

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง

THE DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA FOUR STUDENTS' CRITICAL
THINKING SKILL ON COVALENT BOND BY INQUIRY – BASED LEARNING
WITH HANDS - ON ACTIVITY

อรุณ ศรีโนนยาง¹ กรวลัย พันธุ์แพ² และมิ่งขวัญ ภาคสัณไชย³
Arun Srinonyang¹, Kornvalai Panphae², and Mingkhuan Phaksunchai³

^{1,2,3} หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร
Master of Science in Chemistry for teachers, Faculty of science,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok
Email: mookkmm@gmail.com

Received:	October 6, 2019
Revised:	December 18, 2019
Accepted:	December 19, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบประเมินความพึงพอใจ และชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติแบบบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ t – test for dependent samples

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ

พันธะโคเวเลนต์ การเรียนรู้แบบสืบเสาะ กิจกรรมปฏิบัติจริง การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to compare learning achievement of mathayomsuksa four students by inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond, 2) to compare critical thinking skill of mathayomsuksa four students by inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond, and 3) to study students' satisfaction toward learning through inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond. The sample was 41 mathayomsuksa four students studying in the first semester of the academic year 2019 at Mathayomprachaniwet secondary school in the service of Bangkok Metropolitan Administration, selected by purposive sampling. There were five sets of research instruments; inquiry - based learning lesson plan, learning achievement test, critical thinking skill test, satisfaction assessment and hands – on kit. The data were analyzed by using mean, percentage, standard deviation and t – test for dependent samples.

The results indicated that: 1) Students had higher learning achievement than before after learning through inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond at the .05 level of confidence. 2) Students had higher critical thinking skill than before after learning through inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond at the .05 level of confidence. And 3) Students' satisfaction toward learning through inquiry – based learning with hands – on activity on Covalent bond as was at the highest level.

Keywords

Covalent Bond, Inquiry – Based Learning, Hands – On Activity, Critical Thinking

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุก ๆ ด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การดำเนินชีวิต ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ รวมไปถึงด้านการศึกษาซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนามนุษย์ซึ่งเป็นกำลังสำคัญของชาติ การเรียนรู้ในปัจจุบันมุ่งเน้นเนื้อหาสาระตามหลักสูตรควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ลักษณะของห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 เป็นห้องเรียนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student - centric) ใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการเรียนรู้ เน้นจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) จัดการเรียนรู้ที่ปรับให้เหมาะกับผู้เรียนเฉพาะราย (Adaptive learning) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ จัดวางระบบ กฎเกณฑ์ และวิธีการที่ง่ายต่อการเข้าใจและติดตามผู้เรียน เน้นการวัดประเมินอิงการปฏิบัติ (Performance - based assessment) และมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Fakkao, 2015) โดยทักษะในศตวรรษที่ 21 (21st century skills) ประกอบด้วย 1) ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม 2) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและ

เทคโนโลยี และ 3) ทักษะชีวิตและอาชีพ โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นหนึ่งในองค์ประกอบในทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิด คิดเป็น คิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) คือ การคิดพิจารณาและประเมินข้อมูลหลักฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเรื่องที่เกิดด้วยสติปัญญา มีเหตุผล นำไปสู่การกำหนดสมมติฐาน และการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องมีความสามารถในการแสดงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การจัดการเรียนการสอนนอกจากจะเน้นให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทั้งด้านกาย จิต สังคมแล้วนั้น ยังต้องพัฒนาในด้านความคิด การคิดเป็น คิดสร้างสรรค์ ซึ่งในปัจจุบันปัญหาการศึกษาสามารถสะท้อนให้เห็นได้อย่างชัดเจนจากคะแนนการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O - net) ในปีการศึกษา 2555 - 2558 คะแนนเฉลี่ย 5 วิชาหลักในภาพรวมและแต่ละรายวิชา มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย อีกทั้งการประเมินความสามารถในการแข่งขันของนักเรียนไทยในโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ทดสอบ 3 วิชาหลัก ได้แก่ ภาษา คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ผลการทดสอบในปี 2012 เมื่อเทียบกับปี 2009 พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในด้านการอ่านและวิทยาศาสตร์ และผลประเมินในปี 2015 กลับมีแนวโน้มลดลงจากปี 2012 (Ministry of education, 2016; National Institute of Educational Testing Service, 2017)

จากสภาพปัญหาทางการศึกษา นักวิจัยด้านการศึกษาและผู้เกี่ยวข้อง ได้คิดค้นรูปแบบ หรือวิธีที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน และผลคะแนนการทดสอบแห่งชาติ พัฒนาความรู้เพื่อก้าวทันโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนรู้ที่ใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2003) การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นทักษะที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในเรื่องราวต่าง ๆ ที่สนใจ รู้จักวิธีคิดอย่างต่อเนื่องและรอบคอบ ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดที่หลากหลายโดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การคิดวิจารณ์ และการคิดสร้างสรรค์ (Jeenjankit, 2012)

จากที่กล่าวมาข้างต้นและจากประสบการณ์การสอนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เห็นความสำคัญของวิชาเคมี ขาดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และเข้าใจว่าวิชาเคมีเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ไม่สามารถอธิบายเป็นรูปธรรมได้ และผู้เรียนยังขาดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งเป็นหนึ่งทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย ซึ่งทำให้ผู้เรียนไม่เกิดการเรียนรู้ สามารถสะท้อนให้เห็นได้จากคะแนนสอบ หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจึงตระหนักว่าควรมีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands - on activity)

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์อยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่องพันธะโคเวเลนต์
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่องพันธะโคเวเลนต์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่องพันธะโคเวเลนต์

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่องพันธะโคเวเลนต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย**1. ขอบเขตการวิจัย****1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 77 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน 41 คน จากกลุ่มประชากรทั้งหมด โดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

1.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี พื้นฐาน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 6 เรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 2) การเขียนสูตรโครงสร้างลิวอิสแบบจุดและแบบเส้น 3) โมเลกุลโคเวเลนต์ที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต 4) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ 5) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 6) สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

1.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบ (คาบเรียนละ 50 นาที) เวลา 3 คาบต่อสัปดาห์ ระหว่างเดือน กรกฎาคม – สิงหาคม 2562

1.4 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands - on activity)

1.4.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands - on activity) เรื่องพันธะโคเวเลนต์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.3 แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง

2.5 ชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands-on Kit)

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1.1 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในสาระเคมี เรื่องพันธะโคเวเลนต์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและออกแบบกิจกรรมภายในบทเรียน

3.1.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลา 15 คาบ

3.1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนการสอน สื่อ อุปกรณ์ รวมถึงการวัดและประเมินผล

3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 6 มีค่าเฉลี่ย 4.34, 4.29, 4.33, 4.45, 4.49 และ 4.37 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยคะแนนมากกว่า 3.51 ขึ้นไป แสดงว่าองค์ประกอบของแผนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

3.2.1 ศึกษาตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบ โดยวัดระดับ

พฤติกรรมทางพุทธิพิสัยตามอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy) 4 ระดับ คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

3.2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 40 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก โดยสร้างแบบทดสอบให้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดและครอบคลุมสาระการเรียนรู้

3.2.3 นำแบบทดสอบที่จัดทำเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรรมการวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของแบบทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.2.4 นำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษาในข้อคำถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.2.5 นำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบ (try out) กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อคำถาม และคัดเลือกข้อคำถามวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพไว้จำนวน 25 ข้อ ได้ข้อคำถามที่มีค่าความยากง่าย 0.23 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น 0.86 จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.3 แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.3.1 ศึกษาทฤษฎี นิยาม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.3.2 สร้างแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้เคมี จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก แบบมีสถานการณ์กำหนดให้จำนวน 6 สถานการณ์ โดยวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ด้าน ดังนี้ 1) การเสนอปัญหา 2) การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น 4) การกำหนดและเลือกสมมติฐาน 5) การสรุปอย่างสมเหตุสมผล

3.3.3 นำแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่จัดทำเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรรมการวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของแบบทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.3.4 นำแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษาในข้อคำถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.3.5 นำแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อคำถาม ได้ข้อคำถามที่มีค่าความยากง่าย 0.33 – 0.67 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 ขึ้นไป หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้

สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น 0.92 จัดทำแบบวัดทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรม
ปฏิบัติจริง

3.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อหากรอบวัด
ความพึงพอใจให้ครอบคลุมด้านบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ การวัดและ
ประเมินผล และประโยชน์ที่ผู้เรียนได้รับ

3.4.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรม
ปฏิบัติจริง โดยให้ครอบคลุมด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย บทบาทผู้สอน บทบาท
ผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และประโยชน์ที่ผู้เรียนได้รับ โดยแบบวัดความพ
พอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ
น้อยที่สุด

3.4.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบ
ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษาในข้อคำถาม

3.4.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของ
ผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมา
วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถาม หาค่าความเชื่อมั่น โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค
ได้ 0.82

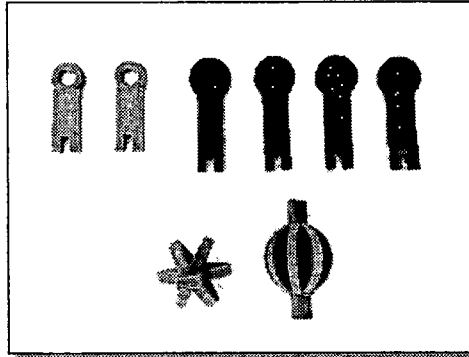
3.4.5 จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่าน
กิจกรรมปฏิบัติจริงเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.5 ชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง

3.5.1 ศึกษาข้อมูล ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
สาระเคมี เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ และรายละเอียดของงานวิจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับหลักการสร้างชุดกิจกรรม
เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง

3.5.2 สร้างชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 2 ชุด โดยมี
องค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ คำชี้แจง คู่มือครู คู่มือนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบความรู้ ใบบันทึก
กิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้

3.5.3 นำชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ นำเสนอต่ออาจารย์ที่
ปรึกษาและกรรมการวิทยานิพนธ์ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำไปใช้สอนกับนักเรียน
กลุ่มตัวอย่างด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ของชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands – on kit) เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 ทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 30 ข้อ บันทึกคะแนนผลการสอบก่อนเรียนเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 41 คน โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ประเมินนักเรียนในด้านพฤติกรรมการทำงานกลุ่มระหว่างการจัดการเรียนรู้

4.3 เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 30 ข้อ บันทึกคะแนนผลการสอบหลังเรียนเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

4.4 ให้นักเรียนตอบแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติบรรยาย เพื่อหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง โดยใช้ t - test for dependent samples

5.3 เปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง โดยใช้ t - test for dependent samples

5.4 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติ t - test วิเคราะห์ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติทดสอบ t - test for dependent samples

การทดสอบ	n	\bar{X}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	41	7.76	2.30	-22.06	.000
หลังเรียน	41	16.37	2.89		

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.76 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.30 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.37 คะแนน (คะแนนเต็ม 25 คะแนน) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.89 วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ t - test for dependent samples พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถิติทดสอบ t - test for dependent samples

การทดสอบ	n	\bar{X}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	41	8.34	1.71	-32.35	.000
หลังเรียน	41	19.02	1.80		

จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.34 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.71 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 19.02 คะแนน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.80 วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ t - test for dependent samples พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้สถิติ descriptive statistics

ความคิดเห็นของนักเรียน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. ด้านผู้สอน	4.68	0.09	มากที่สุด
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.66	0.09	มากที่สุด
3. ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.84	0.07	มากที่สุด
4. ด้านการประเมิน	4.65	0.09	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.70	0.11	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.11) เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านสื่อการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.84$, S.D. = 0.07) รองมาคือ ด้านผู้สอน ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.09) ด้านการจัดการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.09) และด้านการประเมิน ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.09)

อภิปรายผล

จากการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 7.76 คะแนน คะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 16.37 คะแนน คะแนนก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ 5 ขั้นตอน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการคิดพิจารณา ค้นคว้าความรู้เพิ่มเติม เพื่อประกอบเป็นองค์ความรู้ของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนวัตน์ โสดีสิริ (Sodesiri, 2015) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแบบฝึกเสริมทักษะ เรื่อง พันธะเคมี โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน โดยมีสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า คะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 8.34 คะแนน และคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 19.02 คะแนน คะแนนก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และระบุปัญหา ข้อตกลงของ

สถานการณ์ ตั้งสมมติฐาน พิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องปัญหา และสรุปประเด็นปัญหาโดยให้ผู้เรียนร่วมกัน ระดมความคิดเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ของสถานการณ์ที่กำหนดให้ จึงทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด พิจารณา ไตร่ตรองข้อมูลเพื่อหาข้อเท็จจริง นำไปสู่การตัดสินใจสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของสำราญ ดวงตาน้อย (Duangtanoy, 2009) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมี วิจัยญาณของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ พบว่า การคิดอย่างมีวิจัยญาณของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบ เสาะหาความรู้มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 47.71 ของ คะแนนเต็มและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.57 ของคะแนนเต็ม

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านสื่อการเรียนการสอนมากที่สุด รองลงมาคือ ด้าน ครูผู้สอน ด้านการจัดการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล ตามลำดับ เนื่องจากในกิจกรรม การเรียนการสอนผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เพื่อค้นคว้าหาคำตอบที่ถูกต้อง และสื่อ การสอนนี้มีความแปลกใหม่ จึงทำให้กระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนสนใจในบทเรียนมาก ยิ่งขึ้น อีกทั้งในกระบวนการจัดการเรียนรู้ผู้สอนจะคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าลงมือทำด้วยตนเอง และคอยชี้แนะนักเรียนโดยทั่วถึง และมีความเป็นกันเองกับผู้เรียนทำให้ผู้เรียน ไม่รู้สึกกดดัน กิจกรรมในห้องจะมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มทำให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับ ผู้อื่น ทำงานร่วมกันและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น จึงทำให้ความพึงพอใจของผู้เรียนในภาพรวมมี อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eastwood (2013) โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม ด้วยเกมสร้างแบบจำลองในการเรียนเคมีอินทรีย์ ผลการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนรู้สึกสนุกกับกิจกรรม และช่วยให้เข้าใจเคมีอินทรีย์ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากการวิจัย พบว่า ชุดกิจกรรมปฏิบัติจริง (Hands – on kit) มีรายละเอียดแต่ละ ขั้นตอนค่อนข้างมาก และเป็นกิจกรรมที่แปลกใหม่สำหรับผู้เรียน ดังนั้นผู้สอนควรชี้แนะขั้นตอนต่าง ๆ ในกิจกรรมให้ผู้เรียนทุกคนเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของตนเองก่อนสอน เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมความพร้อม ตนเอง

1.2 จากการสอน พบว่า นักเรียนบางคนเรียนรู้ได้ช้าและไม่ทันเพื่อน เกิดจากนักเรียนมี ฐานความรู้เดิมไม่เพียงพอ ดังนั้นฐานความรู้เดิมถือว่ามีความสำคัญในการเรียนรู้ จึงควรตรวจสอบ ความรู้เดิมของนักเรียนโดยการทดสอบก่อนเรียนและสอนซ่อมเสริมความรู้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัย พบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจัยญาณหลังการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (19.02 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) สูงกว่าก่อนเรียน แต่ยังไม่สูง เท่าที่ควร ดังนั้นควรออกแบบกิจกรรมอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจัยญาณ

2.2 จากผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจด้านสื่อการเรียนการสอน ด้านครูผู้สอน และด้านการจัดการเรียนการสอน โดยในด้านการวัดประเมินผล ผู้เรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุด ดังนั้นควรออกแบบเครื่องมือและวิธีวัดประเมินผลให้มีความหลากหลาย

References

- Duangtanoi, S. (2009). *kān khit yāng mī wīchāranayān læ phon samrit thāngkān rīan wīthayāsāt rūāng watsadu læ sombat khōng watsadu khōng nakrīan chan prathomsuksā pī thī hā thī dai rap kānsōk bæp sūpsō hākhwām rū* [Critical Thinking and Learning Achievement in The Science Topic of “Material and Quality of Material” of Prathomsuksa V Students Using Inquiry Cycle Techniques (Inquiry Cycle)]. Master of education Thesis. Khonkaen University.
- Eastwood, L. M. (2013). Fastest Fingers: A Molecule-Building Game for Teaching Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 90, 1038–1041.
- Fakkao, S. (2017). *thaksa nai satawat thī yīsip ‘et* [21st century skills]. Retrieved from <http://web.chandra.ac.th/>.
- Jeenjankit, U. (2012). *kānphatthana sūn boṛikān ‘ōnlai dān kānchatkān rīan kānsōk wīchā khēmī duāi wīthī sūpsō hākhwām rū* [Development an Online-Service Center of Chemistry Teaching and Learning by Scientific Inquiry 4]. Quality learning foundation.
- Ministry of Education. (2016). *phæñ phatthana sētthakit khōng krasūāng suksāthikān* [Education development plan vol.12]. Bangkok.
- National Institute of Educational Testing Service. (2017). *khanæñ ‘ōnet* [O-net score]. Retrieved from [http:// www.niets.or.th](http://www.niets.or.th).
- Sodesiri, N. (2015). *phon khōng kānchai bæp fuk soēm thaksa rūāng phanthakhēmī doī kānchatkān rīanrū bæp sūpsō hākhwām rū samrap nakrīan chan matthayommasuksā pī thī sī* [Effects of Using Supplementary Exercises on Chemistry Bond Via Inquiry Learning Actities for Mathayomsuksa IV Students]. Master of education Thesis. Buriram Rajaphat University.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *kānchat sāra kān rīanrū klum wīthayāsāt laksūt kānsuksā naphūn thān* [The Basic Education Core Curriculum (Science)]. Bangkok.