

## การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษา

#### A Study of Tenth Grade Student's Science Conceptions on Chemical Bonding

##### by STEAM Activity

พงศกร พรหมทา (Pongsakorn Promta)\* ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต (Piyarat Dornbundit)\*\*

##### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งประกอบไปด้วย 3 แนวคิดหลัก คือ หลักการของพันธะเคมี พันธะไอออนิก และพันธะโคเวเลนต์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนตามระดับแนวคิดแล้วคิดเป็นร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่าที เพื่อเปรียบเทียบผลของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี โดยนักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดในหัวข้อสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส ร้อยละ 100 สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก ร้อยละ 96.67 การเกิดและชนิดของพันธะ โคเวเลนต์ ร้อยละ 96.67 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนหลายคนยังมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในแนวคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก และการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแนวคิดเรื่องสมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ ตามลำดับ และพบว่าผลของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

##### ABSTRACT

The purpose of this research was to study tenth-grade student's science conceptions on chemical bonding when learning through the STEAM activity. The participants in this study included 30 tenth-grade students in extra-large public school in Bangkok Province. The tools used in the study are the open-ended concepts test which consists of 3 main concepts, the principle of chemical bonding, ionic bonding, and covalent bonding. The data of students' conceptions were categorized and analyzed to percentages and analyze data by t-testing to compare the results of the scientific concepts of students. The results revealed that this approach influenced to students' scientific conceptions on chemical bonding. The topic which students had mostly sound understanding was Lewis symbol with 100 %, the conductive property of ionic compounds with 96.67 %, and the covalent bond forming and types of covalent bonds with 96.67 % respectively. However, many students still retained into the partial understanding with specific misconception into the topic of Ionic bonding and formulas and nomenclature of covalent compounds, specific misconception into the topic of ionic equation and net ionic equation and student's science conceptions on chemical bonding who studied by using the STEAM activity higher than before learning at the .05 level of significance.

**คำสำคัญ:** แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พันธะเคมี กิจกรรมสเต็มศึกษา

**Keywords:** Science Conceptions Chemical Bonding STEAM Activity

\* นิสิต หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## บทนำ

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของวิชาเคมีนั้นส่วนใหญ่เป็นปรากฏการณ์ที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีที่คลาดเคลื่อนส่วนใหญ่คือเรื่อง พันธะเคมี เนื่องจากพันธะเคมีเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ โครงสร้างและการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ไอออน หรืออะตอมของสารเป็นปรากฏการณ์ระดับจุลภาคไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า มีความเป็นนามธรรมสูง ทำความเข้าใจได้ยาก ส่งผลให้เกิดแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนขึ้นได้ พบว่านักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะโคเวเลนต์ได้แก่ การทำนายรูปร่างโมเลกุลโดยใช้ทฤษฎีการผลักรวมของคู่อิเล็กตรอน และสภาพขั้วของโมเลกุล (ชาตรี ฝ่ายคำตา.2551) และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะไอออนิก ได้แก่ สมบัติการละลายของสารประกอบไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ (สุรเดช อนันตสวัสดิ์.2560)

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่มีความเข้าใจในแนวคิดทางเคมีคลาดเคลื่อน เพราะเป็นผลมาจากนักเรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติน้อย นักเรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เห็นในระดับมหภาคไปสู่ภาพตัวแทนทางความคิดในระดับจุลภาค แล้วแสดงออกมาเป็นสัญลักษณ์แทนความคิดได้ (Johnstone, 1993) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสและช่วยส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีหลายแนวทาง เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based Learning) เป็นการนำแบบจำลองมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดที่หลากหลาย แล้วนำเสนอเป็นแนวคิดของตนเองในสิ่งที่เป็นนามธรรม ออกมาเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ (Windschitl, 2006) ดังงานวิจัยของวีระยุทธ คำดี (2561) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการสร้างสื่อมัลติมีเดียเป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อหาคำตอบ โดยออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์หรือแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการ(Project-Based Learning) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดแนวทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง และนำเสนอผลการเรียนรู้ที่ได้ผ่านการนำเสนอผลงานที่หลากหลายรูปแบบ เช่น บทบาทสมมติ บทความ เว็บไซต์ สื่อสิ่งพิมพ์ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ รายงานการทดลอง เป็นต้น (Grant.2002) ดังงานวิจัยของปวิวัต ศรีทิพย์ศักดิ์ (2559) ที่กล่าวถึงการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารว่าเมื่อใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนออกแบบสร้างสรรค์และแก้ไขชิ้นงาน แล้วนักเรียนยังมีการพัฒนาแนวคิดในเรื่องการละลายมากที่สุดอีกด้วย จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ข้างต้น พบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในการแก้ปัญหา ด้วยการนำเสนอแนวคิดของตนเองในสิ่งที่เป็นนามธรรม ออกมาเป็นรูปธรรม คือ ผลงานหรือชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างความรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ Constructionism ที่เป็นการสร้างความรู้ผ่านการปฏิบัติ โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้าง (Learning-by-Making) และมีวิธีนำเสนอด้วยวิธีที่ตนเองชอบ เช่น ชิ้นงาน หรือวัตถุตัวแทนความคิด (Papert and Harel.1991) ซึ่งความรู้ของผู้เรียนเกิดจากการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติงาน โดยการสร้าง ทบทวนความรู้และสร้างใหม่ผ่านประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (Ackermann.2001) จึงส่งผลให้ผู้เรียนสามารถมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องขึ้นได้

โดยในปัจจุบันมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาด้วยตนเอง และนำเสนอแนวคิดของตนเองผ่านการสร้างชิ้นงาน ซึ่งช่วยสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้กับผู้เรียน คือ การ

เรียนการสอนตามแนวทางสเต็มศึกษา (STEAM Education) โดยสเต็มศึกษานั้นเป็นการเรียนการสอนที่เกิดจากการบูรณาการข้ามสาขาวิชา 5 สาขาวิชาพื้นฐาน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรม (Engineering : E) คณิตศาสตร์ (Mathematic : M) และศิลปศาสตร์ (Art : A) (Yakman, 2008: ออนไลน์) การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษานั้นประกอบไปด้วยศาสตร์ที่มีความเป็นวิชาการทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เน้นการใช้สมองซีกซ้าย และการนำศิลปศาสตร์เข้าไปผสมผสานจะช่วยส่งเสริมสมองซีกขวาในการจินตนาการ คิดสร้างสรรค์หรือประดิษฐ์ผลงานออกมา สเต็มศึกษาจึงเป็นการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความสมดุลระหว่างสมองทั้งสองซีก (University of Florida, 2014) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง

รวมทั้งการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสเต็มศึกษาทำให้เกิดการผลิตคนที่มีความรู้ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสร้างคนที่มีทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ โดยสเต็มศึกษา (STEAM Education) สามารถช่วยแก้ปัญหาให้นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำได้ เพราะเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ (เน้นความคิดเชิงวิชาการ) กับศิลปศาสตร์ (เน้นความคิดเชิงสร้างสรรค์) ได้อย่างลงตัว ทำให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ (Kim; & Park, 2012: 693-698)

ผู้วิจัยจึงได้ใช้กิจกรรมสเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการนำเอาปัญหาของผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของไทยมาใช้เป็นสถานการณ์ในการทำกิจกรรมสเต็ม ซึ่งการแก้ปัญหานี้จะต้องนำกระบวนการออกแบบอย่างสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์คือ นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ (Biomimicry) จากนวัตกรรมดังกล่าว สามารถเชื่อมโยงกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ในเรื่อง พันธะเคมี ที่เป็นสาระพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสสาร ผู้วิจัยจึงได้ใช้กิจกรรมสเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี ในคาบเรียน โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) เพื่อส่งผลให้เกิดนักเรียนที่เข้าใจสาระและกระบวนการเกี่ยวกับสเต็มศึกษา และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีและกระบวนการวิศวกรรม ตลอดจนเชื่อมโยงศิลปะเข้ากับการสร้างสรรค์ผลงานได้ ส่งผลให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ที่ถูกต้องร่วมด้วย

### วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี

### วิธีการวิจัย

#### กลุ่มที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 30 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน และนักเรียนหญิง 19 คน ซึ่งคละความสามารถ

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ชนิดถูก-ผิด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 20 คำถาม ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี ใน 3 แนวคิดหลัก คือ หลักการของพันธะเคมี พันธะไอออนิก และพันธะโคเวเลนต์ เนื่องจาก 3 แนวคิดหลักนี้เป็นความรู้ที่นักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบการแก้ปัญหาและอธิบายผลการทดลองในกิจกรรมสติมศึกษา

การพัฒนาแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (สสวท, 2560) เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้าง และรายการแนวคิดที่ต้องการวัดและประเมิน และศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ที่นักเรียนมักเข้าใจผิดและพบบ่อย เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมสติมศึกษา จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และครูผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน รวมทั้งสิ้น 3 ท่าน เพื่อประเมินข้อคำถามกับกรอบแนวคิดที่ต้องการวัด และความเหมาะสมและการสื่อความหมายของภาษาที่ใช้ จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจทางด้านภาษาและข้อคำถามแต่ละข้อ ตลอดจนตรวจสอบเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบวัด จากนั้นนำมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่งได้นำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปทำการเก็บข้อมูล

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

กระบวนการสอนด้วยกิจกรรมสติมศึกษาในงานวิจัยนี้ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (KOFAC, 2012) คือ ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ (Context Presentation) โดยผู้วิจัยเป็นผู้สร้างสถานการณ์จากข่าวและปัญหาจริงของผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของไทยมาใช้เป็นสถานการณ์ในการทำกิจกรรมสติม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ปัญหา และขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) ผู้วิจัยนำเสนอบทปฏิบัติการสติมศึกษา เรื่อง สมบัติการกัณน้ำของวัสดุ ที่เชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจถึงโครงสร้างทางเคมีที่ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์ เพื่อที่จะสามารถอธิบายผลการทดลองสมบัติการกัณน้ำของวัสดุธรรมชาติและวัสดุเลียนแบบธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง โดยผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ความรู้พื้นฐานเรื่อง พันธะเคมีและประสบการณ์จากการทำปฏิบัติการสติมศึกษาในการนำไปสู่การออกแบบวิธีแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของไทยอย่างสร้างสรรค์ และในขั้นที่ 3 การสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้จัดนิทรรศการแสดงผลงานของตนเอง และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมแสดงความคิดเห็น เพื่อนำไปปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเอง

การเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจะใช้แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญมาทำการวัดแนวคิดของนักเรียน โดยแบ่งช่วงของการวัดออกเป็น 2 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 วัดก่อนเรียน (Pretest) ด้วยกิจกรรมสติมศึกษา และครั้งที่ 2 วัดหลังเรียน (Posttest) ด้วยกิจกรรมสติมศึกษาโดยใช้แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ชุดเดิม โดยให้เวลานักเรียนทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 60 นาที ต่อการวัดแนวคิดในแต่ละครั้ง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยเริ่มต้นจากผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้ออย่างละเอียด จากนั้นตรวจให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน และจัดกลุ่มนักเรียนตามระดับแนวคิดจากคำตอบ โดยวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ ซึ่งใช้เกณฑ์ที่ปรับปรุงจากเกณฑ์การจัดระดับแนวคิดตามรูปแบบ

ของ Haidar (1997) ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนที่มีกลุ่มแนวคิด 5 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (scientific understanding, SU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องทั้งหมด ให้ 3 คะแนน ระดับที่ 2 มีแนวคิดถูกต้องส่วนใหญ่ (partial understanding, PU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกินครึ่งถูกต้อง ให้ 2 คะแนน ระดับที่ 3 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (partial understanding with a specific misconception, PU/SM) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน ให้ 1 คะแนน ระดับที่ 4 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misconception, SM) หมายถึง การตอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้ 0 คะแนน และระดับที่ 5 ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (no understanding, NU) หมายถึง ไม่ตอบคำถามตอบซ้ำกับคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวข้องหรือไม่มีการอธิบายเหตุผลของคำตอบ ให้ 0 คะแนน จากนั้นผู้วิจัยนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มตามระดับแนวคิด หากความถี่และหาร้อยละคำตอบของนักเรียนในแต่ละระดับความคิด แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for dependent sample เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

#### ผลการวิจัย

การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสติมศึกษาที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งออกเป็น 3 แนวคิดหลัก คือ 1) หลักการของพันธะเคมี 2) พันธะไอออนิก และ 3) พันธะโคเวเลนต์ พบว่าหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดในหัวข้อเรื่อง สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ แต่พบว่ายังมีบางแนวคิด ได้แก่ เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ ที่มีนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน และเรื่องสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ ที่ยังมีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสติมศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในแนวคิดย่อยหลายเรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) สมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก 4) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และ 5) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ตามลำดับ ยกเว้นแนวคิดย่อยเรื่อง สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและกฎออกเตต ที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดย่อยที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ เรื่อง 1) รูปร่างโมเลกุลตามทฤษฎี VSEPR และสภาพขั้วของโมเลกุล 2) สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบโคเวเลนต์ เพราะนักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม โดยลักษณะการตอบคำถามของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ที่แสดงการมีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน เช่น

“ $\text{Cu}_2\text{S}$  อ่านว่า คอปเปอร์(II)ซัลไฟด์ เกิดจาก  $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-}$  และเมื่อนำสารมาทำปฏิกิริยากันแล้วจึงอยู่ในรูปสูตรโมเลกุล”  
นักเรียนคนที่ 30

“ $\text{CaCl}_2$  อ่านว่า แคลเซียมไดคลอไรด์ เนื่องจากมี Cl 2 ตัว จึงต้องใส่คำว่า ได ลงไปข้างหน้าคลอไรด์”

นักเรียนคนที่ 13

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสติมศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และมีนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดถูกต้องส่วนใหญ่ในแนวคิดย่อย เรื่อง 1) รูปร่างโมเลกุลตามทฤษฎี VSEPR และ 2) สภาพขั้วของโมเลกุล และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในแนวคิดย่อย เรื่อง 1) การเกิดพันธะไอออนิก และ 2) การ

เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ นอกจากนี้ยังคงมีนักเรียนร้อยละ 33.33 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องสมการไอออนิกสุทธิ โดยลักษณะการตอบคำถามของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ที่แสดงการมีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อน เช่น

“ โมเลกุลโคเวเลนต์ที่สมมาตรจะเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วทั้งหมด เพราะมันหักล้างกันหมด ”

นักเรียนคนที่ 18

“ สมการไอออนิกมีสารที่เกิดตะกอน ”

นักเรียนคนที่ 1

การเปรียบเทียบผลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสติศึกษา วิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for dependent sample เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังของนักเรียน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสติศึกษา

ทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	30	80	28.10	10.64	23.407*	29	.000
หลังเรียน	30	80	64.30	8.12			

\*p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสติศึกษา ด้วยค่าสถิติค่าที (t-test) เมื่อพิจารณาค่า t พบว่าผลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสติศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสติศึกษาช่วยส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสติศึกษาในขั้นที่ 2 คือ การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) นั้น ผู้วิจัยได้นำเสนอบทบาทปฏิบัติการสติศึกษา เรื่อง สมบัติการกั้นน้ำของวัสดุ และในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบการทดลอง โดยต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจถึงโครงสร้างทางเคมีที่ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์ เพื่ออธิบายผลการทดลองสมบัติการกั้นน้ำของวัสดุธรรมชาติและวัสดุเลียนแบบธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง

กิจกรรมสติศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองในการแก้ปัญหา ด้วยการสร้างชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างความรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ Constructionism ที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้าง (Learning-by-Making) และมีวิธีนำเสนอด้วยวิธีที่ตนเองชอบ (Papert and Harel, 1991) ซึ่งความรู้ของผู้เรียนเกิดจากการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติงาน โดยการสร้าง ทบทวน และสร้างความรู้ใหม่ผ่านประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (Ackermann, 2001) จึงส่งผลให้ผู้เรียนสามารถมีแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องขึ้นได้ และเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับวิระยุทธ คำดี (2561) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการสร้างสื่อมัลติมีเดียว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ให้ความสำคัญในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดความสงสัยและนำไปสู่การลงมือปฏิบัติจริงเพื่อหาคำตอบ โดยออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ออกไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์หรือแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่าทำให้ให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างสื่อมัลติมีเดีย ยังช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอีกด้วย เนื่องจากนักเรียนได้นำความรู้จากกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์ และกระบวนการแก้ปัญหาในกิจกรรมสเต็มศึกษานั้นจะต้องมีขั้นตอนในการสืบเสาะปัญหา วิเคราะห์ปัญหา โดยในการขั้นตอนเหล่านี้จะต้องทบทวนความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับซิมเมอร์ โดสาลี (2557) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยการใช้กิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาข้อมูลและหลักฐานเพื่อนำไปสู่การอธิบายคำถามที่ได้รับจากกิจกรรมไปยังความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นจัดให้มีการสื่อสารและให้เหตุผลในการอธิบาย ซึ่งลักษณะการจัดกิจกรรมเป็นการเลียนแบบการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

จากผลวิจัยชี้ให้เห็นว่ายังมีนักเรียนบางกลุ่มยังมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในเรื่อง การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถจำชื่อธาตุ และอนุกรมลุ่มได้จึงส่งผลต่อการอ่านชื่อและการเขียนสูตร ที่จำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานของเลขอะตอมในการอธิบายการสร้างพันธะของอะตอมกลางกับอะตอมข้างเคียง และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกและสมบัติของสารประกอบไอออนิก เนื่องจากนักเรียนเข้าใจผิดว่าสมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกพิจารณาในลักษณะเดียวกันกับสารประกอบโคเวเลนต์ที่ใช้เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุล และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง สมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิ เนื่องจากนักเรียนเข้าใจผิดว่าปฏิกิริยาที่จะสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้จะต้องเป็นปฏิกิริยาที่มีตะกอนเกิดขึ้นเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมสเต็มศึกษานั้นเน้นไปที่การเชื่อมโยงความรู้มาสู่การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนด จึงทำให้ในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสร้างชิ้นงานนักเรียนมีเวลาทบทวนความรู้จำกัด และมุ่งทบทวนความรู้เฉพาะในสิ่งที่จะใช้อธิบายผลการทดลองของกลุ่มตนเองเท่านั้น จึงทำให้บางแนวคิดของนักเรียนยังคงมีแนวคิดบางส่วนที่คลาดเคลื่อนอยู่

จากผลการวิเคราะห์ผลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสเต็มศึกษา พบว่านักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดในหัวข้อสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส จำนวน 30 คน (ร้อยละ 100) สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก จำนวน 29 คน (ร้อยละ 96.67) การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 29 คน (ร้อยละ 96.67) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนหลายคนยังมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนในแนวคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ และยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องสมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ ซึ่งพบว่าผลของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสเต็มศึกษา (N=30)

จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงแนวคิดแต่ละระดับก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสเต็มศึกษา										
ระดับแนวคิด	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ระดับที่ 3		ระดับที่ 4		ระดับที่ 5	
	มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ถูกต้อง (SU)		มีแนวคิดถูกต้องส่วนใหญ่ (PU)		มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและ กลาดเคลื่อน (PU/SM)		มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)		ไม่มีแนวคิด (NU)	
	ก่อนเรียน		ก่อนเรียน		ก่อนเรียน		ก่อนเรียน		ก่อนเรียน	
	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%
1.หลักการของพันธะเคมี										
1.1 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	27	90.00	1	3.33	0	0.00	2	6.67	0	0.00
1.2 กฎออกเตต	12	40.00	2	6.67	3	10.00	10	33.33	3	10.00
2.พันธะไอออนิก										
2.1 การเกิดพันธะไอออนิก	0	0.00	1	3.33	14	46.67	6	20.00	9	30.00
2.2 การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	0	0.00	5	16.67	23	76.67	2	6.67	0	0.00
2.3 สมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	0	0.00	4	13.33	12	40.00	8	26.67	6	20.00
2.4 สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก	4	13.33	3	10.00	3	10.00	15	50.00	5	16.67
2.5 สมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ	0	0.00	1	3.33	1	3.33	21	70.00	7	23.33
3.พันธะโคเวเลนต์										
3.1 การเกิดและเลขชนิดของพันธะโคเวเลนต์	7	23.33	9	30.00	1	3.33	5	16.67	8	26.67
3.2 การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	0	0.00	0	0.00	16	53.30	2	6.67	12	40.00
3.3 รูปร่างโมเลกุลตามทฤษฎี VSEPR และสภาพขั้วของโมเลกุล	0	0.00	1	3.33	5	16.67	6	20.00	18	60.00
3.4 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	0	0.00	0	0.00	17	56.67	3	10.00	10	33.33
3.5 สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบโคเวเลนต์	3	10.00	5	16.67	1	3.33	6	20.00	15	50.00



**ตารางที่ 2** จำนวนและร้อยละของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสเต็มศึกษา (N=30)

จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงแนวคิดแต่ละระดับหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมสเต็มศึกษา										
ระดับแนวคิด	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ระดับที่ 3		ระดับที่ 4		ระดับที่ 5	
	มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ถูกต้อง (SU)		มีแนวคิดถูกต้องส่วนใหญ่ (PU)		มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและ คลาดเคลื่อน (PU/SM)		มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)		ไม่มีแนวคิด (NU)	
	หลังเรียน		หลังเรียน		หลังเรียน		หลังเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%
1.หลักการของพันธะเคมี										
1.1 สัญลักษณ์แบบจุดของลิอิวิส	30	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
1.2 กฎออกเตต	22	73.33	2	6.67	2	6.67	4	13.33	0	0.00
2.พันธะไอออนิก										
2.1 การเกิดพันธะไอออนิก	4	13.33	12	40.00	14	46.67	0	0.00	0	0.00
2.2 การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	17	56.67	6	20.00	7	23.33	0	0.00	0	0.00
2.3 สมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	16	53.33	11	36.67	1	3.33	2	6.67	0	0.00
2.4 สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก	29	96.67	1	3.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2.5 สมการไอออนิก และสมการไอออนิกสุทธิ	8	26.67	9	30.00	2	6.67	10	33.33	1	3.33
3.พันธะโคเวเลนต์										
3.1 การเกิดและเลขชนิดของพันธะโคเวเลนต์	29	96.67	1	3.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3.2 การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	4	13.33	9	30.00	17	56.67	0	0.00	0	0.00
3.3 รูปร่างโมเลกุลตามทฤษฎี VSEPR และสภาพขั้วของโมเลกุล	11	36.67	11	36.67	8	26.67	0	0.00	0	0.00
3.4 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	11	36.67	11	36.67	8	26.67	0	0.00	0	0.00
3.5 สมบัติการนำไฟฟ้าของสารประกอบโคเวเลนต์	26	86.67	1	3.33	2	6.67	0	0.00	1	3.33



## ข้อเสนอแนะ

ครูควรติดตามกระบวนการแก้ปัญหาและให้คำแนะนำนักเรียนตลอดกิจกรรมสเต็มศึกษา เพื่อป้องกันการเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน จากการประยุกต์ใช้แนวคิดและการอธิบายผลการทดลองของนักเรียน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาภายใต้โครงการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระยะเวลาที่ปีการศึกษา 2560

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนุมนุสทกรณการเกษตรแห่งประเทศไทย; 2551.

ทิฆัมพร โตสำลี. ความรู้ความเข้าใจเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้. ใน: การนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 4 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2557. หน้า 93-106.

ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกในวิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 19(2), 10-25.

ปฎิวัติ ศรีทิพย์ศักดิ์. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย และพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559.

วีระยุทธ คำดี. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและการแบ่งเซลล์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการสร้างสื่อมัลติมีเดีย. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56. สาขาศึกษาศาสตร์; 2561. หน้า 19-28.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). เอกสารการชี้แจงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุระเดช อนันตสวัสดิ์. การพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. ศึกษาศาสตร์ (การวัดและประเมินผลการศึกษา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2560

Ackermann, E. 2001. Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference (Online).

[http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget\\_Papert.pdf](http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget_Papert.pdf), October 3, 2015.

Haidar, A. H. 1997. "Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conservation of Matter and Related Concepts." Research in Science Education 34: 181-197.

Grant, M.. 2002. "Getting a Grip On Project-Base Learning: Theory, Cases and Recommendation." Meridian: A Middle School Computer Technologies Journal 5(1).

Papert, S and I. Harel. 1991. Situating Constructionism (Online). [http://web.media.mit.edu/~calla/web\\_comunidad/Reading-En/situating\\_constructionism.pdf](http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf), November 3, 2015.



- Johnstone, A. H. 1993 Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. In Teaching Learning and Assessment in Science Education. Edwards, D., Scanlon, E., and West, D., Editor. London. Paul Chapman Publishing. Ltd. P. 118.
- Kim, Yilip & Park, Namje. (2012, October 19). Development and Application of STEAM Teaching Model Based on the Rube Gddbery's Invention. Computer Science and its Applications Lecture Notes in Electrical Engineering. 203(1): 693-698.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC). (2012). Policy directions of STEAM education: Introductory training of KOFAC STEAM. Seoul, Korea: Foundation for the Advancement of Science and Creativity.
- Windschitl, M. and Thompson. 2006. Beyond the Scientific Method: Model-based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. Published online 4 January 2008 in Wiley Inter Science (Online). [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), November 28, 2010.
- Yakman, Georgette George. (2008, March). STEAM Education: an overview of creating a Model of integrative Education. .[Online]. Available from : <http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT19/Yakmanfinal19.pdf>.
- University of Florida. (2014). STEM vs. STEAM Girl Infographic. .[Online]. Available from : <https://www.americansforthearts.org/by-program/reports-and-data/legislation-policy/naappd/stem-vs-steam-girl-infographic>.