	11.90	2.38	-
- รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ	4.02	0.87	สม่ำเสมอ	35.71	40.47	23.38	2.38	-
- ยอมรับข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม	3.96	0.83	สม่ำเสมอ	29.36	42.83	22.69	4.28	0.63
รวมค่าเฉลี่ย								

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติโดยภาพรวมพฤติกรรมการแสดงออกอยู่ในระดับการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอและเมื่อพิจารณาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ พบว่าภาพรวมพฤติกรรมการแสดงออกอยู่ในระดับการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอและเมื่อพิจารณารายการประเมินภาพรวมทั้ง 6 ด้าน พบว่ารายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ทำงานอย่างเต็มความสามารถ ( $\bar{X} = 4.31$ ) รองลงมาคือรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น ( $\bar{X} = 4.29$ ) และบันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง ( $\bar{X} = 4.26$ ) ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น ( $\bar{X} = 3.52$ ) และประเมินรายด้านพบด้านความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ ( $\bar{X} = 4.07$ ) ด้านความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และความเพียรพยายาม พบว่านักเรียนทำงานอย่างเต็มความสามารถ ( $\bar{X} = 4.31$ ) ด้านความมีเหตุผล พบว่านักเรียนส่วนมาก พบว่า นักเรียนยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ ( $\bar{X} = 4.24$ ) ด้านความมีระเบียบและความรอบคอบ พบว่านักเรียนเห็นคุณค่าความมีระเบียบและความรอบคอบ ( $\bar{X} = 4.07$ ) ด้านความซื่อสัตย์ พบว่านักเรียนบันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริงเป็น ( $\bar{X} = 4.26$ ) ด้านความใจกว้าง พบว่านักเรียนรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น ( $\bar{X} = 4.29$ ) และระดับพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาคิดเป็นร้อยละ 52.38 ดังปรากฏในตารางที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบบันทึกบทสนทนา ที่พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการทำกิจกรรมและ เรื่องต่างๆ ทำงานอย่างเต็มความสามารถยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย มีความอดทนในการดำเนินการแก้ปัญหา แม้จะยุ่งยากและต้องใช้เวลา ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอมีการรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอก่อนจะสรุปเรื่องราวต่างๆ และตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เห็นคุณค่าความมีระเบียบ ความรอบคอบ มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย บันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง และไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นตลอดจนรับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังโนมตี

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่าง สม่ำเสมอ ตลอดเวลา	อย่าง สม่ำเสมอ	เป็นครั้ง คราว	น้อย ครั้ง	ไม่แสดง ออกเลย
1. พอใจในประสบการณ์เรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	3.81	0.94	สม่ำเสมอ	28.57	33.33.	33.33	2.38	2.38
2. คร่ำคร่าและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์	3.83	0.82	สม่ำเสมอ	19.04	52.38	1.42	4.76	-
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	4.29*	0.71	สม่ำเสมอ	42.87	50	16.66	-	-
4. ตระหนักในคุณค่าและโทษของการใช้เทคโนโลยี	4.14	0.65	สม่ำเสมอ	40.47	54.76	16.66	-	-
5. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน	3.93	0.84	สม่ำเสมอ	28.57	38.09	28.57	2.38	-
6. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ	3.79	0.78	สม่ำเสมอ	19.04	50	26.19	4.76	-
7. ตั้งใจเรียนวิทยาศาสตร์	4.19*	0.67	สม่ำเสมอ	38.09	47.61	14.28	-	-
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม	4.14*	0.78	สม่ำเสมอ	35.71	47.61	9.52	4.76	-

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังโนมตี (ต่อ)

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก			พฤติกรรมกรรมการแสดงออก (%)				
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	อย่าง สม่ำเสมอ ตลอดเวลา	อย่าง สม่ำเสมอ	เป็นครั้ง คราว	น้อย ครั้ง	ไม่แสดง ออกเลย
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรอง ถึงผลดีและผลเสีย	3.86	0.98	สม่ำเสมอ	28.57	42.87	16.66	7.14	2.38
10. ภูมิใจในความสำเร็จของกลุ่มที่เกิดจากทำมีส่วนร่วมช่วยเหลือในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	4.02	0.84	สม่ำเสมอ	35.71	40.47	19.04	4.76	-
11. พอใจในการแสดงความคิดเห็นอภิปรายและมีโอกาสเสนอผลงานของกลุ่ม	4.00	0.86	สม่ำเสมอ	35.71	35.71	26.19	2.38	-
12. ภูมิใจที่ได้สรุปข้อความรู้ด้วยตนเอง	4.00	0.83	สม่ำเสมอ	28.57	50	14.28	7.14	-
รวมค่าเฉลี่ย	4.00	0.80	สม่ำเสมอ	29.96	45.83	20.44	3.37	0.39

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ พบว่าโดยภาพรวมพฤติกรรมการแสดงออกอยู่ในระดับการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอและเมื่อพิจารณารายข้อพบว่ารายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( $\bar{X} = 4.29$ ) รองลงมาคือตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ( $\bar{X} = 4.19$ ) และตระหนักในคุณค่าและโทษของการใช้เทคโนโลยีและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ( $\bar{X} = 4.14$ ) ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือการเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ ( $\bar{X} = 3.79$ ) และระดับพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ ( $\bar{X} = 45.83$ ) ดังปรากฏในตารางที่ 9 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ได้จากการสัมภาษณ์พบว่านักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากคำถามที่ครูที่ถามว่า “นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร กับคำว่านักวิทยาศาสตร์” นักเรียนให้เหตุผลในการตอบคือ “เป็นบุคคลที่ทำประโยชน์ให้กับสังคมมากๆ ครับ” “เป็นคนที่ทำให้ชีวิตคนเรามีความสะดวกสบายมากขึ้นค่ะ” จากคำถามที่ถามว่า “นักเรียนคิดว่าการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่น่าเบื่อหน่ายหรือไม่ อย่างไร” นักเรียนให้เหตุผลในการตอบคือ “ไม่ค่าน่าสนใจและตื่นเต้นดี” “ไม่ครับ สนุกดี อยากรู้คำตอบเร็วๆ แต่ไม่ชอบตอนทำใบงานครับ” สรุปได้ว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จากคำถามที่ถามว่า “นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในลักษณะนี้” นักเรียนให้เหตุผลในการตอบคือ “ชอบค่ะเพราะได้ทดลองตื่นเต้นกับการตอบคำถาม” “ชอบค่ะเพราะได้แสดงความคิดเห็นของตนเองด้วยค่ะ” “ชอบวิทยาศาสตร์มากขึ้นครับ เพราะทำให้ผมสรุปงานได้เป็นระบบขึ้นครับ” “ชอบค่ะ ในอนาคตอยากประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ค่ะ” และจากคำถามที่ถามว่า “นักเรียนเคยเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะอะไร” นักเรียนให้เหตุผลในการตอบคือ “เข้าร่วมบ่อยค่ะ เพราะชอบการตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ค่ะ” “เคยค่ะ เพราะชอบที่ได้เล่นเกม” “สนุกดีค่ะ เพราะชอบการแสดงทางวิทยาศาสตร์” สรุปได้ว่านักเรียนนักเรียนมีเจตคติที่ดีในการเรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน เป็นต้น

## 5. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับแผนผังมโนคติ

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในการวัดและประเมินผลผล เรื่องพันธะเคมี โดยการใช้แบบประเมินแผนผังมโนคติ

นักเรียน (คน)	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ผ่านเกณฑ์ 70 % (คน)	ร้อยละ	ไม่ผ่านเกณฑ์ 70 % (คน)	ร้อยละ
42	120	84	35	83.33	7	16.66

นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในการเขียนแผนผังมโนคติเท่ากับ 84 จากคะแนนเต็ม 120 คะแนน และจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนแผนผังมโนคติผ่านเกณฑ์ 70 % ในเรื่อง พันธะเคมีโดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ มีจำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเขียนมโนคติในเรื่อง พันธะเคมีและเชื่อมโยงมโนคติได้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำให้ช่วยสรุปและประหยัดเวลาในการอ่านบททวนเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ดังปรากฏในตารางที่ 7

5.1 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ในการศึกษามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี พบว่านักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง นั่นคือนักเรียนสามารถเขียนมโนคติได้หลังจากเรียนจบกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนสรุปมโนคติได้แล้วนำมาเขียนเป็นแผนผังมโนคติและหาคำเชื่อมระหว่างมโนคติหนึ่งกับอีกมโนคติหนึ่งได้เหมาะสม มีความกระตือรือร้นในการเขียนแผนผังมโนคติ เกิดความชัดเจน ดูแล้วสวยงาม เข้าใจง่าย ช่วยเหลือประหยัดเวลาในการอ่านหนังสือ มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน เกิดการทำงานที่เป็นระบบ ระเบียบ มีการวางแผน และมีขั้นตอนที่ดีมากขึ้น สอดคล้องกับสฤตัญญา สุตะพันธ์ (2548) นิภาพร แสนเมือง (2547) จิราภรณ์ ทัพชัย (2547) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงคุณภาพคือ แผนผังมโนคติช่วยจัดหรือเชื่อมโยงความคิดรวบยอดอย่างมีระบบ เห็นความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของข้อความรู้ ดูแล้วสวยงามชัดเจน เข้าใจง่าย สะดวกและประหยัดเวลาในการอ่านหนังสือ สามารถจำแนกเนื้อหา เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ของเนื้อหาและเชื่อมโยงเนื้อหาได้เป็นลำดับขั้น ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างทั่วถึง ทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการ

ทำงานกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม กล้าแสดงออก มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน ตลอดจนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ได้พัฒนากระบวนการคิดโดยการสรุปและสามารถจัดลำดับความสำคัญของเรื่องที่เรียนได้ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ และเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ และจากการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้พบปัญหาและอุปสรรคคือการขาดความมั่นใจ ไม่กล้าตัดสินใจในการสรุปมโนคติ และการขาดทักษะในการเขียนแผนผังมโนคติ

5.2 ปัญหาการเขียนแผนผังมโนคติ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับ แผนผังมโนคติ ได้จากการสอบถามนักเรียนในการเขียนแผนผังมโนคติ พบว่า นักเรียนไม่มีพื้นฐานในการเขียนแผนผังมโนติมาก่อน ส่วนมากเพิ่งจะเคยเขียนแผนผังมโนคติเป็นครั้งแรก ทำให้เขียนออกมาได้ไม่ดี สรุปเป็นข้อความสั้นๆ ไม่ค่อยได้ สรุปและใช้คำพูดไม่ค่อยเป็น ไม่ค่อยถนัดในการทำและไม่เคยเขียนแผนผังมโนคติเลย ทำให้เข้าใจค่อนข้างยากและกลัวทำไม่ถูกต้อง รูปแบบไม่เป็นของตัวเอง กลัวอาจารย์ว่า ถ้าสรุปสั้นเกินไปกลัวจะอ่านไม่เข้าใจ หากคำเชื่อมยากเพราะต้องหาคำที่เมื่ออ่านแล้วสัมพันธ์กับเนื้อหาและเข้าใจง่าย หรือหาคำเชื่อมได้แต่ยังไม่สมบูรณ์ หากคำเชื่อมมาใส่กลัวไม่ถูกต้อง ระยะเวลาในการดำเนินการเขียนแผนผังมโนติมีน้อยดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในการเขียนแผนผังมโนติ

“อาจารย์คะ ทำไมหนูสรุปยากจังเลยคะ”

“ครูคะ ถูกผิดไม่ว่ากันนะคะ”

“อาจารย์ครับ ผมทำเต็มที่แล้วครับ ได้แค่นี้แหละ”

“อาจารย์คะ ไม่ดีกรอบได้มั๊ยคะ”

“อาจารย์คะ เนื้อหาเยอะมาก สรุปยากคะ”

“อาจารย์คะ เนื้อที่กระดายน้อยไปคะ”

“สรุปและใช้คำพูดไม่ค่อยเป็นคะ”

“สรุปออกมาเป็นคำพูดเป็นข้อความสั้นๆ ไม่ค่อยได้คะ”

“ไม่ค่อยถนัดในการทำและไม่เคยเขียน map เลยคะ”

“ไม่มีทักษะและประสบการณ์ในการเขียน Concept แบบนี้มาก่อน”

“ทำให้เข้าใจค่อนข้างยากและกลัวทำไม่ถูกต้องคะ”

“ไม่เคยทำมาก่อน พยายามทำดีที่สุดแล้วคะ”

“รูปแบบไม่เป็นของตัวเอง กลัวอาจารย์ว่าคะ”

“ในการสรุปงานแต่ละหัวข้อกว่าจะเขียนได้มันยากมากคะ เพราะหนูสรุปงานไม่เป็น บางครั้งไม่รู้จะเขียนคำเชื่อมอย่างไรให้เหมาะสม”

“ในบางครั้งไม่ทราบว่าต้องใช้คำเชื่อมใดในการเชื่อมให้เข้ากับข้อความให้สัมพันธ์กันและอ่านเข้าใจค่ะ”

“หาคำเชื่อมมาใช้แล้วไม่ถูกต้องค่ะ”

“หาคำเชื่อมได้ยากค่ะ”

“เวลาที่ทำน้อยไป เพราะต้องร่างสรุปและเขียนสรุปจริงๆ”

“เวลาที่ทำน้อยเกินไป ไม่พอในการทำงานค่ะ” เป็นต้น

นักเรียนขาดความมั่นใจในการสรุปเพราะยังคงใช้หนังสือช่วยในการตรวจสอบข้อสรุป หรือมีโนมิตที่ได้ ปวดหัว กลัวไม่ถูก เวลานั้นน้อยมากจึงทำให้รู้สึกทำไม่ทันและทำออกมาได้ไม่ดีหรือไม่ค่อยถูกและสรุปเนื้อหาไม่ค่อยได้ ดังตัวอย่างบทสนทนา

“หนูใช้เวลาในการทำงานนานมากค่ะ แล้วก็ทำให้หนูไม่มั่นใจว่าสรุปเนื้อหาถูกหรือเปล่า เวลาเขียน map ก็เลยไม่มั่นใจค่ะ”

“เวลาน้อยมากจึงทำให้รู้สึกทำไม่ทันและทำออกมาได้ไม่ดีหรือไม่ค่อยถูกและสรุปเนื้อหาไม่ค่อยได้”

“ในการสรุปงานแต่ละหัวข้อกว่าจะเขียนได้มันยากมากค่ะ เพราะหนูสรุปงานไม่เป็น บางครั้งไม่รู้จะเขียนคำเชื่อมอย่างไรให้เหมาะสม” เป็นต้น

5.3 ประโยชน์ของการเขียนแผนผังมโนคติ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับ แผนผังมโนคติ ได้จากการสอบถามนักเรียนคือ สามารถสรุปหัวข้อเรื่องที่เรียนมาได้ สามารถแยกสิ่งต่างๆ ให้เป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการจำ ทำให้เข้าใจง่าย เพราะจะจำรูปแบบที่คุ้นตาและไม่ต้องอ่านเนื้อหาซ้ำให้มากเกินไป เพราะก่อนเขียนแผนผังมโนคติจะต้องมีการร่างและอ่านเนื้อหาและทำความเข้าใจมากขึ้น ทำให้ทำงานอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน ทำให้เกิดกระบวนการคิดแบบใหม่เป็นการทำงานที่ทันสมัยเข้าใจง่ายและกระชับกว่าการเขียนโน้ตเป็นเล่ม ทำให้ประหยัดเวลาในการอ่านทบทวนเนื้อหา เป็นวิธีที่ทำให้เกิดการจำได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม ได้หนังสือฉบับย่อเป็นของตัวเอง ตลอดจนได้เรียนรู้วิธีการสรุปงานเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่นๆ ได้ และประโยชน์ที่เป็นผลพลอยได้จากการเขียนแผนผังมโนคติคือความขยัน อดทน ความเพียรพยายามในการทำงานและความกล้าตัดสินใจในการทำงาน ดังตัวอย่าง

“ทำให้เข้าใจง่ายและเข้าใจความหมายของแต่ละหัวข้อ ไม่ต้องเขียนมายาวๆ ค่ะ”

“การทำ map เป็นสิ่งที่คืออยากให้ครูทำไปเรื่อยๆ เพราะหนูเข้าใจค่ะ”

“ทำให้มีความรับผิดชอบมากขึ้น กระตือรือร้นมากขึ้นเพราะกลัวงานไม่เสร็จ”

“ช่วยให้หนูได้ทำงานอย่างเป็นระบบและขั้นตอน รวมถึงเข้าใจในสิ่งที่ทำเป็น

Concept จึงสามารถถอดความออกมาตามความเข้าใจของตนเอง”

“สามารถแยกสิ่งต่างๆให้เป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการจำเพราะเราจะจำแบบรูปภาพที่คุ้นตา” เป็นต้น

#### 5.4 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเขียนแผนผังมโนคติ

ความคิดเห็นของนักเรียนได้จากการสอบถามนักเรียน พบว่า ครูควรยกตัวอย่างแผนผังมโนคติในเรื่องนั้นๆก่อนที่จะมีกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะชอบมากถ้าครูผู้สอนจะอนุญาตให้ทำตามความคิดของตนเองไม่เน้นความเป็นระเบียบเรียบร้อย หรือการตีกรอบบังคับตัวอย่าง

“จะชอบมากถ้าอาจารย์ให้ทำตามความคิดของตัวเองไม่เน้นความเป็นระเบียบ หนูคิดว่ามันเป็นอะไรที่สนุกสุด จะทำด้วยความสนุกและเข้าใจ การที่ทำอะไรที่คนอื่นกำหนดรูปแบบมาให้หนูว่ามันเป็นอะไรที่น่าเบื่อมากๆเลยคะ” เป็นต้น

ครูควรเพิ่มระยะเวลาในการเขียนแผนผังมโนคติเพื่อจะมีเวลาในการสร้างสรรค์ผลงานให้มากขึ้นดังตัวอย่าง

“อยากให้ครูขยายเวลาในการส่งคะ”

“อยากให้อาจารย์ให้เวลาเยอะกว่านี้หน่อยนะคะ”

“อยากให้มีความเวลาในการทำงานมากกว่านี้ งานจะได้มีคุณภาพมากขึ้นคะ” เป็นต้น

## 6. อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังมโนคติ ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนคติ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

### 6.1 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย

#### 6.1.1 ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการอยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนและเกิดความสนใจ ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมทั้งใช้สื่อจากของจริง การทดลอง การใช้คำถาม การกำหนดสถานการณ์ การแสดงบทบาทสมมติ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม ให้นักเรียนตั้งคำถามและ ตอบคำถาม พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีความสนใจในการเรียนจากสิ่งที่ครูกำหนดสถานการณ์ให้เช่นการให้นักเรียนสังเกตดอกไม้ไฟแบบเย็น และดูข่าวไฟไหม้ที่เกิดจากการเล่นดอกไม้ไฟ การใช้ชุดตรวจการนำไฟฟ้า จุ่มลงไปในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น หรือการเล่นบทบาทสมมติ เช่นนักเรียน 1 คน แทนธาตุ 1 ชนิด มี 2 ข้าง แทนเวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน นักเรียนให้ความสนใจและแสดงอาการอยากรู้อยากเรียนสังเกตได้จากคำถาม “ดอกไม้ไฟแบบเย็นทำจากอะไรคะ” หรือ “ทำไม

หลอดไฟจึงสว่างคะ” หรือ “ครูใส่สารอะไรลงไปคะ” เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา แจมมณี (2545) ที่กล่าวว่าผู้สอนมีกระบวนการสอน/กิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด วิเคราะห์ในเรื่องที่จะเรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้ และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2548) ที่กล่าวว่า ครูมีหน้าที่จัด กิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้น ชั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น กิจกรรมอาจเป็น การทดลอง การนำเสนอข้อมูล การสาธิต ข่าว หรือสถานการณ์ ฯลฯ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความขัดแย้ง จากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้ หรือเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษาซึ่งนำไปสู่ การสำรวจตรวจสอบ

### 6.1.2 ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมต่างๆ ในการสำรวจและค้นหา ในเนื้อหา และสร้างแนวคิดของนักเรียนเองผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มในการสืบค้นข้อมูล อย่าง หลากหลายเช่นจากการทดลอง การสืบค้นจากเอกสาร จากอินเทอร์เน็ต จากสื่อ วิกิพีเดีย นอกเหนือจากการทำใบงาน โดยผู้วิจัยคอยกระตุ้น โดยใช้คำถาม ให้เวลาอย่างเพียงพอในการทำงาน และดูแลให้ข้อเสนอแนะในเรื่องต่างๆที่เกิดขึ้น พบว่านักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองและทำ กิจกรรมต่างๆที่ได้รับมอบหมายด้วยความกระตือรือร้น และสามารถสร้างองค์ความรู้และทำความเข้าใจด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับกับจอห์น ดิวอี้ (อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี, 2545) ที่กล่าวว่า”การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีจากการกระทำ” ดังนั้นในการสอนจึงควรเน้นที่ตัวผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากการกระทำและ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้คิด ศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติ อย่างเป็นระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย การเรียนรู้ของนักเรียน จะเกิดขึ้นระหว่างที่นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และสอดคล้องกับ งานวิจัยของลำควน โสตา (2545) คือนักเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียน กล้าแสดงออก ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ มีการพัฒนาทางด้านทักษะการเรียนรู้ มีความสนุกสนาน มีความสุขในชั้นเรียนและมีความกระฉับกระเฉงมากขึ้น กรมวิชาการ (2546)

### 6.1.3 ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

เป็นขั้นที่ได้ต่อเนื่องจากการสำรวจค้นคว้าพบว่านักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสืบค้น มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ ต่างๆเพื่อแสดงถึงโมเดลที่เกิดขึ้น โดยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เช่นนักเรียน สามารถนำเสนอความรู้จากการจัดตัวของลูกโป่งเปรียบเทียบกับรูปทรงเรขาคณิตและรูปร่าง โมเลกุลโคเวเลนต์ได้ แต่เวลามีจำกัดดังนั้น ผู้วิจัยให้นำเสนอโดยการสุ่มคราวละ 2-3 กลุ่ม โดยหมุนเวียนกันไปในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และสมาชิกในแต่ละกลุ่มจะต้องเปลี่ยนกันออก

นำเสนอข้อมูลที่ได้ ในขณะที่มีการนำเสนอ สมาชิกกลุ่มอื่นๆ ร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็น ถือได้ว่าเป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทและความสำคัญมากขึ้นหนึ่ง โดยครูเป็นเพียงผู้คอยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของเนื้อหา ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยูพา กุมภาว์ (2550) พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เกิดจากการเชื่อมโยงความรู้เดิม โดยที่นักเรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะแสวงหาความรู้ใหม่และเสริมสร้างประสบการณ์ตรง ให้กับนักเรียน

#### 6.1.4 ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ใช้ความคิดรวบยอดไปสู่การค้นคว้าในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ๆ พบว่านักเรียนเชื่อมโยงความรู้หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น ครูถามว่า “พันธะเคมีที่อยู่ในน้ำตาลทรายคือพันธะอะไร” นักเรียนตอบได้ถูกว่าเป็นพันธะโคเวเลนต์ และสามารถบอกชนิดของพันธะได้ว่าประกอบด้วยทั้ง พันธะเดี่ยวและพันธะคู่ และ ครูถามว่า “ปูนขาวเขียนสูตรเคมี ได้อย่างไร” นักเรียนตอบได้ว่า  $\text{CaCO}_3$  เป็นสูตรเดียวกับหินปูน และ ครูถามต่อว่า “มีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร” นักเรียนตอบได้ว่าใช้แก้ปัญหา ดินเปรี้ยวหรือใช้ปรับสภาพดินได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเชื่อมโยงเรื่องราวต่างๆ ทำให้เกิดมโนคติที่กว้างขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ แฮร์บาร์ท (อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี, 2545) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการที่บุคคลได้รับประสบการณ์หรือความรู้ไว้ การเรียนรู้จะขยายขอบเขตออกไปเมื่อได้รับความรู้ใหม่ โดยครูช่วยให้ผู้เรียนนำข้อสรุปหรือการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ

#### 6.1.5 ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้รับผลสะท้อนกลับจากประสบการณ์และความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งในขั้นนี้ทำการประเมินโดยใช้แผนผังมโนคติ และตรวจใบงานหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยตรวจแผนผังมโนคติของนักเรียนและเปรียบเทียบกับตัวอย่างแผนผังมโนคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นพบว่า มโนคติของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่อง พันธะเคมี สัมพันธะและสอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ โดยแผนผังมโนคติช่วยสรุปประเด็นสำคัญ ย่อสรุปเนื้อหา ช่วยทำให้ประหยัดเวลาในการอ่านตำรา ทำให้ผู้เรียนจำได้ง่ายมีความคงทนในการจำ เกิดแรงจูงใจในการเรียน ช่วยให้ผู้เขียนสามารถรวบรวมความคิดออกมาเป็นโครงสร้างของการเขียนได้ และประเมินพฤติกรรมนักเรียน โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมที่ประกอบด้วย การแสดงความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ และการถาม-ตอบ ซึ่งถือว่าเป็นการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(สสวท., 2546) ที่กล่าวว่า การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเป็นการประเมินตามสภาพจริงมากกว่าการประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ เนื่องจากการประเมินตามสภาพจริงช่วยสะท้อนถึงสมรรถภาพของผู้เรียนได้ครอบคลุมทุกด้าน

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติ พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป จำนวน 34 คน คิดเป็น ร้อยละ 80.95 นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.04 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนคติส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง เปรียบเทียบ ความเหมือน ความต่าง การจำแนกแยกแยะ ซึ่งสอดคล้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ ปิยะฉัตร ชัยมาลา, ปาริสา ผ่องพันธุ์งาม, อรัญญา สติติไพบูลย์ และเบญจมาศ เกตุแก้ว พบว่าข้อมูลเชิงปริมาณนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และงานวิจัยของลำดวน โสตา และสุกัญญา ทองวัฒน์ พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงขึ้น และมีความสอดคล้องกันในด้านคุณภาพคือนักเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียน กล้าแสดงออกให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ มีการพัฒนาทางด้านทักษะการเรียนรู้ มีความสนุกสนาน มีความสุขในชั้นเรียนและมีความกระตือรือร้นมากขึ้นและนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรูปแบบการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติของสมใจ ธนบดีวิวัฒน์, พวงลดา วรสาร, สุกัญญา สุตะพันธ์, นิภาพร แสนเมือง, ไอลดา ประจันตะเสน และเกษแก้ว ปวนแดง พบว่าในเชิงปริมาณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการทำงานของ รัจนา ภิญโญทรัพย์ พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งจะต่างจากงานวิจัยของ ทิพวดี ทิพย์โคกรวด และอนุพันธ์ ราสี ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

6.3 ผลการศึกษามโนคติ เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วย พันธะไอออนิกและสารประกอบ ไอออนิก, สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก, พันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะ โคเวเลนต์, โครงสร้างของสารโคเวเลนต์, การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสาร โคเวเลนต์, ความยาวพันธะและพลังงานพันธะของสารโคเวเลนต์, รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์, สภาพขั้วของโมเลกุล โคเวเลนต์, แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และสาร โครงผลึกร่างตาข่าย และพันธะโลหะและสมบัติของโลหะชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับ แผนผังมโนคติ พบว่า สอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่มีคะแนน

แผนผังมโนทัศน์ผ่านเกณฑ์ 70 % ในเรื่อง พันธะเคมี โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีจำนวน 35 คน คิดเป็น ร้อยละ 83.33 ของนักเรียนทั้งหมด และสอดคล้องกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัย พบว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป จำนวน 34 คน คิดเป็น ร้อยละ 80.95 นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 19.04 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ และแผนผังมโนทัศน์ยังช่วยสรุปเนื้อหา ประหยัดเวลาในการอ่านบททวนเนื้อหาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุกัญญา สุตะพันธ์, นิภาพร แสนเมือง, จิราภรณ์ ทัพชัย คือ แผนผังมโนทัศน์ช่วยจัดหรือเชื่อมโยงความคิดรวบยอดอย่าง มีระบบ เห็นความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของข้อความรู้ ดูแล้วสวยงาม ชัดเจน เข้าใจง่าย สะดวกและประหยัดเวลาในการอ่านหนังสือ สามารถจำแนกเนื้อหาเกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ ของเนื้อหาและเชื่อมโยงเนื้อหาได้เป็นลำดับขั้น ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างทั่วถึง ทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่ม รู้จักช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม กล้าแสดงออก มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน ตลอดจนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ได้พัฒนากระบวนการคิดโดยการสรุปและสามารถจัดลำดับความสำคัญของเรื่องที่เรียนได้ เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ และเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้

6.4 ผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยของนักเรียน ที่ประกอบด้วยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (SE) ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบบันทึกบทสนทนา แบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ด้านและแบบประเมินเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ พบว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกันคือด้านความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ ( $\bar{X} = 4.07$ ) ด้านความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่นอดทน และความเพียรพยายาม พบว่านักเรียนทำงานอย่างเต็มความสามารถ ( $\bar{X} = 4.31$ ) ด้านความมีเหตุผล พบว่านักเรียนยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐาน หรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ ( $\bar{X} = 4.24$ ) ด้านความมีระเบียบและความรอบคอบ พบว่านักเรียนเห็นคุณค่าความมีระเบียบและความรอบคอบ ( $\bar{X} = 4.07$ ) ด้านความซื่อสัตย์ พบว่านักเรียนบันทึกผลข้อมูลตามความเป็นจริง ( $\bar{X} = 4.26$ ) ด้านความใจกว้าง พบว่านักเรียนรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น ( $\bar{X} = 4.31$ ) และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมพฤติกรรมแสดงออกอยู่ใน

ระดับการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอและเมื่อพิจารณารายข้อพบว่ารายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( $\bar{X} = 4.29$ ) รองลงมาคือตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ( $\bar{X} = 4.19$ ) และตระหนักในคุณและโทษ ของการใช้เทคโนโลยีและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ( $\bar{X} = 4.14$ ) ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ ( $\bar{X} = 3.79$ ) ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนวิทยาศาสตร์ที่จบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปีและแต่ละช่วงชั้นไว้ โดยคุณภาพของผู้เรียนวิทยาศาสตร์เมื่อจบช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ควรมีความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการและจิตวิทยาสตร้นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับทัศนภรณ์ แสงศรีเรือง, คาราวรรณ อานันทนสกุลและ สุชิน เล้าอรุณ พบว่านักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 คุณลักษณะ คือ ความสนใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน ความอดทน รอบคอบและความมุ่งมั่นความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับคนอื่นได้ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเห็นคุณค่าของตนเองในการแสวงหาความรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเกี่ยวกับแนวคิดในการดำรงชีวิตเพื่ออยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างมีความสุข