การส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **5**

สุภัสสรา สุรารักษ์1 ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง2**และ** สุธาสินี กิตยาการ3

1,2สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 3ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1E-mail: supassara.sur@ku.th., 2E-mail: fedupppi@ku.ac.th., 3E-mail: fscistsn@ku.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 14 คน โรงเรียนสังกัด สพฐ. ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ที่เลือกโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสำรวจแนวคิด เรื่อง เซลล์กัลวานิก 2) แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการรวบรวมคำตอบจากแบบสำรวจแนวคิดนำมาจัดกลุ่มแนวคิดตามแนวทางของ Andersson (1990) และ Tytler and Peterson (2000) และคำนวณความถี่ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด

จากผลการวิจัยพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง กลุ่มแนวคิดของนักเรียนไม่มีกลุ่มใดเลยที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และพบแนวคิดทางเลือกที่มากที่สุด คือ แนวคิดย่อยความสำคัญและหน้าที่ของโวลต์มิเตอร์รวมถึงปฏิกิริยา จำนวน 7 คน และหลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง กลุ่มแนวคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดในแนวคิดการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าและการวิเคราะห์โลหะชนิดของโลหะ ทั้งหมดกลุ่มละ 12 คน แสดงถึงการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทำให้นักเรียนสามารถแสดงแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** แนวคิดทางวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง, แนวคิดทางเลือก

**Promoting Scientific Concept Through Argument-Driven Inquiry (ADI) in the Topic of Electrochemistry for 11th Grade Secondary School Students**

**Supassara Surarak1 Pattamaporn Pimthong2 and Sutasinee Kityakarn3**

**1,2Department of Science education, Faculty of Education, Kasetsart University, 3Department of Chemistry, Faculty of Science Kasetsart University**

**1E-mail: supassara.sur@ku.th., 2E-mail: fedupppi@ku.ac.th., 3E-mail: fscistsn@ku.ac.th.**

**ABSTRACT**

This research is classroom action research aimed at promoting 11th Grade Secondary School Students scientific concepts in Chemistry for students, specifically electrochemistry, through Argument-Driven Inquiry (ADI) instructional approach. The target group comprised 14 Eleventh-grade high school students from a school in Bangkok, selected by purposive sampling. The main research instruments included: 1) Concept survey about galvanic cells, and 2) an ADI-driven inquiry instructional plan. The researcher analyzed qualitative data by categorizing responses from the survey into conceptual groups according to the frameworks of Anderson (1990) and Tytler and Peterson (2000) and counted the frequency of students in each conceptual group.

The results revealed that before the Argument-driven inquiry instruction, none of the students' conceptual groups aligned with scientific concepts. The most prevalent alternative concept involves understanding the essential functions of a voltmeter and relevant reactions, comprising a group of 7 students. After the ADI-driven inquiry instruction, students' conceptual groups aligned with scientific concepts in every aspect, The highest conceptual group aligns with the scientific concept, especially regarding the concept of calculating electrical potential and analyzing the type of metal by calculation are fully embraced by all 12 members of the group. This demonstrates that the ADI-driven inquiry instruction effectively developed scientific concepts and enabled students to articulate scientifically aligned concepts efficiently.

**Keywords:** scientific concept, Argument-Driven Inquiry, alternative concept

**บทนำ**

ในปัจจุบันการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยมีความก้าวหน้าและพัฒนามากขึ้น เพื่อสร้างให้นักเรียนเป็นผู้ที่ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific literate person) ซึ่งการจะเป็นผู้ฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ตามนิยามของ PISA นั้นจะต้องมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้เลยนั้นคือ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับแนวคิดหลัก ทฤษฎีสำคัญ ซึ่งเป็นความรู้ทางด้านเนื้อหาซึ่งต้องมีความถูกต้อง และมีความเข้าใจในเนื้อหาและแนวคิดที่ชัดเจน จึงจะสามารถเป็นผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างแท้จริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563)

ดังนั้น การจะเป็นผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้นั้นจำเป็นจะต้องอาศัยปัจจัยจากการเป็นผู้มีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถอธิบายและโต้แย้งโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) ซึ่งปัญหาที่พบในปัจจุบันนั้นตัวผู้วิจัยเองเป็นครูสถาบันกวดวิชาเคมี ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและตอบปัญหาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ สังเกตเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่นั้นขาดความเข้าใจในแนวคิดเนื้อหาที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความชัดเจนในเนื้อหาวิชาที่เรียน โดยเฉพาะในเนื้อหาเรื่องเคมีไฟฟ้า พบว่าในส่วนแรกจะเป็นส่วนของการคิดเลขออกซิเดชันและนำไปสู่เรื่องเซลล์กัลวานิก ซึ่งเป็นพื้นฐานของเรื่องเคมีไฟฟ้าที่สำคัญ ถ้านักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดที่ถ่องแท้ จะทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากเซลล์ไฟฟ้าได้ และจะทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนในเนื้อหาของรายวิชานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้วิจัยได้ประสบกับปัญหาจากเนื้อหาส่วนเลขออกซิเดชัน และเซลล์กัลวานิก จึงมีความสนใจในแนวคิดของนักเรียนที่มีแนวคิดทางเลือก (Alternative concept) ซึ่งเป็นแนวคิดที่นักเรียนเลือกการแสดงแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยแนวคิดของนักเรียนที่เป็นแนวคิดทางเลือกควรจะได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้เริ่มทำการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี โดยจะสังเกตเห็นว่ามีรูปแบบการสอนที่มีความคล้ายกัน เช่น จากงานวิจัยของ กฤษฎา พนันชัย et al. (2560) ใช้การพัฒนาความเข้าในแนวคิดและแบบจำลองทางความคิดด้วยการสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ซึ่งจากผลการวิจัยจะพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองได้นั้น ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้และสามารถปรับแนวคิดด้วยตนเองได้มากขึ้นด้วยการประเมินผ่านแบบจำลองทางความคิดทางแนวคิด จึงมีความเข้าใจในแนวคิดที่ดีขึ้น งานวิจัยของ ปาริชาติ สุทธิพันธ์ และ มังกร ศรีสะอาด (2565) จะมีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยการใช้วงจรการเรียนรู้แบบเมตาคอกนิชัน ก็มีผลงานวิจัยออกมาสนับสนุนในรูปแบบเดียวกัน คือ การใช้วงจรการเรียนรู้แบบเมตาคอกนิชัน เป็นการจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้เป็นผู้สำรวจและค้นหาแนวคิดผ่านการลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง จะทำให้เกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นได้ และงานวิจัยของ Haji Hamdan et al. (2022) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบใช้การสืบเสาะเป็นฐาน โดยใช้ Flipped classroom ซึ่งจากการวิจัยนี้พบว่า เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาแนวคิดที่เกี่ยวกับองค์ความรู้และทักษะด้านอารมณ์ของนักเรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้เน้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการให้นักเรียนได้มีโอกาสได้สนใจในสถานการณ์ที่เกี่ยวกับบทเรียน มีความสงสัยเกิดการตั้งคำถามที่นำไปสู่ความสนใจในการสร้างความรู้ และได้มีโอกาสได้สำรวจค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง และสุดท้ายนักเรียนก็จะสามารถสร้างข้อสรุปที่ช่วยสร้างความรู้ที่เป็นความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดียิ่งขึ้นได้ นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่ระบุวิธีการสอนที่อื่น ๆ ที่น่าสนใจ เช่น งานวิจัยของ Aydeniz and Dogan (2016) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดของนักศึกษาครูในเนื้อหาสมดุลเคมี พบว่าการใช้การโต้แย้งมีผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูเกี่ยวกับเรื่องสมดุลเคมี และงานวิจัยของ Kaya (2013) ซึ่งเป็นการพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดด้วยการใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูในเรื่องสมดุลเคมีเช่นเดียวกัน พบว่าความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนที่เป็นนักศึกษาครูนั้นสูงขึ้นหลังผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยการโต้แย้ง พบว่าการโต้แย้งนั้นจะมีสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการโต้แย้งที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจในสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งในสถานการณ์ที่นักเรียนต้องแสดงความคิดออกมานั้น จะสามารถมองเห็นถึงแนวคิดทางเลือกผ่านการสร้างคำกล่าวอ้าง แนวคิดในการโต้แย้ง และคำอธิบายในการโต้แย้ง ซึ่งทั้งหมดจะสามารถเกิดการปรับแนวคิดผ่านการใช้เหตุผลและหลักฐานในโต้แย้ง ซึ่งจะพบว่านักเรียนได้ใช้องค์ประกอบของการโต้แย้งครบถ้วนด้วยความเข้าใจในแนวคิดที่พัฒนาได้ดีมากขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ทำให้เรียนรู้ได้ดีมากขึ้น

เห็นได้ว่าการใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สามารถยกระดับมากขึ้นได้เช่นกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการสืบเสาะและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี จึงสนใจที่จะนำทั้งสองวิธีมาประกอบการใช้งานร่วมกัน ซึ่งมีรูปแบบการสอนที่ใช้ทั้งสองวิธีโดยการใช้การโต้แย้งเพื่อกระตุ้นให้เกิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้น คือ การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven inquiry : ADI) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry instructional model) นั้นรูปแบบการสอนที่ออกแบบมาเพื่อทำให้การทดลองในห้องปฏิบัติการมีความเชื่อมโยงกับสภาพจริงมากขึ้น จึงสามารถส่งเสริมให้ครูผู้สอนสามารถพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้มากขึ้น และยังสามารถสร้างความสนใจและสามารถสะท้อนถึงวิธีที่ผู้คนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และประโยชน์ที่ชัดเจนของ ADI คือ ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (Sampson et al, 2009)

จากปัญหาและการทบทวนวรรณกรรมที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นทั้งหมดนั้น ผู้วิจัยต้องการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องเคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีรายละเอียดที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรมการสอนที่รวบรวมวิธีการดำเนินการสอนทั้งหมดที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้และหาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

**วิธีดำเนินการวิจัย**

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในห้องเรียน (Classroom action research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลลัพธ์และพัฒนาโดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถการรวบรวมหลักฐานเพื่อให้เหตุผลที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และพัฒนาเครื่องมือที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมหลักฐานเพื่อการให้เหตุผลที่นำไปสู่การสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้นโดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

**1.** บริบทของโรงเรียนและกลุ่มที่ศึกษา

โรงเรียนที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาเป็นโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัด สพฐ. ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก มีห้องเรียนในระดับมัธยมปลายในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์อยู่เพียง 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนเข้าร่วมการวิจัย 14 คน

**2.** เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง เคมีไฟฟ้า ในหัวข้อย่อย เรื่อง เซลล์กัลวานิก

แบบสำรวจแนวคิด เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในหัวข้อย่อย เรื่อง เซลล์กัลวานิก เป็นแบบสำรวจชนิดปลายเปิด ซึ่งจะเป็นการสำรวจแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก ซึ่งมีวิธีการดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรและหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่มที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง เคมีไฟฟ้า ในหัวข้อย่อย เซลล์กัลวานิก รวมถึงสร้างแบบสำรวจแนวคิด

2. สร้างตารางวิเคราะห์แนวคิด

3. สร้างแบบสำรวจแนวคิด ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนเขียนบรรยายเพื่ออธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้

4. เสนอแบบสำรวจแนวคิดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญอีก 5 ท่านเพื่อช่วยตรวจทานและให้ข้อเสนอแนะ โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ทางเคมี 1 ท่าน และครูผู้มีประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีอีก 2 ท่าน โดยทุกท่านให้ข้อเสนอแนะในการสร้างคำถามแบบปลายเปิดในแบบสำรวจแนวคิดให้นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดได้อย่างอิสระมากขึ้น และสามารถพิจารณาแนวคิดเรื่อง เซลล์กัลวานิกได้อย่างครบถ้วนโดยและไม่เกิดข้อกังขา

5. เสนอแบบสำรวจแนวคิดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง ภายหลังจากการได้รับการแก้ไขตามคำแนะนำครบถ้วนจากทุกท่านดังที่กล่าวมา

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดเรียนรู้เพื่อใช้ในการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยพิจารณาจากแนวคิดพื้นหลังของนักเรียน ร่วมกับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทั้งหมด 8 ระยะที่มีรายละเอียดดังนี้

1. การระบุงานและคำถามนำ: พูดคุยเรื่องเครื่องมือ 2. การออกแบบวิธีการและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 3. การวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาข้อโต้แย้งชั่วคราว 4. กิจกรรมโต้แย้ง  
5. การอภิปรายและสะท้อนผลอย่างชัดแจ้ง 6. การเขียนรายงานสำรวจตรวจสอบ (Investigation report) 7. การตรวจสอบแบบปกปิดตัวตน 8. การปรับปรุงรายงานสำรวจตรวจสอบและส่งครู

ผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรม โลหะปริศนา ในการดำเนินตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดกิจกรรมที่สำคัญ ดังนี้

1. สถานการณ์ที่ผู้วิจัยใช้ในการนำเข้าสู่กิจกรรม คือ ผู้วิจัยเตรียมโลหะปริศนา 1 ชนิด สร้างความสนใจโดยกระตุ้นด้วยคำถามปลายเปิด เช่น “ครูไม่แน่ใจว่าโลหะในมือของครูคือโลหะอะไร พวกเราสามารถใช้การทดลองเซลล์กัลวานิกเพื่อหาชนิดของโลหะได้อย่างไรบ้างคะ”เพื่อทำให้นักเรียนต้องการอยากสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการหาชนิดของโลหะนั้น ๆ ด้วยการทดลองเซลล์กัลวานิกด้วยตนเอง

2. ในระยะที่ 1 นักเรียนจะสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ครูจัดเอาไว้ให้ ระบุเหตุผลการเลือกอุปกรณ์ในการออกแบบด้วยแนวคิดเซลล์กัลวานิก นำไปสู่ระยะที่ 2 ที่นักเรียนจะต้องออกแบบการทดลองของกลุ่มตนเองร่วมกับเพื่อน ๆ นำไปปฏิบัติการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นหลักฐานให้ครบถ้วน

3. ในระยะที่ 4 กิจกรรมโต้แย้ง ผู้วิจัยใช้กิจกรรม Argumentation walk โดยให้สมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน จะต้องมีสมาชิกหนึ่งคนผู้นำเสนอ (Presenter) 1 คนประจำกลุ่มที่จัดวางไว้รอบห้อง และเพื่อนสมาชิกในกลุ่มที่เหลือทำหน้าที่ผู้เดินเวียน (Walkers) ทำหน้าที่ซักถามและโต้แย้งกับผู้นำเสนอทุกกลุ่ม ซึ่งผู้เดินเวียนจะต้องเดินตามกลุ่มอื่น ๆ วนไปแบบตามเข็มนาฬิกาในเวลาที่กำหนด (เวลาที่แนะนำ คือ 3-7 นาที/รอบ) โดยผู้วิจัยจะให้สัญญาณในการเดินเวียนไปเรื่อย ๆ จนครบทุกกลุ่มกิจกรรมจึงครบสมบูรณ์

โดยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน โดยแผนที่ 1 ชื่อแผน ศักย์ไฟฟ้าของโลหะ ใช้เวลาทั้งหมด 100 นาที แผนที่ 2 ชื่อแผน โลหะปริศนา ใช้เวลา 100 นาที แผนที่ 3 ชื่อแผน รายงานเรียบเรียงแนวคิด ใช้เวลา 50 นาที และแผนสุดท้าย ชื่อแผน เปลี่ยนแปลงแนวคิด ใช้เวลา 50นาที เป็นวงจรทั้งหมด 5 วงจร รวมทั้งหมด 300 นาที โดยคาบเรียนละ 50 นาทีจึงรวมเป็นทั้งหมด 6 คาบเรียน

**3.การเก็บรวบรวมข้อมูล**

3.1 ผู้วิจัยขอหนังสือจากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อขอความอนุเคราะห์ผู้อำนวยการสถานศึกษาในการเก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมแนวคิดของนักเรียน

3.2 ผู้วิจัยได้ประสานงานกับรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการสถานศึกษา และครูประจำวิชาเคมีในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจแนวคิด ก่อนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นนำคำตอบมาจัดกลุ่มแนวคิดก่อนเรียน

3.4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแผนจัดการเรียนสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยใช้เวลาทั้งหมด 300 นาที 6 คาบเรียน (คาบละ 50 นาที)

3.5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจแนวคิด หลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นนำคำตอบมาจัดกลุ่มแนวคิดหลังเรียน

**4. การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยนำผลจากคำตอบที่ได้จากแบบสำรวจแนวคิด มาจัดกลุ่มคำตอบตามแนวทางการวิเคราะห์ของ Andersson (1990) และ Tytler and Peterson (2000) ซึ่งจะได้ผลการวิจัยเป็นกลุ่มแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

**ผลการวิจัย**

**ผลการศึกษาแนวคิดเรื่อง เคมีไฟฟ้า หน่วยย่อย เซลล์กัลวานิก ก่อนและหลังการการจัดการเรียนรู้ สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI)**

ผู้วิจัยได้รวบรวมและวิเคราะห์ผลการศึกษาแนวคิดที่ได้จากการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีรายละเอียดดังนี้

**1. การวิเคราะห์กลุ่มแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก**

ก่อนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้สำรวจแนวคิดก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบแนวคิดหลักของเซลล์กัลวานิกที่เป็นความรู้เดิม โดยใช้แบบสำรวจแนวคิดแบบปลายเปิด 3 ข้อ โดยมีผลการวิเคราะห์ที่น่าสนใจ ดังนี้

กลุ่มแนวคิดก่อนเรียนทุกข้อไม่มีแนวคิดในกลุ่มใดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยพบว่ากลุ่มแนวคิดใน**ข้อที่ 1** มีแนวคิดทางเลือกที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุดใน**ข้อย่อย 1.1** ดังตารางที่ 1

**คำถามข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1** คือ “ถ้านักเรียนต่อสายไฟสีแดงและสีดำสลับกับเซลล์กัลวานิกในภาพ (นำเส้นสีแดงต่อกับขั้วโลหะแคดเมียม (Cd) และนำเส้นสีดำต่อกับขั้วโลหะทองแดง (Cu) แทน) จะส่งผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้ ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด”

ตารางที่ 1 กลุ่มแนวคิดก่อนเรียนข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1

| **ก่อนเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **1. ระบุเกี่ยวกับปฏิกิริยา**  1.1 มีการทำปฏิกิริยาจากประจุ  1.2 วัสดุมีผลต่อปฏิกิริยา  1.3 สีของสายกับประจุ  1.4 มีการเกิดปฏิกิริยาแต่ไม่ระบุเหตุผล | **7** |
| 1 |
| 3 |
| 1 |
| 2 |
| **2. มีผลต่อศักย์ไฟฟ้า** | **3** |
| **3. มีการเคลื่อนย้ายสาร** | **1** |
| **4. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **7** |

จากตารางที่ 1 ข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1 ไม่มีกลุ่มแนวคิดใดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ 1 (7 คน) และ แนวคิดที่ 4 (7 คน) เท่ากัน

**2. การวิเคราะห์กลุ่มแนวคิดหลังเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก**

หลังจากการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้สำรวจแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนแนวคิดหลักของเซลล์กัลวานิกตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจแนวคิดแบบปลายเปิดเหมือนกันกับก่อนเรียน ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีพัฒนาการชัดเจนที่สุด ดังนี้

จากแนวคิดทางเลือกก่อนเรียนข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1 นักเรียนแสดงแนวคิดทางเลือกที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดย่อยความสำคัญและหน้าของโวลต์มิเตอร์รวมถึงปฏิกิริยา มากที่สุด ผู้วิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในข้อเดียวกันนี้ นักเรียนแสดงกลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงมากขึ้น ดังตารางที่ 2

**ข้อ 1 ข้อย่อย 1.1** แนวคิดย่อยความสำคัญและหน้าที่ของโวลต์มิเตอร์ โดยคำตอบที่คาดหวังแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การอ่านค่าโวลต์มิเตอร์กับการต่อสลับด้าน และ การเกิดปฏิกิริยากับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์

1. การอ่านค่าโวลต์มิเตอร์กับการต่อสลับด้าน

ตารางที่ 2 แนวคิดหลังเรียนข้อ 1.1 เกี่ยวกับการอ่านค่าโวลต์มิเตอร์กับการต่อสลับด้าน

| **หลังเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **\*1. ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง**  1.1 ระบุเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้า  1.2 ค่าศักย์ไฟฟ้ากลับเป็นตรงกันข้าม | **10** |
| 6 |
| 4 |
| **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **4** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 2 กลุ่มแนวคิดหลังเรียนข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ 1 (10 คน) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2. การเกิดปฏิกิริยากับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์

ตารางที่ 1 กลุ่มแนวคิดหลังเรียนข้อ 1.1 เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยากับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์

| **หลังเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **\*1. เกิดปฏิกิริยา** | **8** |
| **2. ไม่เกิดปฏิกิริยา** | **2** |
| **3. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **6** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตาราง กลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องเแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นคือ กลุ่มที่ 1 โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ 1 (8 คน)

ผู้วิจัยได้สรุปพัฒนาการเปรียบเทียบกลุ่มแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกลุ่มแนวคิดก่อนและหลังเรียนข้อที่ 1 ข้อย่อย 1.1 ความสำคัญและหน้าที่ของโวลต์มิเตอร์รวมถึงปฏิกิริยา

| **ก่อนเรียน** | | **หลังเรียน** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** | **กลุ่มแนวคิดการอ่านค่าโวลต์มิเตอร์กับการต่อสลับด้าน** | **จำนวนคน** |
| **1. ระบุเกี่ยวกับปฏิกิริยา**  1.1 มีการทำปฏิกิริยาจากประจุ  1.2 วัสดุมีผลต่อปฏิกิริยา  1.3 สีของสายกับประจุ  1.4 มีการเกิดปฏิกิริยาแต่ไม่ระบุเหตุผล | **7** | **\*1. ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง** | **10** |
| 1 | 1.1 ระบุเครื่องหมายของค่าศักย์ไฟฟ้า | 6 |
| 3 | 1.2 ค่าศักย์ไฟฟ้ากลับเป็นตรงกันข้าม | 4 |
| 1 | **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **4** |
| 2 | **กลุ่มแนวคิดการเกิดปฏิกิริยากับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์** | **จำนวนคน** |
| **2. มีผลต่อศักย์ไฟฟ้า** | **3** | **\*1. เกิดปฏิกิริยา** | **8** |
| **3. มีการเคลื่อนย้ายสาร** | **1** | **2. ไม่เกิดปฏิกิริยา** | **2** |
| **4. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **7** | **3. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **4** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 3 กลุ่มแนวคิดก่อนเรียนมีแนวคิดทางเลือกที่สูงที่สุด ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (7 คน) และไม่มีกลุ่มแนวคิดใดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แต่แนวคิดหลังเรียนแสดงความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นทั้งสองส่วน ส่วนที่ 1 ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (10 คน) และ ส่วนที่ 2 ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (8 คน)

ต่อมาในข้อที่ 2 ข้อย่อย 2.1 ผู้วิจัยได้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกมีจำนวนมากที่สุด คือ แนวคิดย่อยการคำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ทั้งส่วนการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และการวิเคราะห์ชนิดของโลหะจากการคำนวณ

**คำถามข้อ 2.1** แนวคิดย่อย การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ คำตอบที่นักเรียนแสดงออกมาแบ่งออกได้เป็นสองด้าน ได้แก่ การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และ การวิเคราะห์ชนิดโลหะจากการคำนวณ

1. การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

ตารางที่ 4 กลุ่มแนวคิดหลังเรียนข้อ 2 ข้อย่อย 2.1 ในส่วนของการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

| **หลังเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **\*1. สูตร Ecell = E0cat – E0an** | **12** |
| **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **2** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 4 พบว่ากลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ซึ่งแนวคิดที่พบในกลุ่มที่ 1 จะเป็นการใช้สูตรทั้งหมด แต่เป็นลักษณะการเขียนแบบย่อที่ครูแนะนำเพื่อให้นักเรียนเขียนได้รวดเร็วและทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ 1 (12 คน) และสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ชนิดของโลหะจากการคำนวณ

ตารางที่ 5 กลุ่มแนวคิดหลังเรียนข้อ 2.1 ในส่วนของการวิเคราะห์ชนิดของโลหะจากการคำนวณ

| **หลังเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **\*1. X คือโลหะสังกะสี**  1.1 โลหะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเซลล์ที่เหมาะสม  1.2 ค่าครึ่งเซลล์โลหะเหมาะสม | **12** |
| 1 |
| 11 |
| **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **2** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 5 พบว่า แนวคิดกลุ่มที่ 1 เป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยส่วนใหญ่พบว่านักเรียนอยู่ในกลุ่มที่ 1 (12 คน) และสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

ผู้วิจัยได้สรุปพัฒนาการของกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในข้อ 2.1 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนข้อ 2.1 แนวคิดย่อยการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

| **ก่อนเรียน** | | **หลังเรียน** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** | **กลุ่มแนวคิดการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์** | **จำนวนคน** |
| **1. โลหะใด ๆ** | **1** | **\*1. สูตร Ecell = E0cat – E0an** | **12** |
| **2. โลหะเงิน** | **1** | **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **2** |
| **3. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **12** | **กลุ่มแนวคิดการวิเคราะห์ชนิดของโลหะจากการคำนวณ** | **จำนวนคน** |
|  | | **\*1. X คือโลหะสังกะสี**  1.1 โลหะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเซลล์ที่เหมาะสม  1.2 ค่าครึ่งเซลล์โลหะเหมาะสม | **12** |
| 1 |
| 11 |
| **2. ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ** | **2** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 6 แนวคิดก่อนเรียนในข้อที่ 2.1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ (12 คน) แต่แนวคิดหลังเรียนแสดงความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดทั้งสองส่วน โดยส่วนที่ 1 ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (12 คน) และ ส่วนที่ 2 ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (12 คน)

สอดคล้องกับกลุ่มแนวคิดหลังเรียนจากคำถามข้อที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้ระบุคำถามให้นักเรียนแสดงการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ แต่มีนักเรียนแสดงการคำนวณด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้วิจัยจัดกลุ่มคำตอบเพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อแสดงแนวคิด เรื่อง ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ในส่วนของการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าเซลล์ ซึ่งนักเรียนที่แสดงแนวคิดการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้สูตร ตามกลุ่มแนวคิดดังนี้

ตารางที่ 7 กลุ่มแนวคิดหลังเรียนข้อ 3 ส่วนคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

| **หลังเรียน** | |
| --- | --- |
| **กลุ่มแนวคิด** | **จำนวนคน** |
| **\*1. คำนวณตามสูตรทางวิทยาศาสตร์และได้คำตอบถูกต้อง** | **6** |
| **\*2. คำนวณตามสูตรทางวิทยาศาสตร์แต่คำตอบไม่ถูกต้อง** | **1** |
| **\*3. คำนวณตามสูตรทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่แสดงคำตอบ** | **1** |
| **4. ไม่แสดงการคำนวณตามสูตรทางวิทยาศาสตร์** | **6** |

\*สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จากตารางที่ 7 พบว่ากลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ กลุ่มที่ 1 และ 2 โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ 1 (6 คน) และสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด (8 คน) ซึ่งเป็นกลุ่มแนวคิดที่สนับสนุนข้อสรุปว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดย่อย การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ของนักเรียนนั้นมีแนวโน้มที่พัฒนาขึ้นมากที่สุด

**สรุปผลและอภิปรายผล**

**สรุปผล**

จากการวิจัยครั้งนี้ ผลการวิจัยสรุปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. จากตารางของกลุ่มแนวคิดในทุกข้อของแบบสำรวจแนวคิดก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่ ไม่แสดงคำตอบหรืออธิบายไม่สื่อความ และไม่มีแนวคิดกลุ่มใดที่แสดงถึงความสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน

2. จากกลุ่มแนวคิดก่อนเรียนพบแนวคิดทางเลือกในแต่ละข้อแตกต่างกันออกไป ซึ่งแนวคิดทางเลือกที่มากที่สุดก่อนเรียน คือ แนวคิดย่อยหน้าที่สำคัญของโวลต์มิเตอร์กับปฏิกิริยา (7 คน) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าก่อนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้งนั้น นักเรียนทั้งหมดไม่เคยได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใดใน หน่วยการเรียนรู้ เคมีไฟฟ้า หน่วยย่อยเซลล์กัลวานิกทั้งหมดมาก่อน

3. หลังจากการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่ามีกลุ่มแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนในข้อที่ 1.1 แนวคิดย่อยหน้าที่และความสำคัญของโวลต์มิเตอร์รวมถึงปฏิกิริยา ที่มีแนวคิดทางเลือกที่สูงที่สุดในกลุ่มแนวคิดก่อนเรียน ภายหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ถึงแม้บางข้อมีกลุ่มแนวคิดที่หลากหลายแต่กลุ่มแนวคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะมีจำนวนนักเรียนแสดงออกมากที่สุดทุกข้อ โดยมีนักเรียนแสดงแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด ข้อ 2.1 คือ แนวคิดการคำนวณศักย์ไฟฟ้าและการวิเคราะห์ชนิดของโลหะจากการคำนวณ (12 คน)

4. สอดคล้องกับกลุ่มแนวคิดหลังเรียนในข้อที่ 3 แนวคิดย่อยการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากคำถามไม่ได้ระบุให้นักเรียนแสดงแนวคิดย่อยนี้ แต่นักเรียนได้แสดงแนวคิดนี้ด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้วิจัยนำมาจัดกลุ่มคำตอบเพื่อสนับสนุนข้อสรุปได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการแนวคิดย่อยการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าที่มากที่สุด

**อภิปรายผล**

1. จากกลุ่มแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียนบางกลุ่มที่มีลักษณะเดียวกัน คือ การใช้แนวคิดพื้นฐานวิชาฟิสิกส์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ประจุไฟฟ้าบวกและลบมีอันตรกิริยากัน โดยประจุที่เหมือนกันจะผลักกันและประจุที่เหมือนกันจะดึงดูดกัน 2) ไฟฟ้า เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน 3) ความต่างศักย์จะทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะเกิดการไหลจากศักย์ต่ำไปยังศักย์ที่สูงกว่า ในการสร้างแนวคิดที่เป็นคำตอบในแบบสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับ ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่านักเรียนนั้นมีแนวคิดพื้นฐานวิชาฟิสิกส์บางส่วนที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาก่อน แต่เนื่องจากไม่มีพื้นฐานแนวคิดทางเคมี โดยเฉพาะเคมีไฟฟ้า จึงทำให้นักเรียนเลือกที่จะอธิบายด้วยแนวคิดทางฟิสิกส์มาเชื่อมโยงกับคำศัพท์หรือสิ่งที่นักเรียนเห็นจากภาพตัวอย่างจนได้คำตอบเป็นแนวคิดทางเลือกในวิชาเคมีเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางเลือกที่พบจากงานวิจัยของ P. Garnett et al. (1990) ซึ่งมีนักเรียนแสดงแนวคิดทางเลือกโดยการนำเอาขั้วแอโนด-แคโทด มาสร้างแนวคิดทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการดึงดูดของประจุและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และงานวิจัยของ Sanger & Greenbowe (1997) ที่นักเรียนแสดงแนวคิดทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า แต่นักเรียนเชื่อว่ามีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารละลาย

2. หลังการจัดการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) พบว่ากลุ่มแนวคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในทุกข้อ และมีความหลากหลายกลุ่มจึงทำให้การจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมและพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีมาก และเห็นได้ชัดเจนจากข้อ 1 ข้อย่อย 1.1 ซึ่งมีแนวคิดก่อนเรียนที่มีแนวคิดทางเลือกมากที่สุด ไปสู่แนวคิดหลังเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาการเชิงบวกนี้เป็นผลมาจากการใช้ความสนใจและสงสัยในปรากฏการณ์ที่นำไปสู่การสร้างแนวคิดผ่านการเรียนรู้ การออกแบบและปฏิบัติการทดลองจริงร่วมกันเพื่อนในกลุ่ม ได้วิเคราะห์ผลที่ชัดเจนของทั้งกลุ่มตนเองและข้อมูลของกลุ่มเพื่อนทำให้ให้นักเรียนเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นได้ และสามารถทำให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นผ่านการตั้งคำถาม หรือการตอบคำถามในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahayu & Agustini (2023) ที่วิเคราะห์ให้เห็นว่าการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนั้นมีผลกระทบเชิงบวกต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนสามารถสร้างและประเมินข้อโต้แย้งตามหลักฐานได้ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นและการมีส่วนร่วมกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มากขึ้น

**ข้อเสนอแนะ**

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ควรตรวจสอบแนวคิดก่อนเรียนของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งถ้ากลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานแนวคิดเคมีที่ดีสามารถเพิ่มความท้าทายของสถานการณ์ให้มากขึ้นตามความเหมาะสม

2. สำหรับนักเรียนที่ไม่มีพื้นฐานปฏิบัติการทดลองมาก่อน ควรมีการปูพื้นฐานการปฏิบัติการทดลองเบื้องต้น เรื่อง เซลล์กัลวานิกให้กับนักเรียนก่อน และควรมีการตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่สำคัญให้ครบถ้วนเพื่อใช้ในการส่งเสริมแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การใช้สถานการณ์ร่วมกับคำถามกระตุ้นจะทำให้นักเรียนความสนใจและสงสัย และนำไปสู่การสร้างแนวคิดได้มากขึ้น

4. ในระยะที่ 2: ออกแบบและปฏิบัติการทดลอง หลังจากการปฏิบัติการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูลเสร็จสิ้น สามารถเพิ่มการเดินเวียนแบบ Gallery walk เพื่อนำไปใช้ในการโต้แย้งกันจะดีกว่าการตรวจสอบผ่านคำถามการถาม-ตอบในกิจกรรมโต้แย้งเพียงอย่างเดียว

5. กิจกรรมโต้แย้ง ที่ใช้ Argumentation walk สามารถทำให้เกิดการโต้แย้งร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทุกกกลุ่มจะสามารถแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันได้ดี และโต้แย้งกันได้อย่างทั่วถึง สามารถใช้ได้ดีในกรณีนักเรียนมีจำนวนมากได้

**ข้อเสนอแนะงานวิจัยในครั้งต่อไป**

สามารถพัฒนางานวิจัยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเคมีไฟฟ้าเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ หรือเรื่องอื่น ๆ ที่เน้นปฏิบัติการทดลองเช่น สมดุลเคมี กรด-เบส

**เอกสารอ้างอิง**

ปาริชาติ สุทธิพันธ์ และ มังกร ศรีสะอาด. (2565). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, *16* (2).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *Scientific literacy.* https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/

Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85. <https://doi.org/10.1080/03057269008559981>

Aydeniz, M., & Dogan, A. (2016). Exploring the impact of argumentation on pre-service science teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium [10.1039/C5RP00170F]. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(1), 111-119. <https://doi.org/10.1039/C5RP00170F>

Garnett, P., Garnett, P., & Treagust, D. (1990). Common Misconceptions in Electrochemistry: Can we Improve Students' Understanding of this Topic?. *Chemeda: Australian Journal of Chemical Education*, *27*, 3-11.

Haji Hamdan, M. K. K., Salleh, S. M., Shahrill, M., & Asamoah, D. (2022). Improving Conceptual Knowledge and Soft Skills among Vocational Students through Inquiry-Based Learning in a Flipped Classroom. *International Journal of Social Learning (IJSL)*, *2*(2), 235-249. <https://doi.org/10.47134/ijsl.v2i2.140>

Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, *35*(7), 1139-1158. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.770935>

Rahayu, Y. S., & Agustini, R. (2023). Effectiveness of ADI-STEM to improve student's science literacy skill. *International Journal of Recent Educational Research*, 4(5), 632-647. https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i5.382

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-driven inquiry: A way to promote learning during laboratory activities. *TST*, *76*, 42-47.

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, *34*, 377-398.

Tytler, R., & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science—Young children's responses to a classroom sequence on evaporation. *Research in Science Education*, *30*(4), 339-355. <https://doi.org/10.1007/BF02461555>