

## บทความวิจัย (Research Article)

# มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญต่อการสอนมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีในยุคประเทศไทย 4.0

## EXPERT TEACHER'S VIEW ON TEACHING ABOUT CHEMICAL BONDING IN THAILAND 4.0

Received: December 21, 2018

Revised: June 22, 2019

Accepted: June 28, 2019

โชติกุล รินลา<sup>1\*</sup> สิริินภา กิจเกื้อกุล<sup>2</sup> และวรินทร์ สุภาพ<sup>3</sup>  
Chotikun Rinla<sup>1\*</sup> Sirinapa Kijkuakul<sup>2</sup> and Wanintorn Supap<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

<sup>1,2,3</sup>Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

\*Corresponding Author, E-mail: r.chotikun@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญต่อการสอนมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี จำนวน 3 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ครอบคลุมองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ 5 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านจุดประสงค์การสอน 3) ด้านการจัดกิจกรรมการสอน 4) ด้านสื่อการสอน และ 5) ด้านการประเมินผล โดยมีกระบวนการพัฒนาคำถามสัมภาษณ์จากการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อคำถามและนำไปทดลองใช้ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) การตรวจสอบกับผู้ใช้ข้อมูล (Member Checking) และผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ผลการวิจัย พบว่า ครูผู้เชี่ยวชาญมีมุมมองในการสอนมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี คือ 1) ธรรมชาติของพันธะเคมีเป็นเรื่องในระดับจุลภาค มีความเป็นนามธรรมสูง ทำให้เห็นภาพได้ยาก จึงควรสอน เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค 2) การสอนพันธะเคมีควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของพันธะที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารต่างๆ 3) การออกแบบการจัดกิจกรรมการสอนควรอยู่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้สร้างตัวแทนความคิดด้วยตนเอง 4) ควรมีการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือเป็นสื่อการสอน และ 5) ควรใช้แบบวัดมโนทัศน์และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับการประเมินผล ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนามโนทัศน์เชิงลึกได้มากยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญ การสอนมโนทัศน์ พันธะเคมี ไทยแลนด์ 4.0

## Abstract

This qualitative research aimed to investigate the expert teacher's views on Teaching the chemical bonding concept. Data were collected through semi-structured interviews including five components of instructional about content, the objective of instruction, instruction activities, instruction materials, and learning assessment. The development process semi-structured interview was examined by peer review and tried out. Data were analyzed using content analysis and was examined credibility by member checking and peer debriefing. The first finding indicates is the nature of chemical bonding is macroscopic and abstract that difficult to see also the teacher should teach chemical bonding by 3D models to encourage students to visualize at the microscopic level. Second is teaching objective focus student's understanding of physical and chemical properties of matter. The third is Instructional design based on scientific inquiry for students to create scientific representations by themselves. Fourth is should apply applications on mobile are instructional media. Including learning assessment might use concept test and apply technologies that mainly students have been a more deep understanding.

**Keywords:** Expert Teacher's View, Teaching, Chemical Bonding, Thailand 4.0

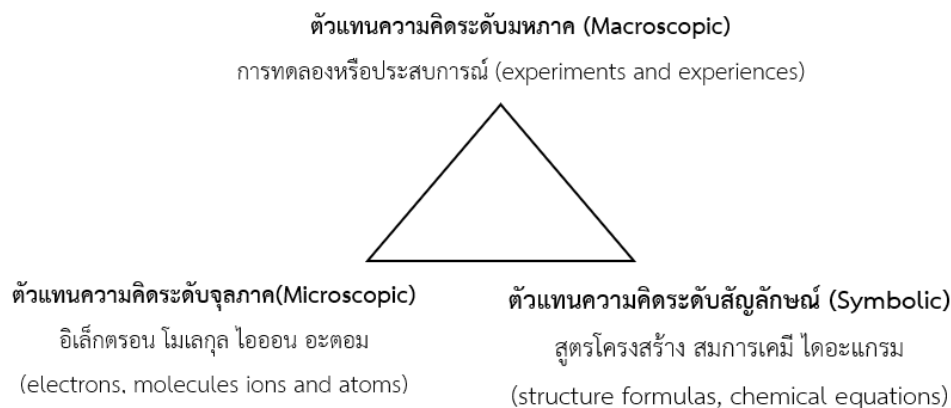
## บทนำ

แนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้วิชาเคมีคือพันธะเคมี (Tan & Treagust, 2001) เนื่องจากเป็นพื้นฐานของความเข้าใจโมโนทัศน์ทางเคมีหลายแขนง อาทิเช่น เคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์ พันธะเคมีเป็นการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ไอออน หรืออะตอมของสารที่อยู่รอบตัวซึ่งเป็นปรากฏการณ์ระดับจุลภาคไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า โดยเนื้อหาหลักเรื่องพันธะในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วย 1) พันธะโลหะ 2) ไอออนิก และ 3) พันธะโคเวเลนต์

จากการพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ซึ่งทดสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในส่วนของมาตรฐานที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย ตัวชี้วัด ม.4-6/4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและโมเลกุลของสาร พบว่า ปีการศึกษา 2558 2559 และ 2560 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 25.67 28.65 และ 29.06 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 (IPST, 2018) และเมื่อพิจารณาปัญหาที่พบในการเรียนเนื้อหาพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย พบว่า ในเรื่องพันธะโลหะ นักเรียนเข้าใจว่าภายในแท่งโลหะไม่มีพันธะเคมี แต่อะตอมของโลหะจะเกาะกลุ่มอยู่ติดกันหนาแน่นเช่นเดียวกับของแข็ง ในเรื่องพันธะไอออนิก นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกโดยที่อะตอมใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (Kuathan, 2014) และในเรื่องพันธะโคเวเลนต์ นักเรียนไม่สามารถแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ได้ (Saejueng & Wuttisela, 2015) ประกอบกับเมื่อพิจารณาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมี พบว่า ครูออกแบบ

การสอนที่ทำให้ให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เกี่ยวข้องกับโมโนทัศน์ทางเคมีได้ยาก (Treagust & Chittleborough, 2001) และ การสอนของครูไม่มีการฝึกให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดทางเคมี (Gabel, 1999) จากปัญหาในการจัดการเรียนการสอน เรื่องพันธะเคมีข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทยประสบปัญหาในการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมีที่คล้ายคลึงกันกล่าวคือนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนยังขาดวิธีการที่ทำ ให้นักเรียนมองเห็นภาพโมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี

การสร้างมโนภาพ (Visualization) เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้โมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี จากการสร้างความเข้าใจโมโนทัศน์ในรูปแบบตัวแทนความคิด (Representations) ที่มีลักษณะเป็นภาพวาดและ สัญลักษณ์ ทำให้การเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีสามารถมองเห็นภาพและมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Tasker & Dalton, 2008) โดย Johnstone (1982) นักเคมีศึกษาได้เสนอตัวแทนความคิดทางเคมี (Chemical Representations) 3 ระดับ ได้แก่ 1) ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือ ความเข้าใจโมโนทัศน์ทางเคมีใน ปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน การทดลอง มีลักษณะเป็นภาพวาด 2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representations) คือ ความเข้าใจโมโนทัศน์ทางเคมีในปรากฏการณ์ที่ ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่น อะตอม โมเลกุล ไอออน มีลักษณะเป็นภาพวาด และ 3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) คือ ความเข้าใจโมโนทัศน์ทางเคมีในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่มีรูปแบบเป็นสัญลักษณ์ เช่น สัญลักษณ์ธาตุ สูตรโมเลกุล หรือสมการเคมี ตามภาพ 1



**ภาพ 1** ระดับของตัวแทนความคิดทางเคมี

โดยตัวแทนความคิดทางเคมีสามารถช่วยให้ผู้เรียนพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีได้ จากการสร้างมโนภาพทางเคมี กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนสังเกตปรากฏการณ์จะเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาคโดยการบรรยาย (Descript) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และจำลองภาพสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตัวแทนความคิดระดับจุลภาคในรูปแบบภาพวาดเพื่ออธิบาย (Explant) ปรากฏการณ์ จากนั้นผู้เรียนจะใช้ระบบสัญลักษณ์เพื่อสื่อสารระหว่างปรากฏการณ์ระดับมหภาคและระดับ จุลภาคทำให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกมากขึ้น (Tasker & Dalton, 2008)

การสอนพันธะเคมีจึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง และเลือกวิธีสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหา การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการสอนวิชาเคมีเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดทางเคมี 3 ระดับ ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์หรือภาพการทดลอง เพื่อเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ การใช้โปรแกรม VisChem ที่มีภาพเคลื่อนไหวและภาพสามมิติของโมเลกุลต่างๆ (Tasker & Dalton, 2008) การนำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี การใช้แอปพลิเคชัน Mirage ที่มีการแสดงโครงสร้างโมเลกุลของสารชนิดต่างๆ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการใช้สื่อเทคโนโลยีดังกล่าว จะเน้นการมีภาพเคลื่อนไหวของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เพื่อช่วยให้สามารถมองเห็นปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค และเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับ ดังนั้น วิธีสอนที่อาศัยเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้จึงมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมี

การสอนพันธะเคมีจึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูงและเลือกวิธีสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหา ดังนั้น ครูจึงต้องมีความรู้ด้านเนื้อหาพหุวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) (Magnusson et al., 1999) กล่าวคือ ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา โดยมีองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญคือมุมมองต่อการสอนวิทยาศาสตร์ (Orientations Toward Science Teaching) เนื่องจากเป็นการสะท้อนแนวคิดในการกำหนดเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้ ดังนั้น มุมมองต่อการสอนมนทัศน์เรื่องพันธะเคมีของครู จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

การที่ครูจะสามารถนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี ครูจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาพหุวิธีสอนที่ชัดเจน รวมทั้งมีมุมมองต่อการสอนที่สอดคล้องกับเป้าหมายของการสอน การสอนเคมีจึงจะประสบผลสำเร็จ การศึกษามุมมองครูจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะในยุคประเทศไทย 4.0 ที่ต้องเร่งปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดความรู้หรือแรงบันดาลใจและสืบเสาะหาความรู้อยู่ตลอดเวลา (Active Learner) มีการใช้ข้อมูลสารสนเทศ การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ และพัฒนาไปสู่การผลิตนวัตกรรม (Innovation) (Duangpummes & Kaewurai, 2017) เพื่อให้ทันต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังนั้น ในยุคประเทศไทย 4.0 ครูจึงควรปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือแห่งการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Suttipong, 2017)

ถึงแม้ว่าที่ผ่านมามีการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาตัวแทนความคิด 3 ระดับ ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเป้าหมายการสอนมนทัศน์เรื่องพันธะเคมีในยุคประเทศไทย 4.0 ยังมีอยู่เป็นจำนวนน้อย เพื่อนำไปสู่ข้อค้นพบเกี่ยวกับมนทัศน์การสอนพันธะเคมี จากมุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมี ซึ่งจะช่วยพัฒนาตัวแทนความคิด 3 ระดับ ตามเป้าหมายของการเรียนรู้วิชาเคมี ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบในการจัดการเรียนรู้ 5 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านจุดประสงค์การสอน 3) ด้านการจัดกิจกรรมการสอน 4) ด้านสื่อการสอน และ 5) ด้านการประเมินผล มาใช้เป็นกรอบแนวคิดเพื่อศึกษามุมมองต่อการสอน

มโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี ข้อค้นพบของการวิจัยจะเป็นข้อมูลให้กับครูผู้สอนวิชาเคมี ได้ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบการสอน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีมากขึ้น

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษามุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญต่อการสอนมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี

## ผลวิจัย

ผลวิจัยในงานวิจัยนี้ คือ ครูผู้เชี่ยวชาญในการสอนมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 3 คน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกคือเป็นครูที่ได้รับรางวัล Thailand Innovative Teachers Leadership Awards เนื่องจากเป็นโครงการนำเสนอผลงานทางวิชาการที่มุ่งพัฒนานวัตกรรม เพื่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของครูไทย หรือเป็นครูที่ได้รับรางวัลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนในระดับเขตพื้นที่การศึกษา โดยครูทั้ง 3 คนมีภูมิลำเนา ดังตาราง 1

ตาราง 1 ภูมิลำเนาของครู

ชื่อ (อายุ, ประสบการณ์)	วุฒิการศึกษา	โรงเรียน	รายวิชาที่ สอน	รางวัลที่ได้รับ
ครู ก (30 ปี, 5 ปี)	ศษ.บ.(วิทยาศาสตร์-เคมี) ศษ.ม.(หลักสูตรและการสอน)	โรงเรียน มัธยมศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ	เคมี ม.4	1) Thailand Innovative Teachers Leadership Awards 2016 2) ครูผู้สอนยอดเยี่ยม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอนประจำปี 2561
ครู ข (29 ปี, 3 ปี)	วท.บ.(เคมี) ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา)	โรงเรียน มัธยมศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ	เคมี ม.5	1) Thailand Innovative Teachers Leadership Awards 2016 2) Thailand Innovative Teachers Leadership Awards 2017
ครู ค (29 ปี, 8 ปี)	กศ.บ.(เคมี) กศ.ม.(เคมี)	โรงเรียน มัธยมศึกษา ขนาดกลาง	เคมี ม.4 ม.5	1) ครูสอนดี ระดับดีมาก ระดับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ปี 2558 2) รางวัลครูดีมีมาตรฐาน ระดับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ปี 2558

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา (Yin, 2014) ซึ่งเน้นการสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองศึกษา มากกว่าการสร้างข้อสรุปทั่วไปเพื่ออ้างอิงกับประชากร Kikuakul (2018, pp. 272-283) ในการนี้ ผู้วิจัยใช้กระบวนการตีความเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

### เครื่องมือวิจัยและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยทำการสร้างข้อคำถามจำนวน 24 ข้อ จากการวิเคราะห์ความสอดคล้องกับองค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ (Peer Review) และนำไปทดลองใช้ พบว่า มีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ ที่มีค่าความเชื่อมั่น (reliability) ต่ำกว่า 0.7 จึงทำการตัดข้อคำถามออก จึงได้ข้อคำถามที่นำไปใช้จริงจำนวน 20 ข้อ 2) ผู้วิจัยได้พัฒนาทักษะการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องและตรงประเด็นกับข้อคำถาม

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา จำนวน 3 ข้อ 2) ด้านจุดประสงค์การสอน จำนวน 1 ข้อ 3) ด้านการจัดกิจกรรมการสอน จำนวน 5 ข้อ 4) ด้านสื่อการสอน จำนวน 5 ข้อ และ 5) ด้านการประเมินผล จำนวน 2 ข้อ รวมทั้งสิ้น 14 ข้อคำถาม ดังตัวอย่างคำถามในตาราง 1 ทั้งนี้ ก่อนที่ดำเนินการเก็บข้อมูลนั้นผู้วิจัยจะชี้แจงให้ครูทั้ง 3 คนทราบก่อน ว่าการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธะเคมี โดยที่คำตอบจากการสัมภาษณ์จะถูกเก็บเป็นความลับ โดยครูนั้นตอบคำถามตามมุมมองความเชื่อของตนเอง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) มีกระบวนการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมข้อมูล (Preparing) โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการถอดเทปที่บันทึกเสียงการสัมภาษณ์ โดยแสดงเป็นบทสนทนาระหว่างผู้วิจัยและครูทั้ง 3 คน ซึ่งได้ถอดข้อมูลเสียงเป็นเนื้อความเอกสาร แล้วจึงตรวจสอบความน่าเชื่อถือกับผู้ให้ข้อมูล (Member Checking) โดยส่งเนื้อความเอกสารไปยังพลวิจัยเพื่อให้ยืนยันว่าบทสัมภาษณ์นั้นถอดความได้ตรงกับที่พลวิจัยให้สัมภาษณ์

2. ให้รหัสข้อมูล (Coding) จากการจัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลโดยลดทอนข้อมูลให้เหลือเฉพาะประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ (Miles & Huberman, 1994) ซึ่งครอบคลุมทั้ง 5 ด้าน จากนั้นนำข้อความมาใส่รหัสในรูปวลีสั้นๆ ตัวอย่างเช่น

ผู้วิจัย : ท่านคิดว่ามันทัศนเรื่องพันธะเคมีมีความสำคัญอย่างไร

ครู ก : “พันธะเคมีมีความสำคัญค่อนข้างมากค่ะ เพราะเป็นพื้นฐานที่เราต้องเอาไปต่อยอดกับเรื่องอื่น

(Imp01) เป็นการขยายมุมมองให้นักเรียนรู้ว่าพันธะเคมีสามารถนำไปใช้ในการอธิบายเรื่องสมบัติของสารต่างๆ ได้ (Imp02)”

สามารถให้รหัสข้อมูลได้เป็น

Imp01 แนวคิดพื้นฐานที่สามารถนำไปต่อยอดในการเรียนเรื่องอื่น

Imp02 นำไปใช้อธิบายสมบัติของสารต่างๆ

3. จัดหมวดหมู่ข้อมูล (Categorizing) ที่มีความสัมพันธ์กันตามประเด็นที่วิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น จากการให้รหัสข้อมูล Imp01 และ Imp02 ดังตัวอย่างข้างต้น สามารถจัดหมวดหมู่ข้อมูลได้เป็น “ความสำคัญของมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี”

4. หาข้อสรุป โดยอธิบายจากหลักฐานตามเนื้อหาที่ได้จากการสัมภาษณ์

5. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ โดยผู้วิจัยร่วมตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) พร้อมทั้งอภิปรายร่วมกันในข้อค้นพบจาก 5 ประเด็นในมุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญ

## ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงมุมมองต่อการสอนมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี ผู้วิจัยขอนำเสนอใน 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านเนื้อหาใน เรื่อง พันธะเคมี พบว่า ครูทั้ง 3 คน มีแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี คือ เป็นเรื่องในระดับจุลภาค มีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งพันธะเคมีมีความสำคัญในการต่อยอดการเรียนรู้เคมีเรื่องอื่นๆ เนื่องจากเป็นความรู้พื้นฐาน รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปอธิบายสมบัติของสาร โดยการสอนเรื่องพันธะเคมี มีจุดเน้น คือ ควรใช้แบบจำลอง 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการภาพออกมาได้ ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองด้านเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เช่น

ครู ก: “พันธะเคมีมันเป็นพื้นฐานของการเกิดสารประกอบต่าง ๆ นักเรียนจำเป็นต้องแยกประเภทให้ได้ และที่ต้องเน้นคือความเข้าใจให้คำมองภาพให้ออกให้มากที่สุด”

ครู ข: “เป็นเรื่องที่เรามองไม่เห็น เป็น Microscopic ที่นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจแล้วก็อธิบายผ่านออกมาแบบพวกสัญลักษณ์หรือว่าพวกสื่ออะไรต่างๆ”

ครู ค: “จุดเน้นในการสอนเนื้อหาพันธะเคมีควรมี 3 ส่วน คือ จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์ ซึ่งเราควรจะหา Animation มาให้เด็กดูเยอะๆ เพราะบางทีเด็กก็เห็นแต่มหภาค ไม่สามารถมองเห็นอะไรที่เป็นจุลภาค ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา เพราะฉะนั้นถ้าเป็นสื่อ Animation มันจะทำให้เด็กเห็นภาพและเข้าใจได้ดีขึ้น”

2. ด้านจุดประสงค์ในการสอนเรื่องพันธะเคมี พบว่า ครู ก มีจุดประสงค์การสอนพันธะเคมีเพื่อให้นักเรียนสร้างมโนภาพเพื่อทำความเข้าใจในเนื้อหา ส่วน ครู ข และ ครู ค มีจุดประสงค์ในการสอนพันธะเคมีที่สอดคล้องกัน คือ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าสมบัติต่างๆ ของสารเป็นผลมาจากพันธะเคมี ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองด้านจุดประสงค์การสอนพันธะเคมี เช่น

ครู ก: “เพื่อให้นักเรียนมี ภาพจำของพันธะ สำหรับการสร้างมโนภาพคือสิ่งที่เน้นที่สุด เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเกิดพันธะมากยิ่งขึ้น”

ครู ข “เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของสารซึ่งเชื่อมโยงมาจากพันธะเคมี เช่น ถ้าเรารู้ว่าสมบัติของสาร จุดเดือด จุดหลอมเหลว สามารถอธิบายเหตุผลโดยใช้ความรู้เรื่องพันธะเคมี”

3. ด้านการจัดกิจกรรมการสอน พบว่า ครูทั้ง 3 คน ออกแบบการจัดกิจกรรมการสอนที่อยู่บนฐานของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สื่อการสอนจากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โดยสรุปแต่ละขั้นตอนการสอนส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี คือ ในขั้นนำจะทำให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจระดับมหภาค ขั้นสำรวจจะทำให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจระดับจุลภาค และขั้นสรุปจะทำให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจจากการเชื่อมโยงแนวคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ และมีจุดเน้นในการสอนเรื่องพันธะเคมี คือ ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของพฤติกรรมของอนุภาคและใช้แบบจำลอง 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองด้านการจัดกิจกรรมการสอน เช่น

ครู ก: “กิจกรรมเรื่องพันธะเคมีใช้การจัดการเรียนรู้ Active Learning ในรูปแบบ 6E แล้วก็เน้นใช้สื่อเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ แล้วก็ให้นักเรียนมีการรายงานผลที่เน้นเชิงสร้างสรรค์ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบผลงาน”

ครู ข: “ส่วนใหญ่จะใช้วงจรการเรียนรู้ 5E โดยในขั้นสร้างความสนใจเปิดคลิปวิดีโอให้ดูและดึงให้นักเรียนสงสัยเรื่องที่จะสอน ขั้นสำรวจก็จะให้เด็กการทำทดลอง หรือเปิดคลิปวิดีโอให้ดูทำให้เด็กเห็นในระดับมหภาค และใช้แอปพลิเคชันให้นักเรียนเห็นโครงสร้างสารและเข้าใจในระดับจุลภาค ขั้นอธิบาย ก็จะทำอธิบายและให้ช่วยกันหาข้อสรุปให้ได้ ทำให้เกิดความเข้าใจในประเด็นที่เรียน ขั้นขยายให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนองาน และขั้นประเมิน ใช้แบบวัดมโนทัศน์ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน”

นอกจากนี้ ครูทั้ง 3 คน มองว่าตัวแทนความคิด 3 ระดับ มีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนเคมีในยุคประเทศไทย 4.0 ทำให้ครูผู้สอนต้องนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคและเชื่อมโยงไปยังระดับมหภาคและระดับสัญลักษณ์ได้ หากครูสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีแบบดั้งเดิมไปสู่บริบทใหม่ (ประเทศไทย 4.0) จะทำให้การเรียนรู้เคมีเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้มากขึ้น การสอนเคมีมีความน่าสนใจมากขึ้น และนักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมออกมาเป็นชิ้นงานโดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองการสอนเคมีต่อบริบทประเทศไทย 4.0 เช่น

ครู ก: “การเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสอนให้นักเรียนเข้าใจในระดับจุลภาค และการเรียนรู้เคมีจะมีการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อน และนักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมผ่านเทคโนโลยีโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์”

ครู ข: “การสอนเคมีต้องใช้สื่อเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพในระดับจุลภาคและอธิบายไปยังระดับมหภาคและสัญลักษณ์ การสอนเคมีจะมีความน่าสนใจมากขึ้น และทำให้เห็นภาพมากขึ้นจากการใช้สื่อเทคโนโลยีต่างๆ และนักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานออกมาเป็นนวัตกรรมได้ เช่น แอนิเมชันหรือการสร้างวิดีโอในเรื่องที่เรียน”

ครู ค: “การสอนต้องเน้นให้นักเรียนเห็นพฤติกรรมของสารในระดับจุลภาคโดยใช้แอนิเมชันหรือแอปพลิเคชันต่างๆ นักเรียนจะสนใจการเรียนรู้เคมีมากขึ้น หากครูสามารถนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในการสอน และนักเรียนจะสร้างนวัตกรรมเป็นชิ้นงานจากเนื้อหาเคมี โดยใช้เทคโนโลยี เช่น การทำคลิปวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหว”

4. ด้านสื่อการเรียนรู้ พบว่า ครูทั้ง 3 คน ใช้สื่อการเรียนรู้แอนิเมชันมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหว รูปแบบ 3 มิติ จากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือเว็บไซต์ โดยครูทั้ง 3 คนจะใช้สื่อการเรียนรู้ในขั้นสำรวจ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และขั้นขยายความรู้ ซึ่งสื่อการเรียนรู้เหล่านี้ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมี เนื่องจากทำให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคที่มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น รวมทั้งแสดง



การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหตุผลที่ครูเลือกใช้สื่อการเรียนรู้นี้ เนื่องจากสะดวกและง่ายในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และประหยัดงบประมาณ ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองด้านสื่อการสอน

ครู ก: “แอปพลิเคชัน VSEPR 3D จะเป็นรูปร่างโมเลกุล จะให้ดูรูปร่างโมเลกุลแต่อยู่ในรูป 3 มิติ หมุนไปหมุนมา นักเรียนจะมองเห็นภาพรูปร่างโมเลกุลชัดมากยิ่งขึ้น”

ครู ค: “แอปพลิเคชัน Mirage จะมีลักษณะเป็น QR Code มาให้ แล้วก็ปรี้น code นี้มา แล้วเราก็เอาแอปพลิเคชันนี้ไปส่อง code มันก็จะขึ้นมาเป็นแบบรูปร่างของโมเลกุลเลย เป็น 3 มิติ นักเรียนก็จะตื่นเต้น”

5. ด้านการประเมินผล พบว่า ครู ก ใช้การประเมินจากผลงานที่ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองโมเลกุลต่างๆ ผ่านทางสื่อออนไลน์ ส่วนของ ข และ ครู ค ใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี ซึ่งจากการประเมินของครูทั้ง 3 คนพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์เชิงลึกเรื่องพันธะเคมีเพิ่มขึ้น ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงมุมมองด้านการประเมินผล

ครู ก: “นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกมากกว่าเดิม เด็กที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จากการใช้แอปพลิเคชันทำให้เห็นภาพ”

ครู ข: “นักเรียนเกิดมโนทัศน์เชิงลึกมากขึ้น เนื่องจากใช้สื่อออนไลน์ที่มีภาพเคลื่อนไหว ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิด 3 ระดับได้ คือ มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ นักเรียนจึงอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างลึกซึ้ง”

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาโดยการตีความจากหลักฐานตามเนื้อหาที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลปรากฏตามตาราง 2

ตาราง 2 มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญต่อการสอนมโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมี

ข้อคำถาม	พลวิสัย			การสรุปข้อมูล
	ครู ก	ครู ข	ครู ค	
<b>1. ด้านเนื้อหา</b>				
1.1 ท่านคิดว่า ธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีเป็นอย่างไร	ต้องสร้างมโนภาพเพื่อทำความเข้าใจ	เป็นเรื่องในระดับจุลภาคที่มองไม่เห็น	เป็นเรื่องที่เห็นภาพได้ยาก	เป็นเรื่องในระดับจุลภาคมีความเป็นนามธรรมสูงจึงเห็นภาพได้ยาก
1.2 ท่านคิดว่า มโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมีมีความสำคัญอย่างไร	1.เป็นพื้นฐานเพื่อนำไปต่อยอดในเรื่องอื่น 2. อธิบายคุณสมบัติของสาร	การเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นและสิ่งที่อยู่ในระดับจุลภาค	ใช้ต่อยอดในเรื่องอื่น	1. เป็นพื้นฐานต่อยอดในเรื่องอื่น 2. ใช้อธิบายสมบัติของสาร 3. เป็นการเชื่อมโยงระดับมหภาคและระดับจุลภาค

ข้อคำถาม	พลวิจัย			การสรุปข้อมูล
	ครู ก	ครู ข	ครู ค	
1.3 ท่านคิดว่า ปัญหาในการสอน มโนทัศน์ เรื่อง พันธะเคมีมี อะไรบ้าง	ต้องใช้การ จินตนาการ ยากต่อการทำความเข้าใจ	ปัญหาในการ จินตนาการของเด็ก	มีความเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ	การจินตนาการในที่ที่เป็นนามธรรม
<b>2. ด้านจุดประสงค์การสอน</b>				
จุดประสงค์ในการ สอน เรื่อง พันธะเคมี ของท่านคืออะไร	เพื่อให้ให้นักเรียนสร้าง มโนภาพเพื่อทำ ความเข้าใจในเนื้อหา	เพื่อให้รู้ถึงธรรมชาติ ของสารที่อยู่รอบตัว	เพื่อให้เข้าใจว่าสมบัติ ของสารเป็นผลมาจาก พันธะเคมี	เพื่อให้เข้าใจว่าสมบัติ ของสารเป็นผลมาจาก พันธะเคมี
<b>3. ด้านการจัดกิจกรรมการสอน</b>				
3.1 ท่านมีแนว ทางในการจัดการ เรียนการสอน เรื่อง พันธะเคมีอย่างไร	ใช้รูปแบบ 6E ที่เน้น สื่อเทคโนโลยี	ใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ที่เน้นการปฏิบัติและใช้ สื่อเทคโนโลยี	ใช้แนวทางการสืบ เสาะหาความรู้ โดยใช้ โปรแกรมหรือ แอปพลิเคชันเป็นสื่อ การสอน	ใช้วิธีการสืบเสาะหา ความรู้ร่วมกับเทคโนโลยี
3.2 แต่ละขั้นตอน การสอน ช่วยทำให้ เข้าใจมโนทัศน์เรื่อง พันธะเคมีอย่างไร	1. ชื่นนำ เด็กเข้าใจ ตัวอย่างที่นำมา อธิบาย 2. ชื่นสำรวจ เด็ก เข้าใจจากสื่อ เทคโนโลยี 3. ชื่นอภิปราย เด็ก เข้าใจจากการ อภิปรายร่วมกัน 4. ชื่นขยายและขั้น แลกเปลี่ยน เด็ก เข้าใจมากขึ้นจาก การออกแบบผลงาน 5. ชื่นประเมิน ทำให้ เด็กเข้าใจจากผลงาน	1. ชื่นสร้างความสนใจ เด็กเข้าใจในระดับ มหภาค 2. ชื่นสำรวจและค้นหา ใช้แบบจำลองทำให้เด็ก เข้าใจระดับจุลภาค 3. ชื่นสรุป เด็กเกิด ความเข้าใจจาก การเชื่อมโยงความคิด	1. ชื่นสำรวจ เด็ก เข้าใจระดับมหภาค และจุลภาค 2. ชื่นอธิบาย เด็กเกิด ความเข้าใจจากการหา ข้อสรุปร่วมกัน	1. ชื่นนำ เกิดความเข้าใจ ระดับมหภาค 2. ชื่นสำรวจเกิดความ เข้าใจระดับจุลภาค 3. ชื่นสรุป เกิดความ เข้าใจจากการเชื่อมโยง ความคิด

ข้อคำถาม	ผลวิจัย			การสรุปข้อมูล
	ครู ก	ครู ข	ครู ค	
3.3 ท่านคิดว่า การสอนมโนทัศน์ เรื่องพันธะเคมีมี จุดเน้นอย่างไร	1. ตระหนักถึง ความสำคัญใน เรื่องพฤติกรรมของ อนุภาค 2. ทำให้นักเรียน มองเห็นภาพให้มากที่สุด	ต้องใช้แบบจำลอง 3 มิติ	ทำให้เด็กเห็นภาพ 3 ส่วน คือ มหภาค จุลภาค สัญลักษณ์	1. เห็นความสำคัญ พฤติกรรมของอนุภาค 2. ใช้แบบจำลอง 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ 3 ระดับ
3.4 ตัวแทน ความคิด 3 ระดับ มีบทบาทในการ จัดการเรียนการสอนเคมีในยุค ประเทศไทย 4.0 อย่างไร	การเชื่อมโยงตัวแทน ความคิดทั้ง 3 ระดับ จำเป็นต้องใช้ เทคโนโลยีเข้ามาช่วย ในการสอนให้ นักเรียนเข้าใจใน ระดับจุลภาค	ทำให้การสอนเคมีต้อง ใช้สื่อเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเห็น ภาพในระดับจุลภาค และอธิบายไปยัง ระดับมหภาคและ สัญลักษณ์	การสอนต้องเน้นให้ นักเรียนเห็นพฤติกรรม ของสารในระดับ จุลภาคโดยใช้ แอนิเมชันหรือ แอปพลิเคชันต่าง ๆ	ตัวแทนความคิด 3 ระดับ มีบทบาทในการสอนเคมี ทำให้ครูผู้สอนต้องนำ เทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ปรากฏการณ์ในระดับ จุลภาคและเชื่อมโยงไป ยังระดับมหภาคและ ระดับสัญลักษณ์ได้
3.5 ท่านมี มุมมองอย่างไร หากครูสามารถ เชื่อมโยงเนื้อหา เคมีแบบดั้งเดิม ไปสู่บริบทใหม่ (ประเทศไทย 4.0)	การเรียนรู้เคมีจะมี การเชื่อมโยงกับ ชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยี เป็นตัวขับเคลื่อน และนักเรียนสามารถ สร้างนวัตกรรมผ่าน เทคโนโลยีโดยใช้ ความคิดสร้างสรรค์	การสอนเคมีจะมีความ น่าสนใจมากขึ้น และ ทำให้เห็นภาพมากขึ้น จากการใช้สื่อ เทคโนโลยีต่าง ๆ และ นักเรียนสามารถสร้าง ชิ้นงานออกมาเป็น นวัตกรรมได้ เช่น แอนิเมชันหรือการ สร้างวิดีโอในเรื่องที่ เรียน	นักเรียนสนใจการเรียน เคมีมากขึ้น หากครู สามารถนำเทคโนโลยี ต่าง ๆ มาใช้ในการสอน และนักเรียนจะสร้าง นวัตกรรมเป็นชิ้นงาน จากเนื้อหาเคมี โดยใช้ เทคโนโลยี เช่น การทำ คลิปวิดีโอหรือ ภาพเคลื่อนไหว	1. เชื่อมโยงกับ ชีวิตประจำวันได้มากขึ้น 2. การสอนเคมีมีความ น่าสนใจมากขึ้น 3. นักเรียนสร้าง นวัตกรรมออกมาเป็น ชิ้นงานโดยใช้เทคโนโลยี เป็นเครื่องมือ
4.1 สื่อการสอน ที่ท่านใช้ในการ จัดการเรียนการสอน เรื่องพันธะ เคมี มีอะไรบ้าง	1. แอปพลิเคชันใน โทรศัพท์มือถือ VSEPR 3D และ Chem101 2. กล้อง AR	สื่อออนไลน์	1. วิดีโอ 2. แอปพลิเคชันใน โทรศัพท์มือถือ	1. แอปพลิเคชันใน โทรศัพท์มือถือ 2. สื่อออนไลน์

ข้อคำถาม	ผลวิจัย			การสรุปข้อมูล
	ครู ก	ครู ข	ครู ค	
4.2 รูปแบบ/ลักษณะของสื่อการสอนที่ท่านใช้เป็นอย่างไร	1. ทำให้เห็นภาพรูปร่างโมเลกุลเคลื่อนไหว 2. เห็นภาพการสร้างพันธะเคมี	แสดงให้เห็นภาพเคลื่อนไหว	ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ	แสดงให้เห็นเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ
4.3 เพราะเหตุใดท่านจึงใช้สื่อการสอนนี้ในการสอนเรื่องพันธะเคมี	1. ฟรี 2. สะดวก 3. ง่ายต่อการสอน 4. มองเห็นภาพชัดเจน	ทำให้เด็กเกิดความเข้าใจเชิงลึก	เด็กมองเห็นในระดับจุลภาคได้มากขึ้น	1. ฟรี 2. สะดวก 3. ง่ายต่อการสอน 4. มองเห็นภาพในระดับจุลภาคชัดเจน
4.4 ท่านใช้สื่อการสอนนี้ในขั้นตอนใดของการสอนเรื่องพันธะเคมี	1. ขั้นสำรวจ 2. ขั้นแลกเปลี่ยน 3. ขั้นขยายความรู้	ขั้นสำรวจ ใช้สื่อออนไลน์ค้นหาความรู้	ขั้นสำรวจ	1. ขั้นสำรวจ 2. ขั้นแลกเปลี่ยน 3. ขั้นขยายความรู้
4.5 สื่อการสอนนี้ช่วยพัฒนาโมโนทัศนเรื่องพันธะเคมีอย่างไร	เห็นภาพการเกิดพันธะ	ทำให้เด็กมีโมโนทัศนเชิงลึก จากการเชื่อมโยง 3 ระดับ	ทำให้เข้าใจในระดับจุลภาคมากขึ้น	1. เห็นภาพการเกิดพันธะ 2. เชื่อมโยง 3 ระดับ
<b>5. ด้านการประเมินผล</b>				
5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมโนทัศนเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนคืออะไร	แบบประเมินผลงานจากการแชร์ผ่านสื่อออนไลน์	แบบวัดมโนทัศนที่ให้นักเรียนวาดภาพ	แบบวัดมโนทัศนที่ให้นักเรียนวาดภาพ	1. แบบวัดมโนทัศน 2. แบบประเมินผลงาน
5.2 จากการประเมิน นักเรียนเกิดมโนทัศนเชิงลึกมากหรือไม่เพราะเหตุใด	เข้าใจมากขึ้นจากการใช้แอปพลิเคชัน	เกิดมโนทัศนเชิงลึกมากขึ้น เพราะเชื่อมโยง 3 ระดับได้	เกิดมโนทัศนเชิงลึกมากขึ้น จากการเชื่อมโยง 3 ระดับ	มีมโนทัศนเชิงลึกมากขึ้นจากการเชื่อมโยง 3 ระดับได้

## การอภิปรายผลการวิจัย

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี แสดงให้เห็นว่า ธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี เป็นเรื่องในระดับจุลภาค มีความเป็นนามธรรมสูง ทำให้เห็นภาพได้ยาก ส่งผลให้เกิดปัญหาในการสอนเรื่องพันธะเคมี คือนักเรียนจินตนาการในสิ่งที่ เป็นนามธรรมได้ยาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Taber (2003) ซึ่งพบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องพันธะเคมี เนื่องจากไม่เห็นภาพอะตอม ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีนัยสำคัญเรื่องพันธะเคมีมีความสำคัญในการเรียนวิชาเคมีเรื่องอื่นๆ เนื่องจากเป็นความรู้พื้นฐานทางเคมี และสามารถนำมาใช้อธิบายสมบัติของสารต่างๆ รวมทั้งช่วยให้การเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาค สอดคล้องกับ Gudyanga and Madambi (2014) ซึ่งกล่าวว่า ธรรมชาติของการเกิดพันธะเคมีระหว่างอนุภาคสามารถนำมาอธิบายสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารในปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยจุดเน้นในการสอนเรื่องพันธะเคมี คือการใช้แบบจำลอง 3 มิติ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค สอดคล้องกับ Tasker and Dalton (2008) ซึ่งกล่าวว่า พันธะเคมีเป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ จึงควรใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดลทางเคมี โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาค การปฏิบัติการทดลอง และการใช้สัญลักษณ์ นักเรียนสามารถมองเห็นภาพโครงสร้างโมเลกุลของสาร ทำให้พันธะเคมีมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านจุดประสงค์การสอนเรื่องพันธะเคมี แสดงให้เห็นว่า ครูต้องการให้นักเรียนเข้าใจสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารต่างๆ โดยอาศัยความรู้เรื่องพันธะเคมีมาเป็นกรอบในการอธิบาย สอดคล้องกับ Nahum et al. (2010) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีเพื่อให้นักเรียนสามารถทำนายและอธิบายสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารได้

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านการจัดกิจกรรมการสอนเรื่องพันธะเคมี แสดงให้เห็นว่า การออกแบบกิจกรรมการสอนเรื่องอยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดในระดับมหภาคจากการสังเกตปรากฏการณ์ ในขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนใช้สื่อเทคโนโลยีที่แสดงให้เห็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดระดับจุลภาค ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดระดับสัญลักษณ์ รวมทั้งอธิบายปรากฏการณ์จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทั้ง 3 ระดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasker and Dalton (2008) ที่ใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมเดลทางเคมี 7 ขั้นตอน โดยใช้การทดลองเพื่อทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดในระดับมหภาคและเชื่อมโยงกับแนวคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์จากโปรแกรม VisChem ที่แสดงภาพเคลื่อนไหวของโมเลกุล 3 มิติ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทั้ง 3 ระดับได้

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านการจัดกิจกรรมการสอนเรื่องพันธะเคมีกับบริบทประเทศไทย 4.0 แสดงให้เห็นว่า การสอนเรื่องพันธะเคมีควรเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับ โดยนำสื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค เช่น พฤติกรรมของอนุภาคต่างๆ จะทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีมากขึ้น สามารถสร้างชิ้นงานด้วยความคิดสร้างสรรค์โดยใช้เทคโนโลยีในการออกแบบเป็นนวัตกรรมในห้องเรียนได้ เช่น คลิปวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน ทำการสอนเคมีสอดรับกับบริบทประเทศไทย 4.0 สอดคล้องกับ Bunkrong (2017) ซึ่งได้อธิบายว่า แนวทางการจัดการศึกษาของไทย

มีการขับเคลื่อนไปสู่ยุคประเทศไทย 4.0 คือ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในกระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนานวัตกรรม รวมถึงการส่งเสริมและพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านสื่อการสอน แสดงให้เห็นว่า การสอนเรื่องพันธะเคมี ครูใช้สื่อการสอนจากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือและสื่อออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ โดยสื่อการสอนมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหว แอนิเมชันในรูปแบบ 3 มิติ แสดงให้เห็นการเกิดพันธะเคมีแต่ละชนิด โครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของสารชนิดต่างๆ โดยใช้สื่อดังกล่าวในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อให้นักเรียนได้ค้นหาแนวคิดสำคัญจากสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ ซึ่งจะนำไปสู่การทำความเข้าใจแนวคิดระดับจุลภาค และในชั้นขยายความรู้นักเรียนจะเป็นผู้สร้างสื่อออนไลน์จากแนวคิดเรื่องพันธะเคมีและเผยแพร่สู่สังคมออนไลน์ในชั้นแลกเปลี่ยนผ่าน Facebook และ YouTube โดยสื่อแอนิเมชันเหล่านี้สามารถช่วยพัฒนาโมทัศน์เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนได้ เนื่องจากทำให้นักเรียนเห็นภาพพันธะเคมีอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้นและสามารถช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด 3 ระดับได้ ซึ่งเหตุผลที่ครูเลือกใช้สื่อการสอนดังกล่าว เนื่องจากเป็นสื่อที่เลือกใช้ได้ฟรี สะดวกในการจัดกิจกรรมการสอน และทำให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schank and Kazma (2002) ได้ใช้โปรแกรม ChemSense ซึ่งเป็นโปรแกรมที่แสดงภาพกราฟิกและแอนิเมชันในการจัดการเรียนการสอนเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจแนวคิดระดับจุลภาคได้

มุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญในด้านการประเมินผล แสดงให้เห็นว่า ครูใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบเขียนอธิบาย โดยเน้นการวาดภาพแสดงแนวคิดในระดับจุลภาค และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดระดับมหภาคและสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้แบบประเมินผลงานเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากชิ้นงาน เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหว นักเรียนส่วนใหญ่จึงเกิดมโนทัศน์เชิงลึกมากขึ้น เนื่องจากมองเห็นภาพพันธะเคมีที่มีความเป็นรูปธรรมชัดเจนมากขึ้น และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ สอดคล้องกับ Kuathan, N. (2014) ซึ่งใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีที่เน้นให้นักเรียนวาดภาพปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและระดับจุลภาค รวมทั้งงานวิจัยของ Schank and Kazma (2002) ซึ่งใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีโดยให้นักเรียนเขียนตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับพร้อมทั้งเขียนอธิบายจากสถานการณ์การทดลองที่กำหนดให้ ทำให้สามารถตรวจสอบมโนทัศน์เชิงลึกของนักเรียนได้อย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมน้อยมาก แม้ว่าจะมีการนำเทคโนโลยีการเรียนการสอนสมัยใหม่ไปประยุกต์ใช้ แต่ก็ยังเป็นการนำไปใช้ในแนวคิดรูปแบบเดิมที่มักจะใช้เป็นเครื่องมือเพื่อนำเสนอหรือถ่ายทอดของผู้สอน ผู้เรียนยังมีส่วนร่วมน้อย มีรูปแบบการเรียนการสอนที่มีการกำหนดและควบคุมโดยผู้สอนเพื่อให้มีการถ่ายทอดเนื้อหาสาระและทำกิจกรรมให้เป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนด (IPST, 2018) ในส่วนของหนังสือเรียนในรายวิชาเคมี ถึงแม้จะมีการเพิ่มเติมเทคโนโลยีเออาร์เข้าไปในหนังสือเรียน แต่ก็ยังไม่ครบทุกเนื้อหา หากครูมีมุมมองต่อการสอนในการนำเทคโนโลยีในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะทำให้การเรียนรู้เคมีของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนเคมีหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเคมีที่ส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน

งานวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลสนับสนุนแนวการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมีโดยใช้เทคโนโลยี จากมุมมองของครูผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นกรณีตัวอย่างในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมีที่มีประสิทธิภาพในยุคประเทศไทย 4.0

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การสอนเรื่องพันธะเคมีในยุคประเทศไทย 4.0 ครูผู้สอนควรบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาและวิธีสอน โดยออกแบบกิจกรรมการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างตัวแทนความคิดจากภาพเคลื่อนไหวหรือแอนิเมชัน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้มากขึ้นและเชื่อมโยงความรู้ในตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

### References

- Bunkrong, D. (2017). Analysis of the education management approach with driving education to Thailand 4.0. *Walailak Abode of Culture Journal*, 17(2), 1-25. [in Thai]
- Duangpummes, W., & Kaewurai, W. (2017). Learning management in Thailand 4.0 with active learning. *Humanities and Social Sciences Journal of Graduate School, Pibulsongkram Rajabhat University*, 11(2), 1-14. [in Thai]
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemical education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548-554.
- Gudyanga, E., & Madambi, T. (2014). *students' misconceptions about bonding and chemical structure in chemistry*. Retrieved from <http://ir.msu.ac.zw:8080/jspui/bitstream/11408/645/1/gudyanga2.pdf>
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *Innovation and technology in science instruction*. Bangkok: Aksorncharoentat. [in Thai]
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Kikuakul, S. (2018). Qualitative research: A distinguished paradigm and misconceptions. *Journal of Education Naresuan University*, 20(1), 272-283. [in Thai]
- Kuathan, N. (2014). *The development of secondary school students' mental models of chemical bonding by model-based learning*. Bangkok: Faculty of Education, Kasetsart University. [in Thai]
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Taber, K. S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179-207.

- Magnusson S., Krajcik J., & Borko H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In *Gess-Newsome J., Lederman N. G. (eds) Examining Pedagogical Content Knowledge*. Science & Technology Education Library, vol 6. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1\\_4](https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4)
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage Publications.
- Saejueng, P., & Wuttisela, K. (2015). Science concept survey on covalent and ionic compounds of students learning through students team achievement division incorporated with chemical bonding cards. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 6(2), 108-208. [in Thai]
- Schank, P., & Kozma, R. (2002). Learning chemistry through the use of a 13 representation based knowledge-building environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 253–279.
- Suttipong, R. (2017). A new paradigm in education and development of Thailand teachers in the digital age. *Journal of Education Naresuan University*, 19(2), 344-355. [in Thai]
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87(5), 732-758.
- Tan, K. D., & Treagust, D. F. (2001). Evaluating student's understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75-83.
- Tasker, R., & Dalton, R. (2008). Visualizing the molecular world–Design, evaluation, and use of animations. In *Visualization: Theory and practice in science education*. Springer Netherlands.
- Treagust, D. F., & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In *J. Brophy (Ed.), Subject-specific instructional methods and activities* (Vol. 8, pp. 239–267). Bingley, UK: Emerald Group. [https://doi.org/10.1016/S1479-3687\(01\)80029-8](https://doi.org/10.1016/S1479-3687(01)80029-8)
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). Los Angeles: Sage Publications.