



Elementary School Students' Understanding of the Nature of Scientific Inquiry: Preliminary Findings and a Proposed Innovative Instructional Framework

Sasivimol Premthaisong¹ and Niwat Srisawasdi^{1,2*}

¹Science Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

²Digital Education and Learning Engineering Association, Nonthaburi, Thailand

*Email: niwsri@kku.ac.th

Received <3 Aug. 2026>; Revised <19 Sep. 2026>; Accepted <21 Sep. 2026>

Abstract

Understanding the Nature of Scientific Inquiry (NOSI) is a fundamental component of science learning, as it enables students to engage effectively in scientific practices and construct meaningful scientific knowledge. Inquiry-based science learning that integrates digital technology and explicitly emphasizes NOSI can therefore provide students with richer opportunities to acquire knowledge through scientific processes in a more comprehensive school context. This study aimed to investigate elementary students' understanding of the NOSI and to propose an instructional framework. The participants were 22 Grade 4 and Grade 5 students, representing the entire student population of one school. Data were collected using the Views About Scientific Inquiry - Elementary (VASI-E) questionnaire. The findings from the VASI-E indicated that students' understanding of NOSI varied across aspects. The proportions of students demonstrating informed understanding across the five aspects, with the highest proportions in conclusions must be consistent with data collected (CCDC) and conclusions developed from data and prior knowledge (CDDPK), followed by starting with a question (SWQ), procedures guided by the question asked (PGQ), and multiple methods (MM), respectively. Based on these findings, the researchers proposed a novel instructional framework designed to promote elementary students' understanding of the NOSI through an evidence-based approach. This framework is intended to serve as an evidence-based innovative instructional model for systematically enhancing the quality of inquiry-based science teaching and learning at the elementary school level.

Keywords: Nature of scientific inquiry; Elementary Students; Science; Technological integration

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนระดับประถมศึกษา: ผลการศึกษาเบื้องต้นและการพัฒนากรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม

ศศิวิมล เปรมโรตง¹ และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{1,2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น ประเทศไทย

²สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้ นนทบุรี ประเทศไทย

*Email: niwsri@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การเข้าใจต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในกระบวนการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งยังสามารถสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความหมาย ดังนั้นแล้ว การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล ที่มุ่งเน้นความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะได้ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะอย่างสมบูรณ์มากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนระดับประถมศึกษาและพัฒนากรอบการจัดการเรียนรู้ โดยมีผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 22 คน ตามจำนวนนักเรียนทั้งหมดของโรงเรียนแห่งหนึ่ง โดยใช้แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สืบเสาะในระดับประถมศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจในธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันในแต่ละประเด็น โดยนักเรียนแสดงความเข้าใจในระดับสมบูรณ์ในทั้ง 5 ประเด็น ซึ่งมีสัดส่วนสูงที่สุดในประเด็น ข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม และข้อสรุปพัฒนาจากข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิม รองลงมาคือการเริ่มต้นด้วยคำถาม ขั้นตอนการสืบเสาะนำโดยคำถามที่ตั้งขึ้น และวิธีการที่หลากหลาย ตามลำดับ จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอกรอบแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมที่ตอบสนองต่อเป้าหมายการสร้างเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของผู้เรียนระดับประถมศึกษาบนฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อใช้เป็นกรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมมุ่งเป้าต่อการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะในระดับโรงเรียนต่อไป

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ; ระดับชั้นประถมศึกษา; วิทยาศาสตร์; การบูรณาการเทคโนโลยี

บทนำ

ในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะถือเป็นหนึ่งในแนวคิดสำคัญที่ได้รับการบูรณาการในหลักสูตรการศึกษาทั่วโลก (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004) โดยแนวคิดที่เกี่ยวข้องกันสองประการ ได้แก่ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Scientific Inquiry: SI) และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) โดยทั้งสองแนวคิดต่างมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ของผู้เรียน การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสำรวจ ตั้งคำถาม ทดลอง และสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Lederman *et al.*, 2014) ในขณะที่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของความรู้ที่ได้รับจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิธีที่ความรู้นั้นได้รับการยอมรับภายในชุมชนวิทยาศาสตร์ (Lederman, 2006) แม้ว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะมีความเชื่อมโยงกัน แต่ทั้งสองแนวคิดมีการมุ่งเน้นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยบนพื้นฐานความแตกต่างดังกล่าว Lederman *et al.* (2014) ได้ริเริ่มนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Nature of Scientific Inquiry: NOSI) ขึ้นเพื่ออธิบายลักษณะเฉพาะของกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ซึ่งแตกต่างจากธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งอธิบายลักษณะขององค์ความรู้ที่ได้เท่านั้น แต่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะเน้นกระบวนการสืบเสาะที่ไม่มีแนวทางวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น และการสืบเสาะทุกประเภทล้วนเริ่มต้นโดยคำถาม นักเรียนจึงไม่เพียงต้องปฏิบัติการสืบเสาะ แต่ต้องเข้าใจธรรมชาติของกระบวนการนั้นด้วย การที่ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่ถูกต้อง จึงเป็นสิ่งสำคัญของการพัฒนาความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างและตีความขึ้นอย่างไรภายในชุมชนวิทยาศาสตร์ (Schwartz, Lederman and Crawford, 2004) รวมถึงช่วยเสริมสร้างความสามารถในการประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณและมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Duschl and Grandy, 2013)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ (Inquiry-based science learning) เป็นแนวทางการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทเชิงรุกในกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสำรวจ ตรวจสอบปัญหา และตั้งคำถาม (Anderson, 2002) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะและการเข้าใจในธรรมชาติของการสืบเสาะจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูล (Akerson and Bartels, 2023) งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าการสืบเสาะและการเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะยังสามารถเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมรับมือกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ทั้งในด้านการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ และการปรับตัวในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง (Valladares, 2021) รวมถึงส่งผลเชิงบวกต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ (Lazonder and Harmsen, 2016) แต่ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจะได้รับการส่งเสริมอย่างกว้างขวางในระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วโลก แต่งานวิจัยที่สะสมมาอย่างต่อเนื่องชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนในทุกระดับยังคงมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะอยู่ในระดับที่จำกัดและไม่เพียงพอ หลักฐานที่ชัดเจนที่สุดมาจากการศึกษาของ Lederman *et al.* (2021) ซึ่งเก็บข้อมูลจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3,917 คนจาก 32 ประเทศทั่วโลก โดยใช้แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Views About Scientific Inquiry: VASI) เป็นเครื่องมือในการประเมินความเข้าใจ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีมุมมองแบบคลาดเคลื่อน (naïve views) ต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ แม้จะผ่านระบบการศึกษาที่มีการปฏิรูปหลักสูตรมาแล้ว ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยในบริบทอื่นที่พบว่านักเรียนมักเข้าใจว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนที่ตายตัว ซึ่งขัดแย้งกับลักษณะที่แท้จริงของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Schwartz and Lederman, 2008) นอกจากนี้ Lederman *et al.* (2019) ได้ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2,634 คนจาก 18 ประเทศ เพื่อสร้างข้อมูลเส้นฐาน (Baseline) ณ จุดเริ่มต้นของการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับต่ำโดยแสดงมุมมองแบบไม่สมบูรณ์และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละประเทศ ยิ่งไปกว่านั้น Lederman *et al.* (2024) ยังได้ขยายขอบเขตการศึกษาโดยติดตามพัฒนาการของความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย และพบว่าแม้ความเข้าใจจะมีแนวโน้มดีขึ้นตามระดับชั้นที่สูงขึ้น แต่ยังคงมีช่องว่างที่มีนัยสำคัญอยู่ในทุกระดับ โดยนักเรียนประถมศึกษามักแสดงความเข้าใจเพียงเบื้องต้น (Lederman *et al.*, 2024) นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นมีความเข้าใจที่ดีขึ้นเล็กน้อยแต่ยังคงมีมุมมองแบบไม่สมบูรณ์อยู่มาก และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายยังคงมีมุมมองคลาดเคลื่อนกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่สำคัญหลายประการ ผลการวิจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นร่วมกันว่าวิธีการสอนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ จำเป็นต้องมีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะอย่างชัดเจน และต่อเนื่องตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการศึกษา โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา

อย่างไรก็ตามในบริบทประเทศไทยที่มีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยที่กำหนดให้จัดการเรียนรู้ที่อิงแนวคิดการสร้างความรู้ โดยมีการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นแนวทางหลัก แต่งานวิจัยพบว่าครูวิทยาศาสตร์ไทยนั้นยังคงให้ความสำคัญกับการท่องจำและการประเมินผลที่มุ่งเน้นความรู้แบบแยกส่วนมากกว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดหลัก Ketsing and Roadrangka (2010) ระบุว่าอุปสรรคสำคัญคือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของครูเกี่ยวกับแนวคิดการสืบเสาะ ส่งผลให้กิจกรรมในชั้นเรียนส่วนใหญ่ยังคงยึดรูปแบบที่ครูเป็นผู้กำหนดทิศทาง นอกจากนี้แม้ว่าครูบางส่วนจะตระหนักถึงคุณค่าของการสืบเสาะ แต่ก็มักปฏิเสธการนำไปใช้เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา นโยบายการประเมินผล และอิทธิพลทางวัฒนธรรมในระบบการศึกษา (Faikhamta and Ladachart, 2016) นอกจากนี้ ในการศึกษาของ Lederman *et al.* (2021) ยังปรากฏผลการวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของประเทศไทย ซึ่งพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 117 คนมีมุมมองแบบคลาดเคลื่อนและไม่สมบูรณ์ถึง 6 ประเด็น จากทั้งหมด 8 ประเด็นหลักที่ทำการศึกษา สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังไม่สามารถแสดงความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์เกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนของประเทศไทยจะมุ่งเน้นวิธีการวิทยาศาสตร์สืบเสาะมาตั้งแต่ระดับประถมศึกษาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงระดับมัธยมศึกษาแล้วก็ตาม และอีกประเด็นสำคัญคือยังขาดงานวิจัยในบริบทประเทศไทยที่ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของผู้เรียนระดับประถมศึกษาอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้สามารถพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพหากได้รับสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่เหมาะสม (Lederman *et al.*, 2014)

ด้วยความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในปัจจุบันได้เปิดโอกาสสำคัญต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ โดยเฉพาะการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ดิจิทัลที่ช่วยให้ผู้เรียนไม่เพียงสร้างความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมเท่านั้น แต่ยังเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เสริมด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบวิธีการตรวจสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สร้างประจักษ์พยานและสนับสนุนการแปลความ และใช้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนเองผ่านกระบวนการดังกล่าว อีกทั้งยังสามารถทำให้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สืบเสาะเหล่านี้นำเสนอปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยผู้เรียนสามารถปรับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ทดลองซ้ำ เปรียบเทียบข้อมูลจากเงื่อนไขที่แตกต่างกัน และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูล หลักฐาน และข้อสรุปได้ทันที ตัวอย่างเช่น Natnivong and Srisawasdi (2016) พบว่าสถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ยากและเป็นนามธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขณะที่ Premthaisong and Srisawasdi (2020) แสดงให้เห็นว่าเกมกระดานดิจิทัลแบบหลายผู้เล่นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา และ Pondee, Premthaisong, and Srisawasdi (2017) ชี้ให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนบนอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพาสามารถถูกบูรณาการเข้ากับกิจกรรมสืบเสาะอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับผู้เรียนได้ ผู้เรียนจึงมีโอกาสน้อยกว่าข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับหลักฐาน การตีความข้อมูลอาจแตกต่างกันตามเหตุผลและมุมมองของผู้ศึกษา และความคิดสร้างสรรค์มีบทบาทในการออกแบบการตรวจสอบและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะที่เสริมด้วยเทคโนโลยีจึงมีศักยภาพในการเชื่อมโยง “การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์” อย่างเข้ากับ “การเรียนรู้ว่าวิทยาศาสตร์สร้างความรู้อย่างไร” พร้อมทั้งลดข้อจำกัดด้านเวลา อุปกรณ์ และโอกาสในการทดลองซ้ำในชั้นเรียน และเป็นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบกรอบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาอย่างมีความหมายได้

ดังนั้นแล้วจากที่กล่าวมาข้างต้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์สองประการ ประการแรกคือ เพื่อสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนระดับประถมศึกษาในบริบทไทยในฐานะข้อมูลพื้นฐานเชิงประจักษ์ ประการที่สองคือการนำข้อมูลเชิงประจักษ์ดังกล่าวมาใช้เป็นฐานในการออกแบบและพัฒนากรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมแบบสืบเสาะที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนในระดับประถมศึกษา

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะอยู่ในระดับใด
2. กรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นจากข้อค้นพบเบื้องต้นต่อความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ มีลักษณะเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1. เพื่อศึกษาระดับความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ในฐานข้อมูลพื้นฐานเชิงประจักษ์
- 2. เพื่อพัฒนารอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมบนฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียน

หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Nature of Scientific Inquiry: NOSI)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะเป็นแนวคิดที่สำคัญในกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงวิธีที่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับการสร้าง วิจารณ์และยอมรับภายในชุมชนวิทยาศาสตร์ (Lederman et al., 2019; Gai et al., 2022) ความเข้าใจนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญของความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ (Roberts and Bybee, 2014)

Lederman et al. (2014) ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้ง 8 ประเด็นหลัก และเหตุผลที่สนับสนุนในแต่ละประเด็น ซึ่งประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ได้แก่

- ประเด็นหลักที่ 1 การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม แต่ไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานเสมอไป (Start with a question - SWQ)
- ประเด็นหลักที่ 2 ไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนเดียวที่ต้องปฏิบัติตามในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกกรณี (Multiple methods - MM)
- ประเด็นหลักที่ 3 ขั้นตอนการสืบเสาะได้รับการกำหนดจากคำถามที่ตั้งขึ้น (Procedures are guided by the question asked - PGQ)
- ประเด็นหลักที่ 4 นักวิทยาศาสตร์ที่ดำเนินการตามขั้นตอนเดียวกันอาจไม่ได้ผลลัพธ์เดียวกัน (Same procedures may not yield the same result - SPNSR)
- ประเด็นหลักที่ 5 ขั้นตอนการสืบเสาะส่งผลต่อผลลัพธ์ (Procedures influence results - PIS)
- ประเด็นหลักที่ 6 ข้อสรุปของการวิจัยต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (Conclusions must be consistent with data collected - CCDC)
- ประเด็นหลักที่ 7 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (Data and evidence are not the same - DENS)
- ประเด็นหลักที่ 8 ข้อสรุปพัฒนามาจากการรวมระหว่างข้อมูลที่รวบรวมและความรู้ที่มีอยู่เดิม (Conclusions are developed from data and prior knowledge - CDDPK)

ถึงแม้ว่านักเรียนควรได้รับความเข้าใจเกี่ยวกับ 8 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ภายในช่วงเวลาที่สามารถศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่การสอนทุกประเด็นอาจไม่เหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนในช่วงระดับประถมศึกษา (Donohue, Buck and Akerson, 2020; Lederman, 2009) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา มีเพียงบางประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่เหมาะสม ได้แก่ SWQ, MM, PGQ, CCDC และ CDDPK ซึ่งประเด็นหลักเหล่านี้ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับแนวทางที่ระบุไว้ในเอกสารการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ (Akerson and Bartels, 2023; Lederman et al., 2024) โดยกรอบประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับประถมศึกษาสามารถนำเสนอเปรียบเทียบกันได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเด็นหลักสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะสำหรับการพัฒนาผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับประถมศึกษา

ประเด็นหลัก	สำหรับระดับมัธยมศึกษา	สำหรับระดับประถมศึกษา
1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม แต่ไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานเสมอไป (SWQ)	✓	✓
2. ไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนเดียวที่ต้องปฏิบัติตามในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกกรณี (MM)	✓	✓

ประเด็นหลัก	สำหรับระดับมัธยมศึกษา	สำหรับระดับประถมศึกษา
3. ขั้นตอนการสืบเสาะได้รับการกำหนดจากคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ)	✓	✓
4. นักวิทยาศาสตร์ที่ดำเนินการตามขั้นตอนเดียวกันอาจไม่ได้ผลลัพธ์เดียวกัน (SPNSR)	✓	
5. ขั้นตอนการสืบเสาะส่งผลต่อผลลัพธ์ (PIS)	✓	
6. ข้อสรุปของการวิจัยต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC)	✓	✓
7. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (DENS)	✓	
8. ข้อสรุปพัฒนามาจากการรวมระหว่างข้อมูลที่รวบรวมและความรู้ที่มีอยู่เดิม (CDDPK)	✓	✓

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียน

งานวิจัยในระดับนานาชาติได้แสดงให้เห็นถึงความท้าทายในการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในกลุ่มนักเรียนระดับต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การศึกษาในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3,917 คนจาก 32 ประเทศ พบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังคงมีมุมมองที่ผิดพลาด เช่น ความเชื่อว่าการวิธีการทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่แน่นอน (Lederman *et al.*, 2021) นอกจากนี้ การศึกษาของ Lederman *et al.* (2019) ในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2,634 คนจาก 18 ประเทศ พบว่าความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียนมีลักษณะผสมผสานระหว่างความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์และความเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยแสดงถึงความหลากหลายในมุมมองที่ขึ้นอยู่กับบริบททางวัฒนธรรมและการสอนในแต่ละประเทศ จึงได้สรุปข้อมูลความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ โดยวิเคราะห์ระดับความเข้าใจเป็น 3 ระดับหลัก ได้แก่ ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Naive) ความเข้าใจแบบไม่สมบูรณ์ (Mixed) และความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ (Informed) รวมถึงกลุ่มที่ไม่ตอบคำถามในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 (มัธยมศึกษาตอนต้น) และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายดังแสดงในตารางที่ 2 (Lederman *et al.*, 2019; Lederman *et al.*, 2021)

ตารางที่ 2 สรุปร้อยละของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่แสดงความเข้าใจใน 8 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Lederman *et al.*, 2019; Lederman *et al.*, 2021)

ประเด็นหลักของ NOSI	ความเข้าใจ NOSI ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น				ความเข้าใจ NOSI ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย			
	ไม่ตอบคำถาม (%)	คลาดเคลื่อน (%)	ไม่สมบูรณ์ (%)	สมบูรณ์ (%)	ไม่ตอบคำถาม (%)	คลาดเคลื่อน (%)	ไม่สมบูรณ์ (%)	สมบูรณ์ (%)
1. SWQ	5.50	43.90	29.90	20.70	2.80	40.20	21.30	35.60
2. MM	5.80	54.40	33.80	6.00	2.30	42.70	40.20	14.80
3. PGQ	7.60	44.80	20.10	27.50	5.00	36.80	13.60	44.60
4. SPNSR	6.50	54.00	25.50	14.00	1.90	36.00	28.70	33.40
5. PIS	10.30	40.70	33.10	15.90	4.10	40.10	27.80	27.80
6. CCDC	6.40	39.70	20.60	33.30	3.40	40.40	15.80	40.40
7. DENS	9.00	48.50	32.10	10.40	4.30	40.10	37.60	18.00
8. CDDPK	9.90	41.30	37.90	10.90	5.30	26.20	40.80	27.70

หมายเหตุ ตัวเลขตัวหนาแสดงถึงค่าร้อยละที่มีค่าสูงที่สุด

นอกจากนี้ได้มีการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในกลุ่มนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยพิจารณาเพียง 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ได้แก่ SWQ, MM, PGQ, CCDC และ CDDPK ในงานวิจัยของ Lederman *et al.* (2024) ซึ่งใช้เครื่องมือแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา (Views About Scientific Inquiry – Elementary: VASI-E) เก็บข้อมูลจากนักเรียนจำนวน 4,238 คนจาก 35 ประเทศ พบว่าแม้ว่านักเรียนในวัยนี้ยังไม่ได้รับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะอย่างเหมาะสม แต่ระดับความเข้าใจในบางประเด็นกลับใกล้เคียงกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ตัวอย่างเช่น นักเรียนระดับประถมศึกษา

ความเข้าใจพื้นฐานว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม” แต่ยังคงความเข้าใจในประเด็นที่ซับซ้อนกว่า เช่น “ความสำคัญของการใช้หลักฐานในการสร้างข้อสรุป”

การจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง และเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ได้อย่างมีวิจารณญาณ (Lederman and Lederman, 2020) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าทั้งนักเรียนและครูวิทยาศาสตร์ยังขาดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในระดับที่เพียงพอ ส่งผลให้นักวิจัยในหลายบริบทพยายามออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมความเข้าใจผู้เรียน ตัวอย่างเช่น Mesci, Erdas-Kartal and Yeşildağ-Hasançeb (2025) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการโต้แย้ง (Argumentation-based Inquiry) ผ่านกิจกรรมที่ให้นักศึกษาครูตั้งคำถามวิจัย เก็บข้อมูล และนำเสนอข้อกล่าวอ้างพร้อมหลักฐานตลอดระยะเวลา 2 ภาคเรียน ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกมิติ ในทางเดียวกัน Long and Hock (2025) ได้บูรณาการโมเดล 5E เข้ากับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบกิจกรรมสืบเสาะจำนวน 7 กิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมมุ่งเน้นประเด็นหลักที่กำหนดไว้ล่วงหน้า พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีพัฒนาการในทุกประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน นอกจากนี้ Cigdemoglu and Köseoğlu (2019) ยังได้พัฒนาโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูประจำการ โดยบูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์/ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านกิจกรรมสืบเสาะในบริบทของศูนย์วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าครูมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดีขึ้นในทุกประเด็นหลังการอบรม นอกจากนี้ในบริบทของประเทศไทย Khaokhajorn and Srisawasdi (2024) ได้ประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์จำนวน 278 คน จาก 5 มหาวิทยาลัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมและมัธยมศึกษา (Views About Scientific Inquiry – Elementary and Secondary: VASI-ES) ที่ครอบคลุมทั้ง 8 ประเด็นหลัก ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับไม่สมบูรณ์ โดยมีช่องว่างที่ชัดเจนในด้านความแตกต่างระหว่างข้อมูลกับหลักฐาน และการพัฒนาข้อสรุปจากข้อมูลร่วมกับความรู้เดิม งานวิจัยนี้จึงได้เสนอโปรแกรมการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีผ่านกรอบ TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) และโมเดล SPA (Show-Practice-Apply) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่หลากหลายมีศักยภาพในการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักศึกษาครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าการออกแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายล้วนมีศักยภาพในการพัฒนาในระดับที่แตกต่างกัน

ในบรรดาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง การเรียนรู้แบบสืบเสาะถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงผ่านการลงมือปฏิบัติ Cetin (2021) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการโต้แย้ง ในห้องปฏิบัติการเคมีกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแต่ละกิจกรรมออกแบบให้มุ่งเน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในประเด็นที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ผ่านการสอดแทรกในชั้นการอภิปรายและการสะท้อนคิด ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้ง 8 ประเด็นหลัก โดยเฉพาะประเด็นหลักด้านวิธีการที่หลากหลายที่ผู้เรียนทุกคนมีความเข้าใจในระดับที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ในการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Premthaisong and Srisawasdi (2024) ที่บูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้แบบสืบเสาะในรูปแบบผสมผสานเทคโนโลยี โดยใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ (H5P) และแพลตฟอร์มแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Nearpod) เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนประถมศึกษา โดยออกแบบบทเรียนให้สอดคล้องกับประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะสำคัญหลายประการ สิ่งที่สังเกตได้จากงานวิจัยข้างต้นคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ประสบความสำเร็จในการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะนั้น ไม่เพียงแต่ต้องให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมสืบเสาะเท่านั้น หากแต่ต้องมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะอย่างขัดแจ้งควบคู่ไปด้วย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์การสืบเสาะกับหลักการของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะได้อย่างมีความหมาย ซึ่งสะท้อนแนวคิดสำคัญที่ว่า การลงมือทำวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ หากปราศจากการสะท้อนคิดที่ชัดเจนและมีเป้าหมาย (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000) การสะท้อนคิดอย่างขัดแจ้งจึงเปรียบเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการลงมือปฏิบัติจริงกับการสร้างมโนทัศน์เชิงนามธรรม เพื่อยกระดับความลึกซึ้งทางทฤษฎีของผู้เรียน ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงมุ่งพัฒนารอบการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยเฉพาะ

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมในงานวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้มีการเลือกแบบเจาะจงประกอบด้วยนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 22 คน จากโรงเรียนแห่งหนึ่งที่สังกัดมหาวิทยาลัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีช่วงอายุระหว่าง 10-11 ปี และมีประสบการณ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยเป็นระยะเวลา 4 ปีขึ้นไป ทั้งนี้ นักเรียนจำนวน 22 คนดังกล่าวคือนักเรียนทั้งหมดของโรงเรียนในระดับชั้นดังกล่าว การศึกษานี้จึงมีลักษณะเป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) เพื่อสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในบริบทที่สามารถเข้าถึงได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียน งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา (ดังแสดงในภาพที่ 1) ซึ่งพัฒนาโดย Lederman *et al.* (2024) ในรูปแบบที่เป็นประเด็นคำถามปลายเปิด (Open-ended question) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 4 ข้อหลัก ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามย่อยทั้งหมด จำนวน 7 ข้อย่อย โดยครอบคลุมประเด็นหลักทั้ง 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา

1. ผู้หญิงคนหนึ่งรักการเดินทางที่จะสำรวจดูรอบโลก เธอเห็นว่านกแต่ละชนิดมีจะงอยปากที่แตกต่างกัน บ้างมีลักษณะยาว บ้างมีลักษณะสั้นและเล็ก บ้างก็มีลักษณะใหญ่และหนา และเธอยังสังเกตเห็นได้ด้วยว่า นกเหล่านี้กินชนิดของอาหารที่แตกต่างกัน



เธอตั้งคำถามว่า “ลักษณะและขนาดของจะงอยปาก และชนิดของอาหารที่นกกินนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่?” หลังจากนั้นเธอออกสำรวจนกเพิ่มเติมอีก เพื่อที่จะหาคำตอบของคำถามดังกล่าว

(ก) นักเรียนคิดว่าผู้หญิงคนนี้ปฏิบัติงานแบบการเป็นนักวิทยาศาสตร์หรือไม่? เพราะเหตุใด?

(ข) นักเรียนคิดว่าผู้หญิงคนนี้กำลังปฏิบัติงานทดลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่? เพราะเหตุใด?

2. ให้ตอบประเด็นตามต่อไปนี้

(ก) นักวิทยาศาสตร์รู้ได้อย่างไรว่า ไนโตรเจนนั้นอยู่จริง ทั้ง ๆ ที่ปัจจุบันไม่ได้มีไนโตรเจนอยู่รอบตัว และไม่มีนักวิทยาศาสตร์คนไหนได้เห็นตัวจริงด้วยซ้ำไป

(ข) นักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นคิดว่าไนโตรเจนมีลักษณะเป็นอย่างไร? ทำไมพวกเขาจึงคิดเช่นนั้น?

3. นักเรียนสองกลุ่มต้องการที่จะทราบว่า การละลายของแท่งดินสอสีที่มีสีแตกต่างกันจะมีการละลายที่เร็วหรือช้าแตกต่างกันด้วยหรือไม่?

กลุ่มที่ 1 ทำการตรวจสอบโดยใช้หลอดแก้วชนิดแสงร้อนแบบเดียวกันทุกประการส่องฉายไปที่แท่งดินสอสี จำนวน 3 อัน ที่มีสีแตกต่างกัน

กลุ่มที่ 2 ทำการตรวจสอบโดยใช้หลอดแก้วชนิดแสงร้อน จำนวน 3 แท่ง ที่แตกต่างกันส่องฉายไปที่แท่งดินสอสีที่มีสีแดงที่เหมือนกันทุกประการ

คำถามคือ กลุ่มใดออกแบบการตรวจสอบได้ดีกว่า? และจงอธิบายเหตุผล

4. ภาพด้านล่างแสดงให้เห็นถึงลูกบอลกลมที่มีขนาดแตกต่างกัน



(ก) ถ้าเพื่อนคนหนึ่งหยิบลูกบอลลูกหนึ่งขึ้นมา แล้วทำการต่งลูกบอลลงกับพื้น ลักษณะนี้เป็นการสำรวจทางวิทยาศาสตร์หรือไม่?

จงอธิบายเหตุผลประกอบด้วยว่าเหตุใดจึงเป็นหรือไม่เป็น?

(ข) จงอธิบายว่าถ้านักเรียนเองจะทำการสำรวจทางวิทยาศาสตร์กับลูกบอลต่าง ๆ ดังกล่าว จะสามารถทำการสำรวจอะไรได้บ้าง

ภาพที่ 1 แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา (Lederman *et al.*, 2024)

แบบสอบถามต้นฉบับนี้ได้รับการแปลจากฉบับภาษาอังกฤษมาเป็นแบบภาษาไทยโดยผู้วิจัยเอง โดยลักษณะการแปลเป็นแบบสมมาตร ซึ่งต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ต้องมีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันและวัฒนธรรม หลังจากนั้นดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเนื้อหาโดยแปลข้อความภาษานั้นกลับเป็นภาษาต้นฉบับอีกครั้งเพื่อเทียบความถูกต้อง และความตรงเชิงภาษา (Communication validity) ผ่านการแปลย้อนกลับ (Backward translation) และมีการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลกลับเป็นภาษาอังกฤษโดยคณะผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ศึกษานานาชาติจำนวน 3 ท่าน อีกครั้ง เครื่องมือนีเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยนานาชาติที่มุ่งสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะพื้นฐานของนักเรียน โดยงานวิจัยระบุว่าแบบสอบถามดังกล่าวมีความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ซึ่งได้รับการตรวจสอบและยืนยันโดย

ผู้เชี่ยวชาญด้วยความเห็นพ้องต้องกันโดยบริบูรณ์ (สอดคล้อง 100%) และครอบคลุมทุกประเด็นหลักในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

นอกจากนี้ แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ได้รับการพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของ 5 ประเด็นของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับพัฒนาการและความสามารถในการทำความเข้าใจของผู้เรียนระดับประถมศึกษา โดยเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ผู้เรียนคุ้นเคย ได้แก่ ลักษณะของนก สัตว์เลี้ยง และลูกบอล โดยจากงานวิจัย Lederman *et al.* (2024) ได้เชื่อมโยงแต่ละประเด็นเข้ากับข้อคำถามของแบบสอบถาม ดังแสดงในตารางที่ 3

ทั้งนี้เนื่องจากแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบปลายเปิดที่ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นผ่านการเขียนอธิบายและการให้เหตุผลอย่างอิสระ ข้อคำถามหนึ่งข้อจึงสามารถสะท้อนความเข้าใจในธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ได้มากกว่าหนึ่งประเด็นพร้อมกัน การจับคู่ข้อคำถามกับประเด็นจึงไม่ได้เป็นความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-one correspondence) หากแต่ใช้หลักการให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) ที่พิจารณาคำตอบของผู้เรียนในภาพรวมเพื่อประเมินความเข้าใจในหลายประเด็นไปพร้อมกัน (Lederman *et al.*, 2014) ดังนั้น ข้อคำถามบางข้อจึงปรากฏเชื่อมโยงกับประเด็นมากกว่าหนึ่งประเด็นดังแสดงในตาราง โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็น ดังนี้

ประเด็นหลักที่ 1 การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม แต่ไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานเสมอไป (SWQ) เชื่อมโยงกับข้อ 1(ก) 4(ก) และ 4(ข) โดยข้อ 1 (สถานการณ์เกี่ยวกับนก) มุ่งให้ผู้เรียนพิจารณาว่าการตั้งคำถามและการสังเกตเพื่อหาคำตอบจัดเป็นการดำเนินงานในลักษณะเดียวกับนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ ขณะที่ข้อ 4 (สถานการณ์เกี่ยวกับลูกบอล) มุ่งให้ผู้เรียนพิจารณาว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับลูกบอลจัดเป็นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ข้อคำถามทั้งสองสะท้อนแนวคิดที่ว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นจากการตั้งคำถาม โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบสมมติฐาน

ประเด็นหลักที่ 2 ไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนเดียวที่ต้องปฏิบัติตามในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกกรณี (MM) เชื่อมโยงกับข้อ 1(ก) และ 1(ข) โดยสถานการณ์นกมุ่งให้ผู้เรียนพิจารณาว่าการสังเกตซึ่งไม่ใช่การทดลองยังคงจัดเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สะท้อนแนวคิดที่ว่า การดำเนินการทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลากหลายวิธี ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการทดลองเท่านั้น

ประเด็นหลักที่ 3 ข้อสรุปของการวิจัยต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC) เชื่อมโยงกับข้อ 2(ก) และ 2(ข) โดยสถานการณ์ไดโนเสาร์มุ่งให้ผู้เรียนอธิบายว่านักวิทยาศาสตร์สามารถทราบได้อย่างไรว่าไดโนเสาร์เคยมีอยู่จริง สะท้อนแนวคิดที่ว่า ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ต้องยึดโยงและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์

ประเด็นหลักที่ 4 ขั้นตอนการสืบเสาะได้รับการกำหนดจากคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ) เชื่อมโยงกับข้อ 3 และ 4(ข) โดยข้อ 3 สถานการณ์เทียนสีละลายมุ่งให้ผู้เรียนพิจารณาว่ากลุ่มไดออกแบบการตรวจสอบได้เหมาะสมกว่าพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ สะท้อนแนวคิดที่ว่า วิธีการและขั้นตอนที่เลือกใช้ถูกกำหนดโดยคำถามวิจัยที่ตั้งไว้

ประเด็นหลักที่ 5 ข้อสรุปพัฒนามาจากการรวมระหว่างข้อมูลที่รวบรวมและความรู้ที่มีอยู่เดิม (CDDPK) เชื่อมโยงกับข้อ 2(ก) และ 2(ข) โดยสถานการณ์ไดโนเสาร์มุ่งให้ผู้เรียนอธิบายว่านักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานลักษณะของไดโนเสาร์ได้อย่างไร และด้วยเหตุผลใดสะท้อนแนวคิดที่ว่า ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการผสมผสานข้อมูลที่รวบรวมเข้ากับความรู้เดิม

ตารางที่ 3 ประเด็นหลัก 5 ประเด็นต่อข้อคำถามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Lederman *et al.*, 2024)

ประเด็นหลัก	ข้อคำถาม
1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถาม แต่ไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานเสมอไป (SWQ)	ข้อ 1(ก), 4(ก), 4(ข)
2. ไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนเดียวที่ต้องปฏิบัติตามในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกกรณี (MM)	ข้อ 1(ก), 1(ข)
3. ข้อสรุปของการวิจัยต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC)	ข้อ 2(ก), 2(ข)
4. ขั้นตอนการสืบเสาะได้รับการกำหนดจากคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ)	ข้อ 3, 4(ข)
5. ข้อสรุปพัฒนามาจากการรวมระหว่างข้อมูลที่รวบรวมและความรู้ที่มีอยู่เดิม (CDDPK)	ข้อ 2(ก), 2(ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยคำถามปลายเปิดทั้งหมด 4 ข้อใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย 7 ข้อย่อย โดยนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ต้องตอบให้แล้วเสร็จ

ภายในระยะเวลา 60 นาที นักเรียนบันทึกคำตอบของตนเองลงในแบบสอบถามผ่านทางแพลตฟอร์มออนไลน์โดยตรง และเมื่อเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้นำคำตอบทั้งหมดมาจัดระเบียบตามระดับความเข้าใจที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

การวิเคราะห์คำตอบในแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้มาถอดรหัสโดยนักเรียนแต่ละคนได้รับการประเมินในแต่ละ ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะด้วยรหัส 3 ระดับตามแนวทางของ Lederman *et al.* (2019) ได้แก่ ระดับแรกคือ “สอดคล้องโดยสมบูรณ์” หมายถึง ความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ร่วมกับแนวคิดหลักร่วมสมัย ระดับที่สองคือ “ไม่สมบูรณ์” หมายถึง ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์หรือผสมผสานต่อแนวคิดหลักร่วมสมัย เช่น การตอบคำถามได้ถูกต้องบางประเด็น แต่มีข้อผิดพลาดหรือขาดความชัดเจนในบางส่วน และระดับสุดท้ายคือ “คลาดเคลื่อน” หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือยังไม่เป็นทางการต่อแนวคิดหลักร่วมสมัย

ในระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาต่างเขียนรหัสคำตอบอย่างเป็นอิสระจากกัน จากนั้นนำผลการถอดรหัสมาเปรียบเทียบและหารือร่วมกันเพื่อแก้ไขความแตกต่างที่เกิดขึ้น กระบวนการวนซ้ำนี้นำไปสู่ความเชื่อถือได้ระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) ที่ 80% ขึ้นไป นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้วิธีการทบทวนแบบปกปิดสองทาง (Double-blind review) กับกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเลือก 20% ของแบบสอบถามทั้งหมด โดยที่ทั้งผู้เขียนรหัสและผู้ทบทวนไม่ทราบการจัดประเภทเดิม ซึ่งกระบวนการนี้ส่งผลให้ได้ความเห็นพ้องกันมากกว่า 90% ของคำถามที่ให้คะแนนทั้งหมด และยืนยันความแม่นยำในการบันทึกความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะของผู้เรียน เมื่อได้ผลการประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะจากแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้นำผลดังกล่าวมาสังเคราะห์ร่วมกับวรรณกรรมและหลักการที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบกรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมภายใต้แนวคิดการปฏิบัติบนฐานหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-based Practices: EBP) ตามหลักการของ Sackett *et al.* (1996) โดยร่วมกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการขยายความ (Elaboration Theory) (Reigeluth and Stein, 1983) เพื่อออกแบบการจัดลำดับเส้นทางการเรียนรู้จากระดับที่มีความซับซ้อนน้อยไปสู่ระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในระดับใด และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา จำนวน 22 คน แสดงในตารางที่ 4 และกราฟแสดงความเข้าใจของนักเรียนระดับประถมศึกษาทั้ง 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ดังแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่แสดงคำตอบในระดับคลาดเคลื่อน ระดับไม่สมบูรณ์ และระดับสมบูรณ์ใน 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ	คลาดเคลื่อน จำนวนคน (%)	ไม่สมบูรณ์ จำนวนคน (%)	สมบูรณ์ จำนวนคน (%)
1. เริ่มต้นด้วยคำถาม (SWQ)	2 (9.2)	10 (45.4)	10 (45.4)
2. วิธีการหลากหลาย (MM)	5 (22.7)	12 (54.6)	5 (22.7)
3. ข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC)	3 (13.60)	7 (31.90)	12 (54.5)
4. ขั้นตอนการสืบเสาะนำโดยคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ)	3 (13.60)	13 (59.1)	6 (27.3)
5. ข้อสรุปพัฒนาจากข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิม (CDDPK)	3 (13.60)	7 (31.90)	12 (54.5)

หมายเหตุ ตัวเลขตัวหนาแสดงถึงค่าร้อยละที่มีค่าสูงที่สุด

ประเด็นหลักที่ 1 ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ: เริ่มต้นด้วยคำถาม (SWQ)

การเริ่มต้นด้วยคำถามเป็นหนึ่งในพื้นฐานสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีส่วนความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์และความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ในระดับใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการตั้งคำถามเพื่อเริ่มต้นกระบวนการสืบเสาะอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม อาจมีความจำเป็นในการเสริมสร้างความชัดเจนเกี่ยวกับการตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะเชิงลึกยิ่งขึ้น

ประเด็นหลักที่ 2 ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ: วิธีการหลากหลาย (MM)

การใช้วิธีการที่หลากหลายในกระบวนการสืบเสาะเป็นสิ่งสำคัญ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีสัดส่วนความเข้าใจสมบูรณ์ต่ำที่สุดในประเด็นนี้ เมื่อเทียบกับอีก 4 ประเด็นหลักในตารางที่ 4 สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่าความสามารถในการเลือกใช่วิธีการที่เหมาะสมในกระบวนการสืบเสาะยังต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม โดยเฉพาะการเน้นการบูรณาการระหว่างวิธีการที่หลากหลายในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้มากยิ่งขึ้น

ประเด็นหลักที่ 3 ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ: ข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC)

ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีสัดส่วนความเข้าใจสมบูรณ์ในประเด็นนี้สูงที่สุด เท่ากับประเด็น CDDPK ซึ่งทั้งสองประเด็นเกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลในลักษณะใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่รวบรวมได้กับข้อสรุปอย่างเหมาะสม แต่ยังคงมีความจำเป็นในการเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการรวบรวมและตีความข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

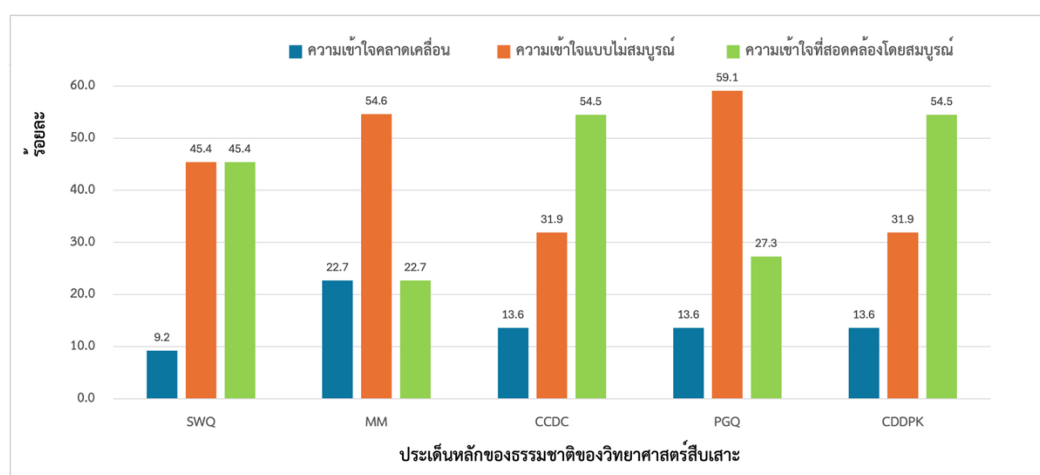
ประเด็นหลักที่ 4 ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ: ขั้นตอนการสืบเสาะนำโดยคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ)

ผลการศึกษาตามตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีสัดส่วนความเข้าใจไม่สมบูรณ์สูงที่สุดในประเด็นนี้ เมื่อเทียบกับอีก 4 ประเด็น สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดขั้นตอนตามคำถามได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงต้องการการสนับสนุนเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบขั้นตอนการสืบเสาะเพิ่มมากขึ้น

ประเด็นหลักที่ 5 ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ: ข้อสรุปพัฒนาจากข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิม (CDDPK)

ผลการวิจัยตามตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสัดส่วนความเข้าใจสมบูรณ์ในประเด็นนี้สูงที่สุด เท่ากับประเด็น CCDC การอธิบายผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีการใช้ข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิมเป็นจุดแข็งของนักเรียนในกลุ่มนี้ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการผสมผสานข้อมูลเชิงประจักษ์และความรู้ก่อนหน้าเพื่อสร้างข้อสรุปและคำอธิบายที่มีเหตุผล

เมื่อพิจารณาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้ง 5 ประเด็นหลักนักเรียนมีความเข้าใจในระดับสมบูรณ์ค่อนข้างสูงในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุปจากข้อมูล (CCDC และ CDDPK) แต่ยังคงมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลงมือปฏิบัติ ได้แก่ MM และ PGQ ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทประเทศไทยที่งานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ไทยยังคงให้ความสำคัญกับการท่องจำและการประเมินผลที่มุ่งเน้นความรู้แบบแยกส่วนมากกว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือออกแบบและดำเนินการสืบเสาะด้วยตนเอง (Ketsing and Roadranga 2010) ประกอบกับข้อจำกัดด้านเวลาและนโยบายการประเมินผลที่เน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการ ทำให้ครูมักกำหนดวิธีการและขั้นตอนไว้ล่วงหน้าแทนการให้นักเรียนออกแบบด้วยตนเอง (Faikhamta and Ladachart 2016) ผลลัพธ์ในการศึกษานี้จึงสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาของไทยที่ควรได้รับการพัฒนาผ่านกรอบการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเลือกวิธีการหลากหลายและการออกแบบขั้นตอนการสืบเสาะด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น



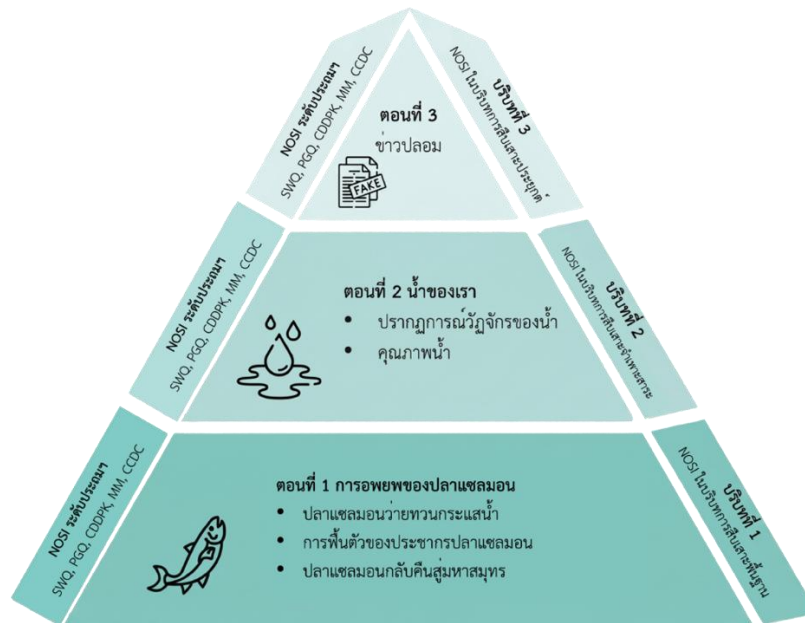
ภาพที่ 2 กราฟแสดงความเข้าใจของนักเรียนระดับประถมศึกษาทั้ง 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ

กรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมที่ผสมเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สืบเสาะสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

จากผลการวิจัยเบื้องต้นที่พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีความเข้าใจใน NOSI ทั้ง 5 ด้านหลัก ได้แก่ SWQ, PGQ, CDDPK, MM, และ CCDC โดยร้อยละ 50 โดยประมาณการและต่ำกว่า (ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 2) จากผลการวิจัยครั้งนี้จึงถูกใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ตั้งต้นที่สะท้อนสภาพความเข้าใจจริงของผู้เรียน และเป็นฐานคิดสำคัญในการกำหนดทิศทางของการออกแบบโมดูลการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ออกแบบพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านวิธีการเรียนรู้ที่ใช้แนวคิดแบบสืบเสาะและมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้วิธีการหลากหลายเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพสมรรถนะการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางหลักสูตรที่ปรับปรุงใหม่ของประเทศไทย นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมและหลักการอย่างบูรณาการศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อการพิจารณาหาโอกาสใหม่ ๆ สำหรับการคิดออกแบบและพัฒนารอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม จึงนำเสนอ “การปฏิบัติบนฐานหลักฐานเชิงประจักษ์” ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนางานที่เริ่มต้นมาจากการแพทย์ (Sackett *et al.*, 1996) และถูกประยุกต์มาใช้สู่งานทางการศึกษา (Cook *et al.*, 2012) ซึ่งเป็นเสมือนแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนริเริ่มใหม่ โดยการที่ (1) บูรณาการหลักฐานเชิงประจักษ์จากงานวิจัยที่มีคุณภาพสูง ในงานวิจัยนี้คือผลการประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะจากมุมมองเกี่ยวกับการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (2) ผสานร่วมกับบริบทความต้องการจำเป็นของผู้เรียน และ (3) สอดคล้องเป็นไปตามความเชี่ยวชาญทางวิชาชีพของครูผู้สอน

โดยสำหรับผลการศึกษานั้นจะเห็นได้ว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 มีความเข้าใจในธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันในแต่ละประเด็น โดยประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ในสัดส่วนสูงที่สุด ได้แก่ ด้าน CCDC และ CDDPK ลำดับต่อมาคือ ด้าน SWQ ในทางกลับกัน ประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ในสัดส่วนต่ำที่สุด ได้แก่ ด้าน MM และด้าน PGQ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีความเข้าใจอย่างจำกัดในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายของวิธีการสืบเสาะและการกำหนดขั้นตอนการสืบเสาะจากคำถาม ซึ่งเป็น ประเด็นที่จำเป็นต้องได้รับการส่งเสริม ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงได้ออกแบบกรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมที่มุ่งเน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติผ่านวิธีการสืบเสาะที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนในประเด็นดังกล่าวให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

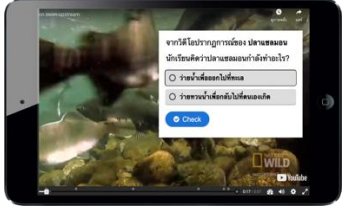
นอกจากนั้นแล้ว จากงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ก่อนหน้านี้ในวารสารวิชาการทางการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (Premthaisong and Srisawasdi, 2020; Pondee, Premthaisong and Srisawasdi, 2017; Srisawasdi and Panjaburee, 2019) อีกทั้ง Khaokhajorn and Srisawasdi (2024) ได้เสนอว่าโมดูลการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ควรออกแบบให้ผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกิจกรรมการสืบเสาะที่มีวิธีการหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้สัมผัสประสบการณ์จริงว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถดำเนินการได้ในรูปแบบที่แตกต่างตามบริบทและปรากฏการณ์ที่ศึกษา นอกจากนี้หากพิจารณาความเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานทางวิชาชีพการจัดการศึกษาของผู้สอนแล้วนั้น ผู้สอนมีประสบการณ์ทางการวิจัยและพัฒนางานส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนไทยเป็นอย่างดี (ตัวอย่างเช่น Premthaisong and Srisawasdi, 2020; Premthaisong and Srisawasdi, 2024) ดังนั้นแล้วผู้วิจัยจึงได้คิดออกแบบโมดูลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้นบนฐานคิดของการปฏิบัติบนฐานหลักฐานเชิงประจักษ์ทางการศึกษา และวิเคราะห์ออกแบบการจัดลำดับและโครงสร้างเนื้อหาการเรียนรู้เป็นไปตามแนวคิดของทฤษฎีการขยายความ ซึ่งเสนอให้จัดการเรียนรู้ตามลำดับจากเนื้อหาหรือแนวคิดในภาพรวมไปสู่เนื้อหาหรือแนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น โดยที่ผู้เรียนควรเริ่มต้นจากการเรียนรู้แนวคิดที่เรียบง่ายหรือเป็นพื้นฐาน ก่อนที่จะค่อย ๆ พัฒนาไปสู่แนวคิดหรือภาระงานที่มีระดับความซับซ้อนและความเฉพาะเจาะจงสูงขึ้น (Reigeluth and Stein, 1983) เพื่อมุ่งเน้นการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาอย่างรอบด้าน ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ “น้ำคือชีวิต” ดังแสดงในภาพที่ 3

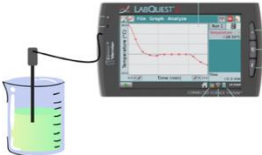


ภาพที่ 3 การนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในหลักสูตรธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์สืบเสาะ

แนวทางการประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในหลักสูตรธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วยสามระดับ ได้แก่ (i) บริบทที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น การอพยพของปลาแซลมอนและหมีกริซลี (Grizzly bear) (ii) บริบทที่ 2 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะจำเพาะสาระ เช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการกำหนดคุณภาพน้ำและการจัดการวัฏจักรน้ำเพื่อประโยชน์ต่อชีวิต และ (iii) บริบทที่ 3 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะประยุกต์ที่เชื่อมโยงกับชาวปละมเกี่ยวกับเรื่องราวของน้ำในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายและส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพใน นักเรียนระดับประถมศึกษา สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบดิจิทัลได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ ปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ เช่น แพลตฟอร์ม H5P เพื่อการสร้างเนื้อหาแบบโต้ตอบ ดิจิทัลบอร์ดเกม พร้อม ทั้งรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ 5 ประเด็นหลักของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างกรอบการจัดการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล

หัวข้อ	กิจกรรมการเรียนรู้	ตัวอย่างเครื่องมือการเรียนรู้
บริบทที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะพื้นฐาน		
ตอนที่ 1 การอพยพของปลาแซลมอน		
ประเด็น NOSI ที่สอดคล้อง ได้แก่ SWQ, PGQ, CDDPK, MM และ CCDC		
- ปลาแซลมอนว่ายทวนกระแสน้ำ - การฟื้นตัวของประชากรปลาแซลมอน - ปลาแซลมอนกลับคืนสู่มหาสมุทร	- ชมวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ผ่านแพลตฟอร์ม H5P โดยนำเสนอประเด็นหลักธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ผ่านเรื่องราวของหมีกริซลี ในอลาสก้า - ศึกษาเหตุการณ์อพยพของปลาแซลมอน และการกลับคืนสู่แหล่งกำเนิด - ทำกิจกรรมโต้ตอบที่ฝังในวิดีโอเพื่อวัดความก้าวหน้าของนักเรียน	
บริบทที่ 2 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะจำเพาะสาระ		
ตอนที่ 2 น้ำของเรา		
ประเด็น NOSI ที่สอดคล้อง ได้แก่ SWQ, PGQ, CDDPK, MM และ CCDC		

หัวข้อ	กิจกรรมการเรียนรู้	ตัวอย่างเครื่องมือการเรียนรู้
- ปรากฏการณ์วัฏจักรของน้ำ - คุณภาพน้ำ	- เรียนรู้ปรากฏการณ์วัฏจักรของน้ำผ่านดิจิทัลบอร์ดเกม - เข้าร่วมสถานีปฏิบัติการทดลองที่เน้นการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบที่หลากหลาย - เก็บข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือการปฏิบัติการทดลองแบบพกพา (Mobile laboratory) เช่น เซนเซอร์วัดค่า pH และ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	 ดิจิทัลบอร์ดเกมวัฏจักรของน้ำ  เครื่องมือการปฏิบัติการทดลองแบบพกพา
บริบทที่ 3 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะในบริบทการสืบเสาะประยุกต์		
ตอนที่ 3 ขวาลอม		
ประเด็น NOSI ที่สอดคล้อง ได้แก่ SWQ, PGQ, CDDPK, MM และ CCDC		
- สถานการณ์ข่าวปลอมในปัจจุบัน	- วิเคราะห์สถานการณ์ข่าวปลอมในปัจจุบันที่หลากหลายในบริบทของน้ำ - ใช้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้ง 5 ประเด็นหลักเป็นกรอบในการตัดสินใจว่าข้อมูลนั้นสามารถเชื่อถือได้หรือไม่ - สร้างข้อโต้แย้งที่อ้างอิงหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์	

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาแสดงความเข้าใจในระดับที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์สูงสุดจำนวน 2 ประเด็น ได้แก่ ข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC) และข้อสรุปที่พัฒนาจากข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิม (CDDPK) ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 54.50 รองลงมาคือ การสืบเสาะเริ่มต้นด้วยคำถาม (SWQ) ที่ร้อยละ 45.45 ขณะที่ประเด็นซึ่งนักเรียนยังมีความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ต่ำที่สุด ได้แก่ ขั้นตอนการสืบเสาะนำโดยคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ) ที่ร้อยละ 27.30 และวิธีการที่หลากหลาย (MM) ที่ร้อยละ 22.73

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาเข้าใจประเด็นการให้ข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC) ข้อสรุปที่พัฒนาจากข้อมูลที่รวบรวมและความรู้เดิม (CDDPK) และการเริ่มต้นสืบเสาะด้วยคำถาม (SWQ) ในสัดส่วนที่สูงกว่าประเด็นขั้นตอนการสืบเสาะนำโดยคำถามที่ตั้งขึ้น (PGQ) และวิธีการที่หลากหลาย (MM) กล่าวคือนักเรียนเข้าใจว่าข้อสรุปและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องยึดโยงกับข้อมูลหลักฐาน แต่ยังมี ความเข้าใจอย่างจำกัดเกี่ยวกับการสืบเสาะสามารถดำเนินการได้หลากหลายวิธีและวิธีการนั้นจะถูกกำหนดโดยคำถามที่ตั้งขึ้น

ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับการศึกษาระดับนานาชาติในนักเรียนระดับประถมศึกษาของ Lederman *et al.* (2024) ซึ่งพบว่าประเด็นการมีวิธีการที่หลากหลาย (MM) มีสัดส่วนความเข้าใจที่สอดคล้องโดยสมบูรณ์ต่ำที่สุด ขณะที่ประเด็นข้อสรุปต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวม (CCDC) มีสัดส่วนสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของ Lederman *et al.* (2019) และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของ Lederman *et al.* (2024) พบว่าประเด็นการมีวิธีการที่หลากหลาย (MM) เป็นประเด็นที่ผู้เรียนเข้าใจได้ยากอย่างต่อเนื่องในทุกระดับชั้น สะท้อนว่าความเข้าใจในประเด็นนี้มีได้พัฒนาสูงขึ้นตามระดับชั้นอย่างที่ควรจะเป็น สอดคล้องกับการศึกษาในบริบทไทยที่พบว่าแม้แต่ครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการก็ยังมีความเข้าใจในหลายประเด็นของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับจำกัด (Khaothajorn and Srisawasdi, 2024)

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนว่า แม้นักเรียนระดับประถมศึกษาจะเริ่มมีความเข้าใจในหลายประเด็นหลักของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมเป็นพิเศษในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายของวิธีการสืบเสาะและการกำหนดขั้นตอนการสืบเสาะจากคำถาม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัลจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการส่งเสริมความเข้าใจดังกล่าวเนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงผ่านการลงมือปฏิบัติ กำหนดคำถาม และออกแบบวิธีการสืบเสาะด้วยตนเอง ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมา ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถพัฒนาความเข้าใจในประเด็นที่ผู้เรียนเข้าใจได้ยากได้ อย่างมีประสิทธิภาพ (Cetin, 2021; Premthaisong and Srisawasdi, 2024) การศึกษาค้นคว้าจึงออกแบบกรอบการจัดการ เรียนรู้เชิงนวัตกรรม ชุดน้ำคือชีวิต ขึ้นเพื่อแก้ปัญหาความเข้าใจผิดของนักเรียนในประเด็นวิธีการที่หลากหลายและการกำหนด ขั้นตอนจากคำถามอย่างเป็นรูปธรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติผ่านวิธีการสืบเสาะที่หลากหลาย ควบคู่ กับการสะท้อนคิดและมีเป้าหมาย เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนในประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่ยังอยู่ใน ระดับจำกัดให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งนี้กรอบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถนำไปทดลองใช้จริงในโรงเรียนระดับประถมศึกษาอื่นได้ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่องในกระบวนการวิจัย และนักเรียนที่ได้ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการเก็บ ข้อมูลวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย โดยมีหมายเลข IRB HE663111 ก่อนการเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมทุกคนได้รับข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และกระบวนการของ การวิจัย และได้ให้ความยินยอมโดยการรับทราบข้อมูล (informed consent) เพื่อรับรองว่าการเข้าร่วมเป็นไปโดยสมัครใจและ มีความเข้าใจอย่างครบถ้วนเกี่ยวกับการศึกษา

References

- Abd-El-Khalick, F., BowJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. and Tuan, H.-L. (2004), Inquiry in science education: International perspectives. **Science Education**, 88(3), 397-419.
- Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, 22(7), 665–701.
- Akerson, V. L. and Bartels, S. L. (2023). Elementary science teaching: Toward the goal of scientific literacy. In N. Lederman, D. Zeidler, J. Lederman (Eds.), **Handbook of research on science education** (pp. 528–558). Routledge.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, 13(1), 1–12.
- Cetin, P. S. (2021). Effectiveness of inquiry-based laboratory instruction on developing secondary students' views on scientific inquiry. **Journal of Chemical Education**, 98(3), 756–762.
- Cigdemoglu, C. and Köseoğlu, F. (2019). Improving science teachers' views about scientific inquiry: Reflections from a professional development program aiming to advance science centre-school curricula integration. **Science & Education**, 28(3), 439–469.
- Cook, B. G., Smith, G. J. and Tankersley, M. (2012). Evidence-based practices in education. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra and J. Sweller (Eds.), **APA educational psychology handbook, Vol. 1. Theories, constructs, and critical issues** (pp. 495–527). American Psychological Association.
- Donohue, K., Buck, G. A. and Akerson, V. (2020). Where's the science? Exploring a new science teacher educator's theoretical and practical understandings of scientific inquiry. **International Journal of Research in Education and Science**, 6(1), 1–13.
- Duschl, R. A. and Grandy, R. (2013) Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. **Science & Education**, 22(9), 2109–2139.

- Faikhamta, C. and Ladachart, L. (2016). Science education in Thailand: Moving through crisis to opportunity. In **Science education research and practice in Asia: challenges and opportunities** (pp. 197-214). Singapore: Springer Singapore.
- Gai, L., Li, Y., Zheng, C., Wei, B., Jiang, Z. and Lederman, J. S. (2022). The progression of students' views about nature of scientific inquiry. **International Journal of Science Education**, 44(17), 2508–2540.
- Ketsing, J. and Roadrangka, V. (2010). A case study of science teachers' understanding and practice of inquiry-based instruction (in Thai). **Kasetsart Journal of Social Sciences**, 31(1), 1–16.
- Khaokhajorn, W. and Srisawasdi, N. (2024). Assessing pre-service science teachers' understanding of the nature of scientific inquiry to develop a sustainable technology-infused pedagogical program in teacher education. **Cogent Education**, 11(1), 2439160.
- Lazonder, A. W. and Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: effects of guidance. **Review of Educational Research**, 86(3), 681-718.
- Lederman, J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. Retrieved 18 February 2025, from **National Geographic Learning**: https://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000000028/am_lederman_teach_sci_inq_scl22-0439a.pdf
- Lederman, N. G. and Lederman, J. S. (2020). Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry. In: Akerson, V. L., Buck, G. A. (eds), **Critical Questions in STEM Education** (pp. 3-20). Springer.
- Lederman, J. S., Bartels, S., Jimenez, J., Lederman, N. G., Acosta, K., Adbo, K., Akerson, V. L., Andrade, M. A. B. S. D., Avraamidou, L., Barber, K. A., Blanquet, E., Boujaoude, S., Cardoso, R., Cesljarev, C. D., Chaipidech, P., Connolly, C. P., Crowther, D. T., Das, P. M., Dogan, Ö. K., Epitropova, A., Fukuda, N., Gai, L., Hamed, S., Han-Tosunoglu, C., Holliday, G. M., Huang, X., Khishfe, R., Koumara, A., Kraan, E., Lavonen, J., Leunga, J. S. C., Li, Y., Librea-Carden, M. R., Liu, C., Liu, S. Y., McMahon, K., Morales, M., Morrell, P. D., Neumann, I., Park, J., Penn, M., Picholle, E., Plakitsi, K., Ramnarain, U., Raykova, Z., Rico, A., Rodríguez-Marín, F., Ruiz-González, A., Rundgren, C. J., Sagun, R. D., Salonen, S., Shao, H., Srisawasdi, N., Tan, A. L., Toma, R. B., Tshering, Ünsal, Z., Vidal Carulla, C., Visnovska, J., Voitle, F., Yalaki, Y., Yoo, H. J. and Zhu, Q. (2024). Completing the progression establishing an international baseline of primary, middle and secondary students' views of scientific inquiry. **International Journal of Science Education**, 46(7), 715-731.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., Andrade, M. A. B. S. de, Atanasova, M., Blanquet, E., Blonder, R., Brown, P., Cardoso, R., Castillo-Urueta, P., Chaipidech, P., Concannon, J., Dogan, O. K., El-Deghaidy, H., Elzorkani, A., Ferdous, T., Fukuda, N., Gaigher, E., Galvis-Solano, L., Gao, Q., Guo, S., Gwekwerere, Y., Gyllenpalm, J., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., Hattingh, A., Holliday, G., Huang, X., Irez, S., Kay, G., Koumara, A., Kremer, K., Kuo, P.-C., Lavonen, J., Leung, J. S. C., Liao, Z., Librea-Carden, M. R., Lin, S.-F., Liu, C., Liu, E., Liu, S. Y., Mamlok-Naaman, R., Mcdonald, C. V., Möller, A., Morales, M., Mulvey, B. K., Neumann, I., Neurohr, A. L., Pan, Y., Panjaburee, P., Penn, M., Plakitsi, K., Picholle, E., Ramnarain, U., Raykova, Z., Rundgren, C. J., Salonen, S., Santibáñez-Gómez, D., Schwartz, R., Sharma, R., Srisawasdi, N., Takiveikata, S., Urueta-Ortiz, T., Vitlarov, K., Voitle, F. and Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made?. **International Journal of Science Education**, 43, 991-1016.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry- The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, 51(1), 65–83.
- Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: Reflections on the past, anticipations of the future. In **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching** (Vol. 7, No. 1, pp. 1-11). The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.

- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Buntting, C., Cakir, M., El-Deghaidy, H., ElZorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., Hattingh, A., Hume, A., Irez, S., Kay, G., Kivilcan Dogan, O., Kremer, K., Kuo, P. C., Lavonen, J., Lin, S. F., Liu, C., Liu, E., Liu, S. Y., Lv, B., Mamlok-Naaman, R., McDonald, C., Neumann, I., Pan, Y., Picholle, E., Rivero García, A., Rundgren, C. J., Santibáñez-Gómez, D., Saunders, K., Schwartz, R., Voitle, F., von Gyllenpalm, J., Wei, F., Wishart, J., Wu, Z., Xiao, H., Yalaki, Y. and Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. **Journal of Research in Science Teaching**, 56(4), 486–515.
- Long, J. and Hock, T.Y. (2025). Integrating the 5E model with explicit-reflective NOSI teaching to enhance pre-service science teachers' understanding of scientific inquiry. **Journal of Baltic Science Education**, 24(3), 448–464.
- Mesci, G., Erdas-Kartal, E. and Yeşildağ-Hasançebi, F. (2025). The effect of argumentation-based inquiry on preservice teachers' understanding of the nature of science, inquiry, and scientific literacy. **Teaching and Teacher Education**, 162, 105064.
- Natnivong, S. and Srisawasdi, N. (2016). Exploring Preservice Teachers' Perception of Simulation-based Learning in Physics Education: A Preliminary Study of Lao People's Democratic Republic. **Proceeding of the 25th International Conference on Computers in Education**, IIT Bombay, Mumbai.
- Pondee, P., Premthaisong, S. and Srisawasdi, N. (2017). Fostering Pre-service Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge of Mobile Laboratory Learning in Science. **Proceeding of the 25th International Conference on Computers in Education** (pp. 572-577). New Zealand: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Premthaisong, S. and Srisawasdi, N. (2020). Supplementing elementary science learning with multi-player digital board game: A pilot study. **Proceeding of the 24th International Conference on Computers in Education** (pp. 199-207). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Premthaisong, S. and Srisawasdi, N. (2024). An effect of technology-infused active inquiry learning in primary school science on students' conceptions of learning science. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 20(6), em2463.
- Reigeluth, C. M. and Stein, R. (1983). Elaboration theory. In C. M. Reigeluth (Ed.). **Instructional-design theories and models: An overview of their current status** (pp.335–381). Lawrence Erlbaum.
- Roberts, D. A. and Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In N. G. Lederman and S. K. Abell (Eds.), **Handbook of research on science education** (Vol. 2, pp. 559–572). Routledge.
- Sackett, D. L., Rosenberg W. M., Gray J. M., Haynes R. B., Richardson W. S. (1996). Evidence based medicine: What it is and what it isn't. **BMJ**, 312(7023), 71–72.
- Schwartz, R. and Lederman, N. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. **International Journal of Science Education**, 30(6), 727–771.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. and Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education**, 88(4), 610-645.
- Srisawasdi, N. and Panjaburee, P. (2019). Implementation of game-transformed inquiry-based learning to promote the understanding of and motivation to learn chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, 28, 152–164.
- Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. **Science and Education**, 30, 557–587.