การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน

ศุภนิดา นิลเพ็ชร[1*] และ เอกชัย ไวยโสภี[2]

[1]นักศึกษาสาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]อาจารย์ประจำสาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*664188039@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน 2) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 80/80 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดวังตะกู (เสรีเริงฤทธิ์อุปถัมภ์) จังหวัดนครปฐม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน จำนวน 4 แผน ใช้เวลารวม 15 ชั่วโมง ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าอยู่ระหว่าง 4.47-4.75 และแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.67-1.00 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าประสิทธิภาพ (E1/E2)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนมีคะแนนค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 25.83 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 52.25 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนโดยมีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 26.42 2) วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 91.20/96.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งผลการวิจัยสะท้อนว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน สามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน

Developing integrated science process skills of fifth-grade students among inquiry-based learning combined with challenge-based learning

Supanida Ninpet[1*] and Akechai Waisopee[2]

[1]Teacher Student, Elementary Education Program, Faculty of Education,
Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]Lecturer, Elementary Education Program, Faculty of Education, Nakhon Pathom Rajabhat University
*664188039@webmail.npru.ac.th

Abstract

This research aimed to 1) compare the integrated science process skills of fifth-grade students before and after learning through inquiry-based learning combined with challenge-based learning, and 2) study the effectiveness of inquiry-based learning combined with challenge-based learning instructional method on the integrated science process skills of fifth-grade students according to the 80/80 criterion. The target group in this research consisted of 12 fifth-grade students from Wat Wang Takoo School (Seri Ruangrit Uppatham), Nakhon Pathom Province, during the second semester of the 2025 academic year. The research instruments included four inquiry-based learning combined with challenge-based learning plans, totaling 15 hours, with expert evaluation scores ranging from 4.47-4.75. An integrated science process skills assessment tool had content validity ranging from 0.67-1.00 and a reliability is 0.87. Data were analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, standard deviation, and efficiency values (E1/E2).

The research results showed that: 1) Students' advanced science process skills had an average pre-test score of 25.83 and an average post-test score of 52.25, indicating that the post-test score was higher than the pre-test score, with an average increase of 26.42 points. 2) The inquiry-based learning model combined with challenge-based learning had an efficiency (E1/E2) of 91.20/96.76, which is higher than the 80% criterion. The results reflect that the inquiry-based learning model combined with challenge-based learning can effectively develop students' advanced science process skills.

Keywords: Advanced science process skills, Inquiry-based learning, Challenge-based learning

บทนำ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อผู้เรียนระดับประถมศึกษา เนื่องจากเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยทักษะดังกล่าวเกิดจากการฝึกปฏิบัติและการใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมให้มีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เป็นพื้นฐานในการพิจารณาและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและสังคม อันสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของกระทรวงศึกษาธิการ [1] และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [2]

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะกระบวนการขั้นสูงหรือทักษะขั้นบูรณาการ มีความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนระดับประถมศึกษา เนื่องจากเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการคิดระดับสูงและการคิดอย่างซับซ้อน เนื่องจากเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการคิดระดับสูงและการคิดอย่างซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pannee Wichienphattaya [3] ที่ระบุว่าทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการจัดกระทำข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากกว่าระดับพื้นฐาน และ Wantipa Rodrangka [4] ที่เน้นย้ำว่าทักษะเหล่านี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการพิสูจน์ข้อเท็จจริง หากผู้เรียนขาดทักษะดังกล่าว อาจส่งผลให้ไม่สามารถตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผล ไม่เข้าใจการกำหนดและควบคุมตัวแปร ขาดความสามารถในการวางแผนและดำเนินการทดลอง รวมถึงไม่สามารถวิเคราะห์ ตีความหมายข้อมูล และสรุปผลจากข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยรวมและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน อันเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานและแนวทางการจัดการเรียนรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ [1] และแนวทางการจัดการเรียนรู้ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [2]

จากการปฏิบัติการทดลองสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดวังตะกู (เสรีเริงฤทธิ์อุปถัมภ์) พบว่า มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในระดับดี จำนวน 13 คน จากนักเรียนทั้งหมด 24 คน ขณะที่นักเรียนอีก 11 คนยังประสบปัญหาการขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเฉพาะทักษะด้านการทดลอง ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 ในการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถวางแผนและออกแบบการทดลองได้อย่างเป็นขั้นตอน ไม่สามารถตั้งสมมติฐานได้อย่างมีเหตุผล และขาดความเข้าใจในการกำหนดและควบคุมตัวแปร รวมทั้งไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ จากผลการปฏิบัติการทดลองสอนยังพบว่า นักเรียนมีคะแนนด้านการตั้งสมมติฐานและการกำหนดและควบคุมตัวแปรต่ำกว่าเกณฑ์ ตลอดจนมีข้อจำกัดในการบันทึก วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลจากการทดลอง ส่งผลให้ไม่สามารถอธิบายหรือเชื่อมโยงผลการทดลองกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ หากปัญหาดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม อาจส่งผลให้นักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ขาดพื้นฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ National Research Council [5]

ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ควรจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผ่านการลงมือปฏิบัติจริง โดยเน้นการตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบและดำเนินการทดลอง ตลอดจนการตีความและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เชิงกระบวนการและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งพัฒนาทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [2] นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบ 5E ยังเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้จากการจดจำเนื้อหาไปสู่การฝึกคิดขั้นสูงที่ซับซ้อน ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะขั้นบูรณาการผ่านการเผชิญสถานการณ์ปัญหาและการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของพรรณี วิเชียรแพทยา [3] ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ากับเหตุผลได้อย่างมีวิจารณญาณ อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิสูจน์ข้อเท็จจริงด้วยตนเอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่มเพาะทักษะการตั้งสมมติฐานและการกำหนดตัวแปร ทำให้ผู้เรียนสามารถตีความข้อมูลและลงข้อสรุปเชิงตรรกะเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

สำหรับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน (CBL) มีส่วนสำคัญในการยกระดับทักษะวิทยาศาสตร์ผ่านการเผชิญสถานการณ์จริง โดยความท้าทายจะขับเคลื่อนให้ผู้เรียนใช้การคิดวิเคราะห์เพื่อแสวงหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ประโยชน์ที่ชัดเจนคือการฝึกตั้งคำถามเชิงวิจัยและคาดคะเนคำตอบอย่างมีหลักการ โดยเน้นย้ำว่าการเรียน รู้จากปัญหาเชิงประจักษ์จะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานและการสรุปผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้ในชีวิตจริงได้ นอกจากนี้ กระบวนการของ CBL ยังส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการสะท้อนคิด เพื่อประเมินความสมเหตุสมผลของกระบวนการสืบเสาะ ช่วยให้การวางแผนการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลมีความแม่นยำยิ่งขึ้นตามแนวทางของ Phatthrasorn Nonrian [6] ที่ระบุว่าความท้าทายช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของ กระทรวงศึกษาธิการ [1] ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดระดับสูงเพื่อเป็นรากฐานในการสร้างนวัตกรรมต่อไป

จากปัญหาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยจึงนำการบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มาใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมุ่งหวังให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการทดลองอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การวางแผนและออกแบบการทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร ตลอดจนการบันทึก วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลจากการทดลอง อันจะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกด้านวิทยาศาสตร์ พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา และส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางการวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนเกิดการพัฒนาได้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน
2. ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 80/80

วรรณกรรม/แนวคิดที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจึงควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แบบเดิมอาจยังไม่สามารถพัฒนาทักษะดังกล่าวได้อย่างเต็มศักยภาพ ดังนั้น แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ และการประเมินผล ตามแนวคิดของ

Bybee [7] ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน (Challenge-Based Learning: CBL) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่ท้าทายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และลงมือปฏิบัติอย่างมีความหมาย ตามแนวคิดของ Nichols & Cator [8] ซึ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง จึงเป็นแนวทางที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมายและพัฒนาทักษะขั้นสูงของผู้เรียนได้ จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสังเคราะห์แนวทางการสอนใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน โดยบูรณาการแนวคิดของ CBL เข้าไปในแต่ละขั้นของกระบวนการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านความท้าทายในสถานการณ์จริง และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญสถานการณ์ เป็นขั้นที่กระตุ้นความสนใจและสร้างความสงสัยใคร่รู้ให้ผู้เรียนด้วยคำถาม เรื่องราว หรือสถานการณ์ใกล้ตัว เพื่อให้ผู้เรียนสังเกต ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด และเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันพูดคุย แสดงความคิดเห็น และตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์จากปัญหาที่พบ พร้อมทั้งคาดคะเนผลลัพธ์ของการทดลองที่จะเกิดขึ้น (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนปฏิบัติ เป็นขั้นที่ผู้เรียนจำแนกตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม (ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร) พร้อมร่วมกันออกแบบการทดลอง และกำหนดนิยามสิ่งที่ศึกษาให้สามารถสังเกต วัด หรือทดสอบได้จริง (ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ)

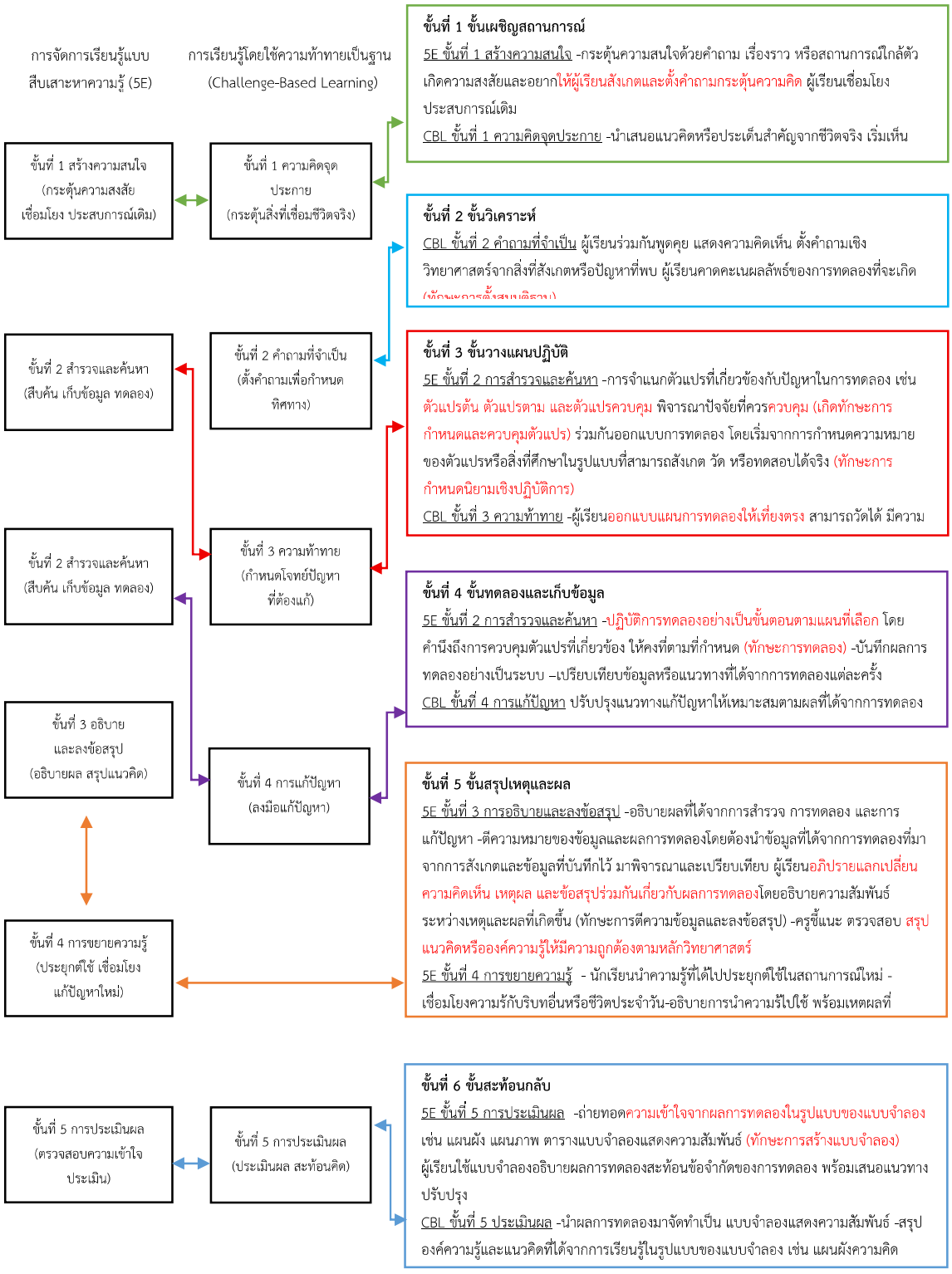
ขั้นที่ 4 ขั้นทดลองและเก็บข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนอย่างเป็นขั้นตอนโดยควบคุมตัวแปรอย่างเคร่งครัด (ทักษะการทดลอง) โดยบันทึกผลการทดลองอย่างเป็นระบบ และปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาให้เหมาะสม

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปเหตุและผล เป็นขั้นที่ผู้เรียนอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลจากข้อมูลการทดลองร่วมกัน (ทักษะการตีความข้อมูลและลงข้อสรุป) โดยมีครูคอยชี้แนะ ตรวจสอบ และสรุปองค์ความรู้ให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อนกลับ เป็นขั้นที่ผู้เรียนถ่ายทอดความเข้าใจจากผลการทดลองออกมาเป็นแผนผัง แผนภาพ หรือตาราง (ทักษะการสร้างแบบจำลอง) โดยนำมาใช้อธิบายผลการทดลอง สะท้อนข้อจำกัด พร้อมเสนอแนวทางปรับปรุง

จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ผสานกระบวนการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหาจริง โดยมุ่งให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนรู้ผ่านการตั้งคำถาม กาลงมือปฏิบัติ การคิดวิเคราะห์ และการสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาที่มีความหมายต่อชีวิตจริง โดยสามารถสรุปขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 1

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน

การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ผ่านรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนได้ฝึกการตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การวางแผนและออกแบบการทดลอง การกำหนดและควบคุมตัวแปร การลงมือทดลอง ตลอดจนการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลจากหลักฐานในการทดลอง ขณะเดียวกันการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานยังช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนผ่านสถานการณ์หรือปัญหาที่ท้าทาย ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง จึงเอื้อต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มวิจัยที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนวัดวังตะกู (เสรีเริงฤทธิ์อุปถัมภ์) ตำบลวังตะกู อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน ที่ได้จากเลือกแบบเจาะจง เพราะนักเรียนกลุ่มดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลา 15 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหา 4 เรื่อง ได้แก่ 1)การเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ 2)การเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนของฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีต่างกัน 3)ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีรายละเอียดในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ 4)ชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น ในการประเมินทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญสถานการณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนปฏิบัติ ขั้นที่ 4 ขั้นทดลองและเก็บข้อมูล ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปเหตุและผล และขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อนกลับ

ขั้นตอนที่ 2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล จากนั้นนำข้อเสนอแนะและคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยสร้างเป็นเครื่องมือประเภทมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) Likert [9]

ขั้นตอนที่ 4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว พร้อมแบบประเมินคุณภาพเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ และความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 5 นำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีคุณภาพ ความเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริงได้โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

แผน การจัดการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เรื่องการเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	4.69	0.36
เรื่องการเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนของฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีต่างกัน	4.47	0.62
เรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	4.56	0.53
เรื่องชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น	4.67	0.38

2. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบ 6 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ทักษะการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดในการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผล เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Rubric Score) ตามที่ได้ออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 3 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ประจำวิชาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความชัดเจนของประเด็นการประเมิน จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 4 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างประเด็นการประเมินกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกประเด็นการประเมินที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 5 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ประเด็นการประเมินผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกประเด็น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดบางส่วนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ชนิดของพื้นที่ผิวต่อระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถของเล่น ซึ่งใช้เวลาจัดกิจกรรมจำนวน 3 ชั่วโมง

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ใช้เวลาจำนวน 9 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหาได้แก่ 1)การเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ 2)การเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนของฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีต่างกัน 3)ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ ในระหว่างการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินทักษะและบันทึกคะแนนระหว่างเรียนของนักเรียน เพื่อนำคะแนนไปใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1)

3. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ชนิดของพื้นที่ผิวต่อระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถของเล่น ซึ่งใช้เวลาจัดกิจกรรมจำนวน 3 ชั่วโมง เพื่อนำคะแนนไปใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2) และสรุปประสิทธิภาพภาพรวมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80

4. ผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนนที่ได้จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนทุกคน ทั้งในส่วนของคะแนนก่อนเรียน คะแนนระหว่างเรียน และคะแนนหลังเรียน เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เพื่อใช้อธิบายผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ทั้งในระยะก่อนเรียน (Pre-test) ระหว่างเรียน และหลังเรียน (Post-test) โดยคะแนนที่นำมาวิเคราะห์เป็นคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้ประเมินจำนวน 2 คน เพื่อใช้เป็นคะแนนของนักเรียนแต่ละคนในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนเรียน (Pre-test) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ชนิดของพื้นที่ผิวต่อระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถของเล่น โดยนำคะแนนที่ได้มาหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อศึกษาระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. วิเคราะห์ผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ได้แก่ 1)การเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุ 2)การเปรียบเทียบการดูดกลืนความร้อนของแผ่นไม้ที่มีสีแตกต่างกัน 3)ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยนำคะแนนที่ได้มาหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อศึกษาระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3. วิเคราะห์ผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังเรียน (Post-test) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ชนิดของพื้นที่ผิวต่อระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถของเล่น โดยนำคะแนนที่ได้มาหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งนำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบเพื่อคำนวณค่าร้อยละของคะแนนที่เพิ่มขึ้น เพื่อศึกษาระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80 (E1/E2) โดยค่า E1 คำนวณจากคะแนนระหว่างเรียนของนักเรียนที่ได้จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วหาค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ และค่า E2 คำนวณจากคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้จากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วหาค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ เพื่อนำมาใช้พิจารณาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ว่าบรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและระดับพัฒนาการทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ทั้งในระยะก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนอย่างชัดเจน โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับตอนดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน เรื่องชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน โดยให้นักเรียนทำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และนำคะแนนที่ได้จากการประเมินดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลเพื่อดูอัตราพัฒนาการความก้าวหน้า โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดแสดงไว้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลคะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ลำดับ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ผลเพิ่มขึ้นร้อยละ
	คะแนน(54)	คิดเป็นร้อยละ %	คะแนน(54)	คิดเป็นร้อยละ %	
1	24.00	44.44	48.50	89.81	45.37
2	27.50	50.93	54.00	100.00	49.07
3	24.00	44.44	53.00	98.15	53.71
4	29.50	54.63	53.50	99.07	44.44
5	23.00	42.59	53.50	99.07	56.48
6	21.50	39.81	54.00	100.00	60.19
7	26.50	49.07	49.50	91.67	42.60
8	27.50	50.93	52.50	97.22	46.29
9	23.00	42.59	53.50	99.07	56.48
10	29.50	54.63	53.50	99.07	44.44
11	24.00	44.44	47.50	87.96	43.52
12	30.00	55.56	54.00	100.00	44.44
$\bar{\chi}$	25.83	47.83	52.25	96.76	48.93

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างเห็นได้ชัด โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 25.83 คะแนน (ร้อยละ 47.83) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นเป็น 52.25 คะแนน (ร้อยละ 96.76) ส่งผลให้มีคะแนนเฉลี่ยพัฒนาเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 48.93 และเมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่าลดลงจาก 2.88 เหลือเพียง 2.25 ซึ่งเป็นสิ่งยืนยันว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคนมีระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่พัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

2. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องและความเห็นพ้องในการให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพและดัชนีความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยนำข้อมูลผลคะแนนจากการประเมินของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้วิจัยรวมจำนวน 2 คน มาคำนวณหาค่าร้อยละความเห็นพ้องสอดคล้องในการให้คะแนนผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ร้อยละความเห็นพ้องระหว่างผู้ประเมินทั้ง 2 คน ในแบบประเมินทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวน รายการประเมิน	จำนวน รายการประเมินที่ไม่ตรงกัน	จำนวน รายการประเมินที่ตรงกัน
ก่อนเรียน เรื่อง ชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น	72 รายการ	10 รายการ	62 รายการ
ครั้งที่ 1 เรื่อง การเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	72 รายการ	5 รายการ	67 รายการ
ครั้งที่ 2 เรื่อง การเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนของฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีต่างกัน	72 รายการ	9 รายการ	63 รายการ
ครั้งที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	72 รายการ	14 รายการ	58 รายการ
หลังเรียน เรื่อง ชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น	72 รายการ	7 รายการ	65 รายการ
รวม	360 รายการ	45 รายการ	315 รายการ
	Percent Agreement (315/360) x 100 = 87.50 % (0.87)		

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงจากผู้ประเมินทั้ง 2 คน มีคะแนนตรงกันจำนวน 315 รายการจากทั้งหมด 360 รายการคิดเป็นค่าร้อยละความเห็นพ้องสอดคล้อง (Percent Agreement) เท่ากับ 87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ร้อยละ 80.00) แสดงให้เห็นว่า เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือสูง สามารถนำผลคะแนนไปใช้วิเคราะห์ในหัวข้อถัดไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการวิเคราะห์คะแนนประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงรายบุคคล ผู้วิจัยได้ทำการติดตามและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน เพื่อพิจารณาแนวโน้มพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระดับบุคคลผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ทั้งในระยะก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์คะแนนรายบุคคลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ผลคะแนนการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้

ลำดับ	คะแนน	คะแนนระหว่างเรียน				คะแนน
	ก่อนเรียน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	รวม	หลังเรียน
	(54)	(54)	(54)	(54)	(162)	(54)
1	24.00	45.00	49.50	49.00	143.50	48.50
2	27.50	52.00	49.50	51.50	153.00	54.00
3	24.00	52.00	47.50	45.00	143.00	53.00
4	29.50	41.00	52.00	51.00	144.00	53.50
5	23.00	45.00	49.50	48.50	143.00	53.50
6	21.50	40.50	49.50	48.00	138.00	54.00
7	26.50	48.00	53.50	49.50	151.00	49.50
8	27.50	47.00	46.00	47.00	140.00	52.50
9	23.00	59.50	47.00	52.00	148.50	53.50
10	29.50	49.00	52.50	51.50	153.00	53.50
11	24.00	50.00	53.00	53.50	156.50	47.50
12	30.00	51.50	52.00	52.50	156.00	54.00
$\bar{X}$	25.83	47.75	50.38	49.88	147.75	52.25
S.D.	2.94	4.23	2.43	2.92	6.83	2.34

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงรายบุคคลของนักเรียนทั้ง 12 คน มีพัฒนาการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 25.83 คะแนน และเพิ่มขึ้นในระหว่างเรียนครั้งที่ 1 (ค่าเฉลี่ย 47.75) ครั้งที่ 2 (ค่าเฉลี่ย 50.38) และครั้งที่ 3 (ค่าเฉลี่ย 49.88) จนกระทั่งมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุดเท่ากับ 52.25 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียนทุกคนมีแนวโน้มความก้าวหน้าทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดและสอดคล้องกันทั้งกลุ่มเป้าหมาย

4. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น และระหว่างการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน คือ 1) การเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ 2) การเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนของฟิวเจอร์บอร์ดที่มีสีต่างกัน 3) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และแผนหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ชนิดของพื้นผิวต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถของเล่น ผ่านนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1)	162	147.75	91.20	มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2)	54	52.25	96.76	มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
E1 / E2		91.20 / 96.76		มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

จากตารางที่ 5 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มีค่าประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1) เท่ากับ 91.20 และค่าประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 96.76 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ทั้งสองค่า แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มีผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 52.25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.76 ซึ่งสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.83 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยพัฒนาเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 48.93 และบรรลุผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอน พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มีค่าประสิทธิภาพกระบวนการเรียนรู้ (E1) เท่ากับ 91.20 และประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 96.76 ทำให้ภาพรวมประสิทธิภาพ (E1/E2) อยู่ที่ 91.20/96.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ ยืนยันว่าวิธีการสอนนี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนอย่างแท้จริง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน ผู้วิจัยมีประเด็นสำคัญนำมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 25.83 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 47.83 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นเป็น 52.25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 26.42 คะแนน และมีผลคะแนนเฉลี่ยพัฒนาเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 48.93 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะดังกล่าวดีขึ้นและก้าวหน้าขึ้นอย่างเด่นชัด ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ผ่านการตั้งคำถาม การสังเกต การทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเองภายใต้การชี้แนะของครูผู้สอนที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ส่งผลให้นักเรียนสามารถ

สร้างองค์ความรู้และค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ การตั้งสมมติฐาน การวางแผนทดลอง การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการสื่อสารผลการเรียนรู้ ทำให้เกิดความเข้าใจอย่างเป็นระบบและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนมีความมั่นใจในการตัดสินใจและการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ของ Piaget [10] ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรงและการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เมื่อพิจารณากิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสังเกต และการวิเคราะห์ข้อมูลในสถานการณ์จริง ทำให้สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง การตีความหมายและลงข้อสรุป และการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และมีพัฒนาการที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นรรัชต์ ฝันเชียร [11] และ อุทิศ คลองวะ [12] ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐาน มีประสิทธิภาพรวม (E1/E2) เท่ากับ 91.20/96.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ ทั้งในด้านกระบวนการและผลลัพธ์ โดยมีค่าประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1) เท่ากับ 91.20 และค่าประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 96.76 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงและเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยมีการวิเคราะห์หลักสูตรและเอกสารที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด รวมทั้งผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง ส่งผลให้แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา ภาษา และกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน นอกจากนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ได้ออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานทั้ง 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นเผชิญสถานการณ์ ขั้นวิเคราะห์ ขั้นวางแผนปฏิบัติ ขั้นทดลองและเก็บข้อมูล ขั้นสรุปเหตุและผล และขั้นสะท้อนกลับ ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นระบบผ่านการตั้งคำถาม การคาดคะเน การลงมือปฏิบัติจริง การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึกและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุกและการคิดอย่างมีเหตุผล อีกทั้งผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด แสดงถึงความเหมาะสมและความสามารถในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้จริง ดังนั้น จากผลการทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์วิจัย สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและยกระดับศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมและเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Janchai Wongprasert and Kongsak Phatthanasiri [13] และ Aramreung Panyawong and Suebsamran Duangkaew [14] ที่ได้ยืนยันถึงประสิทธิภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรมในลักษณะดังกล่าวไว้เช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่ามีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาต่อไป แบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ซึ่งใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับความท้าทายเป็นฐาน ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้น ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียด พร้อมส่งเสริมกิจกรรมที่น่าสนใจ กระตุ้นความสนใจ ความกระตือรือร้น และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน

2. คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลการประเมินอยู่ในระดับดี ดังนั้น ผู้สอนควรทำความเข้าใจทักษะแต่ละด้านอย่างชัดเจน ประเมินอย่างรอบคอบ และนำผลไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมทักษะเหล่านี้ให้นักเรียนเกิดความชำนาญและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับความท้าทายเป็นฐาน นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้สามารถจดจำได้ยาวนานและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้น

1. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต้องจัดระยะเวลาให้เหมาะสมกับเนื้อหาและความสามารถของผู้เรียน เนื่องจากการฝึกทักษะต้องใช้เวลา หากจัดเวลาไม่เพียงพออาจไม่สามารถพัฒนาทักษะได้เต็มที่ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรให้ความสำคัญกับระยะเวลาในการพัฒนาอย่างเหมาะสม

2. เครื่องมือและสื่อที่ใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีความสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน การวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มนวัตกรรมและบูรณาการกิจกรรมเข้ากับแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทของผู้เรียน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

เอกสารอ้างอิง (References)

[1] Ministry of Education. (2017). *Indicators and Core Learning Contents of the Science Learning Area (Revised Edition B.E. 2560) according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Bangkok: Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House. (In Thai)

[2] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2019). *Manual for using the Science Curriculum*. Bangkok: Ministry of Education. (In Thai)

[3] Pannee Wichienphattaya. (2007). *Science Teaching*. Bangkok: Odion Store. (In Thai)

[4] Wantipa Rodrangka. (2001). *Developing Science Process Skills*. Bangkok: Institute of Academic Development (IAD). (In Thai)

[5] National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

[6] Phatthrasorn Nonrian. (2019). *The Development of Challenge-Based Learning Management to Enhance Creative Problem Solving*. (Master's thesis). Nakhon Pathom: Silpakorn University. (In Thai)

[7] Bybee, R. W. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Biological Sciences Curriculum Study.

[8] Nichols, M., & Cator, K. (2008). *Challenge based learning white paper*. Apple, Inc.

[9] Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1–55.

[10] Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. Grossman Publishers.

[11] Norrat Phanchian. (2020). *Inquiry-Based Learning for Science Skills*. (In Thai)

[12] Uthit Khlongwa. (2021). *Developing Science Skills through Inquiry-Based Learning*. (In Thai)

[13] Janchai Wongprasert and Kongsak Phatthanasiri. (2020). The Development of Science Learning Management using Active Learning to Promote Scientific Reasoning. *Journal of Education*, 14(1), 15-28. (In Thai)

[14] Aramreung Panyawong and Suebsamran Duangkaew. (2021). Inquiry-Based Learning (5E) combined with Challenge-Based Learning to enhance Science Process Skills. *Journal of Educational Science*, 12(2), 45-60. (In Thai)