

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วรรณภา ฐววิทย์^{1,*} และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป²

¹โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลิขิตบุรี อ่างทอง

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

*Email: wannapayuanboonlim@gmail.com

รับบทความ: 7 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 9 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 20 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม (P) สืบเสาะหาความรู้ (I) แลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอผลงาน (E) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (G) และประเมินความรู้ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามกรอบแนวคิด The Scientific Structure Creativity Model (SSCM) และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้ PIEGA Model โดยภาพรวม นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก พิจารณารายมิติพบว่ามิติด้านคุณลักษณะ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 76.67 อยู่ในระดับดีมาก มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก มิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องและ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 86.67 และ 100.00 ตามลำดับ มิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 อยู่ในระดับดีมาก และมิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.34 อยู่ในระดับดี และ ด้านการปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็น ร้อยละ 63.33 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Development of Scientific Creative Thinking and Academic Achievement of Grade 11 Students using Inquiry Learning with Scientific Creativity: PIEGA Model in the Topic of Electrochemistry

Wannapa Thuwawit^{1,*} and Jularat Thummaprateep²

¹*Anghong Pattamarot Wittayakhom School, The Secondary Educational Service Area Office Singburi Anghong*

²*Faculty of Education, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi*

**Email: wannapayuanboonlim@gmail.com*

Received <7 July 2022>; Revised <9 September 2022>; Accepted <20 September 2022>

Abstract

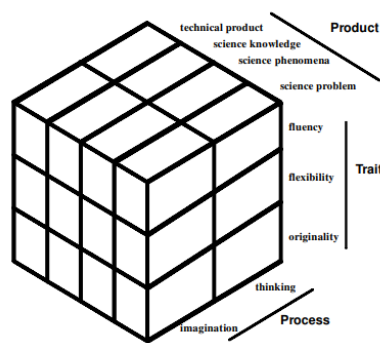
The purpose of this research was to develop scientific creativity thinking and academic achievement of students who learned using inquiry learning with scientific creativity: PIEGA Model in the topic of electrochemistry. The research sample consisted of 30 grade 11 students, the sciences and mathematics program, second semester of the academic year 2021, obtained by cluster random sampling. This research method was pre-experimental designs. The employed research instruments were 1) inquiry learning with scientific creativity: PIEGA Model lesson plans in the topic of electrochemistry, consisted of 5 steps: preparing and goals setting, inquiry and scientific creativity activities, exchange and presentation, generating scientific explanations, and assessing personal progression, 2) scientific structure scientific creativity assessment form (SSCM), and 3) academic achievement test. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation and t-test. The results of this were as follows: 1) the level of scientific creativity of all students post-learned using PIEGA Model were at very good level. Trait dimension, most of the students, 76.67%, were at very good level. Scientific process dimension, all students were at very good level. Product dimension consisted of technical product and science knowledge, most of the students were at very good level, 86.67% and 100.00%, respectively. Product dimension in terms of scientific phenomena and dimensions of scientific processes scientific imagination Most of the students, 66.67%, were in very good level. and Product dimensions in terms of scientific phenomena and dimensions of scientific processes scientific thinking Most of the students, 53.34%, were in good level. Science problems, most of the students, 63.33%, were at good level. 2) The students' academic achievement post-learned using PIEGA Model were statistically significantly higher than pre-learned at the .01 level.

Keywords: Inquiry Learning with Scientific Creativity, Scientific Creative Thinking, Academic Achievement.

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific creativity thinking) เป็นกระบวนการคิดที่สำคัญสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งใหม่ๆ การแก้ปัญหา จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เป็นทักษะที่สำคัญที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับเยาวชนไทย เนื่องจากเป็นกระบวนการคิดที่นำไปสู่การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้สร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งใหม่ๆ ที่สามารถแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ อีกทั้ง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ช่วยนำพาประเทศไทยก้าวข้ามผ่านกับดัก คำว่า ประเทศกำลังพัฒนาไปได้ และจากผลสำรวจของ World Economic Forum (2018) คาดว่าในปี ค.ศ. 2022 เครื่องจักรหรือหุ่นยนต์ที่มีปัญญาประดิษฐ์จะทำงานแทนมนุษย์มากขึ้น ส่งผลให้เป้าหมายของการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เน้นไปที่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยความเชื่อที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การทำงานของมนุษย์ต่างจากการทำงานของหุ่นยนต์หรือปัญญาประดิษฐ์ (Upaphan, 2021) ดังนั้น การจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โดยเฉพาะในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาเพื่อเตรียมเยาวชนทั่วประเทศ นอกจากจะมุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในทุกระดับชั้นแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Paking *et al.*, 2015)

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดสร้างสรรค์ที่มีความเฉพาะเจาะจง คือ เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาความรู้และการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดย Hu and Adey (2002) เสนอกรอบแนวคิด คำว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ 3 มิติ ตามกรอบ SSCM ประกอบด้วย 1) มิติด้านคุณลักษณะ (Trait) 2) มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) และ 3) มิติด้านผลลัพธ์ (Product) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 The Scientific Structure Creativity Model (SSCM)

สำหรับมิติด้านคุณลักษณะประกอบด้วย คิดคล่อง (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาจำกัด คิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับสถานการณ์ และคิดริเริ่ม (Originality) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่น และสอดคล้องกับสถานการณ์ สำหรับมิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) ประกอบด้วย (1) จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific imagination) คือ ความสามารถในการสร้างภาพ ในสมองหรือสร้างรูปแบบขึ้นเพื่อทำความเข้าใจเหตุการณ์หรือสถานการณ์ และคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ของเหตุการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นๆ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และ (2) การคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific thinking) คือ การคิดรูปแบบหนึ่งที่เน้นการคิดที่เป็นเหตุผลผ่านการใคร่ครวญ ตรวจสอบ และมีหลักฐานอ้างอิงที่น่าเชื่อถือโดยการคิดเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยให้บุคคลสามารถตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลข่าวสารที่ได้รับและช่วยให้สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อการดำเนินชีวิตในสังคมที่แวดล้อมไปด้วยวิทยาศาสตร์ และสำหรับมิติด้านผลลัพธ์ (Product) ประกอบด้วย (1) ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง (Technical product) คือ สิ่งเกิดขึ้นหลังจากได้มีการฝึกฝนทักษะจนเกิดความสามารถในสาขาใดสาขาหนึ่งที่ปฏิบัติได้ในระดับดีมาก โดดเด่น หรือ

เชี่ยวชาญ (2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science knowledge) คือ สิ่งเกิดขึ้นหลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ ได้แก่ ข้อเท็จจริง ความคิดหลัก กฎ ทฤษฎี สมมติฐาน และ (3) ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Science phenomena) คือ สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ นำมาซึ่งการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science problem) คือ ความสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือที่โจทย์กำหนด หลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้

จากการสังเกตและประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบ พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถที่จะนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หรือการแสดงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บนหลักฐาน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สะท้อนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในมิติของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่าเป็นเรื่องยาก ด้วยนักเรียนไม่สามารถที่จะเชื่อมโยงและทำความเข้าใจระหว่างผลลัพธ์ คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การออกแบบการสืบเสาะที่มีความหลากหลาย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก สอดคล้องกับคะแนน O-NET ในมาตรฐาน ว 3.2 ที่ยังมีคะแนนต่ำ ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับประเทศ

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี สนใจที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวคิด SSCM จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Suphautumporn, 2018) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน (Saengaroon *et al.*, 2021) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Jumpathong, 2019) การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Kaewdok and Sawangboon (2018) อย่างไรก็ตามงานวิจัยในประเทศไทยที่ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ส่วนใหญ่ใช้กรอบแนวคิด ความคิดสร้างสรรค์ตามกรอบแนวคิดของ Guilford (1967) ที่มีองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดที่เรียกว่าความคิดไดเวอร์เจนซี (divergent thinking) ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ (Upaphan, 2021; Suwannatat *et al.*, 2020) ผู้วิจัยจึงนำกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นสอดคล้องกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับแนวคิด SSCM การคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 มิติ และพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า PIEGA Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) Preparing and goals setting: เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม 2) Inquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) Exchange and presentation: แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน 4) Generating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 5) Assessing personal progression: ประเมินความก้าวหน้ารายบุคคล

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model

สมมติฐานของการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 โดยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

1) แบบแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบเชิงทดลองเบื้องต้น ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีการทดสอบก่อนและหลังเรียน ใช้แบบ One group pretest posttest design และใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จังหวัดอ่างทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 240 คน จำนวน 7 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 28 คาบ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) Preparing and goals setting: เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม 2) Inquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) Exchange and presentation: แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน 4) Generating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 5) Assessing personal progression: ประเมินความก้าวหน้ารายบุคคล PIEGA Model พัฒนาจากกรอบแนวคิดหลัก 4 แนวคิด คือ 1) กระบวนการสืบเสาะ 5 ลักษณะเฉพาะ (5 features of inquiry) ของสภาวิจัยแห่งชาติของประเทศไทยสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000) คือ (1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (4) ผู้เรียนเชื่อมต่อดำเนินการเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (5) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินคำอธิบาย 2) กรอบแนวคิดของ The Scientific Structure Creativity Model (SSCM) (Hu and Adey, 2002) ที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 มิติ 3) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) (Mingsiritham, 2011) (1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ มีความรับผิดชอบต่อกัน (2) แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (3) ความสำเร็จของทุกคนและของกลุ่มเป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียน (4) เป็นการเรียนรู้แบบแข่งขันกันฉันมิตร (5) การสร้างองค์ความรู้ด้วยการลงมือกระทำ (6) ได้สอนหรืออธิบายให้กับผู้เรียนคนอื่น ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายกับตัวผู้เรียน และ 4) การสะท้อนคิด (reflective thinking) (Khalid *et al.*, 2015) เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้กระทำและคิดอย่างมีอาชีพเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้ เน้นการวิเคราะห์เชิงวิพากษ์ ได้รับรู้ความก้าวหน้าของตนเองเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งได้ผ่านผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณากรอบแนวคิดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงพิจารณาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า กำหนดจุดประสงค์ ออกแบบกิจกรรมตามขั้นตอนการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยแต่

ละแผนการจัดการเรียนรู้กำหนดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรม และการกำหนดชิ้นงานหรือภาระงานสำหรับการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปลงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างกิจกรรมหลักในการสืบเสาะ ผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ภาระงาน/ ร่องรอยหลักฐาน และเวลาที่ใช้ (1 คาบ = 55 นาที)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมหลักในการสืบเสาะ	ภาระงาน/ ร่องรอยหลักฐาน	เวลา
1	เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	การออกแบบการทดลอง 1) การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านปัญหาทางวิทยาศาสตร์) และ 2) ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ของโลหะกับไอออนของโลหะ (การทดลองแบบเคมีย่อยส่วน) (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านปัญหาทางวิทยาศาสตร์)	ใบกิจกรรมการทดลอง	2 คาบ
2	การดุลสมการรีดอกซ์	การเขียนแผนภาพหรือตารางสรุปหลักการในดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	ใบกิจกรรมการดุลสมการรีดอกซ์	1 คาบ
3	เซลล์เคมีไฟฟ้า	การออกแบบและสร้างกระดานเกมที่สามารถเปลี่ยนโจทย์ได้หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อการอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	กระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สดุดหรรษา	1 คาบ
4	ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	การออกแบบอินโฟกราฟฟิค 1 หน้ากระดาษ A4 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	อินโฟกราฟฟิคเรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	1 คาบ
5	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า	โมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง และมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง)	โมเดลนวัตกรรมเคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	2 คาบ

การหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องระหว่าง ขั้นตอนการสอนตาม PIEGA Model แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมแต่ละขั้นตอน ภาระงาน/ร่องรอยหลักฐาน พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 1.00 – 0.60 หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินและให้ข้อเสนอแนะ นำมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามกรอบแนวคิด SSCM โดยปรับจากแบบวัดของ Hu and Adey (2002) จำนวน 7 ข้อ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 1.00 – 0.60 นำไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ลองทำเพื่อตรวจสอบแนวการตอบและประเมิน

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อคำถามและวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามมิติต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อคำถามและการวัดประเมินความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามมิติ 3 มิติ

คำถาม	มิติการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 มิติ ตามกรอบแนวคิด SSCM								
	คุณลักษณะ			กระบวนการทางวิทยาศาสตร์		ผลลัพธ์			
	คิด คล่อง	คิด ยืดหยุ่น	คิด ริเริ่ม	จินตนาการทาง วิทยาศาสตร์	การ คิด ทาง วิทยาศาสตร์	ความ เชี่ยวชาญ เฉพาะ เรื่อง	ความรู้ ทาง วิทยาศาสตร์	ปรากฏ การณ์ ทาง วิทยาศาสตร์	ปัญหา ทาง วิทยาศาสตร์
ข้อ 1 ให้นักเรียนเขียนอุปสรรคทางวิทยาศาสตร์ที่ทำจากแก้ว ให้ได้มากที่สุด เช่น หลอดทดลอง	✓ การคิดคำตอบให้ ได้มากที่สุด	✓ การคิดคำตอบมีความ หลากหลาย	✓ การคิดคำตอบต่าง จากคนอื่น	-	✓	-	✓	-	-
ข้อ 2 ถ้านักเรียนขึ้นยานอวกาศไปท่องเที่ยวนอกโลก และไปยังดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง นักเรียนสามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์อะไรได้บ้าง ที่นำไปสู่การทำวิจัยหรือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทำไมสิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยบนดาวเคราะห์นี้ได้ ?	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
ข้อ 3 ให้เขียนวิธีการ หรือ แนวทางที่มีความเป็นไปได้ ในการปรับปรุงจักรยานคันเก่าให้ดีกว่าคันเดิม หรือใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น หรือสวยงามมากกว่าเดิม เช่น ทำให้อย่างสะท้อนแสงเพื่อให้มองเห็นได้ในที่มืด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	--	
ข้อ 4 สมมติ ถ้าไม่มีแรงโน้มถ่วง จงอธิบายว่าโลกจะเป็นอย่างไร เช่น มนุษย์จะลอยได้	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-
ข้อ 5 ให้นักเรียนหาวิธีการต่างๆ เท่าที่จะทำได้ เพื่อแบ่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นสี่ชิ้นเท่าๆ กัน (รูปทรงเดียวกัน) ให้วาดบนกระดาษคำตอบ	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
ข้อ 6 ถ้ามีผ้าเช็ดหน้า อยู่ 2 ชนิด นักเรียนจะทดสอบได้อย่างไรว่าผ้าชนิดไหนดีกว่ากัน ? ให้เขียนวิธีการที่เป็นไปได้มากที่สุด รวมถึงเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนง่ายๆ	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-
ข้อ 7 โปรดออกแบบเครื่องเก็บมะม่วง วาดรูป ระบุชื่อ และ การทำงานของ ส่วนประกอบแต่ละส่วน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีเนื้อหาเรื่อง เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ การดุลสมการรีดอกซ์ เซลล์เคมีไฟฟ้า ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า เป็นข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยเครื่องมือผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ค่า IOC อยู่

ในช่วง 0.6 - 1.0 ค่าความเชื่อมั่น KR-21 Kuder Richardson ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เท่ากับ 0.66 อำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.20 - 0.55 และ ค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง 0.52 - 0.82

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังจากนั้น เรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ PIEGA Model ระหว่างการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ภาระงาน ทั้งหมด 9 ชิ้นงาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบบทเรียนนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ทำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอย่างเดียว เนื่องจากนักเรียนอาจจำคำตอบได้ และจะไม่สามารถวัดความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มได้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล/ การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลจากวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ตามเกณฑ์การประเมินแต่ละมิติตามกรอบ SSCM จำนวน 7 ข้อ มีคะแนนเต็ม 36 คะแนน แบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วงเท่ากัน แปลค่าได้ 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง และต้องปรับปรุง การวิเคราะห์รายมิติ แบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วง คือ ดีมาก ดี พอใช้ และ ต้องปรับปรุง แต่ละข้อจะมีคะแนนไม่เท่ากัน เนื่องจากในคำถามแต่ละข้อ จะวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ครบ ทั้ง 3 มิติ แต่ไม่ครบในมิติน้อย ซึ่งเป็นลักษณะของคำถามโดยข้อ 1, 4 และ 6 มีคะแนน เต็ม 20 คะแนน ส่วนข้อ 2, 3, 5 และ 7 มีคะแนน เต็ม 24 คะแนน สำหรับมิติด้านผลลัพธ์ทั้ง 4 ด้านวิเคราะห์โดยคิดคะแนนร่วมกับคะแนนจากมิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มี 2 ด้าน คือ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ กับด้านความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คะแนนจากการตอบข้อคำถามตามตารางที่ 2 โดยแบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วง คือ ดีมาก ดี พอใช้ และต้องปรับปรุง การตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งแบบทดสอบและภาระงานที่ใช้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน หากพบว่าคะแนนที่ตรวจในแต่ละข้อ หรือการประเมินภาระงานใดไม่สอดคล้องกัน ครูทั้ง 2 ท่านจะพิจารณาร่วมกันเพื่อตัดสินการให้คะแนนอีกครั้ง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน จำนวนค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากแบบทดสอบก่อน และหลังเรียน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

ผลการวิจัย

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก เมื่อ พิจารณาแต่ละมิติ พบว่า ได้ข้อมูลแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

มิติ	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
มิติคุณลักษณะ	23 คน (ร้อยละ 76.67)	7 คน (ร้อยละ 23.33)	-	-
มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	30 (ร้อยละ 100.00)	-	-	-

มิติผลลัพธ์ แยกพิจารณา มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับความสัมพันธ์ในมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2 ด้าน และมิติคุณลักษณะ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้ง 3 มิติ โดยใช้มิติผลลัพธ์เป็นหลัก สรุปได้ดังนี้

(1) มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และมิติคุณลักษณะ

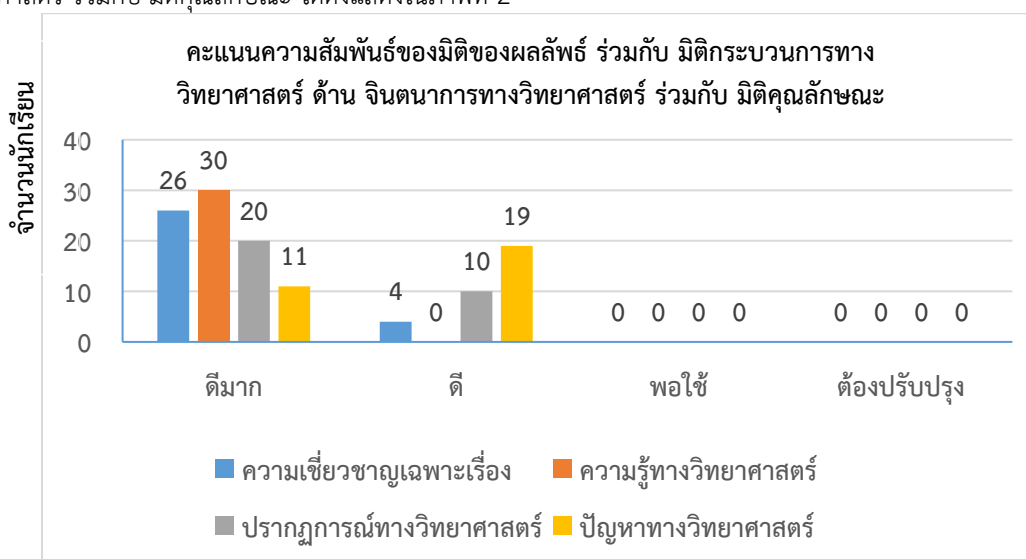
- ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็น ร้อยละ 86.67 และระดับดี จำนวน 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 13.33

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 30 คน คิดเป็น ร้อยละ 100.00 พิจารณาให้คะแนนจากภาระงานที่มอบหมายให้นักเรียนระหว่างเรียนมาพิจารณาแทน เนื่องจากไม่มีข้อคำถามที่สามารถวัดได้ ถือเป็นข้อจำกัดของแบบทดสอบนี้

- ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 20 คน คิดเป็น ร้อยละ 66.67 และระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็น ร้อยละ 33.33

- ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 11 คน คิดเป็น ร้อยละ 36.67 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็น ร้อยละ 63.33

สรุป แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ ได้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับมิติคุณลักษณะ

(2) มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ และมิติคุณลักษณะ

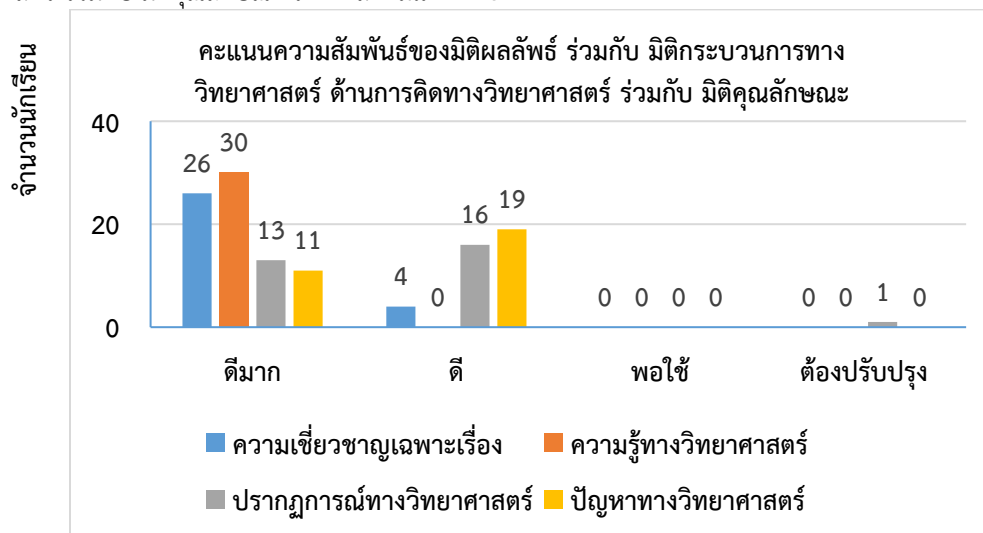
- ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็น ร้อยละ 86.67 และระดับดี จำนวน 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 13.33

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 30 คน คิดเป็น ร้อยละ 100.00

- ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 13 คน คิดเป็น ร้อยละ 43.33 และระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็น ร้อยละ 53.34 และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับ ต้องปรับปรุง จำนวน 1 คน คิดเป็น ร้อยละ 3.33

- ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 11 คน คิดเป็น ร้อยละ 36.67 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็น ร้อยละ 63.33

สรุป แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ ได้ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับมิติคุณลักษณะ

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (PIEGA Model) เรื่อง เคมีไฟฟ้า แล้วนำผลต่างของคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การพิจารณา ค่า t จาก t -test for Dependent Sample ตามลำดับดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เคมี 4 ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดย PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	N	$\bar{X}$	SD	t
ทดสอบก่อนเรียน	30	7.70	2.10	18.60*
ทดสอบหลังเรียน	30	16.03	1.43	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (PIEGA Model) เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model สามารถพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1. กิจกรรมในขั้นตอน Inquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้น ศึกษา เพื่อการ

เรียนรู้และทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการนี้เน้นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 มิติที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า กิจกรรม โมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องเคมีไฟฟ้า เป็นกิจกรรมที่สะท้อนมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 มิติ ตามกรอบแนวคิด SSCM คือ มิติด้านคุณลักษณะ ที่ประกอบด้วย คิดคล่อง นักเรียนต้องสืบเสาะ สืบค้นนำความรู้ทางเคมีไฟฟ้ามาสร้างโมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรม โดยนำเสนอเป็นแนวคิดต้นแบบบนกระดาษ ภายในเวลาที่ครูกำหนด คิยัตหยุ่น นักเรียนต้องประยุกต์ใช้วัสดุใกล้ตัว ที่หาได้มาจัดทำเป็นโมเดลต้นแบบ ที่มีความสอดคล้อง เหมาะสมกับต้นแบบที่ร่างไว้บนกระดาษ คิดริเริ่ม นักเรียนต้องคิดหาสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร มีประโยชน์ ถูกต้องตามหลักการ และทฤษฎีที่เรียนมา ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่ได้หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในกิจกรรมนี้ เช่น โมเดลการสร้างกระแสไฟฟ้าจากดิน โมเดลการทำเครื่องซักผ้าอัตโนมัติจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น พฤติกรรมบ่งชี้ของนักเรียนที่แสดงออกถึงมิติด้านคุณลักษณะ เช่น สามารถคิดผลงานได้ทันตามกำหนดเวลา ผลงานมีความแปลกใหม่ โดดเด่น ไม่เหมือนใคร ผลงานสามารถสร้างสรรค์เป็นโมเดลต้นแบบได้จากวัสดุใกล้ตัว เป็นต้น มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมนี้ช่วยพัฒนาทั้งด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และ การคิดทางวิทยาศาสตร์ เพราะการที่นักเรียนจะสร้างสรรค์ผลงานนี้ได้ ต้องผ่านขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน มีการคิดวางแผน ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบที่ต้องอาศัยทั้งการจินตนาการ และการคิดทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวัสดุ การสร้างชิ้นงาน และการสร้างคำอธิบายผลงานที่ต้องแสดงถึงสมการรีดอกซ์ที่เกี่ยวข้อง ปฏิริยาออกซิเดชัน ปฏิริยารีดักชันที่เกิดขึ้น ชั่วแอโนด ชั่วแคโทด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งต้องแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันให้ได้ ตามที่ Junthon *et al.* (2015) ได้กล่าวว่า เมื่อนำการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาและสร้างผลงานที่แตกต่างได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้แสดงความคิดเห็นที่หลากหลายอย่างต่อเนื่อง มีการเปิดโอกาสให้คิดอย่างเป็นอิสระ กล้าแสดงความคิดเห็นในการทำกิจกรรมต่างๆ มีการยอมรับแนวคิดของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนมีความกล้าคิดกล้าทำจนนำไปสู่ความคิดที่แปลกใหม่ อันจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของความคิดสร้างสรรค์ (Treffinger *et al.*, 2004) สอดคล้องกับ Suphautumporn (2018) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. กิจกรรมในขั้นตอน Exchange and Presentation แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน: เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและนำเสนอผลการศึกษาที่ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของเพื่อน นักเรียนต้องแสดงการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนแสดงความเข้าใจผ่านการอุปมา เปรียบเทียบสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม กิจกรรมเหล่านี้ส่งเสริมทั้งความคิดสร้างสรรค์และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น กิจกรรมการทำกระดานเกม องค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า 15 จุด ที่นักเรียนต้องสร้างเกมจากการนำเอาความรู้ที่เรียนมาสื่อสารเป็นสิ่งที่มองเห็น จับต้องได้ มาอธิบายให้เกิดความเข้าใจ หรือกิจกรรมการออกแบบโปรเตอร์ประโยชน์ของเคมีไฟฟ้า โดยการออกแบบผลงานใน CANVA และมานำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่ออธิบายให้เพื่อนๆ ฟัง ฯลฯ ซึ่งแต่ละกิจกรรมนอกจากจะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น สอดคล้องกับ Thongjun and Pankaew (2016) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนฝึกกระบวนการสืบเสาะจากการค้นคว้าข้อมูล และการระดมสมองแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เป็นรูปแบบการสอนที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น เป็นการเปิดโอกาส ให้กับนักเรียนได้คิดอย่างอเนกนัย คิดกว้างไกล สามารถให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ ลงมือทำด้วยตนเอง และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

3. กิจกรรมในขั้นตอน Generating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมนี้ส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎี constructivist Theory (Senglek *et al.*, 2021) ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าเป็นกระบวนการที่ต้องลงมือ

ปฏิบัติ ประสบการณ์ตรง การลองผิด ลองถูก การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็น การเรียนรู้ควรเป็นองค์รวม เน้นสภาพจริงและสิ่งที่เป็นจริงในห้องเรียน ผู้เรียนจะมีโอกาสสร้างความรู้ผ่านประสบการณ์ความรู้ของตนเองที่ไม่ได้มาจากการบอกหรือการสอนของครู แต่เกิดจากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เป็นการเน้นกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระดับห้องเรียน โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ด้วยตัวเองอย่างกระตือรือร้นและเต็มใจ ผู้เรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการเน้นการสืบเสาะให้ผู้เรียนได้ค้นพบ สูตร กฎเกณฑ์ มโนมติด้วยตนเอง ครูมีบทบาทเพียง เป็นผู้จัดสถานการณ์ให้กับผู้เรียนด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความคิด ใหม่ๆ กับสิ่งที่สะสมไว้ในประสบการณ์แล้วนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหา (Karakul and Nuangchaler, 2016)

4. การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในมิติคุณลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ ที่ประกอบด้วย คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงกิจกรรมของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนคุณลักษณะของความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องตลอดการเรียนรู้ เช่น กิจกรรมปริศนาเลขออกซิเดชัน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนฝึกหาเลขออกซิเดชัน จากบัตรภาพ ลักษณะกิจกรรมเป็นรูปแบบเกม ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดคล่องในการทายปริศนาภาพโดยเชื่อมโยงความรู้มาจากการหาเลขออกซิเดชันให้ได้เร็วที่สุด เพื่อเป็นผู้ชนะ การฝึกให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึง การคิดยืดหยุ่นในส่วนของ การหาวิธีประกอบรูปภาพจากการมองที่การตัดกระดาษ ขนาดความกว้างของขอบเส้น ที่ต้องนำมาใช้ประกอบการพิจารณา เนื่องจากมีภาพบางภาพที่มีเลขออกซิเดชันซ้ำกัน แสดงตัวอย่างในภาพที่ 4 (ก) ส่วนตัวอย่างกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดริเริ่ม เช่น การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ ที่มีการปรับการทดลองเป็นแบบ small scale เพื่อฝึกให้นักเรียนไม่ยึดติดกับวิธีการทดลองแบบเดิมและหาวิธีแก้ปัญหาใหม่ เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมือนกัน แต่ใช้สารเคมีน้อย นอกจากนี้ในส่วนกิจกรรม นักเรียนคิดริเริ่ม เรื่อง การดูลสมการรีดอกซ์ มีกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนแผนภาพ/ตารางสรุปหลักการดูลสมการรีดอกซ์ ซึ่งได้จากการทำกิจกรรมด้วยตนเองที่มีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก จึงส่งเสริมความเข้าใจด้านแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงถึงการคิดริเริ่ม และการเชื่อมโยงความรู้สอดคล้องกับ Suwannatat *et al.* (2020) ที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้โดยการเชื่อมโยงความรู้ และนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ผ่านการสร้างสถานการณ์ที่หลากหลาย

มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่ชัดเจน เช่น กิจกรรมกระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สดุดหรรษา เป็นกิจกรรมการออกแบบและสร้างกระดานเกมที่สามารถเปลี่ยนโจทย์ได้หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อการอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า ฝึกให้นักเรียนใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งช่วยให้สามารถเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น แสดงตัวอย่างในภาพที่ 4 (ข) กิจกรรมการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าอย่างง่ายจากเส้นด้าย เพื่อให้เข้าใจองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้จากกิจกรรมการทดลอง เป็นกิจกรรมในลักษณะที่นักเรียนต้องหาวิธีการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้า ที่นักเรียนสนุกกับการหาวิธีการทดลอง การหาคำตอบโดยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Mingsiritham, 2011) มีลักษณะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ช่วยให้นักเรียนแสดงความสามารถด้านความรู้ ในมิติของผลลัพธ์ ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี



(ก) กิจกรรม เรื่อง ปริศนาเลขออกซิเดชัน



(ข) กิจกรรมกระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สดุดหรรษา



ภาพที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมที่เป็นส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในมิติที่มีความเชื่อมโยงกัน เช่น มิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง กับ มิติการคิดทางวิทยาศาสตร์ และ มิติคุณลักษณะ เช่น กิจกรรมโมเดลนวัตกรรมเคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างโมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเคมีไฟฟ้าให้เกิดขึ้นจริง ที่นักเรียนได้สร้างสรรค์โมเดล เช่น โมเดลการสร้างกระแสไฟฟ้าจากดิน จากน้ำทะเล จากเซลล์เงิน จากเซลล์แสงอาทิตย์ มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เป็นแหล่งพลังงานให้โคมไฟ เรือ รถ เครื่องซักผ้า โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น หรือกิจกรรมสร้างกระแสไฟฟ้าจากมะนาว ที่นักเรียนต้องอาศัยการคิดเชื่อมโยงกับวิชาฟิสิกส์เพื่อหาวิธีการที่ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าที่สูงที่สุด ภายใต้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมือนกัน ถือเป็นการประยุกต์นำสิ่งใกล้ตัวมาอธิบายให้เกิดความรู้ เป็นการแสดงหลักฐานให้เห็นว่าเซลล์เคมีไฟฟ้า สามารถสร้างได้ง่ายๆ และผลิตกระแสไฟฟ้าได้จริงและ แต่ละกลุ่มมีวิธีการต่อที่ไม่เหมือนกันในการสร้างกระแสไฟฟ้า จะเห็นว่า นักเรียนจะได้ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในหลายมิติไปพร้อมๆ กัน สอดคล้องกับงานวิจัย Karademir (2016) ที่สำรวจความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีพรสวรรค์ผ่านการทำกิจกรรมโครงงาน โดยใช้กรอบแนวคิด SSCM พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ มีความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้น ภาพวาดและการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพื่อจินตนาการว่าในแง่ขององค์ประกอบกระบวนการต้องใช้อะไรบ้าง และนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เนื่องจากกิจกรรมในขั้นตอน เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม มีการใช้กิจกรรมที่หลากหลายที่ทำให้นักเรียนรู้เป้าหมายในการเรียนที่ชัดเจน และสนุกกับการทำกิจกรรม ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกประสบการณ์ในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้น ศึกษา เรียนรู้ ทดลอง ลงมือปฏิบัติ กิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบนี้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 3 มิติ ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมในขั้นตอน แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประเมินตนเอง เป็นส่วนเติมเต็มที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น มีการใช้หลักฐาน มีการใช้การอุปมา เปรียบเทียบสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งถือเป็นการส่งเสริมทั้งความคิดสร้างสรรค์ และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในมิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ในระดับดี อาจเนื่องมาจากกิจกรรมกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน การเชื่อมโยงไปยังศาสตร์อื่นในลักษณะการบูรณาการ และการวิเคราะห์บริบทหรือสถานการณ์เพื่อนำมาสู่กระบวนการแก้ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายยังมีน้อย ดังนั้น ครูผู้สอนที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ PIEGA Model ไปใช้ควรเพิ่มเติมกิจกรรมที่ให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแสวงหาความรู้มาซึ่งการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และแก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือที่โจทย์กำหนด หลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ เพื่อให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการในมิติของผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

2. จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่าสิ่งที่จะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประสบความสำเร็จก็คือ ตัวของครูผู้สอน ที่ต้องเชื่อมั่นในศักยภาพของนักเรียน ต้องทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวก การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม เพื่อให้การจัดกิจกรรมเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ต้องสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้สนุกสนาน เป็นกันเอง เพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่ ทุกข้อเสนอแนะ ทุกข้อคำถามของ

นักเรียน คือสิ่งที่ครูต้องให้ความสำคัญในชั้นเรียนเพื่อนำมาปรับปรุงในครั้งต่อไปอยู่เสมอ โดยต้องคิดเสมอว่าไม่มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไหนที่ดีที่สุด เมื่อนักเรียนเปลี่ยนกลุ่มไป ครูจึงมีหน้าที่ต้องหาความเหมาะสมให้กับนักเรียนเพื่อให้สามารถพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้เกิดขึ้นได้จริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นที่มีลักษณะเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมมาก และเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะกระบวนการ เช่น สมดุลเคมี กรด-เบส เป็นต้น เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เมื่อใช้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ต่อไป

2. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบเชิงทดลองเบื้องต้น ที่พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาได้ทั้งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการทำวิจัยครั้งต่อไปสามารถใช้ระเบียบวิจัยเชิงทดลองเพื่อที่จะอ้างอิงไปยังประชากรที่กว้างขวางมากขึ้น ในบริบทที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ หรือ บริบทใหม่ หรือ ศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในชั้นเรียนฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และได้รับคำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำเพชร นาสารีย์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุภัทสร สนั่นเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิวิทย์ บุญญะอุทัยาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัครวราตี บุญคุ้ม รองศาสตราจารย์ ดร. นวลจิตต์ เขาวงกิตพิงค์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อนุ เจริญวงศ์ระยับ ที่ให้ความช่วยเหลือโดยเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจ และแนะนำแก้ไขเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม นายบันลือ พลมาลา และอาจารย์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม ทุกท่าน และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Co., Ltd.
- Hu, W. and Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389–403.
- Junthon, B., Jantarakantee, E., Weerasapong, T. (2015). Developing of Scientific Creativity of Grade 11 Students in Unit of Equilibrium Using by Scientific Inquiry Approach. *53rd Kasetsart University Academic Conference: Branches Education*, 227-234.
- Jumpathong, W. (2019). Development of STEM activity by using microfluidic paper-based analytical devices on acid-base solutions to enhance creativity and innovation skills for pre-service teachers. *A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF EDUCATION*, Faculty of Science Srinakharinwirot University.
- Kaewdok, P., Sawangboon, T. (2018). A Study of the Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Tenth Grade Students, Using Creativity-Based Learning (CBL): Mixed-Method Research. *Journal of Educational Measurement, Maharakham University*, 25(1), 206-224.
- Karademir, E. (2016). Investigation the scientific creativity of gifted students through project-based activities. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 2(2), 416-427.

- Karakul, R., Nuangchaler, P. (2016). The Development of Science Activity Packages Based on Constructivist Theory for Mathayomsuksa 4. **Praewa Kalasin Academic Journal Kalasin University**, 3(2), 38-53.
- Khalid, F., Ahmad, M., Karim, A., Daud, M., Din, R. (2015). Reflective Thinking: An Analysis of Students' Reflections in Their Learning about Computers in Education. **Creative Education**, 6, 2160-2168.
- Mingsiritham, K. (2011). Integrating cooperative learning and collaborative learning. **Veridian E-Journal SU**, 4(1), 435-444.
- National Research Council. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning**. Washington, DC: National Academies Press.
- Paking, K., Kong-im, B. and Wangwasit, K. (2015). Development of teaching processes that promote scientific creativity. of students in Grade 1. **Academic Social Science Journal**, 8(2), 30-53.
- Saengaroorn, S. Chaowakeratipong, N. and Suwanjinda, D. (2021). The Effects of Using the Model-Based Instruction in the Topic of Chemical Bonding on Chemistry Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Grade 10 Students at Wat SuthiWararam School in Bangkok Metropolis. **Education Journal Thaksin University**, 21(2), 157-173.
- Senglek, M. Arunwong, R. and Othakanon, L. (2021). The study of factors related to enhance of scientific creativity and scientific mind of students grade 4-6. **Valayalongkorn Review Journal (Humanities and Social Sciences)**, 11(2), 91-103.
- Suphautumporn, P. (2018). Effects of using a 5-step learning cycle model on the ability to think scientifically. and the ability to think scientifically of junior high school students in Chulalongkorn University Demonstration School, Secondary Department. **Education Journal Chulalongkorn University**, 46(2), 101-118.
- Suwannatat, W., Tunsakul, J., Rorbkorb, N., and Rascha, T. (2020). Confirmatory Factor Analysis of Scientific Creativity. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus**, 31(3), 190-198.
- Thongjun, N. and Pankaew, P. (2016). Development of creative thinking in science of lower secondary students learning through brain storming. **Graduate Research Journal**, 7(1), 1-14.
- Treffinger, D. J., Young, G. C. Nassab, C. W. and Witting, C. V. (2004). **Talent development: The levels of service approach**. Waco, TX: Prufrock Press.
- Upaphan, K. (2021). **Developing Creativity by Using the Teaching and Learning Model of Thinking Process. Solve future problems based on Torrance's concept. Knowledge integration course Mahidol Wittayanusorn School**. Nakhon Pathom: Mahidol Wittayanusorn School Public Organization.
- World Economic Forum. (2018). **World Economic Forum Annual Meeting 2018 Overview**. Switzerland 23-26 January 2018.