รูปแบบการสอน IT–CSTP เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The IT–CSTP Teaching Model for Developing Scientific Thinking and Attitudes toward Science Learning on the Topic of Sound for Grade 11 Students

[1]ศิริลักษณ์ ทองรอด และ [2]ธิติยา บงกชเพชร

[1]Sirilak Thongrod, and [2]Thitiya Bongkotphet

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Faculty of Education, Naresuan University, Thailand

E–mail: [1]thongrod2538@gmail.com, [2]thitiyab@nu.ac.th

Received April 6, 2026; **Revised** April 29, 2026; **Accepted** May 21, 2026

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP และ 2) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 6 ชนิด คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ 4) แบบประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ 5) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ 6) ใบกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP มีลักษณะสำคัญ คือ การบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ และปัญญาประดิษฐ์ เข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยครูควรจัดสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้น อภิปราย โต้แย้ง สร้างแบบจำลอง ทดลอง และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น และสามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ควบคู่กับเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ 2) ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และหลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนการคิด

เชิงวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก เฉลี่ยรวมร้อยละ 77.30 นอกจากนี้นักเรียนยังมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก เฉลี่ยรวมร้อยละ 88.80

คำสำคัญ: รูปแบบการสอน IT–CSTP; การคิดเชิงวิทยาศาสตร์; เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์; เสียง

Abstract

This article aimed to 1) study the instructional approach based on the IT–CSTP teaching model for developing scientific thinking and attitudes toward science learning regarding the topic of "Sound," and 2) examine the effects of implementing the IT–CSTP teaching model on these two variables. The study employed action research. Participants consisted of 30 Grade 11 students, selected through purposive sampling. Research instruments included 1) lesson plans, 2) learning reflection forms, 3) a scientific thinking test, 4) a scientific thinking behavior assessment, 5) an attitude toward science questionnaire, and 6) worksheets. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, including mean, standard deviation, and percentage. Qualitative data were analyzed using content analysis, and the trustworthiness of the data was verified through triangulation. Results were as follows: 1) The instructional approach based on the IT–CSTP teaching model emphasizes the integration of intelligent technologies, digital laboratories, online teaching platforms, and artificial intelligence into learning activities. Teachers should facilitate authentic problem–based situations that encourage students to investigate, discuss, argue, construct models, experiment, and apply knowledge in new contexts, as this systematic approach enhances student engagement while concurrently developing scientific thinking and positive attitudes toward science. 2) Results of the implementation indicated that students' scientific thinking continuously improved across the action research cycles. After the intervention, students achieved an average scientific thinking score of 77.30%, which was at a very high level. In addition, students' attitudes toward science learning were also at a very high level, with an average score of 88.80%.

Keywords: IT–CSTP Teaching Model; Scientific Thinking; Attitude Toward Science Learning; Sound

บทนำ

การพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการคิดเชิงวิทยาศาสตร์นับเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นทักษะสำคัญต่อการแก้ปัญหา ช่วยให้นักเรียนตั้งคำถามอย่างมีเหตุผล รวบรวมและประเมินหลักฐานอย่างรอบคอบ อธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลมากกว่าความเชื่อส่วนบุคคล (Zimmerman & Croker, 2014) อีกทั้งการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์มิได้เกิดขึ้นจากการเรียนรู้เนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่ยังสัมพันธ์กับเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเจตคติมีอิทธิพลต่อความสนใจ แรงจูงใจ และความพร้อมในการมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ครอบคลุมความรู้สึก ความเชื่อ และการเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ รวมถึงการรับรู้ถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมและนักวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) อย่างไรก็ตาม สถานการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังสะท้อนช่องว่างระหว่างเป้าหมายของหลักสูตรกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยผลการประเมิน PISA 2022 พบว่า นักเรียนไทยมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ถึงระดับพื้นฐานเพียงร้อยละ 47 และมีเพียงร้อยละ 1 ที่อยู่ในระดับสูงสุด (OECD, 2023) ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่านักเรียนจำนวนมากยังมีข้อจำกัดในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการอธิบายธรรมชาติผ่านการสังเกต การทดลอง และการใช้เหตุผลเชิงหลักฐาน การเรียนฟิสิกส์ที่มุ่งเน้นการท่องจำสูตรและการคำนวณ จึงอาจไม่เพียงพอต่อการเชื่อมโยงความรู้กับปรากฏการณ์จริง

จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้เรื่องเสียง ในปีการศึกษา 2567 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนจำนวนหนึ่งยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียงด้วยหลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ขาดทักษะการตั้งคำถาม การโต้แย้งเชิงเหตุผล และการออกแบบการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความรู้ผ่านการปฏิบัติจริงมากกว่าการรับความรู้เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ อุษณีย์ สีนนลี มณีรัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ (2567) ที่ชี้ให้เห็นว่า ควรเปลี่ยนการให้ความรู้เป็นการสร้างความรู้ของนักเรียนผ่านการปฏิบัติจริง นอกจากนี้นักเรียนบางกลุ่มยังมีเจตคติทางลบต่อการเรียนฟิสิกส์ โดยมองว่าเป็นเนื้อหาที่ยากและเป็นนามธรรม ส่งผลให้ขาดแรงจูงใจ และหลีกเลี่ยงการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เชิงสืบเสาะ ทั้งนี้ วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542) อธิบายว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะท่าทีหรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกตามความรู้สึกของตน และเป็นคุณสมบัติที่เอื้อต่อการเป็นผู้คิดอย่างมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงกล่าวได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้มิได้จำกัดอยู่เพียงความเข้าใจในเนื้อหาเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงมิติของกระบวนการคิดและเจตคติที่ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้โดยรวมของนักเรียน

จากปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่มุ่งถ่ายทอดเนื้อหาเพียงอย่างเดียว จึงไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากการเรียนรู้จำเป็นต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปรากฏการณ์เชิงคุณภาพ ใช้หลักการ แนวคิด หลักฐาน และการโต้แย้งอย่างมีเหตุผลก่อนนำไปสู่การอธิบายหรือการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ Hollabaugh (1995) ที่ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่ยังเป็นผู้เริ่มต้นมักพิจารณาปัญหาจากลักษณะผิวเผิน ขณะที่การแก้ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีคุณภาพต้องอาศัยการสร้างคำอธิบายทางฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ แม้การใช้สื่อจำลองเสมือนจริงจะสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจการสั่นและคลื่นได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว (Banda & Nzabahimana, 2023) เพื่อให้เกิดการพัฒนาทั้งการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้นรูปแบบการสอน IT–CSTP ที่พัฒนาโดย Huang et al. (2025) จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เนื่องจากมีการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ และปัญญาประดิษฐ์ เข้ากับกระบวนการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเป็นลำดับขั้น ช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิด ตัวแปร และปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียงได้ชัดเจนขึ้น ตลอดจนส่งเสริมการใช้เหตุผล การตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง เจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโอนความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีความหมาย อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้รูปแบบการสอนดังกล่าวในการจัดการเรียนรู้เรื่องเสียงในบริบทของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงเป็นประเด็นที่ควรศึกษาอย่างเป็นระบบต่อไป

บทความวิจัยนี้ จึงนำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยนำเสนอที่มา วิธีดำเนินการ และผลที่เกิดขึ้นต่อนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และพฤติกรรมที่นำไปสู่การพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

การทบทวนวรรณกรรม

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP (The Teaching Model for Integrating Intelligent Technology into Scientific Thinking Cultivation in Physics) ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของ Huang et al. (2025) ที่พัฒนาขึ้นจากการสังเคราะห์จากรากฐานทางจิตวิทยาและการศึกษาที่สำคัญ 6 ประการ ได้แก่ 1) ปรัชญาสำหรับเด็กของ Lipman et al. (1980) ซึ่งมุ่งพัฒนา

การใช้เหตุผลและการโต้แย้ง 2) แนวคิดการเร่งทางปัญญาของ Adey et al. (2006), and Shayer (2003) ซึ่งเน้นการพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมและการใช้ตัวช่วยทางปัญญา 3) แนวคิดการเสริมสร้างเครื่องมือทางปัญญาของ Feuerstein et al. (1980) ซึ่งใช้เครื่องมือในการพัฒนาทักษะการคิด 4) การพัฒนาทักษะการคิดของเด็กของ McGuinness et al. (2007) ซึ่งส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาและการตัดสินใจ 5) การพัฒนาการคิดของ De Bono (1982), and Tripp (1980) มุ่งพัฒนาการคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้เครื่องมือการคิดเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน และ 6) แผนผังความคิดของ Buzan et al. (1996) มุ่งกระตุ้นและจัดระเบียบการคิด โดยแสดงกระบวนการคิดและผลลัพธ์ในรูปแบบแผนภาพ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการกระตุ้นความคิด ครูเลือกสถานการณ์ฟิสิกส์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางกายภาพ วิเคราะห์เหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยอิงจากความรู้ที่มีอยู่ และตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อช่วยสืบค้นและสำรวจปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องมาสังเกตและคิดได้ด้วยตนเองผ่านการโต้ตอบกับปัญญาประดิษฐ์

ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด จากการตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนก่อนหน้า ครูชี้แนะให้นักเรียนทำการสืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์ปัญหาเชิงเหตุผล และโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและแนวคิดจากสถานการณ์ร่วมกับครูและเพื่อนร่วมชั้น โดยนำเสนอในรูปแบบของภาษา ข้อความ หรือแผนที่ความคิด โดยสามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการให้เหตุผลกับนักเรียน ผ่านแพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ นักเรียนจะได้รับข้อสรุปเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์เชื่อมโยงกับแนวคิดฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดเชิงภาพ จากข้อสรุปเบื้องต้นที่ได้ข้างต้น ครูชี้แนะนักเรียนในการทำการทดลอง โดยนักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร เชื่อมโยงแนวคิดเชิงกายภาพกับข้อสรุป และสร้างแบบจำลองทางกายภาพในรูปแบบภาพและคำอธิบาย เพื่อแสดงระบบการคิดที่เป็นรูปธรรมโดยสามารถใช้ห้องปฏิบัติการดิจิทัลเพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น และเป็นพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นการถ่ายโอนความคิด ครูเลือกสถานการณ์ปัญหาฟิสิกส์ที่คล้ายกับสถานการณ์ก่อนหน้า เพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้วิเคราะห์ เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของสถานการณ์ พร้อมใช้เหตุผล การโต้แย้ง และวิธีคิดทางวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในการวิเคราะห์ ทดลอง และแก้ปัญหาในบริบทที่ใกล้เคียงกัน

ขั้นที่ 5 ขั้นการพัฒนาการคิด นักเรียนและครูสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ เพื่อสะท้อนความเข้าใจและเชื่อมโยงแนวคิดเชิงทฤษฎีกับสถานการณ์จริง จากนั้นครูเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ เพื่อให้นักเรียนใช้ความสามารถในการคิดเชิงออกแบบและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยสามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยในการวิเคราะห์ ปรับปรุง และพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาของตนเอง พร้อมนำเสนอผลงานบนแพลตฟอร์มการสอนออนไลน์เพื่อรับข้อเสนอแนะและปรับปรุงร่วมกับครูและเพื่อน

2. การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการนำไปสู่คำตอบของคำถามหรือปัญหาที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยมีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิสูจน์หรือหาคำตอบเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ ทำให้ได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ (Schafersman, 1997) กระบวนการนี้ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถอ้างอิงได้จากพฤติกรรมการเรียนรู้ การอภิปราย และการปฏิบัติของนักเรียน โดยมีองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ตามกรอบแนวคิดจาก Hollabaugh (1995) ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการอธิบาย เชื่อมโยง และสร้างข้อโต้แย้งที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ

องค์ประกอบที่ 2 ด้านการสร้างแบบจำลอง คือ ความสามารถในการสร้าง ใช้ ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์

องค์ประกอบที่ 3 ด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการตั้งคำถามที่ตรวจสอบได้ คิดเชื่อมโยงหลากหลายมุมมอง และเสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ อย่างสร้างสรรค์

3. เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกของจิตใจที่เกิดจากประสบการณ์ ที่ได้รับและสามารถแสดงออกได้ทั้งในทางบวกและทางลบ โดยมีลักษณะเป็นแนวโน้มของความคิด ความรู้สึกและการกระทำต่อสิ่งต่าง ๆ เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถอ้างอิงได้จากพฤติกรรมที่ปรากฏทั้งทางภาษาและท่าทาง ซึ่ง Mcguire (1969) ได้จำแนกองค์ประกอบหลักไว้ 3 ด้าน ได้แก่

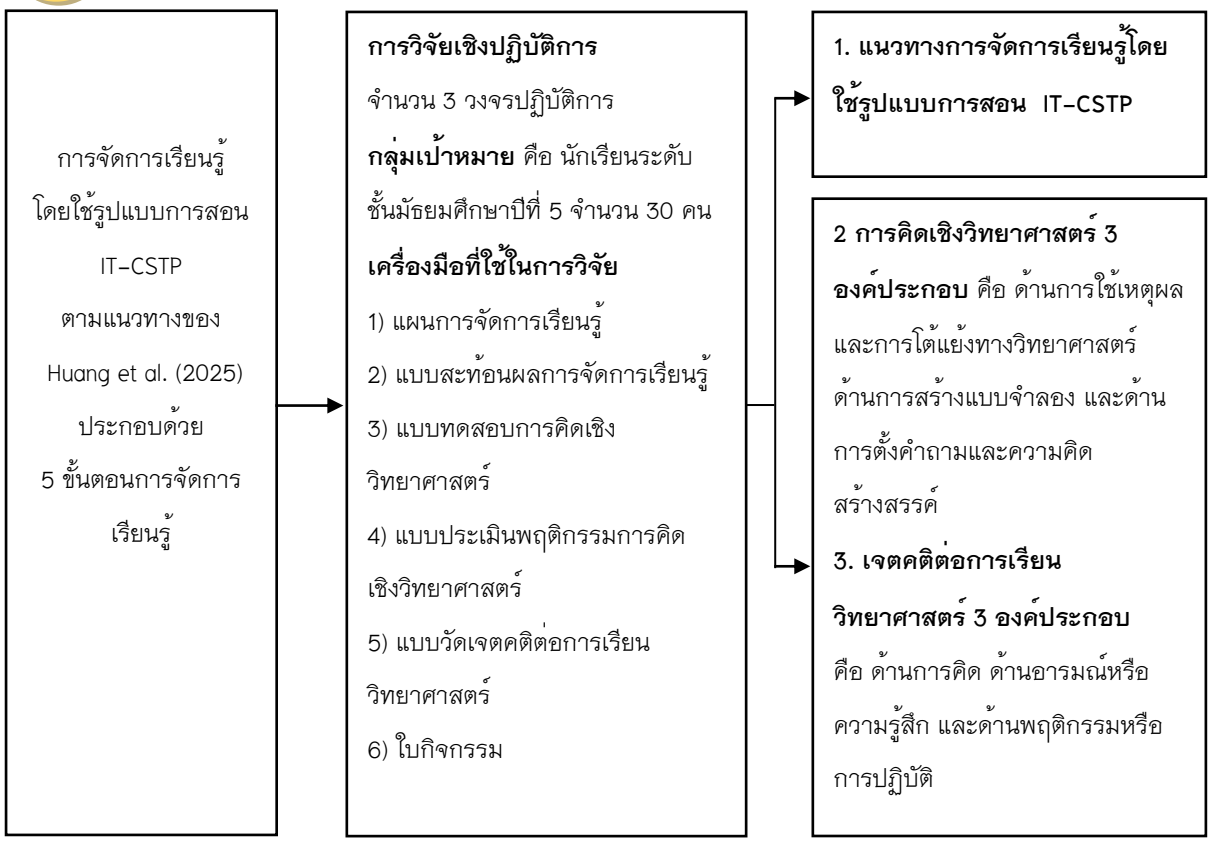
องค์ประกอบด้านการคิด คือ ความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ที่บุคคลมีต่อสิ่งเร้า ซึ่งนำไปสู่การสร้างความเชื่อหรือการประเมินสิ่งนั้น ๆ

องค์ประกอบด้านอารมณ์หรือความรู้สึก คือ ลักษณะทางอารมณ์ ความรัก ความชอบ ความพอใจ หรือความไม่พอใจที่บุคคลมีต่อสิ่งเร้า

องค์ประกอบด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติ คือ ความพร้อมหรือความโน้มเอียงที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในรูปแบบของการยอมรับ การปฏิเสธ หรือการกระทำต่าง ๆ

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดตาม Kemmis and McTaggart (1998) โดยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ IT-CSTP เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) โดยใช้แนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) เป็นกรอบในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนในวงจรปฏิบัติการ ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยมีลักษณะเป็นการปฏิบัติซ้ำจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ และสามารถเข้าร่วมกิจกรรมครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนใช้เวลา 4 ชั่วโมง ดำเนินการสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติการเคลื่อนที่และสมบัติของเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การได้ยินเสียงและมลพิษของเสียงและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับคลื่นเสียง ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสม

ของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ คือแบบบันทึกผลจากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต โดยผู้ร่วมสังเกตเป็นครูผู้มีประสบการณ์สอนรายวิชาฟิสิกส์ มากกว่า 10 ปี เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ขณะที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรายละเอียดการจดบันทึกจะนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป โดยผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของประเด็นการสะท้อนผลและรูปแบบการบันทึกจากอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้จริง

3. แบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ใช้หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เป็นข้อสอบอัตนัยสำหรับวัดการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง และการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 10 ข้อ และเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด โดยผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า ข้อคำถามทั้ง 10 ข้อมีค่ามากกว่า 0.50 ทุกข้อ และคัดเลือกใช้จริงจำนวน 5 ข้อ

4. แบบประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ประเมินพฤติกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุม 3 องค์ประกอบ ได้แก่ พฤติกรรมการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง และการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยสร้างรายการประเมิน จำนวน 18 ข้อ และเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของรายการประเมินกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด โดยผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า รายการประเมินทั้ง 18 ข้อมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทุกข้อ และคัดเลือกใช้จริงจำนวน 12 ข้อ

5. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดสำหรับประเมินเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการคิด ด้านอารมณ์หรือความรู้สึก และด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติ ใช้หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยสร้างข้อคำถามจำนวน 24 ข้อ และเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด โดยผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า ข้อคำถามทั้ง 24 ข้อมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทุกข้อ และคัดเลือกใช้จริงจำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็นข้อความเชิงนิมาน 14 ข้อ และข้อความเชิงนิเสธ 6 ข้อ

6. ใบกิจกรรมในรูปแบบแพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ Padlet สำหรับการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้ในการประเมินการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ใช้สำหรับการทำงานเป็นรายบุคคล และทำกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลอง การตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ผ่านคำถามและกิจกรรม

ที่อยู่ในใบกิจกรรม ซึ่งใบกิจกรรมผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา คำถาม คำชี้แจง และความสอดคล้องกับองค์ประกอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์จากอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นวางแผน ผู้วิจัยวิเคราะห์สภาพปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง พร้อมทั้งศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูล โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 มีการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ตามผลการสะท้อนจากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต

2. ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง เรื่อง เสียง

3. ขั้นสังเกต ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต สังเกตและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นบันทึกข้อมูลที่สังเกตได้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามประเด็นที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป

4. ขั้นสะท้อนผล หลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาลักษณะการจัดการสอนของครูและพฤติกรรมของนักเรียน ข้อดี ข้อที่ควรปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาในกระบวนการจัดการเรียนรู้ถัดไป และเมื่อดำเนินครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือต่าง ๆ มาวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แบบประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ และใบกิจกรรม

การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์การวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ภายหลังสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีสามเส้า โดยเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลจากทั้งสองแหล่ง

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้านการคิดเชิงวิทยาศาสตร์จากใบกิจกรรม แบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แบบประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาร่วมกับการหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีสามเส้าโดยเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลจากทั้งสามแหล่ง

สำหรับข้อมูลด้านเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์วิเคราะห์จากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยหาค่าเฉลี่ยและร้อยละเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP พบว่า ควรมีลักษณะดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการกระตุ้นความคิด ครูใช้สถานการณ์ปัญหาจริงผ่านคลิปวิดีโอหรือสื่อ เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ พร้อมชี้นำให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกำกับให้นักเรียนระบุสิ่งที่สังเกตได้ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และประเด็นที่ต้องการอธิบายก่อนใช้ปัญญาประดิษฐ์ รวมทั้งควรฝึกให้นักเรียนเขียนสูตรคำสั่ง (Prompt) ที่ระบุบริบท คำถาม และเงื่อนไขของคำตอบอย่างชัดเจน เพื่อใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยพัฒนาคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ให้มีขอบเขตและตรวจสอบได้

ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มคละความสามารถและกำหนดบทบาทของสมาชิกอย่างชัดเจน เพื่อให้ร่วมกันสืบค้น คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ อภิปราย เปรียบเทียบเหตุผล และสรุปข้อค้นพบจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ พร้อมใช้คำถามกระตุ้นเชิงลึก เปิดโอกาสให้แลกเปลี่ยนระหว่างกลุ่มผ่านใบกิจกรรมในรูปแบบแพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ Padlet และใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือช่วยตรวจสอบเหตุผล เพื่อส่งเสริมการใช้ข้อมูลสนับสนุนข้อสรุป การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และความรับผิดชอบร่วมกันในการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดเชิงภาพ ครูใช้แบบจำลองในรูปแบบผังมโนทัศน์ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล และการทดลอง เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด ตัวแปร และปรากฏการณ์ทางเสียงอย่างเป็นรูปธรรม โดยเน้นการประเมินความสัมพันธ์เชิงแนวคิดมากกว่าความสวยงามของชิ้นงาน และเปิดโอกาสให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูล หลักฐาน และข้อเสนอแนะระหว่างการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 ขั้นการถ่ายโอนความคิด ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้และแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้วิเคราะห์หรืออธิบายสถานการณ์ใหม่ โดยกำหนดให้นักเรียนระบุหลักการทางฟิสิกส์ หลักฐานที่เกี่ยวข้อง และเงื่อนไขสำคัญของปรากฏการณ์อย่างครบถ้วน เพื่อให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้จากบริบทเดิมไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 5 ขั้นการพัฒนาการคิด ครูส่งเสริมให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยกำหนดให้อธิบายผลงานด้วยหลักการทางฟิสิกส์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน พร้อมเปิดโอกาสให้รับข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อน แล้วนำไปปรับปรุง ทั้งนี้ปัญญาประดิษฐ์ควรถูกใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการคิด การวิเคราะห์ และการตรวจสอบแบบร่าง มากกว่าการให้คำตอบสำเร็จรูป ขณะเดียวกัน ครูควรกำหนดแนวทาง

การให้ข้อเสนอแนะอย่างเป็นระบบ เพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานได้อย่างมีทิศทาง มีเหตุผลรองรับ และมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง แสดงรายละเอียดเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ผลการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ นักเรียนมีพัฒนาการการคิดเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยพิจารณาจากการตรวจใบกิจกรรมและผลการประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ 3 วงจรปฏิบัติการ

องค์ประกอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2		วงจรปฏิบัติการที่ 3		คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	การแปลผล
	คะแนน (ร้อยละ)	การแปลผล	คะแนน (ร้อยละ)	การแปลผล	คะแนน (ร้อยละ)	การแปลผล		
องค์ประกอบที่ 1	66.35	ดี	79.15	ดีมาก	93.00	ดีมาก	78.50	ดีมาก
องค์ประกอบที่ 2	63.50	ดี	79.33	ดีมาก	91.50	ดีมาก	78.11	ดีมาก
องค์ประกอบที่ 3	74.67	ดี	83.83	ดีมาก	94.67	ดีมาก	84.39	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 66.35 เป็น 79.15 และ 93.00 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 63.50 เป็น 79.33 และ 91.50 ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 ด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 74.67 เป็น 83.83 และ 94.67 ตามลำดับ โดยทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับดีมากในวงจรปฏิบัติการที่ 3

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรวมรายองค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 3 ด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 84.39 อยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือองค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 78.50 อยู่ในระดับดีมาก และองค์ประกอบที่ 2 ด้านการสร้างแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 78.11 แต่ยังอยู่ในระดับดีมากเช่นกัน

หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยประเมินการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนเป็นรายองค์ประกอบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลคะแนน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ รายองค์ประกอบจากแบบทดสอบการคิดเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

องค์ประกอบ การคิดเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	คะแนนเฉลี่ย(ร้อยละ)	การแปลผล
องค์ประกอบที่ 1	4.00	2.90	0.88	72.50	ดี
องค์ประกอบที่ 2	2.00	1.33	0.48	66.50	ดี
องค์ประกอบที่ 3	4.00	3.43	0.57	85.75	ดีมาก
คะแนนรวม	**10.00**	**7.73**	**1.44**	**77.30**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.30 อยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 3 ด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด เท่ากับ 85.75 อยู่ในระดับดีมาก รองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 72.50 อยู่ในระดับดี และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 2 ด้านการสร้างแบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 66.50 อยู่ในระดับดี

2) ผลการพัฒนาเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังจากการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 88.80 เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 3 ด้านพฤติกรรมและการปฏิบัติ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด เท่ากับ 90.40 อยู่ในระดับดีมาก รองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 2 ด้านอารมณ์และความรู้สึก มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 88.20 อยู่ในระดับดีมาก และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 1 ด้านความรู้และความคิด มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 87.60 อยู่ในระดับดีมาก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลคะแนน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ รายองค์ประกอบจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	การแปลผล
1. ด้านความรู้และความคิด	5.00	4.38	0.54	87.60	ดีมาก
2. ด้านอารมณ์และความรู้สึก	5.00	4.41	0.56	88.20	ดีมาก
3. ด้านพฤติกรรมและการปฏิบัติ	5.00	4.52	0.48	90.40	ดีมาก
คะแนนรวม	**5.00**	**4.44**	**0.52**	**88.80**	**ดีมาก**

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลจากการวิจัยแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP พบว่าควรมีลักษณะดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการกระตุ้นความคิด ควรใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับเสียงที่ใกล้ตัวนักเรียนผ่านคลิปวิดีโอหรือสื่อดิจิทัล เพื่อกระตุ้นความสนใจ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ และส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้น ทั้งนี้ การกำกับให้นักเรียนระบุสิ่งที่สังเกตได้ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และประเด็นที่ต้องการอธิบายก่อนใช้ปัญญาประดิษฐ์ รวมถึงการฝึกเขียนสูตรคำสั่ง (Prompt) ที่ระบุบริบท คำถาม และเงื่อนไขของคำตอบอย่างชัดเจน ช่วยให้นักเรียนใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือช่วยขยายมุมมองและพัฒนาคำถาม มากกว่าการใช้เพื่อรับคำตอบสำเร็จรูป ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Schafersman (1997) ที่อธิบายว่าการคิดเชิงวิทยาศาสตร์เริ่มจากการตั้งคำถาม การสังเกต และการแสวงหาคำตอบจากหลักฐานที่ตรวจสอบได้

ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด การจัดนักเรียนเป็นกลุ่มคละความสามารถและกำหนดบทบาทของสมาชิกอย่างชัดเจน ช่วยให้นักเรียนร่วมกันสืบค้น คัดเลือกข้อมูล อภิปราย เปรียบเทียบเหตุผล และสรุปข้อค้นพบจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น โดยนักเรียนพัฒนาจากการอธิบายตามความเข้าใจเดิมไปสู่การอธิบายที่อิงข้อมูลและหลักฐานได้ชัดเจน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุษณีย์ สีนนลี มณีรัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ (2567) ที่พบว่านักเรียนสามารถสืบเสาะข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย วิเคราะห์สาเหตุ หาแนวทางแก้ไขปัญหา อธิบายเหตุผลประกอบข้อมูล และสรุปองค์ความรู้จากการศึกษาข้อมูลได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานเป็นกลุ่มและการมีบทบาทหน้าที่ชัดเจนช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อมูลและตรวจสอบเหตุผลของกันและกัน ขณะที่ปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยกลั่นกรองความสมเหตุสมผลของข้ออธิบาย จึงส่งเสริมการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดเชิงภาพ การใช้แบบจำลองในรูปแบบผังมโนทัศน์ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล และการทดลอง ช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิด ตัวแปร และปรากฏการณ์ทางเสียงได้ชัดเจนขึ้น และพัฒนาจากการรวบรวมข้อมูลความรู้ ไปสู่การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Huang et al. (2025) ที่ระบุว่าขั้นการคิดเชิงภาพเป็นขั้นที่นักเรียนใช้แบบจำลองหรือการจำลองดิจิทัลเพื่อทำให้แนวคิดเชิงนามธรรมชัดเจนขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Banda and Nzabahimana (2023) ที่พบว่าที่พบว่า การใช้สื่อจำลองเสมือนจริงช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องการสั่นและคลื่นได้ดีขึ้น และช่วยสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องยิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผังมโนทัศน์และห้องปฏิบัติการดิจิทัลช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงผลจากการสังเกต การทดลอง และการคำนวณกับแนวคิดทางฟิสิกส์ได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงส่งเสริมการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองได้อย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 4 ขั้นการถ่ายโอนความคิด การเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้และแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้วิเคราะห์หรืออธิบายสถานการณ์ใหม่ ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์ หลักฐานที่เกี่ยวข้อง และเงื่อนไขของปรากฏการณ์มาใช้ประกอบการอธิบายได้ดียิ่งขึ้น โดยนักเรียนพัฒนาจากการอธิบายสถานการณ์แบบอิงคำตอบเดิม ไปสู่การอธิบายที่มีเหตุผลและสัมพันธ์กับบริบทของปัญหามากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Kuslan and Stone (1969) ที่เสนอว่าขั้นหนึ่งของวิธีการทางวิทยาศาสตร์คือการนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกำหนดกรอบการอธิบายที่ชัดเจนช่วยให้นักเรียนไม่หยุดอยู่เพียงการจดจำหลักการเดิม แต่สามารถนำหลักการหลักฐาน และเงื่อนไขของปรากฏการณ์มาใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม จึงช่วยพัฒนาการถ่ายโอนความรู้และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการพัฒนาการคิด การส่งเสริมให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ พร้อมเปิดโอกาสให้ได้รับข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อนเพื่อนำไปปรับปรุงผลงานอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้นักเรียนสามารถบูรณาการการตั้งคำถาม การใช้เหตุผล และการสร้างแบบจำลองเข้าด้วยกันได้ดีขึ้น โดยนักเรียนไม่เพียงสร้างชิ้นงานได้เป็นรูปธรรมมากขึ้น แต่ยังสามารถอธิบายเหตุผลของการเลือกวัสดุ โครงสร้าง หรือแนวทางแก้ปัญหาด้วยหลักการทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Huang et al. (2025) ที่ระบุว่าขั้นการพัฒนาการคิดเป็นขั้นที่นักเรียนสะท้อนความเข้าใจของตนเองและพัฒนาแนวคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นผ่านการประยุกต์ใช้และการปรับปรุงผลงาน และสอดคล้องกับ Hake (1998) ที่ชี้ว่าการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม ลงมือปฏิบัติ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้เกิดความเข้าใจได้ดีกว่าการรับความรู้เพียงอย่างเดียว

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ซึ่งแสดงรายละเอียดเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ผลการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยนักเรียนพัฒนาจากการอธิบายเชิงทั่วไปไปสู่การอธิบายที่อิงหลักฐานมากขึ้น สะท้อนว่ารูปแบบการสอน IT-CSTP เอื้อต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเป็นลำดับขั้น ผ่านการเผชิญสถานการณ์ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปรายโดยใช้เหตุผลและหลักฐาน และการถ่ายโอนความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ ทั้งนี้เทคโนโลยีอัจฉริยะทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ และปัญญาประดิษฐ์ มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนกระบวนการคิดของนักเรียน โดยห้องปฏิบัติการดิจิทัลช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรและปรากฏการณ์ทางเสียงอย่างเป็นรูปธรรม แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ช่วยให้นักเรียนแลกเปลี่ยน อภิปราย และแสดงร่องรอยการคิดร่วมกัน ส่วนปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะการเขียนสูตรคำสั่ง (Prompt) ที่ระบุบริบท คำถาม ตัวแปร และเงื่อนไขของคำตอบอย่างชัดเจน ช่วยให้

นักเรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือช่วยตั้งคำถาม ตรวจสอบเหตุผล และปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มากกว่าการใช้เพื่อค้นหาคำตอบสำเร็จรูป ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Kuhn (2010) ที่ชี้ว่าการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะหลายด้าน เช่น การสืบเสาะ การวิเคราะห์ การลงความเห็น และการให้เหตุผลสนับสนุนอย่างเป็นระบบ เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่า

องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก และหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระหว่างเรียนนักเรียนได้รับการสนับสนุนจากคำถามชี้นำ การอภิปรายกลุ่ม หลักฐานจากกิจกรรมทดลอง และการแลกเปลี่ยนกับครูและเพื่อน รวมทั้งการใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำอธิบาย จึงสามารถใช้เหตุผลและหลักฐานประกอบการโต้แย้งได้ดีขึ้น ขณะที่หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนต้องแสดงความสามารถด้วยตนเองผ่านแบบทดสอบอัตนัย จึงสะท้อนความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างชัดเจน

องค์ประกอบที่ 2 ด้านการสร้างแบบจำลอง มีผลการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก และหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี โดยเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุดทั้ง 2 ช่วง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสร้างแบบจำลองเป็นความสามารถที่ซับซ้อน ต้องอาศัยการเชื่อมโยงมโนทัศน์ ตัวแปร ความสัมพันธ์ และกลไกของปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ แม้ระหว่างเรียนผู้เรียนได้รับการสนับสนุนจากห้องปฏิบัติการดิจิทัล ผังมโนทัศน์ การทำงานกลุ่ม และข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อน แต่เมื่อผู้เรียนต้องสร้างคำอธิบายหรือแบบจำลองจากความเข้าใจของตนเอง จึงยังพบข้อจำกัดในการเชื่อมโยงองค์ประกอบของแบบจำลองให้สมบูรณ์

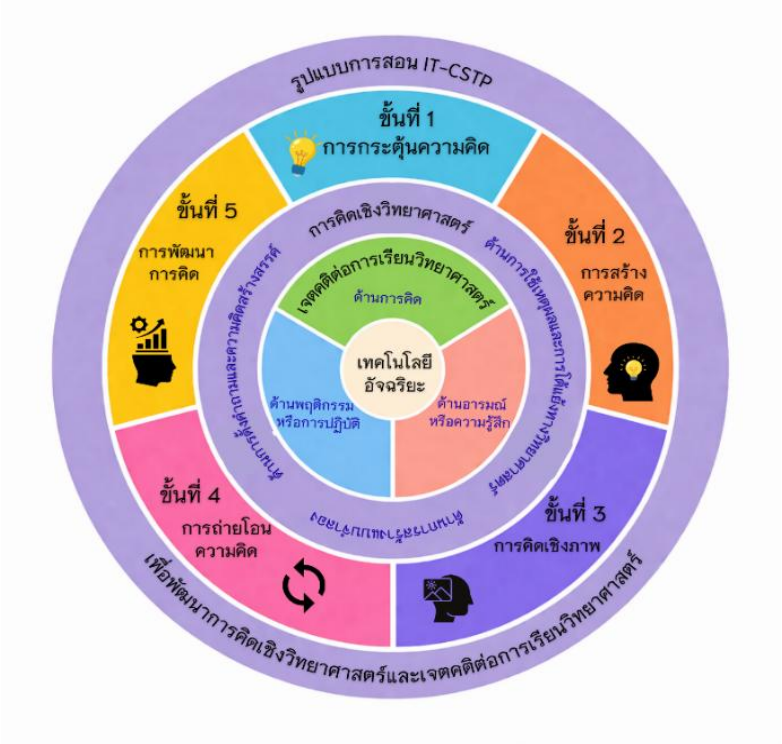
องค์ประกอบที่ 3 ด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ มีผลการประเมินสูงที่สุด โดยอยู่ในระดับดีมาก ทั้งระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกตสถานการณ์จริง ตั้งคำถาม อภิปราย และเสนอแนวคิดหรือแนวทางแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้เรียนพัฒนาจากการตั้งคำถามทั่วไปไปสู่คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีขอบเขตและตรวจสอบได้ อีกทั้งยังส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และการนำความรู้เรื่องเสียงไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีความหมาย

2) ผลการพัฒนาเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยรวมและทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับดีมาก โดยด้านพฤติกรรมและการปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านความรู้และความคิด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้เอื้อต่อการลงมือปฏิบัติ และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมผ่านสถานการณ์ปัญหาใกล้ตัว การใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะ การทดลอง การอภิปราย การสร้างและนำเสนอผลงาน จึงช่วยให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์เข้าใจได้ น่าสนใจ และนำไปใช้ได้จริง ส่งผลให้เกิดเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ กฤษฎาวุฒิ ไชยวุฒิ และ กัลทิมา พิชัย (2564) ที่พบว่า เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก เนื่องจากกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียน

มีส่วนร่วม ลงมือปฏิบัติ ออกแบบผลงาน และเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวัน ช่วยส่งเสริมความสนใจ แรงจูงใจ และเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการสอน IT-CSTP ตามแนวคิดของ Huang et al. (2025) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรมีลักษณะ ดังนี้



ภาพที่ 2 รูปแบบการสอน IT-CSTP เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

ขั้นที่ 1 ขั้นการกระตุ้นความคิด ครูใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับเสียงที่ใกล้ตัวนักเรียนผ่านคลิปวิดีโอ หรือสื่อดิจิทัล ร่วมกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างเหมาะสม เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ ในขั้นนี้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ แล้วตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน และตรวจสอบได้

ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่ม กำหนดบทบาทของสมาชิก และใช้คำถามกระตุ้นเพื่อส่งเสริมการอภิปรายอย่างเป็นระบบ โดยนักเรียนใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือในการสืบค้น ตรวจสอบข้อมูล คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ อภิปราย เปรียบเทียบเหตุผล และสรุปข้อค้นพบจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนและเป็นระบบ

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดเชิงภาพ ครูใช้แบบจำลองในรูปแบบผังมโนทัศน์ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล และการทดลอง ทำให้แนวคิดเรื่องเสียงที่เป็นนามธรรมมองเห็นได้ชัด และเปิดโอกาสให้ปรับปรุงแบบจำลองจากข้อมูลและข้อเสนอแนะระหว่างเรียน ซึ่งนักเรียนจะมองเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิด ตัวแปร และปรากฏการณ์ทางเสียงชัดเจนขึ้น สามารถเชื่อมโยงผลการสังเกต การทดลอง และหลักการทางฟิสิกส์ และพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นการถ่ายโอนความคิด ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ โดยมีคำถามชี้นำและกรอบคำตอบที่ชัดเจน นักเรียนได้ฝึกประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์ หลักฐาน และเหตุผล เพื่ออธิบายปัญหาในบริบทใหม่ได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 5 ขั้นการพัฒนาการคิด ครูส่งเสริมให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ และออกแบบแนวทางแก้ปัญหา โดยมีการปรับปรุงผลงานจากข้อเสนอแนะ นักเรียนได้บูรณาการการตั้งคำถาม การใช้เหตุผล และการสร้างแบบจำลอง พร้อมเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ผลงานในสถานการณ์จริง

สรุป

แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน IT–CSTP ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะได้แก่ ห้องปฏิบัติการดิจิทัล แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ และปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นการกระตุ้นความคิด ขั้นการสร้างความคิด ขั้นการคิดเชิงภาพ ขั้นการถ่ายโอนความคิด และขั้นการพัฒนาการคิด ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ ผลพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นต่อเนื่องในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ ด้านการใช้เหตุผลและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแบบจำลอง และด้านการตั้งคำถามและความคิดสร้างสรรค์ และส่งเสริมเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ด้านการคิด ด้านอารมณ์หรือความรู้สึก และด้านพฤติกรรมหรือการปฏิบัติ ทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ควรเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวและมีความหมายต่อนักเรียน พร้อมบูรณาการห้องปฏิบัติการดิจิทัล แพลตฟอร์มการสอนออนไลน์ และปัญญาประดิษฐ์ เข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้น อภิปราย สร้างแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

2) ควรกำหนดกรอบการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างชัดเจน โดยให้นักเรียนเขียนสูตรคำสั่ง (Prompt) ที่ระบุบริบท คำถาม ตัวแปร หลักการที่เกี่ยวข้อง และเงื่อนไขของคำตอบ พร้อมตรวจสอบคำตอบจากปัญญาประดิษฐ์ด้วยหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ครูควรกำกับการใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ และสามารถนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไปพัฒนาผลงานของตนได้อย่างต่อเนื่อง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาหรือพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมด้านการสร้างแบบจำลองโดยเฉพาะ เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบนี้มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น แม้จะยังอยู่ในระดับดี เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้าง ใช้ และปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น

2) ควรศึกษาผลของการใช้ปัญญาประดิษฐ์และคุณภาพของการเขียนสูตรคำสั่ง (Prompt) ในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น การตั้งคำถาม การตรวจสอบเหตุผล การสร้างแบบจำลอง หรือการปรับปรุงชิ้นงาน เพื่อวิเคราะห์ว่ารูปแบบการใช้ปัญญาประดิษฐ์ลักษณะใดส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎาวุฒิ ไชยวุฒิ และ กัลทิมา พิชัย. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านหนองปลามัน. *วารสารบัณฑิตศึกษามหาจุฬาขอนแก่น*, *8*(3), 151–161. สืบค้นจาก https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jg-mcukk/article/view/250196/169860

วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542*). การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อุษณีย์ สีนนลี มณีรัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2567). การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่ส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารรัชตภาคย์*, *18*(59), 417–435. สืบค้นจาก https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RJPJ/article/view/271813

Adey, P. (2006). A model for the professional development of teachers of thinking. *Thinking Skills and Creativity*, *1*(1), 49–56. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2005.07.002

Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation–based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, *32*(1), 127–141. https://doi.org/10.1007/s10956–022–10010–3

Buzan, T., & Buzan, B. (1996). *The mind map book: How to use radiant thinking to maximize your brain's untapped potential.* New York: Penguin Books.

De Bono, E. (1982). *De Bono's Thinking Course*. London: British Broadcasting.

Feuerstein, R., Rand. Y., Hoffman, M. B., & Miller. R. (1980). *Instrumental enrichment: An intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore: University Park Press.

Hake, R. R. (1998). Interactive–engagement versus traditional methods: A six–thousand–student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hollabaugh, M. (1995). *Physics problem solving in cooperative learning groups.* Minnesota: University of Minnesota.

Huang, L., Zhou, X. & Zhu, W. (2025). The teaching model (IT–CSTP) for integrating intelligent technology into scientific thinking cultivation in physics: A practical study for high school students. *Journal of Science Education and Technology, 35*(1), 27–44. https://doi.org/10.1007/s10956–025–10225–0

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1998). *The action research planner*. (3rd ed.). Australia: Deakin University Press.

Kuhn, D. (2010). What is scientific thinking and how does it develop?. In U. Goswami (Ed.), *The Wiley–Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 497–523). West Sussex, United Kingdom: Wiley–Blackwell.

Kuslan, L. I., & Stone, A. H. (1969). *Teaching children science: An inquiry approach.* California: Wadsworth Publishing Company.

Lipman, M., Sharp, A. M., & Oscanyan, F. S. (1980). *Philosophy in the classroom*. (2nd ed.). Philadelphia: Temple University Press.

McGuinness, C., Eakin, A., Curry, C., & Sheehy, N. (2007). Building thinking skills in thinking classrooms: ACTS in Northern Ireland. In *13th International Conference on Thinking*, *13*(1), 109–114. Retrieved from https://www.academia.edu/32949578/Building_thinking_skills_in_thinking_classrooms_ACTS_in_Northern_Ireland

McGuire, W. J. (1969). The nature of attitudes and attitude change. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.), *The Handbook of Social Psychology* (pp. 136–314). Massachusetts: Addison–Wesley.

OECD (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. Paris: OECD Publishing.

Schafersman, S. D. (1997). *An introduction to science: Scientific thinking and the scientific method*. Ohio: Department of Geology, Miami University.

Shayer, M. (2003). Not just Piaget; not just Vygotsky, and certainly not Vygotsky as alternative to Piaget. *Learning and Instruction*, *13*(5), 465–485. https://doi.org/10.1016/S0959–4752 (03)00092–6

Tripp, D. H. (1980). The evaluation of the De Bono (CoRT) thinking project: Some theoretical issues. *Studies in Educational Evaluation*, *6*(2), 185–194. https://doi.org/10.1016/0191–491X(80)90020–6

Zimmerman, C., & Croker, S. (2014). A prospective cognition analysis of scientific thinking and the implications for teaching and learning science. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, *13*(2), 245–257. https://doi.org/10.1891/1945–8959.13.2.245