

บทที่ 4

ผลการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้นำเสนอผลวิจัยตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอข้อมูลผลการวิจัย
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอข้อมูลผลการวิจัย
3. ผลการวิจัย

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอข้อมูลผลการวิจัย

ในการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกันในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และความหมายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

- \bar{x} แทน ค่าเฉลี่ย
- $S.D$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- df แทน ความเป็นอิสระของตัวแปร
- t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าวิกฤต
- r แทน ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย
- β แทน ค่าแนวโน้มความถดถอย
- R แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
- R^2 แทน ค่าสถิติสหสัมพันธ์ของการพยากรณ์

4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอข้อมูลผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ผลการศึกษาคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับเกณฑ์ร้อยละ 75

4. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์


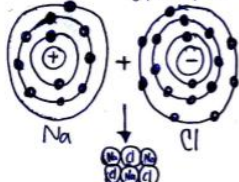
4.3 ผลการวิจัย

4.3.1 ศึกษาตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดและโครงสร้างสารประกอบไอออนิก พบว่า
 นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 3 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
 แสดงดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

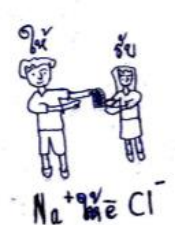
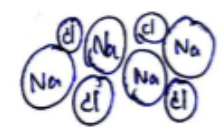
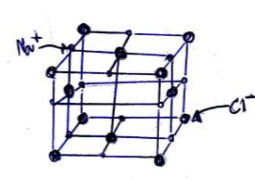
ตารางที่ 4.1

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดและ โครงสร้าง
 สารประกอบไอออนิก

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
3	3	8.82	นักเรียนเชื่อมโยง 2 ตัวแทน ความคิดได้แต่อธิบาย ความสัมพันธ์ไม่ได้ โดย นักเรียนเข้าใจแค่ว่าจะมี การเกิดเป็นไอออน แต่ไม่ เข้าใจว่าจะเกี่ยวข้องกับ พันธะไอออนิกอย่างไร	Na อนุ 1 = 2, 8, 1 Cl อนุ 7 = 2, 8, 7 
4	8	23.55	นักเรียนปรับเปลี่ยนตัว แทนความคิดหนึ่งไปสู่ อีกตัวแทนความคิดหนึ่ง ได้โดยเขียนสมการและ การจัดเรียงอิเล็กตรอน เพื่ออธิบายการเกิดสาร	Na จะให้ e^- กับ Cl $Na =$ อนุ 1 เป็นธาตุโลหะ $Cl =$ อนุ 7 เป็นธาตุอโลหะ จัดเรียงอิเล็กตรอน $Na = 2, 8, 1$ $Cl = 2, 8, 7$ 

(ต่อ)

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	23	67.65	นักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดโดยการวาดภาพการ์ตูนเพื่อสื่อถึงการแลกเปลี่ยนไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ และนักเรียนอธิบายโครงสร้างโดยการวาดภาพเป็นก้อนผลึกซึ่งภายในก้อนผลึกประกอบด้วยอะตอมของโซเดียมและอะตอมของคลอรีนล้อมรอบ	 $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NaCl}$  

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 67.65 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น นักเรียนร้อยละ 23.55 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้ และนักเรียนร้อยละ 8.82 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะกายภาพแต่ยังไม่เข้าใจในความหมายของสิ่งที่นำเสนอ

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อ สารประกอบไอออนิก

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	5	14.71	นักเรียนใช้ตัวแทนความคิด 2 ตัวแทนความคิดในการ เขียนสูตรและเรียกชื่อ สารประกอบไอออนิกโดยใช้สัญลักษณ์ และการ บรรยายพบว่าเขียนสูตร โดยใช้แผนภาพการคูณไขว้ของสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้าง หน้าตามด้วยไอออนลบ เพื่อกำหนดอัตราส่วน อย่างต่ำและเรียกชื่อ สารประกอบโดยการอ่าน ไอออนบวกก่อนตามด้วย ไอออนลบแล้วเปลี่ยน เสียงพยางค์สุดท้ายเป็น ไอต์ ตัวแทนความคิดที่ นักเรียนใช้มีความสัมพันธ์ กันแสดงว่าเข้าใจความ หมายของตัวแทนความคิด	<p>Al หมู่ที่ 3 S หมู่ที่ 6 ธาตุโลหะกับธาตุโลหะ Al⁺³ S⁻² Al₂ S₃ 2:3 Al = 2, 8, 3 S = 2, 8, 6 AIS อะลูมิเนียมซัลไฟด์</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	29	85.29	นักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดในการเขียนสูตรและเรียกชื่อของสารประกอบอุมิเนียมซัลไฟด์โดยใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดโดยพบว่านักเรียนอธิบายความหมายที่ซ่อนอยู่ภายในโดยใช้แบบจำลอง เช่น นักเรียนสร้างแบบจำลองการโยนวัตถุจากที่สูงเพื่อสื่อถึงไอออนของธาตุ แสดงว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้และเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด	

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 85.29 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 14.71 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก

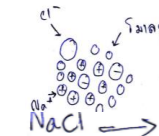
ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	21	61.76	นักเรียนปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดทางกายภาพมาเป็นการใช้สัญลักษณ์และแผนภาพเพื่ออธิบายถึงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกว่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน พบว่า ตัวแทนความคิดมีความ สัมพันธ์กัน	<p>1. การระเหิดของ ลิเทียม</p> <p>2. การแตกตัวเป็นไอออนของลิเทียม</p> <p>3. การละลายในน้ำ ของแก๊สฟลูออรีน</p> <p>A. การเกิด ลิเทียมฟลูออไรด์</p> <p>5. การเกิด ลิเทียมฟลูออไรด์</p>
5	13	38.24	นักเรียนสามารถนำเสนอโดยใช้ตัวแทนความคิดมากกว่า 2 ตัวแทนความคิด อธิบายโดยใช้แบบจำลองชั้นบันได อธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานทั้ง 5 ขั้นตอน แสดงว่านักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิด	<p>1. การระเหิดของลิเทียม. ขั้น 1 $\text{Li(s)} \rightarrow \text{Li(g)}$</p> <p>2. การแตกตัวของลิเทียม. ขั้น 2 $\text{Li(g)} \rightarrow \text{Li}^+(\text{g}) + e^-$</p> <p>3. การแตกตัวของฟลูออรีน. ขั้น 3 $\frac{1}{2}\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{F}(\text{g})$</p> <p>4. การจับตัวของอิเล็กตรอน. ขั้น 4 $\text{F}(\text{g}) + e^- \rightarrow \text{F}^-(\text{g})$</p> <p>5. จากแก๊สลิเทียมฟลูออไรด์. ขั้น 5 $\text{Li}^+(\text{g}) + \text{F}^-(\text{g}) \rightarrow \text{LiF(s)}$</p>

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนร้อยละ 38.24 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 61.76 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	4	11.76	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งเพื่ออธิบายการละลายของโซเดียมคลอไรด์โดยกล่าวสรุปเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลซึ่งส่วนใหญ่เข้าใจว่าโมเลกุลของน้ำล้อมรอบโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์และยังพบว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดจากรูปภาพมาเป็นการเขียนสมการเคมี แสดงว่านักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิด	${}^{\text{Na}} = 2, 8, 1 \longrightarrow \text{IA}$ ${}^{\text{Cl}} = 2, 8, 6 \longrightarrow \text{VIIA}$ <p>Na มีเลขโดดในชั้น อยู่ชั้นที่ 1 หรือ Cl มีเลขโดดในชั้น อยู่ชั้นที่ ๗</p>  $\text{NaCl} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ <p>โมเลกุลของน้ำล้อมรอบโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

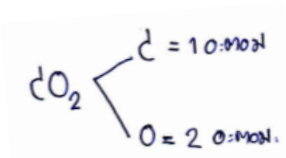
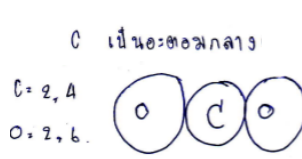
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	30	88.24	นักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิด เช่น นักเรียนวาดภาพดอกไม้ โดยให้ตำแหน่งของเกสรดอกไม้เป็น โมเลกุลของ โซเดียมคลอไรด์ และให้ ตำแหน่งของกลีบดอกเป็น โมเลกุลของน้ำ ส่วนการ อธิบายปฏิกิริยาพบว่า นักเรียนวาดภาพของการ ทดลองเพื่อเขียนสมการเคมี ที่เกิดขึ้นและเรียบเรียงเป็น ภาษาสำนวนที่สอดคล้อง กับการเปลี่ยนแปลงใน ระดับโมเลกุล	<p>โมเลกุลของน้ำคือกลีบดอก โซเดียมคลอไรด์คือเกสรดอกไม้ ไอออนโพสิทีฟคือคาทไอออนลบคือแอนไอออน พลังงานที่ออกมาคือไฟฟ้ปริมาณเท่ากับ พลังงานที่เข้า</p> <p>โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ</p>

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 88.24 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 11.76 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 2 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.5 ดังนี้



ตารางที่ 4.5

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
2	2	5.88	นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดอยู่บนพื้นฐานลักษณะทางกายภาพร่วมกับสัญลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้นแต่นักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	
3	4	11.76	นักเรียนอธิบายตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะทางกายภาพโดยทราบแค่ธาตุคาร์บอนอยู่หมู่ 4A และออกซิเจนอยู่หมู่ 6A แต่ยังไม่สามารถอธิบายการเกิดของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโมเลกุลได้แสดงว่านักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	
4	10	29.41	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งโดยนักเรียนแสดงสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

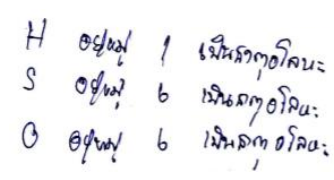
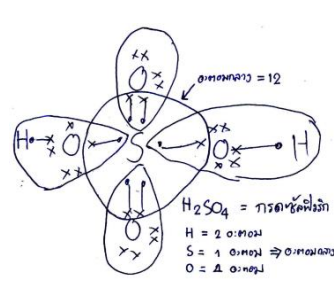
ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
			เพื่อให้เข้าใจว่าโมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันและมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมทั้งสองเป็นโมเลกุลที่เป็นไปตามกฎออกเตตพบว่าตัวแทนความคิดทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน	$C = 2, A \rightarrow IVA$ $O = 2, 6 \rightarrow VIA$ C ๑คู่ 4 A เป็นหมู่ที่ ๑๔ O ๑คู่ 6 เป็นหมู่ที่ ๑๖ ๒ อะตอม C ใช้ ๑ อิเล็กตรอนร่วมกัน ๒ อะตอม O เป็น ๒ อะตอม 
5	18	52.95	นักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการเกิด CO ₂ นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดในการนำเสนอโดยการวาดภาพการ์ตูนผู้ชายกับผู้หญิงจับมือกัน แสดงว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดได้	

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 52.95 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น นักเรียนร้อยละ 29.41 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้ นักเรียนร้อยละ 11.76 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะกายภาพแต่ยังไม่เข้าใจในความหมายของสิ่งที่นำเสนอ และนักเรียนร้อยละ 5.88 จะอธิบายตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะทางกายภาพพร้อมกับสัญลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้น

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 3 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.6

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
3	3	8.82	นักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะทางกายภาพเท่านั้นโดยอธิบายได้เพียงว่าซัลเฟอร์อยู่หมู่ 4A ออกซิเจนอยู่หมู่ 6A และไฮโดรเจนอยู่หมู่ 1A ซึ่งนักเรียนไม่สามารถพิจารณาอะตอมกลางเพื่อเขียนโครงสร้างลิวอิสได้ แสดงว่านักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	
4	9	26.47	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งได้ นักเรียนพิจารณาได้ว่าโมเลกุลของกรดซัลฟิวริกเป็น ชนิดพันธะเดียวกับพันธะคู่อิเล็กตรอนรอบอะตอมกลางเท่ากับ 12	

(ต่อ)

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	22	64.71	พบว่าไม่เป็นไปตามกฎออก เตตตัวแทนความคิดที่ นักเรียนใช้มีความสัมพันธ์ กัน แสดงว่านักเรียนเข้าใจ ความหมายของตัวแทน ความคิด นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดได้ มากกว่า 2 ตัวแทนความคิด ในการอธิบายโมเลกุลของ กรดซัลฟิวริกว่าเป็นชนิด พันธะเดียวกับพันธะคู่ ซึ่ง โมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎ ออกเตตนักเรียนสร้าง ตัวแทนความคิดโดยการ สร้างแบบจำลองกลุ่มบุคคล เพื่ออธิบายตำแหน่งของ อะตอมกลางและอะตอม ล้อมรอบ	

จากตารางที่ 4.6 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 64.71 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น นักเรียนร้อยละ 26.47 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้ และนักเรียนร้อยละ 8.82 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะกายภาพแต่ยังไม่เข้าใจในความหมายของสิ่งที่นำเสนอ

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ พบว่านักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	14	41.18	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งได้ ตัวแทนความคิดที่นักเรียนนำเสนอมีความสัมพันธ์กันโดยนักเรียนสามารถกำหนดอะตอมกลางและอะตอมล้อมรอบได้ซึ่งพิจารณาจากค่าลำดับธาตุจากค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีน้อยกว่าแล้วตามด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมากกว่า และนักเรียนเรียกชื่อสารประกอบซัลเฟอร์ไอออกไซด์ได้ถูกต้องตามหลักการแสดงว่านักเรียนเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	S อะตอม 6 O อะตอม 6 SO ₂ . ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ S เป็นอะตอมกลาง EN ↑ O เป็นอะตอมล้อมรอบ EN ↓

(ต่อ)

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	20	58.82	นักเรียนสามารถนำเสนอ ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดในการ เขียนสูตรและเรียกชื่อ สารประกอบซัลเฟอร์ได ออกไซด์ระหว่างสมบัติทาง กายภาพร่วมกับรูปแบบ สัญลักษณ์เพื่ออธิบาย กระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายใน ระดับสัญลักษณ์ เช่น นักเรียนพยายามที่จะอธิบาย การเขียนสูตรโดยใช้ภาพ การ์ตูนเพื่อจินตนาการของ ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมา ช่วยในการเชื่อมโยงตัวแทน ความคิด	<p> S^{2-} หมู่ 6 O^{2-} หมู่ 6 SO_2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ S และ O เป็นธาตุไอโตะ </p> <p> EN ↑ O S EN ↓ SO₂ < S 10:10:20 O 20:10:20 </p>

จากตารางที่ 4.7 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 58.82 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 41.18 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ความยาวและพลังงานพันธะ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 2 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.8

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง ความยาวและพลังงานพันธะ

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
2	2	5.58	นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนความคิดอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพร่วมกับสัญลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้น แสดงว่านักเรียนไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	$\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{g}) + 3\text{HCl}(\text{g})$
3	2	5.58	นักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดได้ในลักษณะกายภาพเท่านั้น โดยทราบแค่ว่าเมื่อสลายพันธะในโมเลกุลออกเป็นอะตอมเดี่ยวจะต้องมีพลังงานเกิดขึ้นแต่ไม่รู้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบใดแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจถึงตัวแทนความคิดที่นำเสนอออกมาและยังไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	<p>สารตัวทำ</p> $\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{g}) + 3\text{HCl}(\text{g})$ <p>สารผลิตภัณฑ์</p> <p>เกิดชนเปลี่ยนพลังงาน</p> <p>ชนิดพลังงาน</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{g}) + 3\text{HCl}(\text{g}) \\ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \quad 3(\text{Cl}-\text{Cl}) \quad \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array} \end{array}$ <p>สารตัวทำ</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	6	17.65	นักเรียนปรับเปลี่ยนจาก ตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ อีกตัวแทนความคิดหนึ่ง โดยนักเรียนเชื่อว่าเมื่อเกิด การสลายพันธะในโมเลกุล ออกเป็นอะตอมเดี่ยว จะต้องใช้พลังงาน -306 กิโลจูลซึ่งเป็นการเปลี่ยน แปลงแบบคายพลังงานจาก สมการเคมีที่นักเรียนเขียน ทำให้ทราบว่าเกิดการเกิด ปฏิกิริยาเคมีจะเกี่ยวข้อง กับการสลายพันธะในสาร ตั้งต้นและจะสร้างพันธะ ในผลิตภัณฑ์นักเรียนเลย สร้างแนวความคิดว่าสร้าง คายสลายจุด แสดงว่า นักเรียนเข้าใจความหมาย ของตัวแทนความคิด	$\text{CH}_4(g) + 3\text{Cl}_2(g) \rightarrow \text{CHCl}_3(g) + 3\text{HCl}(g)$ $\begin{aligned} \text{C-H} &= 413 \text{ kJ/mol} \\ \text{Cl-Cl} &= 243 \text{ kJ/mol} \\ \text{C-Cl} &= 327 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$ $E_1 = 4(\text{C-H}) + 3(\text{Cl-Cl})$ $= 4(413) + 3(243)$ $= 2981 \text{ kJ}$ $E_2 = 3(\text{C-Cl}) + (\text{C-H}) + 3(\text{H-Cl})$ $= 3(327) + (413) + 3(431)$ $= 2687 \text{ kJ}$ $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$ $= 2981 - 2687$ $= -306 \text{ kJ (คายพลังงาน)}$
5	24	70.59	นักเรียนสามารถใช้ตัวแทน ความคิดได้มากกว่า 2 ตัว แทนความคิดเพื่ออธิบาย การเปลี่ยนแปลงของ ปฏิกิริยาซึ่งอยู่ในระดับ โมเลกุล เช่น นักเรียน อธิบายปฏิกิริยาการคาย	$\text{CH}_4(g) + 3\text{Cl}_2(g) \rightarrow \text{CHCl}_3(g) + 3\text{HCl}(g)$ $4(\text{C-H}) + 3(\text{Cl-Cl})$ $4(413) + 3(243)$ $= 2981 \text{ kJ}$ $3(\text{C-Cl}) + (\text{C-H}) + 3(\text{H-Cl})$ $3(327) + (413) + 3(431)$ $= 2687 \text{ kJ}$ $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$ $= 2981 - 2687 = -306$ <p>สร้างคายนจุด</p> <p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อภัยภูเบศร</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

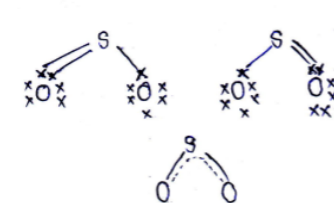
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
			พลังงาน โดยใช้ภาพวาด การ์ตูนสุนัขคายความร้อน โดยการหายใจหอบหรือ ห้อยลิ้นออกมาในขณะที่ เดียวกันถ้าสุนัขต้องการ ความเย็นก็จะหายใจเข้า จมูกแล้วปิดปากไว้แทน ทำให้ทราบว่านักเรียนสื่อ ถึงการสลายพันธะต้องดูด พลังงานและการสร้าง พันธะจะคายพลังงาน	

จากตารางที่ 4.8 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 70.59 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น นักเรียนร้อยละ 17.65 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้นักเรียนร้อยละ 5.88 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะกายภาพแต่ยังไม่เข้าใจในความหมายของสิ่งที่นำเสนอและนักเรียนร้อยละ 5.88 จะอธิบายตัวแทนความคิดได้เพียงลักษณะทางกายภาพพร้อมกับสัญลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้น

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 3 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.9

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
3	4	11.76	นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดอยู่บนพื้นฐานลักษณะทางกายภาพนักเรียนทราบแค่โครงสร้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีอะตอมกลางคือซัลเฟอร์และมีอะตอมออกซิเจนล้อมรอบแต่นักเรียนยังไม่เข้าใจลักษณะของโครงสร้างว่าเป็นอย่างไรมีความยาวและพลังงานพันธะมาเกี่ยวข้องอย่างไรแสดงว่านักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด	${}^{16}\text{S} = 2, 8, 6 \rightarrow \text{VIA}$ ${}^8\text{O} = 2, 1 \rightarrow \text{VIA}$ O เป็นอะตอมล้อมรอบ S เป็นอะตอมกลาง
4	11	32.35	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างเรโซแนนซ์จากการแสดงโครงสร้างลิวอิส	เรโซแนนซ์ (Resonance) คือ ปฏิกิริยาที่ทำให้สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสได้มากกว่า 1 แบบ 

(ต่อ)

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

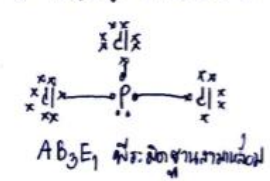
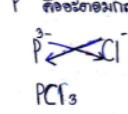
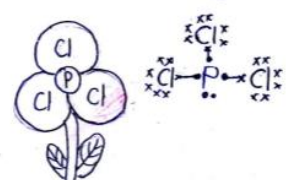
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	19	55.89	พบว่ามี 3 แบบ นักเรียนใช้ ภาพมาอธิบายเป็นสำนวน ภาษาซึ่งสอดคล้องกัน ทำ ให้เข้าใจว่าโครงสร้างเรโซ แนนซ์พิจารณาได้จาก โครงสร้างลิวอิสที่เขียน ได้มากกว่า 1 แบบ นักเรียนสามารถใช้ตัวแทน ความคิดได้มากกว่า 1 ตัว แทนความคิดเพื่ออธิบาย กระบวนการที่ซ่อนอยู่ ภายในระดับโมเลกุลของ สารประกอบซัลเฟอร์ได ออกไซด์ เช่น นักเรียนวาด ภาพที่มีความแตกต่างกัน 3 ภาพเพื่อสื่อถึงว่าโครง สร้างของสารประกอบ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีได้ หลายแบบและมีโครง สร้างเรโซแนนซ์	<p>5 เป็นอะตอมกลาง 0 เป็นอะตอมล้อมรอบ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีเรโซแนนซ์ 3 แบบ</p> <p>แบบ 2 แบบ 2 แบบ 3</p> <p>รูปใน 1 รูป ถ้าพวงเปลี่ยนไปสลับพวง</p>

จากตารางที่ 4.9 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 55.89 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิด
ได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือ
มากกว่านั้น นักเรียนร้อยละ 32.35 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยน
ตัวแทนความคิดหนึ่ง ไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้ และนักเรียนร้อยละ 11.76 สามารถนำเสนอตัวแทน
ความคิดได้เพียงลักษณะกายภาพแต่ยังไม่เข้าใจในความหมายของสิ่งที่นำเสนอ

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง รูปร่างของโมเลกุล พบว่านักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.10 ดังนี้

ตารางที่ 4.10

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง รูปร่างของโมเลกุล

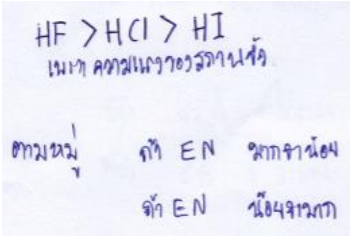
ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	12	35.29	นักเรียนปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งโดยการแสดงโครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงโมเลกุลฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ว่าเป็นรูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม	$A: 15 = 2, 8, 5 (P)$ $B = 35 = 2, 8, 18, 7 (Cl)$ A อยู่หมู่ 5 คาบที่ 3 B อยู่หมู่ 7 คาบที่ 4  AB_3E_1 พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
5	22	64.71	นักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิด สามารถอธิบายถึงกระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายในระดับโมเลกุลได้โดยการใช้รูปภาพเพื่อสื่อถึงตัวแทนความคิด เช่น นักเรียนวาดรูปดอกไม้เพื่อแสดงรูปร่างโมเลกุล	A คือ $15 = 2, 8, 5$ B คือ $35 = 2, 8, 18, 7$ P หมู่ 5 Cl หมู่ 7 P คืออะตอมกลาง  PCl_3 $\bullet AB_3E_1 \Rightarrow$ พีระมิดฐานสามเหลี่ยม 

จากตารางที่ 4.10 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 64.71 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 35.29 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.11 ดังนี้

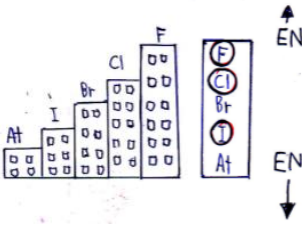
ตารางที่ 4.11

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	10	29.41	นักเรียนพิจารณาความแรงของขั้วว่าขึ้นอยู่กับค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี พบว่า HF ซึ่งมีความแรงมากกว่า HCl และ HI ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดที่สื่อออกมาและมีการปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่ง เช่น การอธิบายแนวโน้มของอิเล็กโตรเนกาติวิตีของสมบัติตามหมู่ของธาตุหมู่ 7A กับภาพที่นักเรียนวาดพบว่ามีผลสอดคล้องกัน	 <p>Handwritten student answer: HF > HCl > HI. Note: ค่าความนำขั้วขั้ว (ค่า EN) จากจำนวนอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) นี้จะมากขึ้น</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

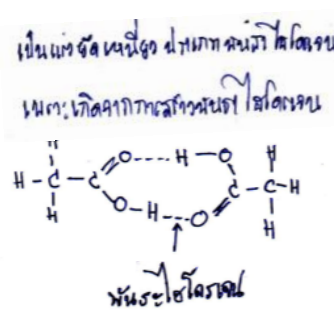
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	24	70.59	นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการเปรียบเทียบความแรงของสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น การวาดภาพดึกในระดับความสูงที่ต่างกันโดยนักเรียนเข้าใจว่าดึกที่มีความสูงมากจะมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีมากและจะมีความแรงของสภาพขั้วมากแสดงว่านักเรียนอธิบายความสัมพันธ์และสามารถประยุกต์ใช้ตัวแทนความคิดได้อย่างเข้าใจ	<p>HF > HCl > HI</p> <p>เพราะ ความแรงของขั้วขึ้นอยู่กับ EN</p> <p>ตามค่า EN ไปทางซ้ายจะยิ่งต่ำกว่าด้านซ้าย</p> <p>ตามค่า EN ยิ่งบนจะยิ่งต่ำกว่าด้านล่าง</p> 

จากตารางที่ 4.11 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 70.59 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 29.41 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.12 ดังนี้

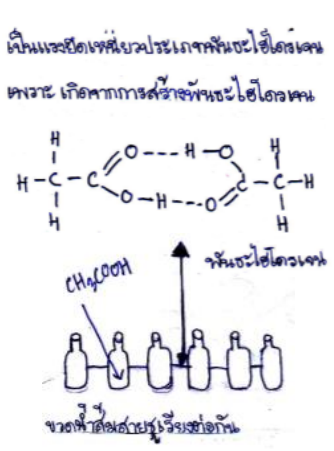
ตารางที่ 4.12

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	15	44.12	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งได้โดยเข้าใจว่าอนุภาคของโมเลกุลกรดเอซิดิกจะอยู่ห่างกันแสดงว่านักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลเมื่อพิจารณาโมเลกุลกรดเอซิดิกพบว่า มีแรงยึดเหนี่ยวประเภทพันธะไฮโดรเจน เพราะ เกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล	<p>เป็นกรด เน้นไปดอ ปรากฏคนมีไฮโดรเจน เน้น: เกิดจากพันธะไฮโดรเจน</p>  <p>พันธะไฮโดรเจน</p>
5	19	55.88	นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงลักษณะทางกายภาพไปสู่ระดับสัญลักษณ์	

(ต่อ)

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

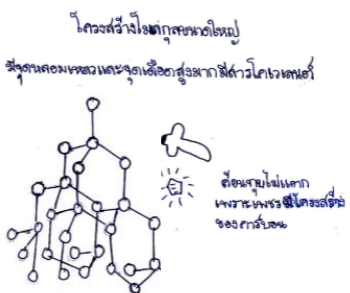
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
			เมื่อนักเรียนเข้าใจระดับ ตัวแทนความคิดจาก แบบจำลองโมเลกุลแสดง ว่านักเรียนเข้าใจความ หมายของตัวแทนความคิด เช่น นักเรียนสร้างแบบ จำลองขวดพลาสติกแทน โมเลกุลของกรดอะซิติกที่ เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ไฮโดรเจนพบว่านักเรียน สามารถอธิบายความ สัมพันธ์และเข้าใจตัวแทน ความคิดได้	<p>ดื่มและปิดเพื่อระบุประเภทพันธะไฮโดรเจน เพราะ เกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจน</p> 

จากตารางที่ 4.12 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 55.88 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 44.12 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง สารโครงผลึกร่างตาข่าย พบว่า นักเรียนสามารถแสดง ออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.13 ดังนี้

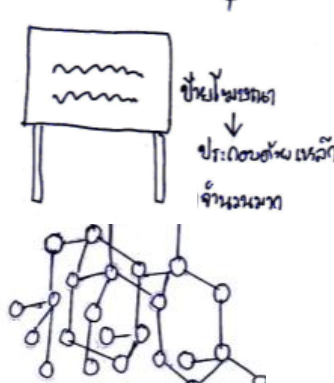
ตารางที่ 4.13

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง สารโครงผลึกร่างตาข่าย

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	13	38.24	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนจากตัวแทนความคิดหนึ่ง ไปสู่อีกตัวแทนความคิดหนึ่งได้โดยนักเรียนเข้าใจว่าสารโครงผลึกร่างตาข่ายมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่มีจุดหลุดหลวมและจุดเค็ดูดสูงซึ่งเพชรมีความแข็งแรงมากกว่าแกรไฟต์และซิลิกอนไดออกไซด์นักเรียนใช้สำนวนภาษาเพื่ออธิบายคุณสมบัติของสารโครงผลึกร่างตาข่ายว่าเพชรตัดเพชรนั้นหมายถึงเพชรมีความแข็งแรงกว่าอัญรูปอื่น	 <p>โครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ มีจุดหลุดหลวมและจุดเค็ดูดสูงจากซิลิโคนไดออกไซด์</p> <p>ซิลิกอนไดออกไซด์ เพราะเพชรมีโครงสร้างที่ แข็งแรงกว่า</p>

(ต่อ)

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

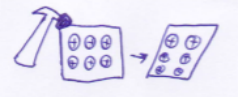
ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	21	61.76	นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายโครงสร้างผลึกแร่ตาข่าย เช่น นักเรียนอธิบายโดยการวาดภาพป้ายโฆษณาขนาดใหญ่เปรียบเสมือนรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ซึ่งประกอบด้วยเส้นหลักเป็นจำนวนมากที่เปรียบเสมือนกับพันธะระหว่างโมเลกุลแสดงว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงและอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดได้	<p>เป็นได้ทั้งสารโมเลกุลหรือไอออน ซึ่งได้แก่ไอออนและจุดประจุ เพื่อสร้างความเสถียรมากที่สุด</p>  <p>ขั้นไม่ชัดเจน ↓ ประเด็นหลัก จำนวน</p>

จากตารางที่ 4.13 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 61.76 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 38.24 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

การศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะโลหะ ผู้วิจัยต้องการวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิดทางเคมีของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ตั้งแต่ระดับที่ 4 ถึง ระดับที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.14 ดังนี้


ตารางที่ 4.14

ระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะโลหะ

ระดับที่	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
4	11	32.35	นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดจากการบรรยายไปสู่อีกรูปภาพพบว่า มีความสัมพันธ์กันทางด้านจำนวนและภาษาแสดงว่านักเรียนเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิดโดยนักเรียนเข้าใจการเกิดพันธะโลหะว่าเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกมีค่าพลังงานไอออนในเซชันต่ำสามารถนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีและอธิบายปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลได้ว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ได้ง่ายอิสระไปทั่วก้อนของโลหะ	<p>การเกิดพันธะโลหะ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. โลหะมีค่าพลังงานไอออนต่ำในเซชันต่ำ 2. โลหะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อย 3. โลหะมีค่าไอออไนเซชันต่ำมีเมทัลลิก <p>สมบัติของโลหะ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. โลหะเป็นสารนำไฟฟ้าได้ดี 2. โลหะมีจุดหลอมละลายสูง 3. โลหะสามารถตีแผ่เป็นแผ่นบางๆได้ 4. โลหะมีค่าเป็นบวก 5. โลหะนำความร้อนได้ดี 6. โลหะนำไฟฟ้าได้ดี 

(ต่อ)

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ระดับที่	จำนวน นักเรียน	ร้อยละ	พฤติกรรมที่แสดงออก	ตัวอย่างคำตอบ
5	23	67.65	นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระดับของตัวแทนความคิดทางเคมีโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายสิ่งที่ซ่อนอยู่ใน เช่น นักเรียนสร้างแบบจำลองทะเลอิเล็กตรอนในโลหะเพื่ออธิบายการเกิดและสมบัติของโลหะ	<p>ใช้ตัวแทนความคิดมากกว่า 2 ตัวแทนความคิดเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์</p>  <p>สมบัติของโลหะ: 1. สถานะปกติเป็นของแข็ง 2. โลหะนำความร้อนได้ 3. โลหะนำไฟฟ้าได้ดี 4. โลหะที่อุณหภูมิสูงจะขยายตัว</p>

จากตารางที่ 4.14 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 67.65 สามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้ถึงระดับที่ 5 กล่าวคือนักเรียนสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิดหรือมากกว่านั้น และนักเรียนร้อยละ 32.35 จะเข้าใจความหมายของตัวแทนความคิด และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิดหนึ่งไปสู่ตัวแทนความคิดหนึ่งได้

4.3.2 ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะเคมี หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณแสดงดังตารางที่ 4.15 ดังนี้

ตารางที่ 4.15

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี

จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	<i>S.D.</i>	ร้อยละ
34	34	27.03	1.78	79.50

จากตารางที่ 4.15 แสดงการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 27.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.78 และคิดเป็นร้อยละ 79.50

ผู้วิจัยได้ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายทักษะทั้ง 12 ทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี ปรากฏดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16

วิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณรายทักษะทั้ง 12 ทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	\bar{x}	<i>S.D.</i>	ร้อยละ
ทักษะที่ 1 ระบุปัญหา	2	1.74	0.39	86.76
ทักษะที่ 2 วิเคราะห์ได้แย่ง	4.5	3.47	0.81	77.12
ทักษะที่ 3 ตอบอย่างชัดเจน	2.5	1.99	0.56	79.41
ทักษะที่ 4 พิจารณาความน่าเชื่อถือข้อมูล	3	2.71	0.43	90.20
ทักษะที่ 5 สังเกตและตัดสินข้อมูล	1	0.78	0.37	77.94
ทักษะที่ 6 การนิรนัย	2	1.47	0.41	73.53
ทักษะที่ 7 การอุปนัย	2	1.46	0.48	72.79
ทักษะที่ 8 ตัดสินคุณค่า	2	1.50	0.43	75.00
ทักษะที่ 9 ให้ความหมายของคำ	3	2.35	0.57	78.43
ทักษะที่ 10 ระบุข้อสันนิษฐาน	4	2.99	0.75	74.63
ทักษะที่ 11 ตัดสินเพื่อปฏิบัติ	4	3.03	0.58	75.74
ทักษะที่ 12 การปฏิสัมพันธ์	4	3.56	0.44	88.79

จากตารางที่ 4.16 แสดงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 12 ทักษะ พบว่าการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทักษะที่ 4 พิจารณาความน่าเชื่อถือข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.71 คิดเป็นร้อยละ
 90.20 รองลงมาคือทักษะที่ 12 การปฏิสัมพันธ์มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 คิดเป็นร้อยละ 88.79 และ
 พบว่าทักษะที่ 7 การอุปนัย มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.46 คิดเป็นร้อยละ 72.79

4.3.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กับเกณฑ์ร้อยละ 75

คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี
 คอนสตรัคติวิสต์กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ปรากฏดังตารางที่ 4.17 ดังนี้

ตารางที่ 4.17

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะ
 เคมี กับเกณฑ์ร้อยละ 75

จำนวน นักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์ ร้อยละ 75	\bar{x}	<i>S.D.</i>	<i>df</i>	<i>t-test</i>
34	30	22.50	24.32	1.70	33	4.54*

หมายเหตุ * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.17 พบว่า การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลัง
 ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 75 จากนักเรียนจำนวน 34 คน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก พบว่าคะแนนเฉลี่ยของ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 24.32 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 เท่ากับ 1.70 และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้สถิติ One Sample t-test เทียบกับเกณฑ์ พบว่า มี
 ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมี วิจารณญาณ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย ค่าแนวโน้มความถดถอย ค่า
 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18

ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี

ตัวแปร	\bar{x}	S.D.	Simple Correlation (r)	Standardized Regression Validity (β)	Multiple Correlation (R)	Efficiency Predictive Value (R^2)
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	81.08	5.67				
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	79.50	5.24	0.78*	0.85*	0.8459*	0.7156*

หมายเหตุ * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ด้วยสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สันระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (r) เท่ากับ 0.78 พบว่า มีทิศทางและแนวโน้มจากค่าคะแนนดิบไปในทิศทางเดียวกัน และค่าของกลุ่มข้อมูลมีแนวโน้มความถดถอยด้วยค่ามาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.85 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อประเมินค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยสถิติสหสัมพันธ์พหุคูณของเพียร์สัน (R) เท่ากับ 0.8459 หมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันสูงกว่าร้อยละ 50 ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 84.59 เปอร์เซนต์ เมื่อพยากรณ์ของสองตัวแปรด้วยสถิติสหสัมพันธ์ของการพยากรณ์ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.7156 นั่นคือ คะแนนความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าร้อยละ 71.56 หมายความว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน มีเปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้น 71.56 เปอร์เซนต์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีความสัมพันธ์กันอย่างแท้จริง