

ความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการใช้  
โครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์  
Tenth Grade Students' Ability in Using  
Lewis Structure to Model Covalent Bonding

วราพร โยธาทักดี

pungjung\_kyo@hotmail.com

โรงเรียนนาเชือกพิทยาสรรค์ ตำบลนาเชือก อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 คน ในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัด ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด 4 ข้อ ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ผลการวิจัยปรากฏว่า พลวิจัยทุกคนยังมีความสามารถที่จำกัด ทั้งในการเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลต่างๆ และการนำโครงสร้างลิวอิสเหล่านั้นไปใช้ในการทำนายและอธิบายสมบัติต่างๆ ของโมเลกุล

**คำสำคัญ:** แบบจำลองทางความคิด; โครงสร้างลิวอิส; พันธะโคเวเลนต์; นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

## Abstract

This research aimed at studying twelve tenth grade students' ability in using Lewis Structure to model covalent bonding. The researcher used a test, which consists of four open-ended questions, in conjunction with individual semi-structured interviews. The research results appear that all participants had limited ability both in drawing Lewis Structure of molecules and in using those structures to predict and explain molecular properties.

**Keywords:** Mental model; Lewis Structure; Covalent bonding; Tenth grade students

## บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นทั้งกระบวนการและผลของความพยายามของมนุษย์ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างความหมายของข้อมูล ทั้งนี้เพื่อสร้าง “แบบจำลองทางความคิด” (Mental model) ที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หากแบบจำลองทางความคิดใดๆ ผ่านการตรวจสอบจากชุมชนของนักวิทยาศาสตร์แล้วว่า มีความสามารถในการบรรยาย ทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ แบบจำลองทางความคิดนั้นก็ได้รับการยอมรับและใช้ประโยชน์ในทางวิทยาศาสตร์ (ภายใต้บริบท เงื่อนไข และช่วงเวลาหนึ่ง) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแบบจำลองทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถมีได้หลายรูปแบบ เช่น ข้อความ รูปภาพ แผนผัง สัญลักษณ์ สมการทางคณิตศาสตร์ และอื่นๆ อีกมากมาย (Frigg & Hartmann, 2006)

อะตอมเป็นแบบจำลองทางความคิดพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่ออธิบายเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร นักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่า สารทุกชนิดประกอบขึ้นจากอะตอมของธาตุต่างๆ ซึ่งมีหลากหลายชนิด อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมักจะมีโครงสร้างและองค์ประกอบที่เหมือนกัน<sup>1</sup> นั่นคือ โปตรอนที่มีสภาพทางไฟฟ้าเป็นบวก นิวตรอนที่มีสภาพทางไฟฟ้าเป็นกลาง<sup>2</sup> และอิเล็กตรอนที่มีสภาพทางไฟฟ้าเป็นลบ อะตอมใดๆ มักมีทั้งโปตรอนและนิวตรอนรวมตัวกันอยู่บริเวณตรงกลาง ซึ่งถูกเรียกรวมกันว่านิวเคลียส ในขณะที่อิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบนิวเคลียส โดยบริเวณระหว่างนิวเคลียสและอิเล็กตรอนเป็นความว่างเปล่า อะตอมของธาตุแต่ละชนิดมีจำนวนโปตรอน จำนวนนิวตรอน และจำนวนอิเล็กตรอนแตกต่างกันไป

พันธะเคมีเป็นแบบจำลองทางความคิดซึ่งมีพื้นฐานมาจากความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอะตอม เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่า อะตอมของธาตุใดๆ ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคที่มีสภาพทางไฟฟ้า (นั่นคือ โปตรอน และอิเล็กตรอน)

สามารถยึดกันได้ด้วยแรงทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคที่มีสภาพทางไฟฟ้าเหล่านั้น นักวิทยาศาสตร์เรียกแรงทางไฟฟ้านี้ว่าพันธะเคมี ซึ่งมีด้วยกันหลายแบบ เช่น พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า สารแต่ละชนิดเกิดจากการยึดกันของอะตอมของธาตุต่างๆ ด้วยอัตราส่วน โครงสร้าง และรูปแบบที่แน่นอน ทำให้สารชนิดเดียวกันมีสมบัติเฉพาะตัวที่เหมือนกัน ซึ่งแตกต่างไปจากสมบัติของสารชนิดอื่นๆ

พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะเคมีแบบหนึ่ง ซึ่งยึดอะตอมของธาตุที่เป็นอโลหะ ตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป การยึดกันนี้เกิดจากแรงทางไฟฟ้าระหว่างโปรตอนของอะตอมของธาตุหนึ่งกับอิเล็กตรอนของอีกธาตุหนึ่ง (กฤษณา ชุตินา, 2551: 106) การยึดกันนี้มักเป็นไปตาม “กฎออกเตต” (Law of octaves) ซึ่งระบุว่า อะตอมเหล่านี้ใช้อิเล็กตรอนในระดับชั้นนอกสุด (เวเลนซ์อิเล็กตรอน) ร่วมกัน เพื่อให้แต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งเป็นจำนวนที่ทำให้อะตอมเหล่านั้นมีความเสถียรสูงสุด (นั่นคือพลังงานศักย์ไฟฟ้ารวมของอะตอมเหล่านี้มีค่าต่ำสุด) โดยมีข้อยกเว้นสำหรับอะตอมของไฮโดรเจนและอะตอมของฮีเลียม ซึ่งจะเสถียรเมื่อมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 พันธะโคเวเลนต์มีด้วยกัน 3 อันดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่อะตอมคู่หนึ่งใช้ร่วมกัน นั่นคือ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งเกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 2 และ 3 คู่ ตามลำดับ

โครงสร้างลิวอิสเป็นแบบจำลองทางความคิดที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้นเพื่อจำลองและแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยการใช้จุดแทนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม กฤษณา ชุตินา (2551: 109) ได้บรรยายการเขียนโครงสร้างลิวอิสไว้ดังนี้

1. เขียนสัญลักษณ์อะตอมทั้งหมดลงไป โดยเรียงให้อะตอมที่มีพันธะต่อกันอยู่เคียงกัน ...
2. (พิจารณา)จำนวน(เวเลนซ์)อิเล็กตรอน...ทั้งหมด(ของโครงสร้างลิวอิส) ... (ซึ่ง)จะเท่ากับผลบวกของจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ(แต่ละ)อะตอม ...

3. ใส่จุด(เวเลนซ์)อิเล็กตรอนลงไปรอบๆ สัญลักษณ์อะตอม โดยปกติ ทุกอะตอม...จะมีจำนวน(เวเลนซ์)อิเล็กตรอน...ครบแปดตาม(กฎออกเตต)

[...]

4. ... เมื่อเห็นว่า จำนวน(เวเลนซ์)อิเล็กตรอน(ของแต่ละอะตอม)...ไม่พอครบแปด ก็ให้คำนึงถึงพันธะคู่หรือพันธะสาม

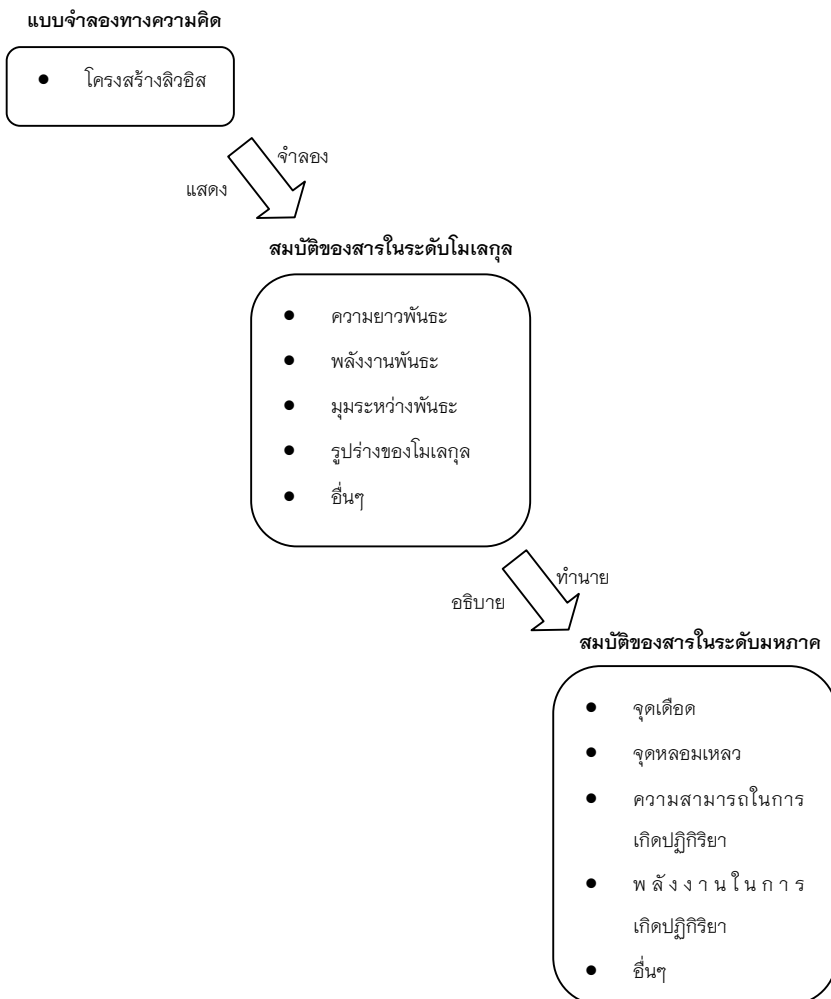
ตัวอย่างเช่น โครงสร้างลิวอิส ซึ่งจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง 1 อะตอมของธาตุออกซิเจน (O) กับ 2 อะตอมของธาตุไฮโดรเจน (H) เป็นดังนี้



นั่นคือ อะตอมของธาตุออกซิเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ซึ่งประกอบด้วยเวเลนซ์อิเล็กตรอนเดิมของตัวเอง 6 ตัว และเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกับอะตอมของไฮโดรเจนอย่างละ 1 ตัว (รวมเป็น 2 ตัว) ในขณะเดียวกัน แต่ละอะตอมของธาตุไฮโดรเจนก็มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 2 ตัว ซึ่งประกอบด้วยเวเลนซ์อิเล็กตรอนเดิมของตัวเอง 1 ตัว และอีก 1 ตัวที่ใช้ร่วมกับอะตอมของออกซิเจน การเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างสามอะตอมเหล่านี้ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ (H<sub>2</sub>O) นั่นเอง

โครงสร้างลิวอิสเป็นแบบจำลองทางความคิด ที่ไม่เพียงแต่ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจว่า อะตอมของธาตุต่างๆ ยึดกันเป็นโมเลกุลอย่างไรเท่านั้น หากยังช่วยให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจถึงสมบัติต่างๆ ของโมเลกุลที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากการยึดกันของอะตอมเหล่านั้นอีกด้วย กล่าวคือ โครงสร้างลิวอิสช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ทราบว่า พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นพันธะอันดับใด (นั่นคือ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวพันธะ พลังงานพันธะ มุมพันธะ และรูปร่างของโมเลกุล สิ่งที่เป็นสมบัติในระดับโมเลกุลเหล่านี้ถูกใช้เพื่อการอธิบายและทำนายสมบัติต่างๆ ของสารนั้นในระดับมหภาค เช่น ความแข็ง ความเปราะ ความเหนียว การนำไฟฟ้า การละลายในสารชนิดอื่น ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมี และพลังงานใน

การเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างลิควิส สมบัติในระดับโมเลกุล และสมบัติของสารในระดับมหภาค



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างลิควิส สมบัติต่างๆ ในระดับโมเลกุล และสมบัติต่างๆ ของสารในระดับมหภาค

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าโครงสร้างลิวอิสมีประโยชน์ในการจำลองและแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ดีในหลายกรณี แต่มันก็มีข้อจำกัดในบางกรณี ดังตัวอย่างที่กฤษฎณา ชูติมา (2551: 113) ได้กล่าวไว้ว่า

“มีสารหลายชนิดที่เราไม่อาจเขียนสูตรโครงสร้าง(ลิวอิส)เพียงหนึ่งสูตรเพื่อแทนโมเลกุลนั้น โดยให้มีสมบัติตรงตามที่เป็นจริง ตัวอย่างเช่น ไออกซีน  $O_3$  ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจนสามอะตอม ถ้าต้องการเขียนสูตรของไออกซีนโดยให้ถูกต้องตาม(กฎออกเตต) พันธะระหว่างออกซิเจนกับออกซิเจนสองพันธะนั้น ต้องเป็นพันธะคู่หนึ่งพันธะและพันธะเดี่ยวหนึ่งพันธะ ... แต่จากการทดลอง(นักวิทยาศาสตร์)พบว่า พันธะระหว่างออกซิเจนกับออกซิเจนทั้งสองพันธะไม่แตกต่างกันเลย (ทั้งคู่)เป็นพันธะที่เหมือนกันทุกประการ มีความยาว(พันธะ)และพลังงาน(พันธะ)เท่ากัน ดังนั้น โมเลกุลไออกซีนก็จะต้องมีสูตรโครงสร้างที่แท้จริงแบบหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่แบบทั้งสองที่เขียนไว้(ตามโครงสร้างลิวอิส)”

กล่าวคือ โครงสร้างลิวอิสไม่สามารถแสดงความเป็นพลวัตของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ภายในโมเลกุลได้ ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้โครงสร้างลิวอิสด้วยความตระหนักถึงข้อจำกัดดังกล่าว

เนื่องจากพันธะเคมี (รวมทั้งพันธะโคเวเลนต์) เป็นแนวคิดหนึ่งที่ปรากฏในมาตรฐาน ว 3.1 ของสาระที่ 3 “สารและสมบัติของสาร” ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553: 40) ซึ่งมีใจความตอนหนึ่งว่า

“(เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว นักเรียนควร) เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค”

โดยนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายควรเข้าใจว่า

“แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนหรืออะตอมของธาตุให้อยู่รวมกันเป็นโครงผลึกหรือโมเลกุล เรียกว่า พันธะเคมี (ซึ่ง)แบ่งออกเป็นพันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ”

ซึ่งโครงสร้างลิวอิสเป็นเครื่องมือทางความคิดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อจำลองและแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ดังนั้น นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจึงควรสามารถใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงและจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมต่างๆ ได้ ในการนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาว่า นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนเรื่องพันธะโคเวเลนต์ มีความสามารถดังกล่าวในระดับใด ผลการศึกษานี้จะช่วยให้ผู้วิจัยออกแบบและจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะโคเวเลนต์ได้อย่างตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์

### วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยใช้กรอบแนวคิดของกระบวนทัศน์การวิจัยเชิงตีความ (Interpretive paradigm) (Erickson, 1985) ซึ่งมุ่งเน้นการทำความเข้าใจความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่พลวิจัยหรือผู้เข้าร่วมการวิจัย (Research participants) ได้สร้างขึ้นจากประสบการณ์ ความรู้ และความเข้าใจส่วนบุคคล (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2554) รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยมีดังนี้



## บริบทวิจัย

การวิจัยนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2556 ณ โรงเรียนนาเชือกพิทยาสรรค์ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ และเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 โดยมีนักเรียนทั้งหมด 2,156 คน ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 387 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 9 ห้อง (ม. 4/1 – ม. 4/9) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละห้องมีประมาณ 40 คน ซึ่งมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นนักเรียนในห้อง ม. 4/1 จำนวน 35 คนที่มีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยรวมสูงกว่านักเรียนในห้องอื่นๆ ในช่วงเวลาของการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกคนกำลังเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 50 นาที) โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม พันธะเคมีกับการเกิดสารประกอบ (ซึ่งมีพันธะโคเวเลนต์เป็นหัวข้อย่อยหนึ่ง) ปฏิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปิโตรเลียม สารชีวโมเลกุล และพอลิเมอร์ วิชาดังกล่าวมีผู้สอนทั้งหมด 3 คน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือผู้วิจัย

## ผลวิจัย

ผลวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (อายุประมาณ 15 – 16 ปี) จำนวน 12 คน ซึ่งประกอบด้วย นักเรียนชาย 3 คน และนักเรียนหญิง 9 คน โดยไม่มีคนใดเลยที่อยู่ในห้อง ม. 4/1 นักเรียนทั้งหมดได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposeful sampling) โดยใช้เกณฑ์ความสมัครใจ ในช่วงเวลาของการวิจัย ผลวิจัยทุกคนได้เรียนเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม พันธะเคมีกับการเกิดสารประกอบ ปฏิริยาเคมีและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่ยังไม่ได้เรียนเนื้อหาเกี่ยวกับปิโตรเลียม สารชีวโมเลกุล และพอลิเมอร์ ในตอนแรกของการวิจัย ผู้วิจัยได้แจ้งให้ผลวิจัยทุกคนทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยว่า ผู้วิจัย (ในฐานะครูผู้สอน) ต้องการศึกษาวว่า นักเรียนเข้าใจและสามารถใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ในระดับใด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ให้มี

ประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป ในรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงนักเรียนแต่ละคนโดยใช้สัญลักษณ์ S แล้วตามด้วยตัวเลข 1 – 12 (เช่น S1, S2, และ S3 เป็นต้น) ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับผลวิจัยในภายหลัง

### เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ประกอบด้วย (1) แบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ ดังนี้

- คำถามข้อที่ 1 ให้พลวิจัยเขียนโครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุล  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , และ  $\text{N}_2\text{H}_4$
- คำถามข้อที่ 2 ให้พลวิจัยเขียนโครงสร้างลิวอิส เพื่อเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนของโมเลกุล  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , และ  $\text{C}_2\text{H}_6$  พร้อมทั้งการระบุเหตุผล
- คำถามข้อที่ 3 ให้พลวิจัยเขียนโครงสร้างลิวอิส เพื่อเปรียบเทียบรูปร่างและขนาดของมุมระหว่างพันธะของโมเลกุล  $\text{H}_2\text{S}$  และ  $\text{CS}_2$  พร้อมทั้งการระบุเหตุผล
- คำถามข้อที่ 4 ให้พลวิจัยเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $[\text{CO}_3]^{2-}$  ซึ่งสามารถเกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ได้ เพื่อระบุถึงข้อจำกัดของโครงสร้างลิวอิส

และ (2) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ซึ่งผู้วิจัยใช้คำถามชักใช้ไล่เสียงเกี่ยวกับเหตุผลที่พลวิจัยใช้ในการทำแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์

## การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยให้พลวิจัยทุกคนทำแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์พร้อมกัน โดยใช้เวลาประมาณ 40 นาที จากนั้น ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์พลวิจัยแบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล โดยใช้เวลาคนละ 10 – 15 นาที การสัมภาษณ์เกิดขึ้นหลังเวลาเลิกเรียน ในการสัมภาษณ์ทุกครั้ง ผู้วิจัยได้แจ้งให้พลวิจัยทราบก่อนว่า ผู้วิจัยทำการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ เพื่อความสะดวกในการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดในภายหลัง โดยคำตอบของพลวิจัยจะไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินผลการเรียนในทุกรายวิชาที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน ในการนี้ ผู้วิจัยสัญญากับพลวิจัยว่า ชื่อและสกุลของพลวิจัยทุกคนจะถูกเก็บเป็นความลับ และไม่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยเริ่มจากการพิจารณาคำตอบของพลวิจัยในแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยการเปรียบเทียบคำตอบเหล่านั้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น ผู้วิจัยถอดคำพูดจากการสัมภาษณ์พลวิจัยทุกคนแบบคำต่อคำ แล้วจึงอ่านและตีความคำพูดของพลวิจัยแต่ละคนโดยละเอียด ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาแบ่งกลุ่มตามเหตุผลของพลวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างลิวอิสและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ในการนี้ ผู้วิจัยขอให้ผู้สอนในรายวิชาเดียวกันนี้ จำนวน 2 ท่าน ร่วมตรวจสอบผลการวิเคราะห์ของผู้วิจัยด้วย

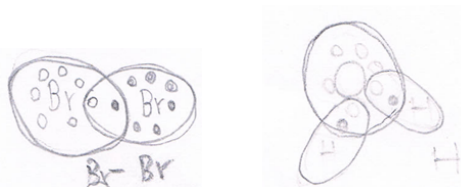
## ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 คน ในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้คำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็น

รายบุคคล ผลการวิจัยปรากฏว่า พลวิจัยทั้งหมดเข้าใจว่า พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการยึดกันระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป โดยการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน ซึ่งมักเป็นไปตามกฎออกเตต แม้ว่าพลวิจัยส่วนใหญ่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถใช้โครงสร้างลิวอิสที่ตนเองเขียนขึ้น เพื่อทำนายและอธิบายสมบัติต่างๆ ของโมเลกุลได้ รายละเอียดของผลการวิจัยเป็นดังนี้

### การเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $\text{Br}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , และ $\text{N}_2\text{H}_4$

เมื่อให้พลวิจัยทุกคนเขียนโครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของโมเลกุล  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , และ  $\text{N}_2\text{H}_4$  ผู้วิจัยพบว่า พลวิจัยทุกคนสามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $\text{Br}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  ได้อย่างถูกต้อง ในกรณีนี้ พลวิจัยทุกคนสามารถอธิบายเหตุผลของการเขียนโครงสร้างลิวอิสของทั้งสองโมเลกุลได้อย่างชัดเจน ภาพที่ 2 แสดงภาพและคำตอบนักเรียนคนที่ 2 ซึ่งคล้ายหรือเหมือนกับภาพและคำตอบของนักเรียนอีก 11 คน ดังนี้



ภาพที่ 2 โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $\text{Br}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$   
ตามความเข้าใจของนักเรียนคนที่ 2

- S2 (พันธะโคเวเลนต์)เกิดจาก(การที่อะตอมของ)ธาตุอโลหะกับธาตุอโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน (เพื่อ)ให้(แต่ละอะตอมมี)เวเลนซ์อิเล็กตรอน)ให้ครบ 8 ครบ
- T เมื่อดูไดโบรมีน ( $\text{Br}_2$ ) Br อยู่หมู่ไหนคะ

S2 (Br) อยู่หมู่ 7 ครับ (มัน) ต้องการเวเลนซ์อิเล็กตรอนแค่ 1 ตัว ก็จะได้ครบ 8 ครับ

[...]

T เมื่อเราดูโมเลกุลของน้ำ ( $H_2O$ ) O อยู่หมู่ไหนครับ

S2 (O) อยู่หมู่ 6 ครับ (มัน) ต้องการเวเลนซ์อิเล็กตรอนอีก 2 ตัว จะครบ 8 (ตัว)

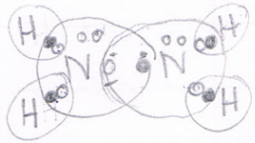
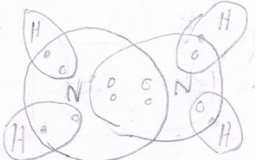
T แล้ว H ละคะ ทำไมไม่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนแค่ 2 ตัว

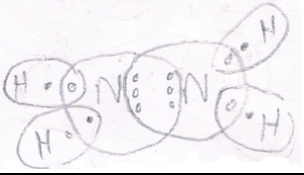
S2 อ้อ H ต้องการ(เวเลนซ์อิเล็กตรอน) แค่ 1 ตัว จะครบ 2 (ตัว) ก็เสถียรครับ

เช่นเดียวกับพลวิชัยคนอื่นๆ นักเรียนคนที่ 2 เข้าใจว่า อะตอมของธาตุไฮโดรเจนจะเสถียรก็ต่อเมื่อมันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2

อย่างไรก็ตาม พลวิชัยเหล่านี้กลับเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $N_2H_4$  แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $N_2H_4$ ตามความเข้าใจของพลวิชัย

โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $N_2H_4$	รายละเอียด	พลวิชัย	ความถี่ (คน)
	พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของธาตุไนโตรเจนเป็นพันธะเดี่ยว	S11	1
	พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของธาตุไนโตรเจนเป็นพันธะคู่	S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 & S10	10

โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $N_2H_4$	รายละเอียด	พลวิชัย	ความถี่ (คน)
	พันธะโคเวเลนต์ ระหว่างอะตอมของ ธาตุไนโตรเจนเป็น พันธะสาม	S12	1
รวม			12

กล่าวคือ มีเพียงนักเรียนคนที่ 11 คนเดียวเท่านั้นที่อธิบายและเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $N_2H_4$  ได้อย่างถูกต้อง (นั่นคือ พันธะโคเวเลนต์ระหว่าง 2 อะตอมของธาตุไนโตรเจนคือพันธะเดี่ยว ในขณะที่พลวิชัยส่วนใหญ่ (S1 – S10 และ S12) เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $N_2H_4$  ไม่ถูกต้อง

จากการสัมภาษณ์พลวิชัยเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยพบว่า สิ่งที่ทำให้นักเรียนคนที่ 11 เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $N_2H_4$  ได้ถูกต้อง และแตกต่างจากพลวิชัยคนอื่นๆ ก็คือการตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมเต็มทั้งหมด “ก่อน” ที่อะตอมเหล่านั้นจะยึดกันเป็นโมเลกุล ดังคำตอบของนักเรียนคนที่ 11 ต่อไปนี้

- T แล้ว (โครงสร้างลิวอิสของ)โมเลกุล  $N_2H_4$  หนูคิดว่า หนูเขียนถูกไหม
- S (หนู)คิดว่าถูกค่ะ [ยิ้ม]
- T ... หนูเช็ค(ตรวจสอบ)ยังไงค่ะ ...
- S (หนู)เช็คเวเลนซ์อิเล็กตรอนค่ะ ... (N อยู่) หมู่ 5 ... (มัน)ต้องการอีก 3 ตัว (ก็จะครบ 8 ตัว)

ในขณะที่พลวิชัยคนอื่นๆ ไม่มีการตรวจสอบดังกล่าว หากเพียงตรวจสอบเวเลนซ์อิเล็กตรอน “หลัง” จากที่อะตอมเหล่านั้นยึดกันเป็นโมเลกุลแล้วเท่านั้น ตัวอย่างเช่นนักเรียนคนที่ 2 4 6 7 และ 12 ตอบว่า:

- S2 ผมเช็คเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ N แล้วคิดว่า ครบ 8 และ H ก็ครบ 2 ผมมั่นใจคิดว่า มันถูก(ต้อง)
- S4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน(ของอะตอมของธาตุไนโตรเจน) ... มันครบ 8 ค่ะ ... ของไฮโดรเจนก็ครบ 2 พอดี ก็เลยคิดว่า มันถูก
- S6 (หนู)เช็ค(เวเลนซ์)อิเล็กตรอน(ว่า) มันครบ 8 ค่ะ ... มันน่าจะถูก
- S7 เพราะ(หนู)นับ(เวเลนซ์อิเล็กตรอน)รวมกันแล้ว มันได้ 8 ค่ะ
- S12 ถูกค่ะ เพราะหนูตรวจ(เวเลนซ์อิเล็กตรอน)ดูแล้ว มันครบ 8 ค่ะ

อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการสัมภาษณ์ พลวิจัย 2 คน (S5 และ S8) ตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมเดิมทั้งหมด “ก่อน” ที่อะตอมเหล่านั้นจะยึดกันเป็นโมเลกุล และเกิดความตระหนักว่า คำตอบเดิมของตนเองไม่ถูกต้อง ซึ่งปรากฏในคำสัมภาษณ์ของพลวิจัยทั้งคู่ดังนี้

- T ... หนูคิดว่า หนูเขียนสูตรโครงสร้างการเกิด(โมเลกุล  $N_2H_4$ ) ถูกไหม
- S5 ไม่ถูกต้อง
- T ทำไมล่ะ
- S5 เพราะว่า N อยู่หมู่ 5 (มัน)ต้องการ(เวเลนซ์อิเล็กตรอน)อีก 3 ค่ะ
- T แต่ทำไมตอนนั้นหนูเขียนแบบนี้
- S5 คือตอนนั้น หนูไม่เข้าใจค่ะ หนูคิดว่า (หนู)ต้องทำให้ครบ 8 ...
- T ... เราเขียนสูตรโครงสร้าง(ลิวอิสของโมเลกุล  $N_2H_4$ ) ถูกไหม
- S8 ไม่ค่ะ

T ทำไมไม่ผูกค่ะที่นี่

S8 เพราะว่า หนูเขียน(จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ N)ไปแค่ 4 ค่ะ วันนั้นหนูทำผิดค่ะ ... (มัน)ต้องการ 3 ตัว จะครบ 8

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มตามความสามารถในการเขียนโครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ 2 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2

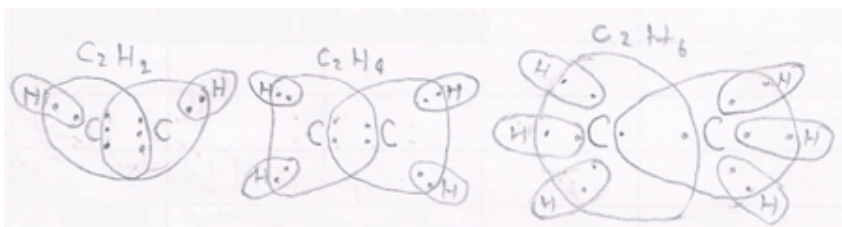
## ตารางที่ 2 การเขียนโครงสร้างลิวอิส

การเขียนโครงสร้างลิวอิส	ลักษณะสำคัญ	ผลวิจัย
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $\text{Br}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , และ $\text{N}_2\text{H}_4$ ได้ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ “กฎออกเตต” และจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุต่างๆ</li> <li>● การตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม “หลัง” การเกิดพันธะโคเวเลนต์</li> <li>● การตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม “ก่อน” การเกิดพันธะโคเวเลนต์</li> </ul>	S11
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $\text{Br}_2$ และ $\text{H}_2\text{O}$ ได้ถูกต้อง แต่เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $\text{N}_2\text{H}_4$ ไม่ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ “กฎออกเตต” และจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุต่างๆ</li> <li>● การตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม “หลัง” การเกิดพันธะโคเวเลนต์</li> </ul>	S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 & S12



### การใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อทำนายและอธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามที่ 2 ในแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยพบว่า พลวิชัย 10 คน (S1 – S10) ให้คำตอบที่ถูกต้องเกี่ยวกับโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $C_2H_2$   $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$  (นั่นคือ พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอน 2 อะตอมในโมเลกุล  $C_2H_2$   $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$  เป็นพันธะสาม พันธะคู่ และพันธะเดี่ยว ตามลำดับ) ในจำนวนนี้นักเรียน 9 คน (S1 – S5 และ S7 – S10) สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสได้อย่างถูกต้องดังตัวอย่างในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นคำตอบของนักเรียนคนที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 3 โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $C_2H_2$   $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$

ตามความเข้าใจของนักเรียนคนที่ 5

ในขณะที่ นักเรียน 1 คน (S6) แม้ไม่ได้วาดภาพโครงสร้างลิวอิสของทั้งสามโมเลกุล แต่ก็เขียนบรรยายได้อย่างถูกต้องว่า “ $C_2H_2$  มีการสร้างพันธะสาม ...  $C_2H_4$  มีการสร้างพันธะคู่ ... (และ)  $C_2H_6$  มีการสร้างพันธะเดี่ยว”

อย่างไรก็ตาม พลวิชัยอีก 2 คน (S11 และ S12) ไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ โดยนักเรียนคนที่ 11 เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า พันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอน 2 อะตอมในโมเลกุล  $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$  เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ ตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนคนที่ 12 ให้ข้อมูลเพียงว่า “ระหว่างอะตอมคาร์บอนกับอะตอมคาร์บอน จะมีอนุภาคที่เล็ก แต่ยังคงรักษาคุณสมบัติของธาตุนั้น สามารถทำปฏิกิริยาได้ แต่ไม่

สามารถอยู่ตามลำพังได้” เช่น กล้วยไม้กับต้นไม้ ถ้ากล้วยไม้ไม่มีต้นไม้ กล้วยไม้ก็จะไม่เจริญเติบโต” ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างลิวอิสเลย

ในจำนวนพลวิจัย 10 คน (S1 – S10) ที่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $C_2H_2$   $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$  ได้อย่างถูกต้อง ไม่มีพลวิจัยคนใดเลยที่สามารถนำโครงสร้างลิวอิสที่ตนเองเขียนขึ้นไปใช้ในการทำนายและอธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะของโมเลกุลเหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง โดยพลวิจัย 3 คน (S2 S3 และ S6) ระบุว่า อันดับของพันธะมีความสัมพันธ์กับความยาวพันธะและพลังงานพันธะในลักษณะเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของพันธะและความยาวพันธะ

พันธะสาม > พันธะคู่ > พันธะเดี่ยว

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของพันธะและพลังงานพันธะ

ดังแสดงในคำตอบของพลวิจัยทั้ง 3 คนในระหว่างการสัมภาษณ์ต่อไปนี้

- S2 ผมคิดว่า พันธะสามน่าจะมีพลังงาน(พันธะ)มากกว่าพันธะคู่และพันธะเดี่ยว (ตามลำดับ) ครับ ... ผมก็คิดว่า ความยาวพันธะก็เหมือนกับพลังงานพันธะ
- S3 ผมคิดว่า พันธะสามมีความยาวพันธะและพลังงานพันธะมากกว่าพันธะคู่และพันธะเดี่ยว (ตามลำดับ) ครับ

- S6 หนูคิดว่า สารที่มีพันธะสามน่าจะมีความยาวพันธะและพลังงานพันธะมากกว่าพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ค่ะ [แต่ในแบบทดสอบฯ พลวิทย์คนนี้เขียนไว้ว่า] “พันธะสามมากกว่าพันธะคู่และพันธะเดี่ยว”

อย่างไรก็ตาม พลวิทย์อีก 7 คน (S1 S4 S5 S7 S8 S9 และ S10) แสดงความไม่แน่ใจเกี่ยวกับพลังงานพันธะและความยาวพันธะ ดังตัวอย่างที่นักเรียนคนที่ 5 ให้ข้อมูลในระหว่างการสัมภาษณ์ไว้ว่า

- T เราทราบเกี่ยวกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะ(ของโมเลกุล  $C_2H_2$   $C_2H_4$  และ  $C_2H_6$ ) ไหมค่ะ
- S5 ไม้ค่ะ
- T ... แต่ว่า ... หนูเขียนสูตรโครงสร้างออกมาให้ครูได้ทั้ง 3 (โมเลกุล) เลย หนูพยายามจะสี่อะไรให้ครูทราบค่ะ
- S5 หนูสามารถเขียนสูตรโครงสร้างได้ค่ะ (หนูรู้ว่า...เข้าใจว่า ธาตุอยู่หมู่ ไหนและต้องการ(เวเลนซ์อิเล็กตรอน)เท่าไร แต่หนูไม่สามารถเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะออกมาได้ค่ะ

กล่าวคือ นักเรียนเหล่านี้ไม่เข้าใจว่า อันดับของพันธะในโครงสร้างลิวอิสเหล่านั้น เกี่ยวข้องกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะอย่างไร

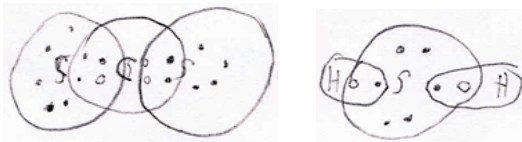
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มตามความสามารถในการนำโครงสร้างลิวอิสไปใช้เพื่อทำนายและอธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะออกเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3 (ในหน้าถัดไป)

### ตารางที่ 3 การนำโครงสร้างลิวิอิสไปใช้เพื่ออธิบายและทำนายความยาวพันธะ พลังงานพันธะ

การประยุกต์ใช้โครงสร้างลิวิอิสเพื่อทำนายและอธิบายความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	ลักษณะสำคัญ	ผลวิจัย
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิสของโมเลกุล $C_2H_2$ , $C_2H_4$ , และ $C_2H_6$ ได้ถูกต้อง รวมทั้งสามารถเรียงลำดับพลังงานพันธะและความยาวพันธะของทั้งสามโมเลกุลได้ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิส</li> <li>● ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับพันธะและพลังงานพันธะ</li> <li>● ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับพันธะและความยาวพันธะ</li> </ul>	-
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิสของโมเลกุล $C_2H_2$ , $C_2H_4$ , และ $C_2H_6$ ได้ถูกต้อง และสามารถเรียงลำดับพลังงานพันธะของทั้งสามโมเลกุลได้ถูกต้องเท่านั้น แต่ไม่สามารถเรียงลำดับความยาวพันธะของทั้งสามโมเลกุลได้ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิส</li> <li>● ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับพันธะและพลังงานพันธะ</li> </ul>	S2 S3 & S6
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิสของโมเลกุล $C_2H_2$ , $C_2H_4$ , และ $C_2H_6$ ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเรียงลำดับทั้งพลังงานพันธะและความยาวพันธะของทั้งสามโมเลกุลได้ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การเขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิส</li> </ul>	S1 S4 S5 S7 S8 S9 & S10
นักเรียนเขียนไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนสูตรโครงสร้างลิวิอิสของโมเลกุล $C_2H_2$ , $C_2H_4$ , และ $C_2H_6$	-	S11 & S12

## การใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุล และรูปร่างของโมเลกุล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามที่ 3 ในแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยพบว่า พลวิชัย 4 คน (S2 S3 S5 และ S8) สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $CS_2$  และ  $H_2S$  ได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 6 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 3



ภาพที่ 6 โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $CS_2$  และ  $H_2S$   
ตามความเข้าใจของนักเรียนคนที่ 3

กล่าวคือ พลวิชัยกลุ่มนี้เข้าใจว่า ในกรณีของโมเลกุล  $CS_2$  อะตอมของคาร์บอน 1 อะตอมยึดกับ 2 อะตอมของซัลเฟอร์ด้วยพันธะคู่ โดยอะตอมของคาร์บอนไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเลย ส่วนในกรณีของโมเลกุล  $H_2S$  อะตอมของซัลเฟอร์ยึดกับ 2 อะตอมของไฮโดรเจนด้วยพันธะเดี่ยว โดยอะตอมของซัลเฟอร์มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจำนวน 2 คู่

อย่างไรก็ตาม พลวิชัย 3 คน (S1 S9 และ S10) เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $H_2S$  หรือ  $CS_2$  ได้ถูกต้องเพียงโมเลกุลเดียว ในขณะที่พลวิชัยอีก 5 คน (S4 S6 S7 S11 และ S12) เขียนไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลเหล่านี้

เมื่อพิจารณาเฉพาะในกรณีของพลวิชัย 4 คน (S2 S3 S5 และ S8) ที่เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $CS_2$  และ  $H_2S$  ได้อย่างถูกต้องนั้น ไม่มีพลวิชัยคนใดเลยที่สามารถใช้โครงสร้างลิวอิสที่ตนเองเขียนขึ้นมาไปใช้ในการทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลได้เลย แม้ว่าพลวิชัย 2 คน (S2

และ S3) ตระหนักดีว่า โครงสร้างลิวอิสที่ต่างกันอาจแสดงถึงมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลที่แตกต่างกันก็ตาม ดังปรากฏในคำสัมภาษณ์ของนักเรียนคนที่ 2 ดังนี้

S2 ผมคิดว่า รูปร่างโมเลกุลและมุมระหว่างพันธะต้องมีความสัมพันธ์กัน (กับโครงสร้างลิวอิส) แน่ๆ ครับ ... เมื่อเขียนสูตรโครงสร้าง(ลิวอิส) ออกมา มันจะมีพันธะคู่และพันธะเดี่ยวครับ ผมจึงคิดว่า มันไม่เท่ากันระหว่างรูปร่างโมเลกุลและมุมระหว่างพันธะครับ

S3 ผมพิจารณาจากสูตรโครงสร้าง(ลิวอิส)ครับ เมื่อผมเขียนสูตรโครงสร้าง(ลิวอิส)ออกมา (ผมก็พบว่า (โมเลกุล)บางชนิด(มี)พันธะเดี่ยว และบางชนิด(มี)พันธะคู่ ผมก็เลยคิดว่า มันไม่น่าจะเท่ากันครับ

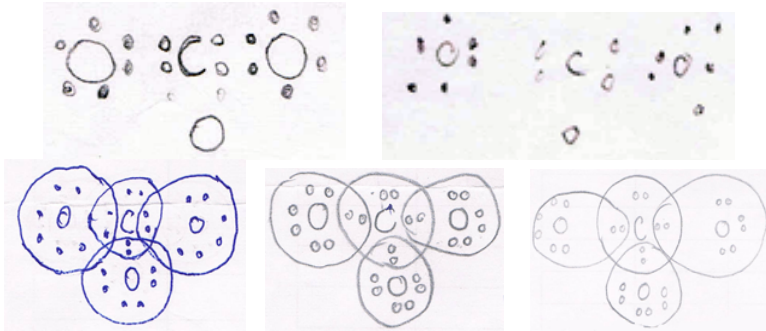
ในขณะที่พลวิจัยอีก 2 คน (S5 และ S8) แสดงความไม่แน่ใจว่า โครงสร้างลิวอิสมีความเกี่ยวข้องกันกับมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลหรือไม่ โดยพลวิจัยทั้งคู่ให้เหตุผลเหมือนกันว่า ตนเองยังไม่ได้เรียนเรื่องเหล่านี้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มความสามารถในการนำโครงสร้างลิวอิสไปใช้เพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4 (ในหน้าถัดไป)

### ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อจำกัดของโครงสร้างลิวอิสในกรณีของการเกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากคำถามข้อที่ 4 ในแบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยพบว่า ไม่มีพลวิจัยคนใดที่เขียนและบรรยายโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $[\text{CO}_3]^{2-}$  ได้อย่าง

ถูกต้อง โดยพลวิจัย 5 คน (S2 S3 S5 S9 และ S10) เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลนี้ไม่ถูกต้อง ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างผลงานของพลวิจัยเหล่านี้



ภาพที่ 7 โครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล  $[\text{CO}_3]^{2-}$  ตามความเข้าใจของนักเรียน คนที่ 2 3 5 9 และ 10 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

ตารางที่ 4 การนำโครงสร้างลิวอิสไปใช้เพื่ออธิบายและทำนายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างโมเลกุล

การประยุกต์ใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุล	ลักษณะสำคัญ	พลวิจัย
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล $\text{CS}_2$ และ $\text{H}_2\text{S}$ ได้ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้เพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การเขียนโครงสร้างลิวอิส</li> <li>● ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างลิวอิสและมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุล</li> <li>● ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างลิวอิสและรูปร่างโมเลกุล</li> </ul>	-

การประยุกต์ใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุล	ลักษณะสำคัญ	ผลวิจัย
นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล CS <sub>2</sub> และ H <sub>2</sub> S ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถใช้เพื่อทำนายและอธิบายมุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุลและรูปร่างของโมเลกุลได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิส</li> </ul>	S2 S3 S5 & S8
นักเรียนเขียนไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล CS <sub>2</sub> และ H <sub>2</sub> S	-	S1 S4 S6 S7 S9 S10 S11 & S12

ในขณะที่พลวิจัยอีก 7 คน (S1 S4 S6 S7 S8 S11 และ S12) ไม่เขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลนี้เลย ในการนี้ พลวิจัยบางคนระบุอย่างชัดเจนว่า ตนเองได้พยายามเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลดังกล่าวแล้ว แต่ไม่สามารถทำได้

S8 หนูพยายามแล้วค่ะ แต่ว่าทำยังไงก็ไม่ครบ 8 ลักที่ บางที่มันก็ได้ 7 บางที่มันก็ได้ 9 มันเกินมา

ในกรณีของโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุล [CO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup> นั้น อะตอมของคาร์บอน 1 อะตอม ยึดกับอะตอมของออกซิเจน 2 อะตอมด้วยพันธะเดี่ยว และยึดกับอะตอมของออกซิเจนอีก 1 อะตอมด้วยพันธะคู่ อย่างไรก็ตาม โมเลกุลนี้สามารถเกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ได้เช่นเดียวกับโมเลกุลของโอโซน (O<sub>3</sub>) ซึ่งพันธะคู่สามารถเกิดสลับที่กับพันธะเดี่ยวได้ นั่นคือ โครงสร้างลิวอิสมีข้อจำกัดในการแสดงและจำลองโมเลกุล [CO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>

ในการนี้ ไม่มีพลวิจัยคนใดที่ตระหนักถึงข้อจำกัดดังกล่าว ดังจะเห็นได้จากการที่พลวิจัยทุกคนไม่สามารถระบุได้ว่า โครงสร้างลิวอิสเป็นเพียงแบบจำลองทาง



ความคิดที่ไม่สามารถแสดงความเป็นพลวัตของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ภายในโมเลกุลของ  $[\text{CO}_3]^{2-}$

## บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 คน ในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อจำลองการเกิดพันธะโคเวเลนต์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการใช้โครงสร้างลิวอิสเพื่อแสดงการเกิดพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด 4 ข้อ ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยเป็นรายชื่อได้ดังนี้

1. พลวิจัยทุกคนเข้าใจว่า พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมของธาตุโลหะตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป
2. พลวิจัยทุกคนสามารถเขียนโครงสร้างของลิวอิสของบางโมเลกุลได้ โดยเฉพาะโมเลกุลที่พลวิจัยคุ้นหรือเคยเห็นมาก่อน เช่น  $\text{Br}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  แต่ไม่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลที่ซับซ้อนได้ เช่น  $\text{N}_2\text{H}_4$  และ  $[\text{CO}_3]^{2-}$
3. พลวิจัยส่วนใหญ่ไม่สามารถนำโครงสร้างลิวอิสที่ตนเองเขียนขึ้นไปใช้ในการทำนายและอธิบายสมบัติต่างๆ ในระดับโมเลกุลได้ เช่น ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ มุมระหว่างพันธะภายในโมเลกุล และรูปร่างของโมเลกุล
4. พลวิจัยทุกคนไม่ตระหนัก(หรือไม่เข้าใจ)ว่า โครงสร้างลิวอิสมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแสดงความเป็นพลวัตของการเกิดพันธะโคเวเลนต์ภายในโมเลกุลใดๆ ที่เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ได้

ผลการวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า พลวิจัยทุกคนยังมีความสามารถที่จำกัด ทั้งในการเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลต่างๆ และการนำโครงสร้างลิวอิสเหล่านั้นไป

ประยุกต์ใช้ ดังจะเห็นได้จากการที่พลวิชัยเหล่านี้ไม่สามารถใช้โครงสร้างลิวอิสที่ตนเองเขียนขึ้นไปใช้ในการทำนายและอธิบายสมบัติต่างๆ ของโมเลกุลได้

## การนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ให้ข้อมูลว่า พลวิชัยทุกคนเข้าใจว่า พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมของธาตุโลหะตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป แม้ความเข้าใจนี้เป็นพื้นฐานทั่วไปในการเขียนโครงสร้างลิวอิสของโมเลกุลต่างๆ ตามกฎออกเตต แต่ความเข้าใจนี้อาจยังไม่เพียงพอให้พลวิชัยเข้าใจว่า การใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่าง 2 อะตอมใดๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร ในการนี้ พลวิชัยทุกคนควรมีความเข้าใจเพิ่มเติมด้วยว่า โดยแท้จริงแล้ว พันธะโคเวเลนต์เป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างนิวเคลียสของอะตอมหนึ่ง (ซึ่งมีสภาพทางไฟฟ้าเป็นบวก) กับอิเล็กตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง (ซึ่งมีสภาพทางไฟฟ้าเป็นลบ) แรงทางไฟฟ้านี้ดึงดูดให้ 2 อะตอมยึดกันในรูปของพันธะโคเวเลนต์ ทำให้พลังงานศักย์ไฟฟ้ารวมของอะตอมทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด แม้ว่าความเข้าใจเพิ่มเติมนี้เป็นเรื่องซับซ้อน แต่ก็จะเป็นพื้นฐานสำหรับความเข้าใจที่ว่า จำนวนคู่ของเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ 2 อะตอมใดๆ ใช้ร่วมกันนั้น เกี่ยวข้องกับความยาวพันธะและพลังงานพันธะอย่างไร นั่นคือ จำนวนคู่ของเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่มาก แรงทางไฟฟ้าก็ยิ่งมีค่ามาก ทำให้อะตอมคู่นั้นอยู่ใกล้กันมาก (นั่นคือ ความยาวพันธะที่น้อย) และยากต่อการแยกออกจากกัน (นั่นคือ พลังงานพันธะที่มาก) นอกจากนี้ ความเข้าใจดังกล่าวยังช่วยในการทำความเข้าใจว่า เหตุใดพันธะต่างๆ ภายในโมเลกุลใดๆ จึงทำมุมระหว่างกัน ซึ่งก็เป็นเพราะแรงทางไฟฟ้าระหว่างพันธะเหล่านั้น มุมระหว่างพันธะต่างๆ ภายในโมเลกุลจะส่งผลต่อรูปร่างของโมเลกุลนั่นเอง ในการนี้ การจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะโคเวเลนต์จึงควรส่งเสริมให้พลวิชัยเห็นถึงศักยภาพของโครงสร้างลิวอิสในการอธิบายและทำนายสมบัติต่างๆ ในระดับโมเลกุล ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการอธิบายและทำนายสมบัติต่างๆ ในระดับมหภาคต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา ชูติมา. (2551). **หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1**. (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2554). **วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: คอมม่าดีไซน์แอนด์พริ้นท์.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Erickson, F. (1985). **Qualitative Methods in Research on Teaching: Occasional Paper No. 81**. ERIC Document Reproduction 263 203.
- Frigg, R. & Hartmann, S. (2006). **Models in Science (Stanford Encyclopedia of Philosophy/Spring 2009 Edition)**. Retrieved October 29, 2012, from: <http://stanford.library.usyd.edu.au/>.

---

<sup>1</sup> ยกเว้นอะตอมของธาตุที่เป็นไอโซโทป

<sup>2</sup> ยกเว้นอะตอมของธาตุไฮโดรเจน ซึ่งไม่มีนิวตรอนเป็นองค์ประกอบ