

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. วัตถุประสงค์การวิจัย
2. สรุปผลการวิจัย
3. อภิปรายผลการวิจัย
4. ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1 เพื่อพัฒนากิจกรรมที่ส่งเสริมตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

5.1.2 เพื่อวัดระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

5.1.3 เพื่อประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

5.2 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปได้ดังนี้

5.2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนมากเข้าใจและสามารถอธิบายในสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ โดยการบรรยาย การวาดภาพ การปั้น การสร้างแบบจำลอง การเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อธาตุ สูตรโมเลกุล สมการทางเคมี ตัวอักษร ตัวเลข และโครงสร้างของสารประกอบ เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิดทางเคมี ส่วนมากแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง ในการเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิดทางเคมี

3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic Level) ระดับไมโครสโกปิก (Microscopic Level) และระดับซิมโบลิก (Symbolic Level) โดยผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมตัวแทนความคิดทางเคมี ได้ดังนี้

5.2.1.1 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

นักเรียนส่วนมากมีความสามารถแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยให้ความสนใจในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic Level) อธิบายว่า สารประกอบโคเวเลนต์เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอโลหะเพราะเป็นพันธะที่เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนวงนอกสุดร่วมกัน อธิบายหลักการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้ อธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะได้และอธิบายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ และให้ความสนใจแสดงออกในระดับไมโครสโกปิก (Microscopic Level) อธิบายการเกิดพันธะโดยใช้ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมาอธิบาย จำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน ระยะห่างระหว่างอะตอมที่สร้างพันธะกัน วาดภาพแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน นอกจากนี้นักเรียนสามารถเขียนสูตร โครงสร้างแบบจุดสูตร โครงสร้างแบบเส้น สูตรโมเลกุลโคเวเลนต์ แทนค่าการคำนวณพลังงานของปฏิกิริยา และเขียนรูปร่างโมเลกุลได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และสามารถที่แสดงออกในระดับซิมโบลิก (Symbolic Level) ของนักเรียน

5.2.1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก

นักเรียนส่วนมากมีความสามารถแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยให้ความสนใจในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic Level) โดยระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกมีสถานะเป็นของแข็ง แข็งแต่เปราะ มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง ละลายน้ำและนำไฟฟ้าได้ อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน โดยใช้กฎออกเตต การให้และรับอิเล็กตรอน อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดสารประกอบไอออนิก และอธิบายปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ และให้ความสนใจแสดงออกในระดับไมโครสโกปิก (Microscopic Level) แสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานและมีการให้และรับอิเล็กตรอนเกิดเป็นพันธะไอออนิก อธิบายโครงสร้างภายในผลึกของสารประกอบไอออนิก แสดงการเขียนสูตรโดยใช้จำนวนประจุบนไอออนบวกและไอออนลบคูณไขว้กัน การอธิบายของแข็งระเหิดเป็นอะตอมในสถานะแก๊ส โมเลกุลของแก๊สแตกออกเป็นอะตอมในสถานะแก๊ส และเสียอิเล็กตรอนออกไปกลายเป็นไอออนบวกหรือไอออนลบ และสามารถเขียนเมื่อสารทั้งสองชนิดทำปฏิกิริยากัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกัน โดยไอออนบวกของสารตัวหน้าไปรวมกับไอออนลบของสารตัวหลัง ไอออนบวกตัวหลังไปรวมกับไอออนลบตัวหน้า จะได้เป็นสารผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยัง

สามารถเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกและสมการไอออนิกได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจและความสามารถที่แสดงออกในระดับซิมโบลิก (Symbolic Level) ของนักเรียน

5.2.1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโลหะ

นักเรียนส่วนมากมีความสามารถแสดงออกในระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยใช้ความเข้าใจในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic Level) อธิบายพันธะโลหะว่าเป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมต่างๆ ในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน มีสมบัติบางประการเหมือนสารประกอบไอออนิก นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี ตีแผ่เป็นแผ่นและดึงให้เป็นเส้นได้ สะท้อนแสงได้ดี และใช้ความเข้าใจแสดงออกในระดับไมโครสโกปิก (Microscopic Level) อธิบายอะตอมของโลหะไม่ได้ยู่เป็นอะตอมเดี่ยว แต่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโลหะแบบต่อเนื่อง พันธะโลหะทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวอะตอมและอิเล็กตรอนทั้งหมดไว้ด้วยกัน และมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ นอกจากนี้ยังวาดภาพแสดงแบบจำลองพันธะโลหะ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ และสามารถที่แสดงออกในระดับซิมโบลิก (Symbolic Level) ของนักเรียน

5.2.2 ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าตัวแทนความคิดของนักเรียนที่แสดงออกมาในแต่ละแนวคิดนั้น ผู้วิจัยได้นำมาจัดกลุ่มเป็นระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้แก่ระดับแมโครสโกปิกร้อยละ 79.68 ระดับไมโครสโกปิกร้อยละ 77.18 และระดับซิมโบลิกร้อยละ 75.62 ซึ่งพบว่าสามารถจัดระดับความสามารถของการแสดงออกตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียนได้ทั้ง 3 ระดับ เป็นส่วนมากในแต่ละแนวคิด ได้แก่ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 81.25 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง ความยาวและพลังงานพันธะ คิดเป็นร้อยละ 71.87 ตัวแทนความคิด เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 68.75 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 81.25 ตัวแทนความคิด เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 75.00 ตัวแทนความคิด เรื่อง ปฏิกริยาของสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 78.12 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ คิดเป็นร้อยละ 87.50 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถที่จะนำเสนอสิ่งที่ตัวเองมีความเข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ ผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งการที่นักเรียนจะแสดงออกของตัวแทนความคิดออกมาทั้ง 3 ระดับได้นั้นหมายความว่า นักเรียนจะต้องเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ชัดเจนในแนวคิดนั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนแต่ละแนวคิดที่ส่วนมากนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดสามารถแสดงออกตัวแทนความคิดทางเคมีได้

5.2.3 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนทั้งหมดมีระดับคะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีทิศทางของความคิดเห็นในทางบวกและมีระดับของความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และ S.D. มีค่าเท่ากับ 0.69 ซึ่งอยู่ในความคิดเห็นระดับมาก แสดงว่านักเรียนมีความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ดีขึ้นและมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หรือความรู้สึที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

5.3 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นำมาอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

5.3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี การสัมภาษณ์ และกิจกรรมใบงานของนักเรียน หลังจากจัดกิจกรรมด้วยรูปแบบการแสดงผลของตัวแทนความคิดทางเคมี โดยคำนึงถึงความเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างมีขั้นตอน มีการเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิด นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม แสวงหาข้อค้นพบด้วยตนเอง ย่อมทำให้นักเรียนมีความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น กระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ส่งเสริมให้มีส่วนร่วมในกิจกรรม นักเรียนจะได้รับการพัฒนาที่สูงขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจ สามารถอธิบายลักษณะการเกิดสารต่าง ๆ สามารถวาดแบบจำลองการเกิดพันธะ การจัดเรียงอิเล็กตรอน และโครงสร้างการเกิดสารประกอบของพันธะต่าง ๆ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เป็นการอธิบายให้ความหมายสมบัติและลักษณะการเกิดพันธะ การวาดภาพ การสร้างแบบจำลองแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต เกิดเป็นสารประกอบที่ยึดเหนี่ยวกันสอดคล้องกับ สิทธิพงษ์ เมืองโคตร (2557, น.4-8) กล่าวว่าตัวแทนความคิด คือ การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ สัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้เปลี่ยนสิ่งที่เรามองเห็น เข้าใจ และจินตนาการ มาเป็นตัวแทนซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการรับรู้ การใช้คำถามในการกระตุ้น และส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกด้วยความเหมาะสมอย่างเต็มที่ การให้นักเรียนออกมานำเสนอในการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ หรือสัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดของตนเองเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ ได้ ที่สอดคล้องกับ พัชร รัมพะยอม (2558, น.188) กล่าวว่า ควรใช้การตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามคิดหาเหตุผล

ว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นเพื่อโยงเข้าสู่คำอธิบาย แล้วจึงนำเสนอภาษาสัญลักษณ์ที่เป็นสมการเคมีแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา ควบคู่กับการใช้คำถามกระตุ้น การจัดการเรียนการสอน จะทำให้ผู้เรียนเห็นตัวอย่างของเรื่องที่กำลังเรียน ทำให้สิ่งที่กำลังเรียนนั้นมีความหมายกับผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมี และการใช้สื่อแอนิเมชัน เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นอธิบายแสดงการเกิดพันธะ และเข้าใจในการสื่อสารการเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ โมเลกุล สารประกอบ ในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนสามารถนำหลักการเกิดพันธะ การเขียนสัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุอโลหะและอโลหะตัวใดตัวหนึ่งได้ ที่จะทำให้เข้าใจการสื่อสารที่เป็นสัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร เพื่อเขียนสัญลักษณ์แทนชื่อของธาตุ อะตอม โมเลกุล สารประกอบ เช่น สัญลักษณ์เคมีของธาตุ สูตรเคมีต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดตัวแทนความคิดทางเคมีในระดับต่าง ๆ ได้ และอธิบายถึงนิยามและสัญลักษณ์ ให้ผู้เรียนเข้าใจ เพราะจะส่งผลให้ผู้เรียนนั้นแสดงออกของตัวแทนความคิดที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับ รัชนี เจนกลาง (2558, น.1659) กล่าวว่า ความสามารถในการแสดงออกของความคิดของตนเองออกมาในแนวทางที่หลากหลาย ได้แก่ การแสดงตัวแทนความคิดของตนเองออกมาในรูปแบบของสิ่งที่มองเห็นได้ เช่น การใช้รูปภาพ การวาดภาพ การสร้างแบบจำลอง การใช้ภาพเคลื่อนไหว เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย ใกล้เคียงกัน Weller And Nakhleh (2010, pp. 349-351) ที่กล่าวว่า การใช้ตัวแทนความคิดที่เป็นภาพ หรือเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ เช่น ภาพเคลื่อนไหว กราฟ แผนภาพ และ การวาดภาพต่าง ๆ มาใช้ในการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี จะช่วยให้ครูเข้าใจในแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ และสอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551, น.13) กล่าวว่า การอธิบายในระดับสัญลักษณ์ คือ การใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการอธิบายระดับมหภาคและระดับจุลภาค เช่น สัญลักษณ์ของธาตุ สมการเคมี สูตร โมเลกุล แบบจำลองอะตอม หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่แทนสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจลักษณะการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ และจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ทำให้ทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะสามารถที่จะเชื่อมโยงการเกิดพันธะโคเวเลนต์และการเขียนสูตร โครงสร้าง การเขียนแผนภาพจำลองการใช้อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ได้ แสดงว่านักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดจากการเรียนผ่านกิจกรรมนี้ ซึ่งสอดคล้องกับ พัชรีย์ ร่มพะยอม (2558, น.189) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดในวิชาเคมี ถ้าจะให้เกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจและอธิบายการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับนั้น ผู้เรียนต้องเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสสารว่า

เกิดขึ้นอย่างไร อาจศึกษาได้จาก การทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง หรือการสังเกตรูปร่างลักษณะภายนอก เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์สิ่งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จากนั้นนักเรียนต้องเขียนเป็นสัญลักษณ์เพื่อแสดงความเข้าใจและเป็นตัวแทนความคิดของตัวเอง โดยที่ผู้เรียนต้องรู้จักสัญลักษณ์ทางเคมี เพราะความหมายของสัญลักษณ์นั้น จะสามารถอธิบายหรือสื่อความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะไอออนิก เป็นการอธิบายให้ความหมาย และลักษณะการเกิดของสารประกอบไอออนิกที่เกี่ยวกับพลังงาน แสดงการเขียนแผนภาพการให้และการรับอิเล็กตรอน การเกิดเป็นไอออน แล้วเกิดแรงยึดเหนี่ยว และการจัดเรียงอิเล็กตรอน สอดคล้องกับ พรรณวิไล ชมชิด (2550, น.32-33) กล่าวว่า ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีเป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่แสดงออกในระดับชั้น-แมคโครสโกปิก เป็นการอธิบายในระดับที่บ่งบอกว่าสารที่สังเกตเห็นนั้นประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล หรือไอออนอะไรบ้าง เช่น แบบจำลองอะตอม แบบจำลองแสดงการจัดเรียงและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร การใช้สื่อทางคอมพิวเตอร์ให้นักเรียนเห็นภาพอะตอมโลหะทำหน้าที่ยอมรับอิเล็กตรอนส่วนโลหะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเพื่อให้อิเล็กตรอนครบ 8 ที่สอดคล้องกับ Kozma and Russell (2005, p.141) ที่กล่าวว่าแบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีเกี่ยวกับโครงสร้างกับพันธะมากยิ่งขึ้นส่วนมากการอธิบายในเรื่องนี้มีการใช้ตัวแทนความคิดในระดับ Microscopic และ Symbolic มาอธิบายหลักการเกิดไอออน การเขียนสัญลักษณ์ไปอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุโลหะและอโลหะ สอดคล้องกับ ดวงกมล บำรุงบ้านท่อม (2556, น.11) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่นักเรียนใช้เป็นตัวแทนเพื่อที่จะสื่อสาร หรือแสดงออกถึงความคิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ เป็นตัวแทนของความคิดซึ่งเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้นมาอาจแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนบรรยายแผนภาพ รูปภาพ การแสดงท่าทาง การทำแบบจำลอง ที่สอดคล้องกับ สิทธิพงษ์ เมืองโคตร (2557, น.4-8) ได้กล่าวว่าตัวแทนความคิด คือ การอธิบาย การบรรยาย การเขียนภาพ สัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้เปลี่ยนสิ่งที่เรามองเห็นเข้าใจ และจินตนาการ มาเป็นตัวแทนซึ่งทำหน้าที่ในการอธิบายการรับรู้ของเรา การทำการทดลองเกี่ยวกับการเกิดพันธะ โดยนำธาตุโซเดียมและแก๊สคลอรีนมาทำปฏิกิริยากัน เพื่อให้นักเรียนได้สังเกตขั้นตอนแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก และอธิบายการเขียนสัญลักษณ์ในรูปของสมการไอออนิก กลไกการเกิดปฏิกิริยา สัญลักษณ์ทางเคมีในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางแนวคิดในระดับต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ พัชรีย์ ร่มพะยอม (2558, น.190) ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมีว่า ควรให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง เพื่อให้เห็นภาพ หรือเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ผู้เรียนได้เห็นของจริงหรือได้เห็นตัวอย่างของสิ่งที่กำลังเรียน จะทำให้สิ่งที่

กำลังเรียนนั้นมีความหมายกับผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมี และภาษาสัญลักษณ์ได้ง่าย และสอดคล้องกับ Johnstone (1991, p.75) กล่าวในระดับซิมโบลิก เป็นระดับที่เป็นการนำเสนอปรากฏการณ์ทางเคมีโดยใช้ ภาษา สัญลักษณ์ประเภทต่าง ๆ เช่น สมการเคมี สูตรเคมี สมการเคมีทางคณิตศาสตร์ กราฟ รูปภาพ กลไกของปฏิกิริยาเคมี ลูกศร เป็นต้น ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจลักษณะการเกิดพันธะไอออนิกได้ และสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะไอออนิก ทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพันธะและกระบวนการเกิดพันธะ คือแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าระหว่างไอออนที่มีประจุบวกและประจุลบสามารถเขียนแผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของธาตุเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก และการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกได้ แสดงว่านักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดจากการเรียนผ่านกิจกรรมนี้ และสอดคล้องกับ อรรถพร จันทร์ฟู (2554, น.163-164) ได้ให้ความสำคัญของการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ ผู้เรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมี จะเห็นว่าการศึกษาเคมีเป็นวิชาที่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับ พัชร รมพะยอม (2558, น.188) เนื้อหาเคมีส่วนใหญ่มีความซับซ้อนและมักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี ซึ่งผู้สอนต้องใช้แบบจำลอง (Model) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) ในการอธิบายเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโลหะ เป็นการอธิบายให้ความหมายสมบัติและลักษณะการเกิดพันธะ เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ทำให้อะตอมของโลหะอยู่ด้วยกันในก้อนของโลหะ โดยมีการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมของโลหะ ความแข็งแรงของพันธะโลหะขึ้นอยู่กับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของโลหะและประจุของไอออนบวก โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมเหลวสูง สามารถตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ มีผิวเป็นมันวาวและนำความร้อนได้ดี การใช้แบบจำลองอธิบายการเกิดพันธะ เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางความคิดในระดับต่าง ๆ ได้ การถามคำถามจากภาพเพื่อสะท้อนความรู้ของตนเอง และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นอธิบายแสดงการเกิดพันธะ และอธิบายโดยการเขียนแผนภาพแสดงแบบจำลองของพันธะโลหะ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจสามารถอธิบายสื่อสารด้วยภาษาสัญลักษณ์ สอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558, น.97-98) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดและเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนได้ ทำให้เป็นแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูง ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายความเข้าใจลักษณะการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะได้ และจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงการเกิดพันธะโลหะ การเขียนแผนภาพ

แสดงแบบจำลองพันธะโลหะ และนักเรียนสามารถวาดภาพประกอบการอธิบายได้ แสดงว่านักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดจากการเรียนผ่านกิจกรรมนี้ สอดคล้องกับ Kozma and Russell (2005, p.141) ที่กล่าวว่าแบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีเกี่ยวกับ โครงสร้างกับพันธะมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับสอดคล้องกับ Treagust, et al. (2007,p.1353) กล่าวว่า การสอนในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้ระดับตัวแทนความคิดที่หลากหลายโดยใช้ตัวแทนความคิดในระดับแมโครสโกปิก ไมโครสโกปิก และซิมโบลิก ในการอธิบายเน้นให้นักเรียนได้ใช้ระดับของตัวแทนความคิดมาใช้ในการอธิบายเพื่อเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิด นอกจากนี้ Wu and Shah (2004, p.233) ได้กล่าวถึงพัฒนาทักษะระดับการแสดงผล ในแนวคิดทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ว่าต้องจัดให้นักเรียนได้เห็นระดับการแสดงผล และสร้างคำอธิบายเชื่อมโยงกับสิ่งที่มองเห็นนั้น นำเสนอการเคลื่อนไหวการเปลี่ยนแปลง และธรรมชาติของเคมีในเชิงปฏิสัมพันธ์ส่งเสริมให้นักเรียนมองเห็นทั้งในระดับ 2 มิติ 3 มิติ และลดการสอนให้นักเรียนจดจำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในการทำวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงความสามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจออกมาผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้

5.3.2 ระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าตัวแทนความคิดของนักเรียนที่แสดงออกมาในแต่ละแนวคิดนั้น ผู้วิจัยได้นำมาจัดกลุ่มเป็นระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้แก่ระดับแมโครสโกปิกร้อยละ 79.68 ระดับไมโครสโกปิกร้อยละ 77.18 และระดับซิมโบลิกร้อยละ 75.62 ซึ่งพบว่าสามารถจัดระดับความสามารถของการแสดงผลตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียนได้ทั้ง 3 ระดับ เป็นส่วนมากในแต่ละแนวคิด ได้แก่ ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 81.25 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง ความยาวและพลังงานพันธะ คิดเป็นร้อยละ 71.87 ตัวแทนความคิด เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 68.75 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 84.37 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 81.25 ตัวแทนความคิด เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 75.00 ตัวแทนความคิด เรื่อง ปฏิริยาของสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 78.12 ตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโลหะ คิดเป็นร้อยละ 87.50 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถที่จะนำเสนอสิ่งที่ตัวเองมีความเข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ ผ่านระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งการที่นักเรียนจะแสดงผลของตัวแทนความคิดออกมาทั้ง 3 ระดับได้นั้นหมายความว่า นักเรียนจะต้องเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ชัดเจนในแนวคิดนั้น ๆ

ซึ่งสอดคล้องกับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนแต่ละแนวคิดที่ส่วนมากนักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดสามารถแสดงออกออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ และสอดคล้องกับ Kozma and Russell (1997, p.949) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการพัฒนาตัวแทนความคิดทางเคมีนี้จะนำไปสู่ความสำเร็จในการสร้างความเข้าใจทางเคมี และในเนื้อหาสาระของหลักสูตรเคมี ได้แก่ สามารถที่จะใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่สังเกตได้ สามารถที่จะสร้างหรือเลือกตัวแทนความคิดและอธิบายได้ว่าตัวแทนความคิดนั้นมีความเหมาะสมอย่างไร สามารถบรรยายถึงความแตกต่างของตัวแทนความคิดได้ และสามารถที่จะเชื่อมโยงตัวแทนความคิดที่ต่างกักันเข้าด้วยกันหรือเชื่อมโยง ประเภทของตัวแทนความคิดประเภทหนึ่งไปยังตัวแทนความคิดอีกประเภทหนึ่งได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหา จะช่วยสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงแนวคิดได้มากขึ้นและมีความสามารถที่จะนำเสนอสิ่งที่นักเรียนเข้าใจผ่านตัวแทนความคิดออกมาได้ทั้ง 3 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Krajcik (2001, p.821) ที่กล่าวว่าความสามารถของผู้เรียนในการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี โดยการจัดการเรียนการสอนอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีได้ และสอดคล้องกับ พัชร รัมพะยอม (2558, น.193-194) กล่าวว่า ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี เป็นการนำเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิชาเคมีที่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ ความรู้หรือการแสดงออกถึงความเข้าใจในการแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมคโครสโกปิก ระดับไมโครสโกปิก และระดับสัญลักษณ์ เป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากความคิดซึ่งเป็นที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จะสะท้อนออกมาในรูปแบบตัวแทนความคิดที่หลากหลาย เช่น รูปภาพ แบบจำลอง สัญลักษณ์ เป็นต้น การแสดงออกดังกล่าวล้วนแต่เป็นความสามารถของบุคคลในการเปลี่ยนแปลงตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง การแสดงออกของระดับตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียนในรูปแบบที่หลากหลาย จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่เป็นนามธรรมไปสู่ระดับสัญลักษณ์ได้ ด้วยเหตุนี้ Gilbert (2005, p.24) จึงกล่าวได้ว่าการสอนอย่างเป็นระบบที่เน้นการแสดงให้นักเรียนเห็นภาพเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจและเชื่อมโยงความเข้าใจทางเคมีทั้ง 3 ระดับ ซึ่งการพัฒนาความสารถด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการวิจัยครั้งนี้จึงส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดและความเข้าใจในระดับตัวแทนความคิดทางเคมีได้ถูกต้อง

5.3.3 การประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับตัวแทนความคิดทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า

นักเรียนทั้งหมดมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.52$, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณารายการประเมินภาพรวมทั้ง 21 ข้อ ของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด พบว่ารายการประเมินที่มีคะแนนเฉลี่ยต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ความคิดเห็นระดับมาก คือ นักเรียนชอบทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชอบฟังความคิดเห็นของคนอื่น ($\bar{x} = 4.96$) เนื่องจากนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมจากการทำการทดลองเกี่ยวกับการเกิดพันธะ โดยนำธาตุโซเดียมและแก๊สคลอรีนมาทำปฏิกิริยากัน เพื่อให้นักเรียนได้สังเกตเห็นตอนแสดงการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิก ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจ สนใจและอยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่ได้เรียนรู้ การสังเกตสิ่งที่เปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งทำให้สิ่งที่กำลังเรียนนั้นมีความหมายกับนักเรียนเรียนรองลงมาคือ นักเรียนมีความสุขสนุกสนานเมื่อได้เรียนวิทยาศาสตร์ ($\bar{x} = 4.87$) นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ชอบในงานศิลปะและชอบฟังเพลง ($\bar{x} = 4.80$) เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมด้วยการให้นักเรียนมีส่วนร่วม โดยการถามและตอบในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกด้วยความเหมาะสมอย่างเต็มที่ และให้นักเรียนออกมานำเสนอสรุปองค์ความรู้สิ่งที่ตนเองเข้าใจ และเพื่อนเข้าใจเพื่อนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและกัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดในเนื้อหาที่เรียน และนักเรียนคิดว่าบทเรียนวิทยาศาสตร์เป็นบทเรียนที่น่าสนใจ นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิต ($\bar{x} = 4.67$) เนื่องจากการจัดกิจกรรมด้วยรูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมี จะคำนึงถึงความเหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการเรียนรู้อย่างมีขั้นตอน มีการเชื่อมโยงระดับตัวแทนความคิด เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจสามารถสื่อออกมาให้ผู้อื่นได้รับรู้ถึงแนวคิดที่ตนเองเข้าใจ และส่งเสริมให้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม แสวงหาข้อค้นพบด้วยตนเอง ย่อมทำให้นักเรียนมีความสนใจ อยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ในบทเรียน จากรายการประเมินแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าและประโยชน์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน และเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ สอดคล้องกับ พรณวิไล ชมชิด (2557, น.96) กล่าวว่าเจตคติเป็นเรื่องของความรู้สึก มีอิทธิพลทำให้แต่ละคนสนองตอบต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป เจตคติเป็นเรื่องที่มีความสำคัญที่ควรสร้างให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เนื่องจากถ้าหากผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งที่เรียนจะส่งผลต่อการเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น.86) กล่าวว่าเจตคติเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีความรู้สึกด้านอารมณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งมองไม่เห็นเป็นตัวกำหนดให้บุคคลมีการกระทำต่าง ๆ กัน แล้วแต่ความเชื่อ ค่านิยมและความรู้สึกของเขาในการจัดการเรียนการสอน และยังสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 133-135) ที่

ระบุคุณลักษณะสำคัญและพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ว่า ความสนใจใฝ่รู้ หรือความอยากรู้อยากเห็น แสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะเป็นวิธี ในการแก้ปัญหาได้ มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่สืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหา ใหม่ ๆ อยู่เสมอ มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ ชอบทดลองค้นคว้า ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมระดับ ตัวแทนความคิดทางเคมีส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ดีขึ้น และมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หรือความรู้สึกรักต่อ วิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.4.1.1 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมตัวแทนความคิดทางเคมีสามารถใช้ สอนได้ทุกระดับชั้น ดังนั้นผู้สอนควรปรับให้เหมาะสมกับระดับชั้นก่อน คำนึงถึงแนวคิดเดิมของ นักเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และไม่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

5.4.1.2 ในการทดสอบความรู้ ครูควรตั้งคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ระดับ การแสดงออกทางเคมีทั้ง 3 ระดับ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจใน กระบวนการคิด ประเมินการรู้คิดของตนเอง เมื่อทราบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในการแสดงออก ระดับใด ครูจะได้ทำการช่วยเหลือนักเรียนต่อไป เพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน

5.4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 ควรหาแนวทางหรือวิธีการสอนอื่นๆ เพิ่มเติมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้มากขึ้น

5.4.2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการแสดงออกของตัวแทนความคิดที่หลากหลายรูปแบบ (Mode of Representation) เพื่อที่จะให้นักเรียนแสดงออกได้เต็มศักยภาพ