



The Problem-Based Learning to Promote Understanding of Scientific Concepts and Critical Thinking on Solids and Fluids for Grade 12 Students

Anuthida Terngsungnern^{1,*} and Paisarn Worakham¹

¹*Master of Education Program in Science Education Program, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University*

**Email: a.anuthida.t@gmail.com*

Received <25 Mar. 2026>; Revised <5 Jul. 2026>; Accepted <6 Jul. 2026>

Abstract

Purpose concise this study aimed to 1) investigate students' understanding of scientific concepts on solids and fluids through Problem-Based Learning (PBL) and 2) compare their critical thinking before and after the intervention. The sample group consisted of 40 Grade 12 students in the Science–Mathematics program, during the first semester of the 2025 academic year. The research instruments included: 1) four lesson plans of Problem-Based Learning on Solids and Fluids, with a total instructional time of 12 hours; 2) a two-tier multiple choice test for measuring students' understanding of scientific concepts on solids and fluids. Part 1: Multiple-choice questions with four options. Part 2: Justifications for choosing the correct multiple-choice answer; and 3) a four-option multiple-choice critical thinking test, consisting of 12 items. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and a dependent samples t-test. Results after intervention were 1) students demonstrated CU (22.37%), PU (35.25%), SM (28.87%), and NU/NR (12.25%) and 2) the comparison of critical thinking scores of the students in Problem-Based Learning indicated that the mean score of critical thinking after the instruction was significantly higher than that before the instruction at the .05 level of significance. These findings suggest that PBL can effectively enhance students' conceptual understanding and critical thinking in physics learning.

Keywords: Problem-Based Learning; Understanding of Scientific Concepts; Critical Thinking; Solids and Fluids

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมี วิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

อนธิดา เทิงสูงเนิน^{1*} และ ไพศาล วรคำ¹

¹หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Email: a.anuthida.t@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล เป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน (Two-Tier Multiple Choice Test) ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น 3) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ร้อยละ 22.37 มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 35.25 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 28.87 ไม่เข้าใจและไม่ตอบ ร้อยละ 12.25 2) ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการเรียนฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน; ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์; การคิดอย่างมีวิจารณญาณ; ของแข็งและของไหล

บทนำ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล อันจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัลที่มีข้อมูลจำนวนมาก นักเรียนจึงต้องสามารถประเมิน แยกแยะ และตีความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (National Research Council, 2012) ในระดับนโยบาย การพัฒนาทักษะดังกล่าวเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาของไทย โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) และนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการได้เน้นการเสริมสร้างความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและสังคม (Ministry of Education, 2022) ทั้งนี้ การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่กับมิติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และต่อยอดการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลและเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริง (Driver, Guesne and Tiberghien, 1985)

แม้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ แต่ยังคงพบว่ามีนักเรียนจำนวนมากขาดทักษะดังกล่าวและมีมิติที่คลาดเคลื่อนอย่างต่อเนื่อง การคิดอย่างมีวิจารณญาณช่วยให้สามารถประเมินข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และสร้างความเข้าใจเชิงลึกได้ (Zohar and Dori, 2003) อย่างไรก็ตาม แนวทางการสอนแบบดั้งเดิมที่เน้นการบรรยายและการท่องจำ รวมถึงการประเมินที่มุ่งวัดความจำมากกว่าการใช้เหตุผล ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสในการตั้งคำถาม สืบค้น และเชื่อมโยงความรู้ (Chin and Brown, 2000; Özdemir and Clark, 2007) ข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมหรือซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง และนำไปสู่แนวโน้มที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมักเกิดจากการตีความข้อมูลโดยขาดการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เช่น ความเชื่อที่ว่าฤดูกาลเกิดจากระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ทั้งที่จริงเกิดจากความเอียงของแกนโลก (Sadler, 2004) ดังนั้น การขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการสร้างและปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง และจำกัดความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม นักเรียนจำนวนมากยังขาดทักษะดังกล่าว ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้และศักยภาพในการแข่งขันในศตวรรษที่ 21 ในระดับนานาชาติ ผลการประเมิน PISA ชี้ว่านักเรียนในหลายประเทศยังมีข้อจำกัดในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ซึ่งสะท้อนผลของการเรียนการสอนที่เน้นความจำมากกว่าการคิดเชิงลึก (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2018; DeBoer, 2011) สำหรับประเทศไทย ทั้งผลการทดสอบ PISA และ O-NET แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีปัญหาในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน โดยมีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2020; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2019) เช่น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี ปีการศึกษา 2566–2567 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เพียง 29.96 และ 26.16 จาก 100 คะแนน (National Institute of Educational Testing Service, 2025) ปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งเกิดจากมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น (Talanquer, 2017) แม้งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนใหญ่ยังแยกศึกษาทักษะออกจากกัน และขาดการบูรณาการการพัฒนาการคิดควบคู่กับการปรับมโนคติในเนื้อหาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเฉพาะในบริบทโรงเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ ซึ่งยังมีงานวิจัยในประเทศไทยค่อนข้างจำกัด

การแก้ไขปัญหาคือความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาควบคู่กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดใหม่อย่างถูกต้อง และสามารถตรวจสอบ ปรับเปลี่ยน และขยายความรู้ของตนได้อย่างต่อเนื่อง แนวทางที่ส่งเสริมกระบวนการคิด เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้คำถามระดับสูง และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ล้วนช่วยพัฒนาทักษะดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (King, 1994; Zohar and Dori, 2003) จากแนวทางที่กล่าวมา การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีความโดดเด่น เนื่องจากกระตุ้นการมีส่วนร่วมและการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการแก้ปัญหาจริงหรือสถานการณ์จำลอง โดยเปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากผู้รับความรู้เป็นผู้แสวงหาความรู้เชิงรุก ทำให้เกิดการเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ และพัฒนาความเข้าใจเชิงลึก นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ส่งเสริมการค้นคว้า การพิจารณาทางเลือก และการอภิปรายร่วมกัน ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง และแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ertmer and Simons, 2006) จากการสำรวจความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องของแข็งและของไหล นิยมใช้เครื่องมือ เช่น แบบทดสอบวินิจัย การให้เหตุผลประกอบ

คำตอบ และการสัมภาษณ์ เพื่อจำแนกระดับความเข้าใจของนักเรียนและวิเคราะห์ลักษณะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนพัฒนาการของความเข้าใจเชิงมโนคติ เช่น ความเข้าใจที่สมบูรณ์ ความเข้าใจบางส่วน และมโนคติคลาดเคลื่อน (Talanquer, 2018; Gurel, Eryilmaz and McDermott, 2022) ขณะเดียวกัน งานวิจัยด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณมักใช้เครื่องมือในลักษณะสถานการณ์ปัญหา เพื่อประเมินความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล การให้เหตุผล และการตัดสินใจอย่างมีหลักฐาน (Facione, 2011)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของนักเรียน แม้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหา แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังขาดการศึกษาที่บูรณาการการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่กับการส่งเสริมความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างชัดเจน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวทางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ โดยพัฒนาแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่จัดกลุ่มระดับความเข้าใจของนักเรียน และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรูปแบบสถานการณ์ ให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อสะท้อนทั้งผลลัพธ์ด้านความเข้าใจและกระบวนการคิดของนักเรียนได้อย่างครอบคลุม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ซึ่งการวิจัยนี้มุ่งเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในบริบทจริงของสถานศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
2. เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบแผนกลุ่มเดียวมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) (Worakham, 2024)

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ 1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) คู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยอ้างอิงแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย กำหนดปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา ดำเนินการค้นคว้า สังเคราะห์ความรู้ สรุปและประเมินผลคำตอบ และนำเสนอผลการแก้ปัญหา 2) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานเป็นรายวิชาฟิสิกส์ 5 เรื่อง ของแข็งและของไหล

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนคติ	สถานการณ์ ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
19	สภาพ ยืดหยุ่น ของวัสดุ	อธิบายสภาพยืดหยุ่นและ ลักษณะ การยืด และหดตัวของวัสดุ ที่เป็นแท่ง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่า ต่าง ๆ	สภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืด	สะพานแขวน กลางหมู่บ้าน	3
20	มอดูลัส ของยัง	อธิบายและคำนวณความ เค้นตามยาว ความเครียด ตามยาว และมอดูลัสของ ยัง	ความเค้นตามยาว, ความเครียด ตามยาว, มอดูลัสของยัง	โต๊ะเรียนเหล็ก ที่โคลงเคลง	3
21	ความดัน ในของ ไหล	อธิบายและคำนวณความ ดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศใน ของไหล	ความดันเกจ, ความดันสัมบูรณ์, ความดันบรรยากาศ, หลักการ ทำงานของแมนอมิเตอร์ บาร์อมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	แรงดันปริศนา ในปั้มน้ำ	3
22	แรงพุง จากของ ไหล	อธิบายขนาดแรงพุงจาก ของไหล	แรงพุงจากของไหล	ทำไมเรือไม่จม	3
รวม					12

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 4 แผนการเรียนรู้ มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด ดังนี้

- แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 (S.D. = 0.48)
- แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องมอดูลัสของยัง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 (S.D. = 0.49)
- แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความดันในของไหล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 (S.D. = 0.49)
- แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงพุงจากของไหล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 (S.D. = 0.50)

สถานการณ์ปัญหาแรงดันปริศนาในบิมน้ำ

ในช่วงฤดูแล้งที่ผ่านมา หมู่บ้านบ้านห้วยนาคาเริ่มประสบปัญหาน้ำประปาไหลเบาหรือบางครั้งก็ไม่ไหลเลย ชาวบ้านหลายคนบ่นว่าเปิดก๊อกน้ำแล้วได้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือบางจุดไม่มีน้ำไหลออกมาเลย ทั้งที่หมู่บ้านมีบิมน้ำไฟฟ้าขนาดกลางติดตั้งอยู่บริเวณบ่อบาดกลางหมู่บ้าน นายอรุณ ซึ่งเป็นช่างประจำหมู่บ้านได้เข้าไปตรวจสอบระบบและพบว่าบิมน้ำทำงานตามปกติ ไม่มีการรั่วของท่อน้ำ และแรงดันที่วัดได้จากเกจวัดบิมน้ำก็อยู่ในเกณฑ์ที่ควรจะดันน้ำขึ้นไปยังบ้านเรือนได้ แต่แรงดันที่ปลายท่อน้ำในบ้านหลายหลังกลับต่ำผิดปกติ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ปัญหาที่ครูได้กำหนดขึ้น ระบุสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาลงในกระดาษรูป แล้วให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

1. อธิบายว่า แรงดันในของไหลเกี่ยวข้องกับปัจจัยใดบ้าง

.....

.....

.....

2. สาเหตุใดที่ทำให้แรงดันที่ปลายท่อน้ำลดลงได้ ทั้งที่บิมน้ำยังทำงานตามปกติ โดยให้เหตุผลอย่างน้อย 2 ข้อ

.....

.....

.....

3. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับหลักการความดันในของไหลได้หรือไม่

.....

.....

.....

ภาพที่ 1 ตัวอย่างเครื่องมือวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้

2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้ 1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และศึกษาโจทย์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลายเพื่อนำมาประกอบการสร้างแบบทดสอบ 2) สร้างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล โดยสร้างแบบทดสอบตาม Odom and Kelly (2001) เป็นข้อสอบแบบ 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นจำนวน 30 ข้อ ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 2

1. ถัดตั้งแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวขนานกับแกนของแท่งโลหะ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับวัสดุ
 - ก. วัสดุจะหดตัวในแนวดิ่ง
 - ข. วัสดุจะยืดตัวในแนวดิ่ง
 - ค. วัสดุจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง
 - ง. วัสดุจะบิดตัว
- เหตุผล.....
-
-

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า แบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความเที่ยงตรงโดยค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 4) นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก จึงคัดเลือกแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ใช้เก็บข้อมูล ให้เหลือจำนวน

20 ข้อ โดยแบบทดสอบวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.50 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.72

3) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้ 1) ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกำหนดจุดมุ่งหมายของการวัดและสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2) สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก 5 สถานการณ์ จำนวน 20 ข้อ ใช้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน, การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย, การตัดสินใจแก้ปัญหา, การตัดสินใจประเมินผล ตัวอย่างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังภาพที่ 3

สถานการณ์ที่ 1 การติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคา

โรงเรียนแห่งหนึ่งกำลังพิจารณาติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อลดค่าไฟฟ้าและสอนนักเรียนเรื่องพลังงานสะอาด นักเรียนบางส่วนเสนอให้ใช้แผงขนาดใหญ่เพื่อเก็บพลังงานมากขึ้น แต่บางคนกังวลเรื่องน้ำหนักบนหลังคาและค่าใช้จ่ายเริ่มต้น วิศวกรแนะนำว่าหลังคาที่รับน้ำหนักได้จำกัด ควรเลือกแผงขนาดพอเหมาะ แต่ติดตั้งหลายชุดกระจายกันเพื่อป้องกันโครงสร้างเสียหาย โรงเรียนต้องตัดสินใจว่าจะเลือกประหยัดพลังงานสูงสุด หรือลดความเสี่ยงต่อโครงสร้าง

จากสถานการณ์ต่อไปให้ตอบคำถามจากข้อ 1-4

1. ข้อกังวลเรื่องน้ำหนักหลังคาเกี่ยวข้องกับหลักฟิสิกส์ใด

- ก. ความหนาแน่น
- ข. การนำไฟฟ้า
- ค. การสะท้อนแสง
- ง. ความดันและการกระจายแรง

2. ถ้าใช้แผงขนาดพอเหมาะ กระจายทั่วหลังคา ผลลัพธ์ที่ควรเกิดขึ้นคือ

- ก. หลังคาทรุดลงทันที
- ข. ลดโอกาสโครงสร้างเสียหาย
- ค. ผลิตไฟฟ้าไม่ได้เลย
- ง. เพิ่มอุณหภูมิห้องเรียน

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความเที่ยงตรงโดยค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 4) นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก จึงคัดเลือกแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ใช้เก็บข้อมูล ให้เหลือ 3 สถานการณ์ จำนวน 12 ข้อ โดยแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.65-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.45 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.64

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำเครื่องมือ ที่ผ่านการหาคุณภาพแล้วไปทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการขอรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หมายเลขสำคัญโครงการ HE000067 046/2568
2. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และทำการทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน
3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง
4. ผู้วิจัยทำการวัดความเข้าใจโน้ตทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
5. ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้

6. ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ของแข็งและของไหล โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

1. ศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1.1. นำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามองค์ประกอบของคำตอบ แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง บางส่วน และมีคำอธิบายบางส่วนที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ไม่ตอบ (No Response: NR) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

1.2. นำจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาความถี่ และค่าร้อยละ (%)

2. เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเรียนโดยใช้สถิติทดสอบสมมุติฐาน t-test (Dependent Samples)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลปรากฏดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

มโนคติ	ข้อที่	ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์							
		CU		PU		SM		NU/NR	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ	1,2	13	16.25	29	36.25	32	40.00	6	7.50
ความเค้นตามยาว	3,4	16	20.00	32	40.00	20	25.00	12	15.00
ความเครียดตามยาว	5,6	14	17.50	25	31.25	30	37.50	11	13.75
มอดูลัสของยัง	7,8	16	20.00	34	42.50	23	28.75	7	8.75
ความดันแก๊ส	9,10	17	21.25	28	35.00	24	30.00	11	13.75
ความดันสัมบูรณ์	11,12	19	23.75	25	31.25	26	32.50	10	12.50
ความดันบรรยากาศ	13,14	20	25.00	32	40.00	21	26.25	7	8.75
หลักการทำงานของ แมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่อง อัดไฮดรอลิก	15,16	19	23.75	26	32.50	25	31.25	10	12.50
แรงพยุงจากของไหล	17-20	45	28.13	51	31.88	40	25.00	24	15.00

มโนคติ	ข้อที่	ความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์							
		CU		PU		SM		NU/NR	
		ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
รวม		179	22.37	282	35.25	231	28.87	98	12.25

*หมายเหตุ CU หมายถึง ความเข้าใจที่สมบูรณ์, PU หมายถึง ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, SM หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน, NU หมายถึง ความไม่เข้าใจ และ NR หมายถึง ไม่ตอบ

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการศึกษาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจาได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) ร้อยละ 12.25 โดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในทุกมโนคติที่ศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และลดระดับความไม่เข้าใจ (NU) ได้ เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทจริง ทำให้นักเรียนต้องใช้ความรู้เดิมร่วมกับการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเริ่มพัฒนาความเข้าใจในมโนคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ค่อนข้างสูง แม้ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้ว ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมโนคติเดิมของนักเรียนมีความฝังแน่นและยากต่อการปรับเปลี่ยน ประกอบกับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่อาจยังไม่สามารถสร้างความขัดแย้งทางความคิด (Cognitive Conflict) ได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนยังคงผสมผสานความเข้าใจเดิมร่วมกับความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pacaci, Yilmaz and Sadi (2023) ที่พบว่า แม้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปรับเปลี่ยนมโนคติจะสามารถพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ แต่มโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วนยังคงปรากฏอยู่ เนื่องจากผู้เรียนมักยึดโยงความรู้ใหม่เข้ากับประสบการณ์และความเชื่อเดิมของตนเอง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะช่วยยกระดับความเข้าใจของนักเรียนได้ แต่การแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อนยังจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนมโนคติอย่างเป็นระบบมากขึ้น

แนวคิดเรื่องสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ ความเครียดตามยาว ความเค้นตามยาวและมอดุลัสของยัง พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งโลหะเมื่อดึงแท่งโลหะด้วยแรงขนาดคงที่ในแนวนานกับแกนของแท่ง โดยระบุทิศทางของวัสดุได้ว่าวัสดุจะยืดตัวในแนวตั้ง แต่ให้คำอธิบายไม่สมบูรณ์ว่าอนุภาคของโลหะถูกแยกออกจากกันในแนวที่ตั้ง และทำไมวิศวกรต้องคำนึงถึงความเค้นตามยาว แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า การออกแบบโครงสร้างต้องคำนึงความแข็งแรงที่จะสามารถรับน้ำหนักได้ แต่ที่ถูกต้องคือ การออกแบบต้องพิจารณาความแข็งแรงของวัสดุต่อแรง เพื่อป้องกันการพังทลายของโครงสร้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brown, Montfort and Findley (2007) ที่ได้ศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาเกี่ยวกับสถานะของความเค้นในวิชากลศาสตร์ของวัสดุ พบว่า นักศึกษาที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์ไม่สามารถเชื่อมโยงความเค้นภายในกับการกระทำของแรงที่มากระทำได้ แม้นักศึกษาเพิ่งจบการเรียนการสอนในรายวิชากลศาสตร์ของวัสดุ แต่ส่วนใหญ่ก็ยังไม่สามารถให้คำจำกัดความของความเค้นได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soeharto and Csapó (2021) ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะเข้าใจบางส่วน โดยยังไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์กับการอธิบายเชิงเหตุผลได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระหว่างระดับมหภาคและระดับจุลภาค

ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดความเครียดตามยาว ความเค้นตามยาวและมอดุลัสของยัง พบว่านักเรียนสามารถระบุตัวอย่างที่ไม่มีสภาพยืดหยุ่นได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า ดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่น เพราะดินน้ำมันไม่สามารถยืดออกได้เหมือนยางหรือสปริง แต่ที่ถูกต้องคือสภาพยืดหยุ่นหมายถึงวัตถุสามารถคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อไม่มีแรงกระทำ ซึ่งดินน้ำมันไม่มีสภาพยืดหยุ่น นักเรียนยังสับสนระหว่างยืดได้กับสภาพยืดหยุ่น และสามารถระบุได้ว่าเหตุใดสายเปียโนจึงต้องทำจากวัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เสียรูปนอຍในวัสดุที่มีค่าต่ำ แต่ที่ถูกต้องคือ วัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูงจะต้านทานการยืดตัว ทำให้สายดนตรีตึงแน่นและให้เสียงที่เสถียร แต่ตามหลักฟิสิกส์วัสดุที่มีมอดุลัสของยังสูง จะยืดหรือเสียรูปได้น้อยกว่าเมื่อถูกแรงกระทำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ma'ruf, Sultan and Jani (2024) ที่พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนคติในเรื่องสภาพยืดหยุ่นและกฎของฮุกในระดับต่ำ และยังปรากฏลักษณะการตอบที่เลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการประเมินผลที่พิจารณาเฉพาะคำตอบอาจไม่เพียงพอในการสะท้อนความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน

แนวคิดเรื่องความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ ความดันบรรยากาศ หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าทำไมต้องใช้ความดันเกจในการควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรมได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เพราะจะทำให้สามารถควบคุมความดันภายในเครื่องจักรได้ แต่ที่ถูกต้องคือ การควบคุมแรงดันภายในระบบให้ปลอดภัย ต้องทราบค่าความดันในเครื่องมากหรือน้อยกว่าบรรยากาศเท่าใด แต่นักเรียนไม่ได้ระบุว่า ความดันเกจคือความดันที่วัดเทียบกับความดันบรรยากาศ และพบว่านักเรียนระบุถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า เมื่อลดความดันในท่อ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมา แต่ที่ถูกต้องคือ การสูบน้ำต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบน้ำออกจากท่อ แต่นักเรียนยังไม่ได้อธิบายบทบาทของความดันบรรยากาศโดยตรง และใช้แนวคิดแรงดูดแทนแรงดันจากบรรยากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanjaya (2023) ที่ศึกษาลักษณะนิมิตที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องความดันของสาร พบว่านักเรียนจำนวนมากยังมีนิมิตคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความดันของสาร โดยเฉพาะการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความดันของแก๊สและของเหลว ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการตีความบทบาทของความดันบรรยากาศและกลไกการเกิดปรากฏการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนจำนวนหนึ่งแม้จะมีความเข้าใจในบางส่วน แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Resbiantoro, Setiani and Dwikoranto (2022) ที่อธิบายว่า แนวคิดทางฟิสิกส์เกี่ยวกับความดันและของไหลเป็นแนวคิดเชิงนามธรรมที่ผู้เรียนมักตีความจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้เกิดการใช้แนวคิด “แรงดูด” แทนการอธิบายด้วยหลักความดันบรรยากาศตามหลักวิทยาศาสตร์

ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ ความดันบรรยากาศ หลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่านักเรียนระบุถึงบทบาทของความดันบรรยากาศได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เมื่อเพิ่มความดันในท่อ น้ำก็ถูกดูดขึ้นมา แต่ที่ถูกต้องคือ การสูบน้ำต้องอาศัยความดันบรรยากาศที่ดันน้ำขึ้นมาเมื่อสูบน้ำออกจากท่อ ซึ่งการสูบน้ำไม่ใช่การเพิ่มความดันในท่อ แต่เป็นการลดความดันในท่อให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และนักเรียนระบุสาเหตุที่คนนิยมใช้ปรอทในบารอมิเตอร์แทนการใช้น้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะปรอทระเหยได้ง่ายกว่าน้ำ แต่ที่ถูกต้องคือ ปรอทถูกเลือกใช้ในบารอมิเตอร์ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ (1) ปรอทมีความหนาแน่นสูง ทำให้ความสูงของปรอทในท่อน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ และ (2) ปรอทมีความดันไอต่ำที่อุณหภูมิห้อง หมายความว่าไม่ระเหยง่ายเหมือนน้ำ ทำให้การวัดคงที่และแม่นยำกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Leong, Perera and Shahrill (2015) ที่ศึกษาช่องว่างของความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการอ่านค่าแมนอมิเตอร์ พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลัก 2 ประการ (1) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการมีอยู่ของความดันอากาศ โดยนักเรียนไม่สามารถตระหนักถึงการมีอยู่ของความดันอากาศได้ เนื่องจากผลของความดันอากาศมักไม่ชัดเจนและไม่สามารถตรวจจับได้โดยตรง นอกจากนี้ยังพบ (2) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการตีความระดับของของเหลวในหลอดแมนอมิเตอร์ผิดพลาด โดยนักเรียนเข้าใจว่าระดับของเหลวที่สูงในด้านหนึ่งของหลอดหมายถึงความดันที่กระทำต่อด้านนั้นมีค่าสูง และในทางกลับกัน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้เกิดจากการที่นักเรียนยังไม่เข้าใจว่าความดันของอากาศและความดันของแก๊สสามารถทำให้ระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงได้

แนวคิดเรื่องวิทยาศาสตร์เรื่องแรงพุงจากของไหล พบนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ว่าสามารถระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า น้ำเค็มมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้แรงพุงเพิ่ม แต่ที่ถูกต้องคือ การเติมเกลือลงในน้ำจะเพิ่มความหนาแน่นของน้ำ ทำให้แรงพุงที่กระทำต่อวัตถุมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักปรากฏของวัตถุในน้ำเกลือนลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แต่น้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายถึงน้ำหนักของวัตถุว่าเปลี่ยนหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุวัตถุนิตเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำ แต่ให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ว่า วัตถุนิตใหญ่จึงถูกน้ำพุงมากกว่า แต่ที่ถูกต้องคือ แรงพุงแปรผันตรงกับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพุงมากกว่า และเมื่อวัตถุมวลเท่ากัน วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ดีกว่า ส่วนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ในแนวคิดเกี่ยวกับแรงพุงจากของไหลพบว่าระบุการประยุกต์ใช้หลักการแรงพุงในชีวิตประจำวันได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า เพราะการใช้เกลือละลายในน้ำ เพิ่มความหนาแน่นของน้ำ จึงทำให้น้ำหนักของวัตถุเพิ่มขึ้น แต่ที่ถูกต้องคือ นักเรียนต้องอธิบายว่าการเติมเกลือลงในน้ำจะเพิ่มความหนาแน่นของน้ำ ทำให้แรงพุงที่กระทำต่อวัตถุมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักปรากฏของวัตถุในน้ำเกลือนลดลงเมื่อเทียบกับในน้ำธรรมดา แต่น้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถระบุผลของการนำวัตถุนิตเดียวกันสองชิ้นที่มีมวลเท่ากันแต่ขนาดต่างกันไปวางในน้ำได้ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า วัตถุที่มีขนาดใหญ่มีมวลมากกว่า จึงถูกน้ำพุงมากกว่า แต่ที่ถูกต้องคือ แรงพุงแปรผันตรงกับปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะได้รับแรงพุงมากกว่า และเมื่อมวลเท่ากัน วัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงลอยได้ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bozkurt and Yildirim (2022) ที่ศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาครุสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงพุงจากของไหล พบว่านักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการ

เคลื่อนที่ของวัตถุที่ลอยอยู่ เมื่อวัตถุถูกกดให้จมและปล่อยให้มันเป็นอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางประการ เมื่อให้พิจารณาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงพยุงจากของไหลบนดาวเคราะห์ที่มีค่าความเร่งโน้มถ่วงแตกต่างจากโลก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putri *et al.* (2022) ที่พบว่านักเรียนมักสับสนระหว่างน้ำหนักจริงกับน้ำหนักปรากฏ รวมถึงเชื่อว่าการเพิ่มความหนาแน่นของของไหลส่งผลให้น้ำหนักของวัตถุเพิ่มขึ้น ทั้งที่ในความเป็นจริงเป็นการเพิ่มแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุ นอกจากนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sari, Nurhayati and Erman (2023) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างมโนทัศน์ผ่านสถานการณ์จริงและการทดลอง สามารถช่วยลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแรงพยุงและสมบัติของของไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงพยุง ความหนาแน่น และการลอยตัวของวัตถุได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในมิติของครูผู้สอนที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดด้านพื้นฐานความรู้หรือแหล่งข้อมูลที่ใช้ นอกจากนี้ หนังสือเรียนที่ขาดความถูกต้องเชิงมโนคติ ตลอดจนวิธีการสอนและสื่อการเรียนรู้ที่ไม่สอดคล้องกับบริบทและเป้าหมายการเรียนรู้ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Soeharto *et al.* (2019) ที่ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือประเมินเชิงวินิจัย ที่ชี้ให้เห็นว่าเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากในหลายสาขาเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมโนคติคลาดเคลื่อนในนักเรียน และการวินิจฉัยมโนคติจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เนื่องจากเครื่องมือแต่ละประเภทสามารถสะท้อนระดับความเข้าใจของนักเรียนได้แตกต่างกัน ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการประเมินความเข้าใจของนักเรียนควรพิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผลควบคู่กัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับมโนคติที่แท้จริง ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นและตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ให้นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการสืบค้นข้อมูล การลงมือปฏิบัติ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เดิม บูรณาการความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเผชิญกับสถานการณ์ที่ท้าทายความคิดเดิม มีบทบาทสำคัญในการลดมโนคติคลาดเคลื่อน และส่งเสริมความเข้าใจที่ถูกต้องได้

2. ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาจากโครงสร้าง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน 2) การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย 3) การตัดสินใจแก้ไขปัญหา 4) การตัดสินใจประเมินผล ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติที่ (t-test Dependent Samples) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยใช้สถิติที่ (n=40)

การคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	df	t	sig.
การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน	3	ก่อนเรียน	2.20	0.76	39	3.009*	0.005*
		หลังเรียน	2.55	0.55			
การสร้างข้อสรุปโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือการนิรนัย	3	ก่อนเรียน	1.90	0.84	39	5.827*	0.000*
		หลังเรียน	2.45	0.55			
การตัดสินใจแก้ไขปัญหา	3	ก่อนเรียน	2.05	0.82	39	4.284*	0.000*
		หลังเรียน	2.45	0.64			
การตัดสินใจประเมินผล	3	ก่อนเรียน	2.23	0.83	39	3.591*	0.001*

การคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>sig.</i>
		หลังเรียน	2.55	0.68			
รวม	12	ก่อนเรียน	8.38	1.94	39	8.954*	0.000*
		หลังเรียน	10.00	1.55			

หมายเหตุ *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ว่าจะเป็นรายด้านหรือภาพรวม มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า ด้านที่นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุดคือด้านการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐาน ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ต้องอาศัยการใช้เหตุผลและหลักฐานในการอธิบายหรือแก้ปัญหา นักเรียนจึงต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล เปรียบเทียบข้อโต้แย้งหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของหลักฐานก่อนที่จะสรุปคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อกล่าวอ้างหรือเหตุผลที่ใช้สนับสนุนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การกล่าวอ้าง หรือหลักฐานของนักเรียนพัฒนาสูงขึ้นหลังการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Facione and Gittens (2015) ที่กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถในการวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง การพิจารณาหลักฐาน และการประเมินความสมเหตุสมผลของข้อกล่าวอ้างก่อนการตัดสินใจ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saputri, Sajidan and Rinanto (2020) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนต้องใช้กระบวนการตั้งคำถาม ค้นหาข้อมูล และอภิปรายเหตุผลร่วมกันในกลุ่มและด้านที่นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุดคือด้านการตัดสินใจประเมินผล ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับบริบทจริง ซึ่งกระตุ้นให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูล หลักฐาน และเหตุผลก่อนที่จะสรุปคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา กระบวนการดังกล่าวเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล เปรียบเทียบแนวคิดหลายแนวทาง และตัดสินใจเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จึงส่งผลให้ความสามารถด้านการตัดสินใจประเมินผล ของนักเรียนพัฒนาสูงขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sulaiman, Rahman and Dzulkifli (2017) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนต้องใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินข้อโต้แย้ง และตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ผลการวิจัยที่พบสอดคล้องกับผลวิจัยของ Naowchang, Jindanurak and Chaowakeeratipong (2020) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงความรู้ และการตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jarutan and Phadthaisong, (2024) ได้ศึกษาการพัฒนา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยการออกแบบกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น และได้ฝึกกระบวนการคิดในสถานการณ์ที่หลากหลาย ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงโมเดลได้ดียิ่งขึ้น

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีส่วนช่วยสำคัญในการปรับเปลี่ยนมโนคติทางฟิสิกส์ของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา พิจารณาหลักฐาน และตรวจสอบความคิดของตนเองอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ตระหนักถึงความคลาดเคลื่อนและปรับความเข้าใจตนเองไปสู่โมเดลที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงไม่เพียงเป็นผลลัพธ์ของการเรียนรู้ แต่ยังเป็นกลไกที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการศึกษาความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 22.37 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ร้อยละ 35.25 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (SM) ร้อยละ 28.87 ความไม่เข้าใจ (NU) และไม่ตอบ (NR) ร้อยละ 12.25

2. ผลการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ของแข็งและของไหล มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมและรายด้านสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ การอธิบายเชิงเหตุผล และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียน โดยเริ่มจากปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมาก และค่อย ๆ เพิ่มระดับความยาก เพื่อให้ นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ได้

4. เครื่องมือวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.64 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่นิยมยอมรับ 0.70 แต่ผู้วิจัยพิจารณาว่าสามารถยอมรับได้ในระดับเบื้องต้น เนื่องจากลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบทดสอบสถานการณ์ที่มุ่งวัดกระบวนการคิดเชิงซับซ้อน ซึ่งอาจส่งผลให้ความสอดคล้องภายในของข้อคำถามไม่สูงมาก อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยควรมีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือให้มีคุณภาพสูงขึ้นในงานวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ครูผู้สอนควรขยายกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านระดับชั้นต่าง ๆ และบริบทของนักเรียน เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถอ้างอิงและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

2. ควรเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) หรือการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เพื่อศึกษาความเหมาะสมและประสิทธิผลของแต่ละรูปแบบในการส่งเสริมความเข้าใจในมิติและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

จริยธรรมการวิจัย

ในการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ผู้วิจัยได้ทำการขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักในความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตรายและหลักความยุติธรรม ไม่มีการบังคับหรือชักจูง ผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัวได้ทุกเมื่อและไม่มีผลกระทบต่อการได้รับบริการหรือผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับของผู้เข้าร่วมแต่อย่างใด หมายเลขสำคัญโครงการ HE000067 ลำดับที่ 046/2568

References

- Bozkurt, E. and Yildirim, F. S. (2022). Determining the Misunderstandings of Physics and Science Teacher Candidates about the Events Related to the Buoyancy Force. **Pegem Journal of Education and Instruction**, 12(1), 222-231.
- Brown, S., Montfort, D. and Findley, K. (2007). Development, Implementation, and Assessment of a Bending Stress Tutorial. In **2007 37th Annual Frontiers in Education Conference Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports** (pp. T3C-15). IEEE.
- Chin, C. and Brown, D. E. (2000). Learning in Science: A Comparison of Deep and Surface Approaches. **Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching**, 37(2), 109-138.
- DeBoer, G. E. (2011). The globalization of science education. **Journal of Research in Science Teaching**, 48(6), 567-591.
- Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985). The learning of science. In **Children's ideas in science** (pp. 1-9). Open University Press.
- Ertmer, P. A. and Simons, K. D. (2006). Jumping the PBL Implementation Hurdle: Supporting the Efforts of K–12 Teachers. In C. E. Hmelo-Silver, G. Halverson, and D. C. Woods (Eds.), **Problem-based learning: A research perspective on learning interactions** (pp. 147-178). Routledge.
- Facione, P. A. and Gittens, C. A. (2015). Mapping Decisions and Arguments. **Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines**, 30(2), 17-53.
- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. **Insight assessment**, 1(1), 1-23.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. and McDermott, L. C. (2022). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 18(3), 1-17.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2020). **Indicators and core learning contents: Science learning area (Revised B.E. 2560) according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551**. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Press.
- Jarutan, P. and Phadthaisong, P. (2024). Development of Problem-Based Science Learning Activities to Enhance Critical Thinking Ability for Grade 9 Students (in Thai). **Journal of MCU Buddhistic Studies (Ubon Ratchathani)**, 6(2), 1577-1588.
- King, A. (1994). Guiding Knowledge Construction in the Classroom: Effects of Teaching Children How to Question and How to Explain. **American Educational Research Journal**, 31(2), 338-368.
- Leong, S. S. M., Perera, J. S. H. Q. and Shahrill, M. (2015). Identifying the Gaps in Students Understanding of Manometer Reading. **Mediterranean Journal of Social Sciences**, 6(4), S1.
- Ma'ruf, M. R., Sultan, A. D. and Jani, N. (2024). The Effectiveness of Problem-Based Physics Learning to Improve High School Students' Science Process Skills. **Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika**, 8(1), 102-111.
- Ministry of Education. (2022). **Core Curriculum of Basic Education B.E. 2551 (Revised B.E. 2560)** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Press.
- National Research Council. (2012). **A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas**. The National Academies Press.
- National Institute of Educational Testing Service (NIETS). (2025). O-NET test results summary (in Thai). Retrieved 4 August 2025, from **Newonetresult**: <https://newonetresult.niets.or.th/Individualweb/notice/frEnquireStudentGraphScore.aspx>
- Naowchang, N., Jindanurak, T. and Chaowakeeratipong, C. (2020). Effect of problem-based learning activities in physics on scientific problem-solving ability and critical thinking ability of grade 12 students in Muang Khong School, Nakhon Ratchasima Province (in Thai). **Journal of Khon Kaen University Research, Humanities and Social Sciences**, 8(1), 41-51.

- Odom, A. L. and Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. **Science Education**, 85(6), 615-635.
- Office of the Education Council, Ministry of Education. (2007). **Problem-Based Learning** (in Thai). Bangkok: Office of the Education Council.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). The future of education and skills: Education 2030 – The OECD learning compass 2030. OECD Publishing. Retrieved 18 July 2025, from **OECD**:
https://www.oecd.org/education/2030project/contact/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes. Retrieved 18 July 2025, from **OECD**:
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf
- Özdemir, G. and Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 3(4), 351-361.
- Pacaci, S., Yilmaz, A. and Sadi, O. (2023). Effects of conceptual change-oriented instruction on students' misconceptions in science education: A meta-analysis study. **International Journal of Science Education**, 45(8), 1123-1145.
- Putri, R. I., Hidayat, M., Kurniawan, D. A. and Maison. (2022). Students' misconceptions on buoyancy force and floating-sinking concepts identified using diagnostic assessment. **Journal of Education Technology**, 6(2), 237-246.
- Resbiantoro, G., Setiani, R. and Dwikoranto. (2022). A review of misconception in physics: The diagnosis, causes, and remediation. **Journal of Turkish Science Education**, 19(2), 610-622.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio-scientific issues: A critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, 41(5), 513-536.
- Sanjaya, I. G. M. (2023). Profile of Students' Misconceptions on Substance Pressure Using a Three-tier Diagnostic Test. **International Journal of Recent Educational Research (IJORER)**.
- Saputri, A. C., Sajidan, S. and Rinanto, Y. (2020). The effectiveness of problem-based learning to improve students' critical thinking skills in science learning. **Journal of Physics: Conference Series**.
- Sari, D. P., Nurhayati, N. and Erman, E. (2023). Improving students' conceptual understanding of buoyancy through inquiry and experiment-based learning. **Jurnal Pendidikan IPA Indonesia**, 12(1), 45-54.
- Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I. and Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. **Jurnal Pendidikan IPA Indonesia**, 8(2), 247-266.
- Soeharto, S. and Csapó, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. **Heliyon**, 7(11), e08246.
- Sulaiman, F., Rahman, S. and Dzulkipli, M. (2017). The Effectiveness of Problem-Based Learning in Improving Critical Thinking Skills. **International Journal of Instruction**, 10(2), 271-286.
- Talanquer, V. (2017). Conceptual frameworks in chemical thinking: Implications for teaching and learning. **Chemistry Education Research and Practice**, 18(4), 1-14.
- Talanquer, V. (2018). Progressions in reasoning about structure–property relationships. **Chemistry Education Research and Practice**, 19(4), 998-1009.
- Worakham, P. (2024). **Educational research** (in Thai). Taksila Printing.
- Zohar, A. and Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive. **The journal of the learning sciences**, 12(2), 145-181.