



ผลการจัดการเรียนรู้เคมีที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Effects of Chemistry Teaching Emphasizing Conceptual Development with Polya's Technique on Acid-Base for Eleventh Grade Students

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 NOVEMBER 2021

Revised 6 MARCH 2022

Accepted 4 APRIL 2022

Available Online 30 APRIL 2022

ฉัตรสุดา ขุนเพ็ง¹ และ วันเพ็ญ ประทุมทอง²

Chatsuda Khunpeng¹ and Wanphen Pratoomtong²

ABSTRACT

The purposes of the research were as follows; (1) to compare the conceptual understanding of students who learned through the chemistry teaching emphasizing the conceptual development with Polya's technique-oriented pretest and posttest results along with the posttest results and the criteria of 60 percent and (2) to compare the problem solving ability in chemistry of students who learned through the chemistry teaching emphasizing the conceptual development with Polya's technique-oriented pretest and posttest results along with the posttest results and the criteria of 60 percent. The research samples included 30 eleventh grade students in the second semester of the 2020 academic year at Wangkhoei Pittaya School. The research instruments consisted of (1) lesson plans, (2) the conceptual understanding test and (3) the problem solving ability in chemistry test. The hypotheses were tested by t-test for Dependent Samples and t-test for One-Sample.

The results were as follows; (1) students who learned through the chemistry teaching emphasizing the conceptual development with Polya's technique-oriented had post conceptual understanding higher than pre conceptual understanding and the criteria of 60 percent at the .01 level of significance and (2) the students who learned through the chemistry teaching emphasizing the conceptual development with Polya's technique-oriented had post problem solving ability in chemistry higher than pre problem solving ability in chemistry and the criteria of 60 percent at the .01 level of significance.

KEYWORDS: CHEMISTRY TEACHING EMPHASIZING CONCEPTUAL DEVELOPMENT / POLYA'S TECHNIQUE / CONCEPTUAL UNDERSTANDING / PROBLEM SOLVING ABILITY IN CHEMISTRY

¹ หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเทศไทย

M.Ed. (Educational Science and Learning Management), Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเทศไทย

Assistant Professor, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author ; E-mail address : kp.chatsuda@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยาก่อนและหลังเรียนและเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 และ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยาก่อนและหลังเรียนและเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวังน้อยพิทยาสรรพ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน เครื่องมือการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความเข้าใจในทัศนคติ และ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี สถิติทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบทีแบบ 1 กลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความเข้าใจในทัศนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้เคมีที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ / เทคนิคของโพลยา / ความเข้าใจในทัศนคติ / ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

บทนำ

วิชาเคมี ถือว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ถ้ามีความเข้าใจในวิชาเคมีก็จะสามารถเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ และความเป็นไปของสิ่งต่าง ๆ ในโลก (พินิจ เดชะคุปต์, 2550) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงควรมีการเปลี่ยนแปลงให้เข้ากับสภาพแวดล้อม บริบททางสังคมและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป ครูต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้นักเรียนได้เรียนจากสถานการณ์ในชีวิตจริง และเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดขั้นสูง การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558) รวมทั้งจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในทัศนคติ โดยเริ่มต้นจากการสัมผัสประสบการณ์ต่าง ๆ และเมื่อนักเรียนสะสมมโนทัศน์ไว้มาก นักเรียนจะสามารถสรุปเป็นมโนทัศน์ได้ (พินิจ ทองชุมนุช, 2547) นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีควบคู่ไปด้วย จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายกับนักเรียนมากยิ่งขึ้น (Bilgin, 2005) ซึ่งหากนักเรียนมีความเข้าใจในทัศนคติและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ตรง ได้คิดอย่างเป็นระบบ เชื่อมโยงทฤษฎีและการนำไปใช้ได้อย่างชัดเจน (วรวิทย์ มณีรัตน์, 2560)

จากรายงานสภาวะการศึกษาไทยที่สรุป วิเคราะห์ ประเมินผลการดำเนินการจัดการศึกษาในรอบปี 2561 และครึ่งปีแรกของปี 2562 พบว่าครูส่วนใหญ่เน้นสอนบรรยายตามตำราเพื่อให้นักเรียนท่องจำ ไม่ได้ฝึกการคิดวิเคราะห์หรือฝึกปฏิบัติ ซึ่งไม่ช่วยให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประยุกต์ใช้ได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) ประกอบกับการพิจารณาผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศต่ำที่สุด จากทั้งหมด 5 วิชา ซึ่งในสาระสารและสมบัติของสาร มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุง เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2561) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแนวโน้มผลการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา 3 ปีการศึกษา ในรายวิชาเคมี พบว่า ในปีการศึกษา 2560- 2562 มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 27.34 27.43 และ 28.40 ตามลำดับ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2562) และพบว่าทั้ง 3 ปีการศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนอยู่ใน



ช่วง 20.01-30.00 จากคะแนนเต็ม 100 ทั้งนี้เนื่องมาจากวิชาเคมี เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติ องค์ประกอบ โครงสร้างของสารและการเปลี่ยนแปลงในสาร (นงนิตย์ มรกต, 2550) เนื้อหาจะเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารใน 3 ระดับ คือระดับมหภาค ซึ่งเป็นปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของสารที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ระดับจุลภาคเป็นปรากฏการณ์ของสารที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและในระดับสัญลักษณ์ เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการอธิบายระดับมหภาคและระดับจุลภาค (รัตติยา นามงาม, 2558) ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจ นอกจากนี้ ยังเกิดจากการประสบปัญหาเรื่องของการคำนวณ (จรรยา ดาสา, 2553) และเมื่อพิจารณาปัญหาจากประสบการณ์สอนของผู้วิจัยที่ได้สอนวิชาเคมีตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 พบว่านักเรียนมักประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหา ไม่ว่าจะเป็นโจทย์ปัญหาที่ใช้เพียงการประยุกต์สมมติฐาน ไม่มีการคำนวณ และโจทย์ปัญหาที่มีการคำนวณ เพราะนักเรียนมีสมมติฐานที่ไม่สมบูรณ์ มีสมมติฐานที่คลาดเคลื่อน ไม่มีความเข้าใจอย่างแท้จริง จึงส่งผลให้มีปัญหาในการเรียนรู้ที่ต้องใช้ความคิดระดับสูงและส่งผลต่อเนื้อหาบทถัดไป โดยเฉพาะเรื่อง กรด-เบส ที่มีเนื้อหาผสมผสานทั้งหลักการ กฎ นำไปสู่การใช้ทักษะการคำนวณ และเนื้อหาในเรื่องดังกล่าวต้องใช้ความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนผ่านมาแล้ว เช่น ปริมาณสารสัมพันธ์ สารละลายและสมดุลเคมี (ศิริธร อ่างแก้ว, 2559) หากนักเรียนมีความเข้าใจในสมมติฐานที่คลาดเคลื่อน จะเกิดอุปสรรคต่อการเรียนรู้ได้ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2554)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์พบว่า ส่วนใหญ่การจัดการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการนำเข้าสู่บทเรียน ด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในประเด็นที่กำหนด หรืออาจมีการตรวจสอบความรู้เดิม จากนั้นให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอภิปรายร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทดลอง หรือครูเป็นผู้นำเสนอมนทัศน์นั้น มีการลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อยืนยันในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องแล้วจึงขยายความคิดเพิ่มเติม เพื่อประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ จากนั้นจึงทำการสรุปบทเรียนและประเมินผลว่านักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์อย่างไรบ้าง นอกจากนี้ สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ (2556) ได้กล่าวว่า การกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ การนำเสนอ จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ และการที่ครูสรุปปิดท้ายบทเรียนจะทำให้มโนทัศน์มีความหมายยิ่งขึ้น รวมทั้งการประเมินผลถือเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยในการตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์แล้ว สามารถนามโนทัศน์ที่สรุปรวมนั้นไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนขั้นสูงและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (พันธ์ ทองชุมนุช, 2547) โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสร้างมโนทัศน์ ขั้นยืนยันมโนทัศน์ ขั้นประยุกต์ ขั้นสรุปและประเมิน อย่างไรก็ตามการเรียนเรื่อง กรด-เบส มีทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติและภาคคำนวณ ซึ่งนักเรียนจะต้องให้ความสำคัญกับการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย พบว่ากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เป็นกระบวนการที่มีขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล (Polya, 1957) ซึ่งพบว่าช่วยให้นักเรียนมีหลักคิด เข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ มีการวางแผนและกำกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง ได้ฝึกการแก้ปัญหายอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องหรือผลเฉลยที่เป็นเหตุเป็นผลจากการแก้ปัญห (อัมพร ม้าคอง, 2553)

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยดังกล่าว พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจในมโนทัศน์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี จะช่วยส่งเสริมกันและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง กรด-เบส ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดังที่ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ได้กล่าวว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ นับเป็นพื้นฐานในการเข้าใจ

สิ่งต่าง ๆ รอบตัว ซึ่งจะช่วยให้อาจพัฒนาการคิดในมิติอื่น ๆ ต่อไปได้ และดังที่ กรมวิชาการ (2544) กล่าวว่า นักแก้โจทย์ปัญหาที่ดี คือ มีความเข้าใจในนิเทศน์ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยนำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาไปสอดแทรกในชั้นที่ 4 คือ ขั้นประยุกต์ ของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์โดยให้นักเรียนนำโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อพัฒนาความเข้าใจในนิเทศน์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในนิเทศน์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในนิเทศน์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยากับเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 60
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยากับเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 60

วิธีการวิจัย

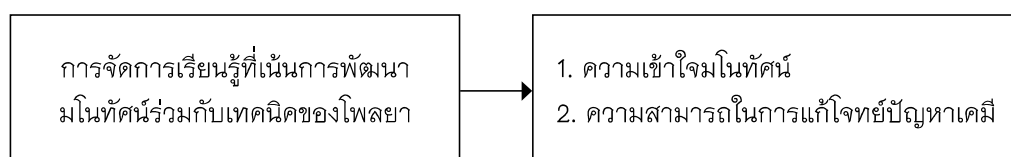
ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 กลุ่มวิทยาเขตจตุรัสชัย ซึ่งมีการตั้งในบริเวณใกล้เคียงกันและเป็นโรงเรียนขนาดเล็กที่มีชั้นเรียนละ 1 ห้องเรียน ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา และมีลักษณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี คล้ายคลึงกัน สามารถตรวจสอบได้จาก การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ของคะแนนวัดผลปลายภาคในรายวิชาเคมี 3 (ว 32223) พบว่า ข้อมูลคะแนนวัดผลปลายภาคในรายวิชาเคมี 3 (ว 32223) ของนักเรียนในกลุ่มประชากรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ข้อมูลคะแนนวัดผลปลายภาคในรายวิชาเคมี 3 (ว 32223) ของนักเรียนทั้ง 3 โรงเรียน มีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน หรือมีความเท่าเทียมกัน ประกอบด้วย 3 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนวังน้อยพิทยาสรรค์ โรงเรียนบ้านแก่งจันทรวัดวิทยา และโรงเรียนตะคร้อพิทยาสรรค์ จำนวน 3 ห้องเรียน 79 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวังน้อยพิทยาสรรค์ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยมีหน่วยการสุ่มเป็นห้องเรียน

กรอบแนวคิด

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้เคมีที่เน้นการพัฒนาโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้





เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัย ใช้เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะร่วมกับเทคนิคของโพลยา เรื่อง กรด-เบส จำนวน 6 แผน ใช้เวลา 18 ชั่วโมง แบ่งเป็น 6 เรื่อง คือ 1) ทฤษฎีกรด-เบส 2) การแตกตัวของกรด-เบสและน้ำ 3) pH ของสารละลาย 4) ปฏิกริยาระหว่างกรด-เบส และสมบัติของเกลือ 5) การไทเทรตและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส และ 6) สารละลายบัฟเฟอร์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดประเมินผล มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Engage) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในประเด็นที่กำลังจะเรียนรู้หรือตรวจสอบในทศน์เดิม โดยครูมีบทบาทให้การสร้างสถานการณ์ หรือกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ และนักเรียนมีบทบาทในการให้ความสนใจและตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูกำหนด

ขั้นที่ 2 สร้างมโนทัศน์ (Construct) เป็นขั้นการสร้างองค์ความรู้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ถ่ายทอดหรือผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เช่น การสาธิต การทดลอง การใช้สื่อต่าง ๆ และนักเรียนมีบทบาทในการสำรวจ วิเคราะห์ ศึกษาจากครูหรือศึกษาด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ยืนยันมโนทัศน์ (Confirm) เป็นขั้นปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยครูให้นักเรียนนำเสนอเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ จากนั้นครูจะเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ให้ชัดเจนและนักเรียนมีบทบาทในการอภิปราย ซักถาม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียนสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์

ขั้นที่ 4 ประยุกต์ (Apply) เป็นขั้นการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ผ่านการยืนยันแล้วว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์ ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายทำให้เกิดมโนทัศน์ที่กว้างขึ้น ด้วยเทคนิคของโพลยา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการตีความโจทย์ถึงสิ่งที่โจทย์ให้มา สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหา
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นการวางแผนพิจารณาและหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่ได้จากการตีความโจทย์ เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม
3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ หากนักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ สามารถกลับไปวางแผนการแก้ปัญหาอีกครั้ง
4. ขั้นตรวจสอบผล (Looking back) เป็นการมองย้อนกลับเพื่อตรวจสอบคำตอบรวมถึงวิธีการแก้ปัญหา ให้สอดคล้องกับข้อมูลและเงื่อนไขของปัญหา พิจารณาความสมเหตุสมผลหรืออาจหาวิธีการอื่นที่ได้มาซึ่งคำตอบเช่นเดียวกัน

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมิน (Conclude and assess) เป็นขั้นการประเมินด้วยกระบวนการต่าง ๆ โดยครูและนักเรียนมีบทบาทในการช่วยกันสรุปเกี่ยวกับการนำมโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ จากนั้นครูทำการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อทดสอบความเข้าใจของนักเรียนว่าบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กรด-เบส แบบปรนัย 4 ตัวเลือกพร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมเป็นแบบคำถามปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier diagnostic test) ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกตอบ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง

(IOC) ระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 ค่าความยากง่าย (p) ตอนที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.44–0.68 และตอนที่ 2 อยู่ระหว่าง 0.23–0.41 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตอนที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.24–0.70 ตอนที่ 2 อยู่ระหว่าง 0.43–0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นตอนที่ 1 เท่ากับ 0.86 และตอนที่ 2 เท่ากับ 0.95 โดยมีค่า RAI เท่ากับ 0.97

3. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับหัวเรื่อง เท่ากับ 1.00 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.32–0.60 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.50–0.78 และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.86 โดยมีค่า RAI เท่ากับ 0.94

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กรด-เบส จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที จากนั้นชี้แจงวัตถุประสงค์และแนะนำเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียน

2. ขณะทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนา มโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

3. หลังการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กรด-เบส จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที และนำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กรด-เบส แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส มาวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติเพื่อทดสอบ สมมติฐานรวมถึงวิเคราะห์มโนทัศน์ของนักเรียนเป็นรายข้อ แล้วจัดกลุ่มมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม ที่ประยุกต์ ตามแนวคิดของ Westbrook & Marek (1992, อ้างถึงในโอนิน เจ๊ะเหลาะ, 2556) และสุภาพ ตาเมือง, กานต์ตะวัน วุฒิสเลา, และศักดิ์ศรี สุภาพร (2560) เพื่อหาร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มมโนทัศน์ต่าง ๆ ดังนี้ ความเข้าใจมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) คือ ให้คำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลที่ ถูกต้องสมบูรณ์ (3 คะแนน) ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) คือ ให้คำตอบที่ถูกต้องและแสดงเหตุผลที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนผิด (2.5 คะแนน) ความเข้าใจมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) คือ ให้คำตอบ ที่ถูกต้องแต่แสดงเหตุผลที่ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (2 คะแนน) ให้คำตอบที่ถูกต้องแต่แสดงเหตุผล ไม่ถูกต้องแต่ยังมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ (1.5 คะแนน) ให้คำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดง เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ (1 คะแนน) หรือให้คำตอบที่ผิดแต่แสดงเหตุผลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (2 คะแนน) ให้คำตอบที่ผิดแต่แสดงเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และไม่มีส่วนผิด (1.5 คะแนน) และให้คำตอบที่ผิดแต่แสดง เหตุผลที่ถูกต้องบางส่วนและผิดบางส่วน (1 คะแนน) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) คือ ให้คำตอบที่ผิดและแสดงเหตุผลที่ไม่ถูกต้องทั้งหมดแต่ยังมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ (0.5 คะแนน) และความไม่เข้าใจมโนทัศน์ (No Understanding : NU) คือ ให้คำตอบที่ผิดและไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผล ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโจทย์ (0 คะแนน)

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

1. เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ ก่อนและหลังเรียน โดยใช้ t-test for dependent samples
2. เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์ หลังเรียนกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้ t-test for one samples
3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี ก่อนและหลังเรียน โดยใช้ t-test for dependent samples



4. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้ t-test for one samples

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและได้ผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจในทัศน เรื่อง กรด-เบส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทัศนร่วมกับเทคนิคของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจในทัศน เรื่อง กรด-เบส ก่อนและหลังเรียน

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t
ก่อนเรียน	30	60	7.58	2.73	12.63	35.03**
หลังเรียน	30	60	42.73	6.60	71.22	

หมายเหตุ : **p < .01

จากตารางที่ 1 แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทัศนร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความเข้าใจในทัศน เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนในแต่ละมโนทัศน์ย่อย พบว่ามีร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมโนทัศน์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คำตอบของนักเรียนในแต่ละมโนทัศน์ย่อย

มโนทัศน์ย่อย	ร้อยละของจำนวนนักเรียน									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	CU	PU	PS	AC	NU	CU	PU	PS	AC	NU
ทฤษฎีกรด-เบส	0.00	0.83	30.83	9.17	59.17	16.67	56.67	25.00	0.83	0.83
คู่กรด-เบส	0.00	0.00	30.00	6.67	63.33	16.67	53.33	30.00	0.00	0.00
การแตกตัวของกรด-เบส	0.00	1.67	35.00	25.00	38.34	23.34	50.00	20.00	3.33	3.33
การแตกตัวของน้ำ	0.00	0.00	33.34	10.00	56.67	13.33	55.00	28.33	3.34	0.00
pH ของสารละลาย	0.00	0.00	28.89	6.67	64.45	13.33	33.33	42.22	6.67	4.44
ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส	0.00	0.00	24.45	1.11	74.44	20.00	46.67	24.44	1.11	7.78
การไทเทรต	0.00	0.00	26.67	5.00	68.34	23.34	50.00	23.34	1.67	1.67
อินดิเคเตอร์	0.00	0.00	33.33	3.33	63.33	23.33	36.67	40.00	0.00	0.00
บัฟเฟอร์	0.00	0.00	25.00	0.00	75.00	6.67	48.33	40.00	0.00	5.00
เฉลี่ย	0.00	0.00	27.67	3.22	69.11	17.33	43.00	34.00	1.89	3.78

จากตาราง 2 พบว่า ในภาพรวม ก่อนเรียน นักเรียน มีความเข้าใจโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คิดเป็นร้อยละ 27.67 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คิดเป็นร้อยละ 3.22 และมีความไม่เข้าใจโมทัศน์ (NU) คิดเป็นร้อยละ 69.11 และหลังเรียน มีความเข้าใจโมทัศน์ที่สมบูรณ์ (CU) คิดเป็นร้อยละ 17.33 มีความเข้าใจโมทัศน์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 43.00 มีความเข้าใจโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คิดเป็นร้อยละ 34.00 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คิดเป็นร้อยละ 1.89 และมีความไม่เข้าใจโมทัศน์ (NU) คิดเป็นร้อยละ 3.78 โดยโมทัศน์ที่มีความเข้าใจโมทัศน์ที่สมบูรณ์มากที่สุด 3 โมทัศน์แรก คือ การแตกตัวของกรด-เบส การไทเทรตและอินดิเคเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความไม่เข้าใจ (NU) ในโมทัศน์ที่ มากที่สุด 3 โมทัศน์แรก คือ pH ของสารละลาย สารละลายบัฟเฟอร์และอินดิเคเตอร์

2. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจโมทัศน์ เรื่อง กรด-เบส หลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยากับเกณฑ์ ร้อยละ 60 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโมทัศน์ เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนและเกณฑ์

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t
หลังเรียน	30	60	42.73	6.60	71.22	5.58**
เกณฑ์ที่กำหนด			36.00		60.00	

หมายเหตุ : **p < .01

จากตารางที่ 3 แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความเข้าใจโมทัศน์ เรื่อง กรด - เบส หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส ก่อนและหลังเรียน

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t
ก่อนเรียน	30	100	14.97	7.57	14.97	26.90**
หลังเรียน	30	100	72.77	13.90	72.77	

หมายเหตุ : **p < .01

จากตารางที่ 4 แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

4. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจโมทัศน์ เรื่อง กรด-เบส หลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยากับเกณฑ์ ร้อยละ 60 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลดังตารางที่ 5



ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนและเกณฑ์

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t
หลังเรียน	30	100	72.77	13.90	72.77	5.03**
เกณฑ์ที่กำหนด			60.00		60.00	

หมายเหตุ : **p < .01

จากตาราง 5 แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

อภิปรายผล

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาโมทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความเข้าใจโมทัศน์ เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจในโมทัศน์ที่ต้องสมบูรณ์ ซึ่งครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างความเข้าใจในโมทัศน์ให้ชัดเจน เน้นให้นักเรียนอภิปราย ซักถาม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีโมทัศน์ทุกโมทัศน์ต้องผ่านการยืนยันมาแล้วว่าสมบูรณ์ จึงสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาให้เกิดโมทัศน์ที่กว้างขึ้น ซึ่งแต่ละขั้นตอนในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ เป็นดังนี้

1.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engage) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ดีมักเริ่มต้นด้วยลักษณะของคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบโมทัศน์เดิมของนักเรียน ซึ่งการเชื่อมโยงโมทัศน์เดิมกับโมทัศน์ใหม่เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียน จากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนให้ความสนใจ กระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมในขั้นถัดไป หากมีการสาธิตการทดลอง หรือให้นักเรียนตัวแทนออกไปทำการทดลองหน้าชั้นเรียน นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นมากกว่ากิจกรรมอื่น ๆ

1.2 ขั้นสร้างโมทัศน์ (Construct) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียน ตลอดจนแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน มีกิจกรรมสร้างโมทัศน์ด้วยการให้นักเรียนทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง อภิปรายการทดลองร่วมกันภายในกลุ่มและสรุปผล นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ก่อน แล้วได้ตรวจสอบจนกระทั่งสามารถสร้างโมทัศน์เกี่ยวกับเรื่องนั้นด้วยตนเอง

1.3 ขั้นยืนยันโมทัศน์ (Confirm) เป็นการปรับโมทัศน์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนสร้างโมทัศน์ได้อย่างชัดเจนด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายด้วยคำถาม จนได้โมทัศน์ที่สมบูรณ์ มีการตรวจสอบโมทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและตรวจสอบโมทัศน์ให้ถูกต้อง รวมถึงการซักถามในประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ

1.4 ขั้นประยุกต์ (Apply) เป็นขั้นที่นำโมทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์แล้วมาใช้ในการสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น นักเรียนได้นำโมทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้โดยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยเทคนิคของโพลยา เพื่อกระตุ้นให้นำโมทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาถ่ายโยงกับสถานการณ์ใหม่ ซึ่งมีการบอกรับ คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล

1.5 ขั้นสรุปและประเมิน (Conclude and assess) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการนำโมทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ และทดสอบความเข้าใจของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนซัก

ถามข้อสงสัยเกี่ยวกับการเรียนในครั้งนี้ นอกจากนี้ให้นักเรียนตรวจสอบใบงานให้ครบถ้วนเพื่อที่ครูจะได้ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน พบว่านักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจในทัศนออกมาได้เป็นอย่างดี

จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีการกระตุ้นความสนใจด้วยสิ่งเร้าเพื่อปรับโครงสร้างทางปัญญา มีการตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียน ซึ่งการเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมกับมโนทัศน์ใหม่เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล เพื่อให้การเรียนรู้มีการจัดความคิดอย่างเป็นระบบ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2561) จากนั้นนักเรียนมีการลงมือสำรวจและค้นหาเพื่อสร้างความเข้าใจในทัศน จัดระเบียบการคิดใหม่ ด้วยกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังที่สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2556) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความเข้าใจในทัศนเคมี จำเป็นอย่างยิ่งในการนำกิจกรรมการทดลอง สื่อต่าง ๆ มาประกอบการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ของ Kolb ที่กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย จะต้องให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ก่อน จนกระทั่งสามารถสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2556) จากนั้นจึงมีการนำมโนทัศน์มาประยุกต์แก้ปัญหาเพื่อขยายความเข้าใจในทัศนนั้น ๆ ด้วยแบบฝึกหัด สอดคล้องกับคำกล่าวของชนาธิป พรกุล (2552) ที่ว่า การฝึกการนำมโนทัศน์มาใช้ จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตอย่างแท้จริงและเกิดความเข้าใจที่มากขึ้น และสอดคล้องกับทฤษฎีแห่งการฝึกหัดของThorndike ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้ทำแบบฝึกหัดซ้ำ ๆ บ่อย ๆ จะทำให้เกิดความชำนาญและมีส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (ทิตนา แหมมณี, 2545) จากนั้นร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการนำมโนทัศน์ไปใช้ และตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ตามแนวทางการพัฒนาความเข้าใจในทัศนของคลอสไมเออร์ (Kleusmeior, 1969 อ้างถึงในสุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) ที่กล่าวว่า ครูต้องบอกข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนทันที หากนักเรียนตอบผิดก็ต้องบอกให้ทราบมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันตลอดเวลา และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามโต้ตอบมาก ๆ จะช่วยพัฒนาความเข้าใจในทัศนได้ (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2553) และสอดคล้องกับงานวิจัยของกัลยา ภูทัตโต (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้การเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้แบบแนะนำเน้นกระบวนการที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเน้นพัฒนากระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม กระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการประเมินค่า ทำให้มีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจในทัศนที่สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียนทุกมโนทัศน์ย่อย ซึ่งก่อนเรียนไม่มีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ แต่เมื่อทำการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนที่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างร้อยละ 6.67-23.34 และมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจในทัศนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 76.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความเข้าใจในทัศน เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยาในแต่ละชั้น ได้มีส่วนช่วยในการส่งเสริม พัฒนาความเข้าใจในทัศนอย่างถูกต้องสมบูรณ์ จะเห็นได้จากภาพรวมความเข้าใจในทัศนหลังเรียนในแต่ละมโนทัศน์ย่อยที่นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนแบบถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เพิ่มมากขึ้น มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) และความไม่เข้าใจ (NU) ลดลงทุกมโนทัศน์ย่อย โดยมโนทัศน์ที่มีความเข้าใจในทัศนที่สมบูรณ์มากที่สุด 3 มโนทัศน์แรก คือ การแตกตัวของกรด-เบส การไทเทรตและอินดิเคเตอร์ ซึ่งเกิดจากครูได้คำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างความเข้าใจในทัศน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ พันธุ์ ทองขุมนุ่ม (2547) ที่กล่าวว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อ

การสร้างความเข้าใจในบทสนทนา คือ ประสิทธิภาพและบทสนทนาเดิมของนักเรียน จากการเริ่มต้นด้วยขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engage) ที่มีการตรวจสอบบทสนทนาเดิมทุกครั้ง มีการเสริมให้นักเรียนมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่เป็นตัวกระตุ้นอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของอากรณ ใจเที่ยง (2553) ที่จัดการเรียนรู้โดยให้ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ตลอดเวลา เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในบทสนทนาแล้วยังให้นักเรียนได้ใช้บทสนทนาที่ผ่านการยืนยันแล้วมาใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดของคลอสไมเออร์ (Kleausmeior, 1969 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) ดังจะเห็นได้จากการสอดแทรกเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไว้

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาบทสนทนาพร้อมกับเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลการวิจัย พบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.97 โดยเมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาเคมี ส่วนใหญ่นักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาได้ บอกได้เพียงสิ่งที่โจทย์ถามหา ข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์ให้มา แต่ยังไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหา ไม่สามารถบอกถึงบทสนทนาที่เกี่ยวข้องได้ ส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการตามแผนหรือแสดงวิธีคิดตามการวางแผน และไม่สามารถสรุปคำตอบได้ เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีบทสนทนาเรื่องกรด-เบส และยังไม่คุ้นชินกับการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบระเบียบ ยังไม่สามารถจัดระบบความคิดได้ เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาบทสนทนาพร้อมกับเทคนิคของโพลยา ตั้งแต่ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสร้างบทสนทนา และขั้นยืนยันบทสนทนา จนนักเรียนมีความเข้าใจในบทสนทนาที่ถูกต้องแล้ว สามารถนำไปประยุกต์ในสถานการณ์ หรือโจทย์ปัญหาเคมีใหม่ ๆ ได้ในขั้นประยุกต์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เท่ากับ 72.77 แสดงว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องจากการเน้นเทคนิคของโพลยา เป็นกระบวนการที่ปลูกฝังให้นักเรียนสนใจในปัญหาและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนตามขั้นตอน พยายามเข้าใจปัญหาและวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทั้งสิ้น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้พิจารณาเกี่ยวกับรายละเอียดของโจทย์ปัญหา โดยในกิจกรรมการเรียนรู้จะกระตุ้นให้นักเรียนพยายามทำความเข้าใจแต่ละประโยคของโจทย์ปัญหา

3.2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ในโจทย์หาความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์ถามและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด เพื่อให้นักเรียนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาและลำดับขั้นตอน

3.3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้จากขั้นที่ 2 โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการตามแผน ตามความถนัดของตนเอง ฝึกฝนร่วมกันโดยมีคำถามครูเป็นผู้ชี้แนะและเสริมแรงทางบวกอย่างสม่ำเสมอ

3.4 ขั้นตรวจสอบผล (Looking back) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาโดยพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ ตีความหมายของคำตอบ รวมถึงวิเคราะห์หาวิธีอื่นที่ได้มาซึ่งคำตอบเช่นเดียวกัน

จะเห็นได้ว่า เทคนิคของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอน ได้ฝึกให้นักเรียนมีการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ จากข้อคำถามที่กระตุ้นความเข้าใจของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของวินัส ซาลี (2562) ได้กล่าวว่าข้อคำถามที่ให้นักเรียนระบุเกี่ยวกับสิ่งที่โจทย์กำหนดจะส่งผลให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์นั้นออกมา เพื่อให้นักเรียนสามารถวางแผนแก้ปัญหาได้ โดยชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2559) ได้กล่าวว่า การคิดลงมือทำก่อนทำสิ่งใด จะทำให้สามารถประเมินความเป็นไปได้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ

ทำให้ได้คำตอบ ซึ่งมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ตามหลักการของชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2559) ที่กล่าวว่า การแก้โจทย์ปัญหาควรเน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญกับกระบวนการมากกว่าการได้มาซึ่งคำตอบ ทำให้นักเรียนมีหลักคิด และลำดับการแก้โจทย์ปัญหาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของวรัทยา มณีรัตน์ (2560) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบสมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่นำมาใช้ในการทำแบบฝึกหัด พบว่า ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีการปรับขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาและมีการตรวจสอบผลที่ได้ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคำตอบที่ได้รับและสามารถพัฒนาความคิดของนักเรียนอย่างเป็นกระบวนการ

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา มีปัจจัยที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของบิทเทอร์ (Bitter, 1990) ที่กล่าวว่า การแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มย่อยจะช่วยให้นักเรียนร่วมกันแก้โจทย์ปัญหาได้ดี หรือมีการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง เพื่อให้นักเรียนเห็นว่ายังมีอีกหลากหลายวิธีที่ใช้แก้โจทย์ปัญหาในโจทย์เดียวกัน ขยายมุมมองของนักเรียนให้กว้าง ทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะแก้โจทย์ปัญหาในครั้งต่อไปได้สำเร็จ โดยขั้นที่มีร้อยละเฉลี่ยมากที่สุด คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เพราะเกิดจากความสามารถในการอ่านการวิเคราะห์จากข้อความของโจทย์ปัญหา แม้ว่านักเรียนจะมีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ก็สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ถามหา ข้อมูลและเงื่อนไขที่ให้มาได้ ขั้นที่มีร้อยละเฉลี่ยมากเป็นอันดับที่ 2, 3 และ 4 คือ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผลตามลำดับ เนื่องจากในแต่ละขั้นตอนจะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง หากเกิดปัญหาในขั้นตอนใด ขั้นตอนต่อไปจะไม่สามารถดำเนินการได้ โดยเฉพาะขั้นตรวจสอบผลที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เพราะนักเรียนส่วนใหญ่มาข้ามขั้นตอนนี้ เน้นเพียงคำตอบที่ถูกต้อง ทำให้เมื่อได้คำตอบที่ผิด จึงไม่ได้มองย้อนกลับไปที่วางแผนการแก้โจทย์ปัญหาใหม่อีกครั้ง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. ครูควรวางแผนเรื่องเวลาในแต่ละกิจกรรมให้เหมาะสม รวมถึงควรมีการปรับพื้นฐานทางการคำนวณของนักเรียนสำหรับนักเรียนที่มีปัญหา โดยใช้เวลานอกก่อนที่จะทำการจัดการเรียนรู้
2. ครูควรมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำรองไว้ เพื่อใช้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน
3. ครูควรใช้สถานการณ์ในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน รวมถึงกระตุ้นให้นักเรียนมีความร่วมมือในการทำกิจกรรมเท่า ๆ กันทุกคน และให้ความช่วยเหลือนักเรียนและสังเกตนักเรียนอย่างทั่วถึง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความก้าวหน้าของความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กรด-เบสในแต่ละมโนทัศน์เป็นรายบุคคลเพื่อให้ได้ข้อมูลในการพัฒนานักเรียนมากขึ้น
2. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการกระตุ้นพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี



3. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนา
มโนทัศน์ร่วมกับเทคนิคของโพลยา เพื่อนำมาหาแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: พรว.
- กัลยา ภูตโต. (2558). ผลของการใช้การเรียนรู้สืบสอบแบบแนะนำเน้นกระบวนการที่มีต่อมโนทัศน์ทาง
เคมีและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
<http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/51074/1/5783432127.pdf>
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). *การคิดเชิงมโนทัศน์*. ชัดเชส มีเดีย.
- จรรยา ดาสา. (2553). เทคนิคการจัดการเรียนรู้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหาเคมีคำนวณ. *นิตยสาร สสวท.*,
38(167), 44-48.
- ชนาธิป พรกุล. (2552). *การออกแบบการสอน*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. พี บาลานซ์ดีไซน์แอน
ปรินต์.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2559). *เทคนิคการใช้คำถามพัฒนาการคิด*. วีพริ้นท์.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2561). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. พีบาลานซ์ดีไซน์แอน
ปรินต์.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2554). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. เอพริลเรน พริ้นต์.
- ทิตนา แหมมณี. (2545). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย*. ด้านสหวิชาการพิมพ์.
- นงนิตย์ มรกต. (2550). *เคมีกับการดำรงชีวิต*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. โอ.เอส.พริ้นต์เฮาส์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2550). *ประมวลบทความ ประวัติวิธีเรียน เปลี่ยนวิธีสอนวิทยาศาสตร์*. พัฒนาคุณภาพ
วิชาการ.
- รัตติยา นามงาม. (2558). *การพัฒนาแนวคิดเรื่อง กรด-เบส โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
5 ขั้นร่วมกับการใช้โมเดลพลวัต* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. <https://portal.lib.ku.ac.th/login?url=https://www.lib.ku.ac.th/KUthesis/2558/rattiya-nam-all.pdf>
- วรทยา มณีรัตน์. (2560). การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด - เบส โดยใช้กระบวนการ
แก้ปัญหาของโพลยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(2), 297-306.
- วินัส ซาลี. (2562). แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาและ
ผลที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
[วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สำนักหอสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/562/1/gs601130053.pdf>
- ศิริธร อ่างแก้ว. (2559). การพัฒนาความเข้าใจในเคมีวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้
แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคการแข่งขันแบบกลุ่มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 11(3), 109-124.



- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. <https://www.scimath.org/ebook-chemistry/item/8417-2-2560-2551>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). สภาพะการศึกษไทย 2561/2562 การปฏิรูปการศึกษาในยุคดิจิทัล. <http://backoffice.onec.go.th/uploads/Book/1732-file.pdf>
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2561). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561. http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2561.pdf
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2562). สถิติพื้นฐานผลคะแนนการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2562 จำแนกตามวิชา. https://www.niets.or.th/uploads/editor/files/9_Subject/AMS-2562.pdf
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556). หลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี. นิตยสาร สสวท., 41(180), 34–37.
- สุภาพ ตาเมือง, กานต์ตระกูล ณ ภูมิเสลา, และ ศักดิ์ศรี สุภาพร. (2560). การพัฒนาความเข้าใจในมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ. ศึกษาศาสตร์สาร, 1(2), 1–15.
- สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). จิตวิทยาการศึกษา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2553). หลักการสอน (ฉบับปรับปรุง). โอเดียนสโตร์.
- ไอนิง เจ๊ะเหลาะ. (2556). การศึกษานิเทศศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. <http://oservice.skru.ac.th/ebookft/1122.pdf>
- Bilgin, I. (2005). The Effect of Different Problem-solving Strategies on University Students' Problem-solving Achievements of Quantitative Problems in Chemistry. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 5(5), 628–635.
- Bitter, G. (1990). *Mathematics Methods for the Elementary and Middle School: A Comprehensive Approach*. Allyn and Bacon.
- Buzan, T. (1997). *The Mind Map Book: Radiant Thinking*. BCC Books.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It A new Aspect of Mathematical Method*. Doubleday & Company.