วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj
ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of a Physics Teaching Model Integrated with Polya's Approach to Enhance Physics Problem-Solving Abilities and Scientific Mind of Mathayom 5 Students

จักริน งานไว
Jakkrin Nganwai

โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น
Muangphonpittayakhom School, Khon Kaen Provincial Administrative Organization, Khon Kaen, Thailand

Received: March 19, 2025 Revised: March 26, 2025 Accepted: March 28, 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการพัฒนารูปแบบการสอนฯ 2) สร้างและพัฒนารูปแบบฯ 3) ทดลองใช้รูปแบบการสอนฯ และ 4) ประเมินและรับรองรูปแบบการสอนฯ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม จำนวน 41 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัย พบว่า 1) สภาพปัจจุบันและผลสภาพที่พึงประสงค์ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และระดับมากที่สุด 2) รูปแบบการสอนฯ มี 5 องค์ประกอบดังนี้ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วย 7 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ขั้นที่ 2 เผชิญสถานการณ์ปัญหา (Facing Problem situations) ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ และแสวงหาข้อมูล (Analyzing and seeking information) ขั้นที่ 4 วางแผน (Planning Stage) ขั้นที่ 5 ลงมือปฏิบัติ (Action Step) ขั้นที่ 6 สร้างข้อสรุป (Creating Conclusions) ขั้นที่ 7 ประเมินผล (Evaluation Stage) 4) การวัดและประเมินผล และ 5) ผลป้อนกลับ 3) ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนฯ พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_1/ E_2) มีค่าเท่ากับ 82.01/81.08 ดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.7135 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมถึงจิตวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด 4. ผลการประเมินและรับรองรูปแบบกการสอนมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : รูปแบบการสอนฟิสิกส์, การสอนแบบโพลยา, จิตวิทยาศาสตร์

*Corresponding author. Tel.: 094-2564104
Email address: jakkrinn7@gmail.com

Abstract

This research aimed to 1) examine the current conditions and needs for developing a physics teaching model, 2) construct and develop the teaching model, 3) implement the teaching model, and 4) evaluate and validate the teaching model. The target group consisted of 41 Mathayom 5 students in the second semester of the 2024 academic year at Muang Phon Pittayakhom School, selected through purposive sampling. The research instruments included lesson plans, an academic achievement test, a physics problem-solving ability assessment, a scientific mind evaluation form, and a satisfaction questionnaire.The findings revealed that: 1) The current conditions were at a moderate level, while the desired conditions were at the highest level; 2) The teaching model comprised five components: principles, objectives, instructional process (consisting of seven steps: Elicitation Phase, Facing Problem Situations, Analyzing and Seeking Information, Planning Stage, Action Step, Creating Conclusions, and Evaluation Stage), measurement and evaluation, and feedback; 3) The implementation results showed that the efficiency ratio (E1/E2) was 82.01/81.08, and the effectiveness index was 0.7135. Post-instructional academic achievement and physics problem-solving abilities were significantly higher than pre-instructional scores at the .05 level. Additionally, students' scientific mind and satisfaction were at the highest level; 4) The evaluation and validation of the teaching model indicated the highest level of appropriateness.

Keywords: Physics Teaching Model, Polya's Approach, Problem-Solving Abilities, Scientific Mind

■ บทนำ

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ ผลผลิตทางเทคโนโลยีที่มนุษย์ใช้อำนวยความสะดวกล้วนเป็นผลของการผสมผสานความรู้วิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาวิธีคิดทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) ที่กำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน โดยมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคอย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล (Ministry of Education, 2017)

รายวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มุ่งให้ผู้เรียนศึกษากฎ หลักการ และทฤษฎีต่างๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม การเรียนฟิสิกส์ต้องอาศัยการแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ กราฟเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร และสมการทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนประสบปัญหาในการวิเคราะห์โจทย์ ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และไม่สามารถนำกฎ ทฤษฎี สมการต่างๆ ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นักเรียนส่วนใหญ่สามารถท่องจำสมการได้ แต่ไม่สามารถประยุกต์ใช้แก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลายได้ (Redish, 2003) ปัญหาการเรียนรู้ฟิสิกส์ไม่เพียงเกิดขึ้นในประเทศไทยเท่านั้น แต่ยังพบในประเทศสหรัฐอเมริกาที่นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ เนื่องจากมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ (Chi et al., 1981) ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่า นักเรียนยังไม่มีขั้นตอนในการคิดแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ กับหลักการทางฟิสิกส์ นอกจากนี้ รูปแบบการสอนที่เน้นการบรรยายยังทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นพฤติกรรมด้านการคิดที่สะท้อนกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งต้องอาศัยทักษะย่อยหลายทักษะ ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การแปลความหมายของโจทย์ปัญหา และการพิจารณาปัญหาอย่างเป็นระบบตามขั้นตอน (Billstein, 1987) การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจำเป็นต้องมีกระบวนการที่ชัดเจน ซึ่ง

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48(1), 32-53
doi: 10.14456/edkkuj.2020.x

แนวคิดการสอนแบบโพลยาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้กระบวนการค้นพบในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนชัดเจน

แนวคิดการสอนแบบโพลยา (Polya) เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่พัฒนาโดย George Polya ที่มีขั้นตอนชัดเจน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) 2) วางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) 3) ดำเนินการตามแผน (Carrying Out the Plan) และ 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ (Looking Back) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์กับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างมีความหมาย นอกจากนี้ ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ที่ควรได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป แนวคิดการสอนแบบโพลยา (Polya's approach) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่การนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทการเรียนการสอนฟิสิกส์ยังมีข้อจำกัดและช่องว่างทางวิชาการที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าในประเทศไทย Sathitsethian (2017) และ Sawetmal (2022) ได้ศึกษาการนำแนวคิดโพลยามาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขณะที่ในต่างประเทศ Heller & Heller (2010) ได้พัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดของโพลยา แต่มีการปรับให้เหมาะกับบริบทของการแก้ปัญหาฟิสิกส์โดยเฉพาะ จุดแข็งของแนวคิดการสอนแบบโพลยาคือการมีกระบวนการที่เป็นขั้นตอนชัดเจน ช่วยให้ผู้เรียนมีโครงสร้างความคิดในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ แต่จุดอ่อนที่พบในงานวิจัยก่อนหน้า เช่น Walsh et al. (2007) พบว่าผู้เรียนอาจขาดความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้กระบวนการกับปัญหาทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อน และ Docktor et al. (2015) พบว่าการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต้องการความรู้เฉพาะทางและความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งกว่าการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั่วไป

นอกจากนี้ จิตวิทยาศาสตร์ยังมีความเชื่อมโยงกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่เน้นว่าการพัฒนาความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การลงมือปฏิบัติและการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ล้วนส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ในด้านความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล และความคิดสร้างสรรค์ Harlen (2000) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (scientific inquiry) โดยระบุว่าการให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหา ตั้งคำถาม วางแผน และลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะช่วยหล่อหลอมคุณลักษณะสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของแนวคิดการสอนแบบโพลยาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

อย่างไรก็ตาม ยังขาดการศึกษาที่บูรณาการแนวคิดการสอนแบบโพลยาเข้ากับการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยเฉพาะในบริบทของนักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยพัฒนารูปแบบการสอนที่ผสมผสานกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเข้ากับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์อย่างเป็นองค์รวม"

การบูรณาการแนวคิดการสอนแบบโพลยาเข้ากับการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกันอย่างยิ่ง เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาที่เน้นการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลลัพธ์ ล้วนเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมคุณลักษณะสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์ เช่น ความมีเหตุผล ความรอบคอบ ความอดทน และความมุ่งมั่นพยายาม

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเคลื่อนที่และแรงในธรรมชาติ ซึ่งจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถาม นำไปสู่การค้นคว้าข้อมูล วิเคราะห์อย่างมีเหตุผล และแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบตามลำดับขั้นตอน จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วย

รูปแบบดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

■ คำถามการวิจัย

1. ผลการสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีองค์ประกอบ อะไรบ้าง

2. ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไรบ้าง

3. ผลการประเมินและรับรองรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของผู้ทรงคุณวุฒิ อยู่ในระดับใด

■ วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดโพลยาสำหรับพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. เพื่อทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดโพลยาที่พัฒนาขึ้น

3. เพื่อประเมินประสิทธิผลและรับรองรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดโพลยาที่พัฒนาขึ้น

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาธรรมชาติของสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้โดยการสังเกต การทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการ กฎ ซึ่งความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือทำนายสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต และสามารถนำความรู้นี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2017)

การทำความเข้าใจธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ ควรเริ่มต้นจากการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งด้านความรู้และกระบวนการการเสาะแสวงหาความรู้ ซึ่ง Lederman (2007) ได้อธิบายว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 7 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ 1) ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ 2) กฎและทฤษฎีมีความแตกต่างกัน 3) การตีความหลักฐานต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ 4) ความรู้วิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับทฤษฎีและกรอบความคิด 5) บริบททางสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ 6) ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และ 7) วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48(1), 32-53
doi: 10.14456/edkkuj.2020.x

วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ ดังนี้ 1) เนื้อหาสาระของวิชาฟิสิกส์ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของสสาร คุณสมบัติและความสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน โดยเฉพาะการเคลื่อนที่และแรงในธรรมชาติ ทั้งในระดับอนุภาคและระดับจักรวาล ดังที่ National Research Council (2012) ได้เสนอกรอบแนวคิดหลักในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่ประกอบด้วยมโนทัศน์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น 2) จุดเน้นของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการปฏิบัติทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นในการตอบคำถามในเนื้อหาสาระของวิชาฟิสิกส์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Hodson (2014) ที่เสนอว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ต้องเรียนทั้ง "เนื้อหา" และ "กระบวนการ" ไปพร้อมกัน โดยเฉพาะทักษะการสังเกต การวัด การจำแนก การใช้ตัวเลข การพยากรณ์ การลงความเห็น การสื่อความหมาย การควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการทดลอง นอกจากนี้ Duit, Schecker et al. (2014) ชี้ให้เห็นว่า วิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพในวิชาฟิสิกส์ต้องคำนึงถึงทั้งการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหา โดยวิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์มีหลากหลาย ได้แก่ 1) การใช้คำถามและการอภิปราย (Questioning and Discussion) 2) การสำรวจตรวจสอบและการแก้ปัญหา (Investigation and Problem Solving) 3) การสาธิตและการทดลอง (Demonstration and Laboratory Work) 4) การเรียนรู้ด้วยภาพ (Visual Learning) 5) การเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยของเล่น (Teaching with Physics Toys) และ 6) รูปแบบการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) (McDermott & Redish, 1999)

รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา

การแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาของโพลยา ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติตามแผน (Carrying out the plan) ขั้นที่ 4 มองย้อนกลับ (Looking back) โดยขั้นตอนทั้งสี่ขั้นนั้นสามารถยืดหยุ่นได้ ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอน จึงนับว่ามีอิทธิพลต่อนักคณิตศาสตร์ศึกษาในปัจจุบันมาก Sathitsethian (2017) การแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน บทบาทของครูในการแก้โจทย์ปัญหาว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดของครู คือ การช่วยเหลือนักเรียนในขณะแก้ปัญหาและเมื่อต้องการความช่วยเหลือในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องการเวลาในการคิด พิจารณา วิเคราะห์ คำถาม หาคำตอบและตรวจสอบคำตอบ 1) ในการเตรียมการสอนการแก้โจทย์ปัญหา 2) ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา Sawetmal (2022)

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

กระบวนการแก้ไขปัญหาที่มีขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ ซึ่งต้องอาศัยหลักการประยุกต์เอาความรู้ ความเข้าใจเพื่อมาวิเคราะห์ และหาวิธีการที่นำมาแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม เพื่อนำไปสู่เป้าหมายและค้นพบคำตอบของปัญหา Mingmit (2017) Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST] (2017) 1) การใช้คำถามเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด 2) การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต 3) การอภิปราย ใช้เพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาที่ต้องการจะสอน Chuchat (2017) แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 1) ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย 2) แนวคิดทางฟิสิกส์ 3) การประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ 4) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา Docktor and Heller (2009)

การเรียนการสอนฟิสิกส์และการแก้ปัญหาด้วยแนวคิดโพลยา

งานวิจัยด้านการศึกษาฟิสิกส์ได้ชี้ให้เห็นปัญหาสำคัญในการเรียนการสอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษา โดย Phonyiam et al, (2020) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เชิงมโนทัศน์กับการแก้โจทย์ปัญหา มักจดจำสูตรและคำนวณตามขั้นตอนโดยไม่เข้าใจหลักการพื้นฐาน Redish (2003) ชี้ว่านักเรียนมักไม่สามารถแปลงสถานการณ์จริงให้เป็นแบบจำลองทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง ขณะที่ Chi et al., (1981) พบว่าผู้เริ่มต้นมักจำแนกโจทย์ปัญหาตามลักษณะผิวเผิน

ไม่ใช่ตามหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดการสอนแบบโพลยาจึงมีความเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจาก Polya (1957) ได้พัฒนากระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบย้อนกลับ ซึ่ง Heller และ Heller (2010) ได้นำมาปรับใช้กับการแก้ปัญหาฟิสิกส์โดยเฉพาะ และ Buranapon and Cojorn (2021) พบว่าการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบมีโครงสร้างช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องกับจิตวิทยาศาสตร์ เห็นได้ว่าจิตวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมด้านจิตพิสัยซึ่งไม่สามารถวัดได้โดยตรง ซึ่งจิตวิทยาศาสตร์จะครอบคลุมทั้งเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ 1) ความใจกว้าง 2) ความซื่อสัตย์ ,3) ความมีเหตุผล 4) ความรอบคอบ 5) ความรับผิดชอบ 6) ความสร้างสรรค์ 7) ความร่วมมือช่วยเหลือ 8) ความมุ่งมั่นพยายาม 9) ความอยากรู้อยากเห็น 10) เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์จิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind or scientific attitudes) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทนรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (IPST, 2018)

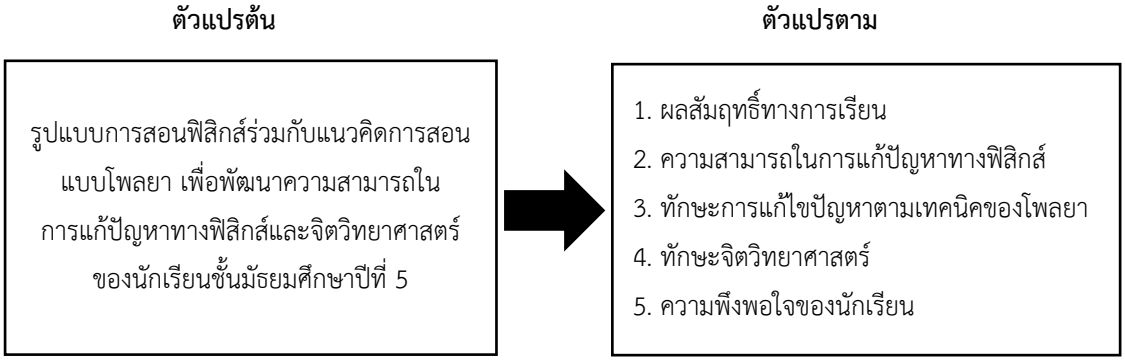
ความเชื่อมโยงระหว่างการสอนแบบโพลยา จิตวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การศึกษาวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนความเชื่อมโยงระหว่างการสอนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบกับการพัฒนาเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Simpson และ Oliver (1990) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้าน Osborne และคณะ (2003) ชี้ว่าการพัฒนาเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับทักษะการคิดวิเคราะห์ Selçuk et al (2008) แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบมีโครงสร้างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ขณะที่ Permsopa ea al,. (2020) เสนอว่าการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบช่วยส่งเสริมความมุ่งมั่น อดทน และความรับผิดชอบในการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จากหลักฐานทางวิชาการข้างต้น จึงมีความเป็นไปได้สูงที่การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยาจะสามารถพัฒนาทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ จิตวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปพร้อมกัน

หลักการและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน

รูปแบบเป็นสิ่งที่สร้างและพัฒนาขึ้นไว้เป็นแนวทางในการทำงาน อย่างใดอย่างหนึ่ง รูปแบบ หรือ Model เป็นคำที่ใช้เพื่อสื่อความหมายหลายอย่าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว รูปแบบ อาจจะหมายถึง จริงหรือวิธีการดำเนินงานที่เป็นต้นแบบอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีนักการศึกษา หลายท่าน ได้ให้ความหมายของรูปแบบไว้ได้ให้ความหมายของรูปแบบไว้ว่าหมายถึงสิ่งหรือวิธีการดำเนินงานที่เป็นต้นแบบอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นตัวแทนของโครงสร้างทางความคิดหรือองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญของเรื่องที่ศึกษา เพื่ออธิบายพฤติกรรมและลักษณะบางประการของสิ่งที่เป็นจริงอย่างหนึ่ง เช่น แบบจำลองสิ่งก่อสร้าง รูปแบบในการพัฒนาผู้วิจัยได้สังเคราะห์ออกมาประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน 4) การวัดและประเมินผล และ 5) ผลป้อนกลับ (Joyce & Weil, 2009; Aphaijai, 2017; Homsin, 2020) รูปแบบที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้น ต้องประกอบด้วยลักษณะสำคัญ คือ มีความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง สามารถนำไปสู่แนวคิดใหม่ ๆ สำหรับการพัฒนารูปแบบนั้น ผู้พัฒนาจะต้องศึกษา แนวคิด ทฤษฎีในการสร้างรูปแบบ แล้วนำเอาข้อมูลที่จัดเก็บมาวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบ

จากหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องส่งให้เกิดกรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1. กรอบแนวคิดในการวิจัย

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยนี้ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) ตามแนวคิดของ Borg และ Gall (2007) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิเคราะห์ความต้องการ ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำรวจสภาพปัจจุบันและความต้องการจากครูฟิสิกส์ และนักเรียน วิเคราะห์หลักสูตรฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหา 2) การพัฒนารูปแบบการสอน สังเคราะห์องค์ประกอบและพัฒนาร่างรูปแบบการสอน พร้อมพัฒนาเครื่องมือประกอบการใช้รูปแบบ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 3) การทดลองใช้รูปแบบการสอน เริ่มด้วยการทดลองนำร่อง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ปรับปรุง แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลังเรียน วิเคราะห์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ดัชนีประสิทธิผล และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาก่อน-หลังเรียน 4) การปรับปรุงและรับรองรูปแบบการสอน วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ ปรับปรุงรูปแบบ นำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 7 ท่านเพื่อประเมินและรับรอง และจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบฉบับสมบูรณ์

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

การวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมแบ่งเป็น 4 กลุ่มตามขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

1. กลุ่มให้ข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วย ครูผู้สอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 15 คน (ประสบการณ์สอน ≥5 ปี) ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 120 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามขนาดโรงเรียน

2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ (2 คน) ด้านหลักสูตรและการสอน (2 คน) และด้านการวัดและประเมินผล (1 คน) ทุกท่านมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอกและประสบการณ์ในสาขาที่เกี่ยวข้อง

3. กลุ่มทดลองใช้รูปแบบการสอน แบ่งเป็น กลุ่มนำร่อง 15 คน (นักเรียน ม.5 ภาคเรียนที่ 1/2567) ที่มีผลการเรียนระดับสูง ปานกลาง และต่ำในสัดส่วนใกล้เคียงกัน และกลุ่มเป้าหมายจริง 41 คน (นักเรียน ม.5/10 ภาคเรียนที่ 2/2567) ที่ลงทะเบียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

4. กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิรับรองรูปแบบ จำนวน 7 คน ประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนฟิสิกส์ (3 คน) ด้านหลักสูตรและการสอน (2 คน) และด้านการวัดและประเมินผล (2 คน)

การเก็บรวมรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

1. ขั้นศึกษาข้อมูลพื้นฐาน มีการเก็บข้อมูลจากครูฟิสิกส์ (n=15) โดยใช้แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและความต้องการ ผู้วิจัยแจกและรับคืนด้วยตนเอง จากนั้นเก็บข้อมูลจากนักเรียน (n=120) โดยใช้แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและปัญหาการเรียนฟิสิกส์ ประสานงานผ่านครูประจำชั้น

2. ขั้นพัฒนารูปแบบการสอน นำร่างรูปแบบและแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ (n=5) ตรวจสอบความเหมาะสม ส่งเอกสารและชี้แจงด้วยตนเอง รับผลการประเมินหลังจาก 2 สัปดาห์

3. ขั้นทดลองใช้รูปแบบการสอน เริ่มจากการชี้แจงวัตถุประสงค์และบทบาทให้กลุ่มเป้าหมาย (n=41) ให้ทราบต่อมาทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ จากนั้นจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบ 14 สัปดาห์ (42 คาบ) พร้อมเก็บข้อมูลจิตวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน และมีการทดสอบหลังเรียนและประเมินความพึงพอใจเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4. ขั้นประเมินและรับรองรูปแบบ จัดทำเอกสารสรุปผลและรูปแบบที่ปรับปรุงพร้อมแบบประเมิน ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (n=7) ทาง E-mail ติดตามผลทางโทรศัพท์และ E-mail รวบรวมผลการประเมินเพื่อปรับปรุงรูปแบบให้สมบูรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยจำแนกตามระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการ และแนวทางในการพัฒนารูปแบบฯ โดย 1) วิเคราะห์สภาพปัจจุบันและความต้องการ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 2) วิเคราะห์แนวทางในการพัฒนารูปแบบโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ระยะที่ 2 การสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ โดย 1) วิเคราะห์ความสอดคล้องของรูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 2) วิเคราะห์ความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ 1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบและแบบวัดต่าง ๆ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 2) ความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.32-0.78 และอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.65 3) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) มีค่าเท่ากับ 0.87 4) ความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.82 5) ความเชื่อมั่นของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าเท่ากับ 0.85

ระยะที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ โดย 1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ โดยใช้สูตร E_1/E_2 โดยกำหนดเกณฑ์ $E_1/E_2 \geq 80/80$ 2) วิเคราะห์ดัชนี

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48(1), 32-53
doi: 10.14456/edkkuj.2020.x

ประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) โดยกำหนดเกณฑ์ E.I. ≥ 0.5 3) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยใช้ร้อยละและค่าเฉลี่ย 4) วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยใช้ร้อยละและค่าเฉลี่ย 5) วิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) 6) วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ระยะที่ 4 การประเมินและรับรองรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ โดย 1) วิเคราะห์ผลการประเมินและรับรองรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 2) วิเคราะห์ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

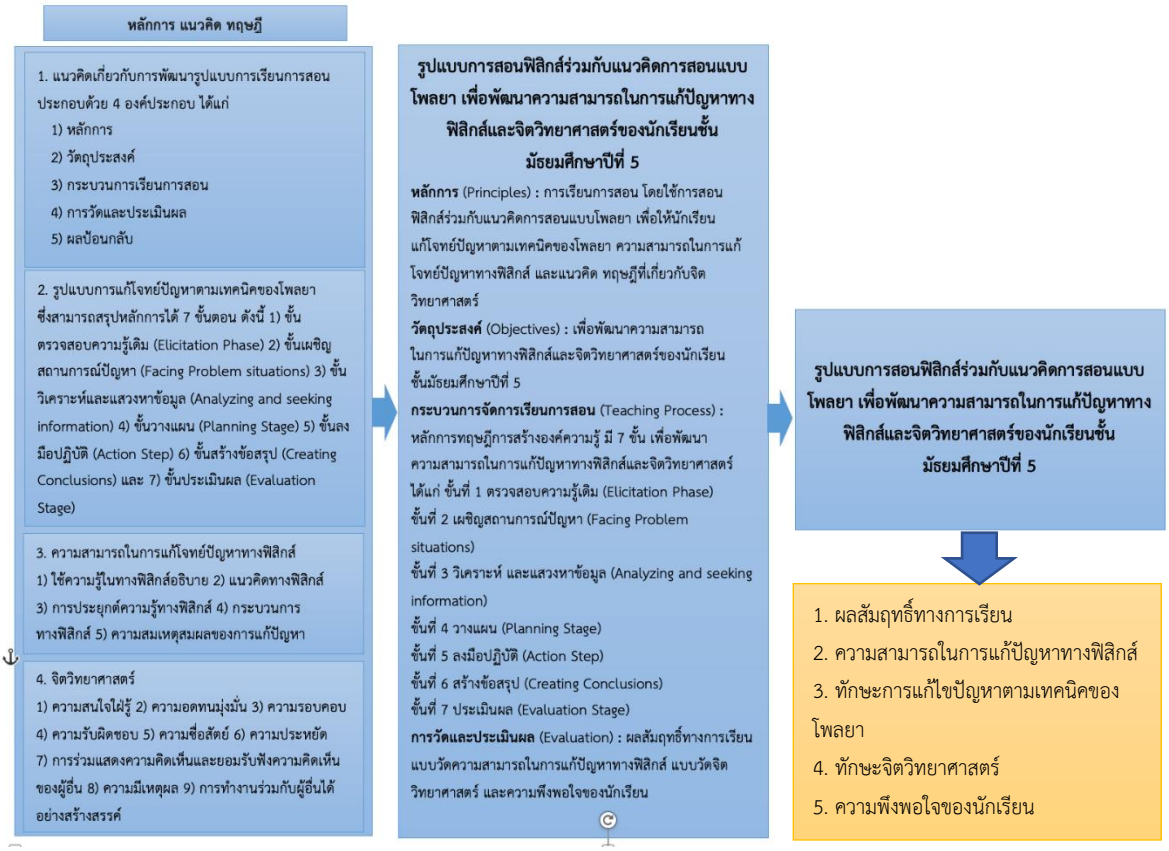
■ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. ผลการสภาพปัจจุบันและความต้องการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน อยู่ในระดับปานกลาง และความต้องการ อยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผลการสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญผลปรากฏดังนี้ รูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยรูปแบบประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน 4) การวัดและประเมินผล และ 5) ผลป้อนกลับ ซึ่งในองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วย 7 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ขั้นที่ 2 เผชิญสถานการณ์ปัญหา (Facing Problem situations) ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ และแสวงหาข้อมูล (Analyzing and seeking information) ขั้นที่ 4 วางแผน (Planning Stage) ขั้นที่ 5 ลงมือปฏิบัติ (Action Step) ขั้นที่ 6 สร้างข้อสรุป (Creating Conclusions) ขั้นที่ 7 ประเมินผล (Evaluation Stage) ซึ่งรูปแบบการสอนนี้มุ่งพัฒนา 5 ด้าน ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์, ทักษะการแก้ไขปัญหาตามเทคนิคของโพลยา, ทักษะจิตวิทยาศาสตร์, และความพึงพอใจของนักเรียน และรูปแบบการสอนนี้ผ่านการวิเคราะห์และประเมินอย่างเป็นระบบ สะท้อนให้เห็นถึงการบูรณาการทฤษฎีการสอนฟิสิกส์กับแนวคิดการแก้ปัญหาแบบโพลยาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2. รูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

จำนวนนักเรียน	ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) (270)			ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) (40)		
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
41	218.55	0.41	80.94	81.19	1.47	81.19
ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน (E_1/ E_2) = 80.94/81.19						

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) มีค่าเท่ากับ 80.94 และประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 81.19 ดังนั้นประสิทธิภาพรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 80.94/81.19 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

3.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2

ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผล

จำนวนนักเรียน	คะแนนทดสอบก่อนเรียน			คะแนนทดสอบหลังเรียน			E.I.
	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	
41	40	14.63	1.96	40	32.48	1.47	0.7034

จากตารางที่ 2 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.7034 หรือมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.34 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

3.3 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P
หลังเรียน	41	32.48	1.47	43.64	13	0.00*
ก่อนเรียน	41	14.63	1.96			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.4 ผลการวิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังจากการทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P
หลังเรียน	41	32.48	1.47	43.64	13	0.00*
ก่อนเรียน	41	14.63	1.96			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 9 ด้าน ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5

ผลการวิเคราะห์จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (N = 41)

ข้อ	รายการ	ระดับจิตวิทยาศาสตร์		
		$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1	ด้านความสนใจใฝ่รู้	4.66	0.85	มากที่สุด
2	ด้านความอดทนมุ่งมั่น	4.71	0.46	มากที่สุด
3	ด้านความรอบคอบ	4.61	0.74	มากที่สุด
4	ด้านความรับผิดชอบ	4.51	0.84	มากที่สุด
5	ด้านความซื่อสัตย์	4.66	0.76	มากที่สุด
6	ด้านความประหยัด	4.73	0.45	มากที่สุด
7	ด้านการร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	4.54	0.50	มากที่สุด
8	ด้านความมีเหตุผล	5.68	0.47	มากที่สุด
9	ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์	4.63	0.49	มากที่สุด
	รวม	**4.75**	**0.62**	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.75, S.D. = 0.62) และเมื่อมีการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มากขึ้น เนื่องจากมีกระบวนการคิดที่เป็นระบบตามแนวคิดโพลยา ซึ่งประกอบด้วยการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบ การเรียนรู้ในลักษณะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ที่ดีและมีความยั่งยืน

3.6 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน (N = 41)

ข้อ	รายการ	ระดับจิตวิทยาศาสตร์		
		$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1	ด้านการออกแบบบทเรียน เนื้อหา	4.69	0.58	มากที่สุด
2	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.70	มากที่สุด

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48(1), 32-53
doi: 10.14456/edkkuj.2020.x

3	ด้านรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.74	0.63	มากที่สุด
4	ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียน	4.68	0.72	มากที่สุด
5	สรุป	**4.70**	**0.66**	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.66)

4. ผลการประเมินและรับรองรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และผลการประเมินและรับรองขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมมีความเหมาะสมมากที่สุด

อภิปรายผล

1. ผลการสภาพปัจจุบันและความต้องการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และผลการวิเคราะห์สภาพที่พึงประสงค์การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเมืองพลพิทยาคม ยังมีการจัดการเรียนการสอน โดยเน้นการบรรยายเป็นส่วนใหญ่ นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และไม่ได้แสดงความคิดเห็นต่อการเรียนของตนเอง และโรงเรียนยังไม่มีกลยุทธ์ในการขับเคลื่อนให้กิจกรรมประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อีกทั้งในปัจจุบันการสอน โดยเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการกำหนดปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และกำหนดวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา เป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และในระดับของการเรียนที่สูงขึ้น ดังนั้น การสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับ Sokanthat (2017) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบร่างรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎี คอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้มาจากการศึกษาและวิเคราะห์นโยบายพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ แนวคิด ทฤษฎี หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาความต้องการของผู้เรียน ศึกษาความต้องการ ของครูผู้สอน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์มีความจำเป็นสำหรับผู้เรียน

2. ผลการสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการร่างรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตามความคิดเห็นของเชี่ยวชาญ พบว่า ร่างรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และรายละเอียดของร่างรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้น โดยรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก โดยมีการตรวจสอบทุกขั้นตอนของการวิจัย วิธีการ และขั้นตอนการพัฒนารูปแบบผ่านการตรวจสอบ และประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้รับการตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ครอบคลุมทั้งทฤษฎี หลักการ และองค์ประกอบสำคัญ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เอาองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอนต่าง ๆ จนได้องค์ประกอบสำคัญทั้ง 5 องค์ประกอบ และผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาแล้วว่าองค์ประกอบดังกล่าวมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phithak P. et al., (2018) ที่ได้พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า 1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ดังนี้ (1) หลักการของรูปแบบการสอน (2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ได้แก่ (3.1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาโดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E (Physics-Technology-Physics and Mathematics-Engineering) (3.2) ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน และ (4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน และยังสอดคล้องกับ Ngamlerd (2019) ได้พัฒนารูปแบบ PELAC Model ในการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่ามีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ 1) หลักการ2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน และ 4) การประเมินผล และในกระบวนการสอนแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อมผู้เรียน (Prepare :P) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E) ขั้นตอนที่ 3 เรียนรู้สิ่งใหม่ (Learn : L) ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้ความรู้(Application : A) และขั้นตอนที่ 5 เติมเต็มประสบการณ์ (Complement : c) เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นกับ PELAC Model พบว่ามีทั้งความเหมือนและความแตกต่างที่น่าสนใจ โดยทั้งสองรูปแบบใช้กระบวนการเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดและแก้ปัญหา และมีการประเมินผลเป็นขั้นตอนสุดท้าย อย่างไรก็ตาม รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความแตกต่างจาก PELAC Model ในแง่ของจำนวนขั้นตอนการสอน โดย PELAC Model มี 5 ขั้นตอน ขณะที่รูปแบบที่พัฒนามี 7 ขั้นตอน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแยกย่อยกระบวนการเพื่อความชัดเจนในการปฏิบัติมากขึ้น ความแตกต่างที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ รูปแบบที่พัฒนาเพิ่มขั้นตอน "ตรวจสอบความรู้เดิม" เป็นขั้นตอนแรก ซึ่งไม่มีใน PELAC Model การเริ่มต้นด้วยขั้นตอนนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม นอกจากนี้ รูปแบบที่พัฒนายังให้ความสำคัญกับการ "เผชิญสถานการณ์ปัญหา" เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ขณะที่ PELAC Model รวมอยู่ในขั้น Explore และมีการแยก "วิเคราะห์และแสวงหาข้อมูล" กับ "วางแผน" เป็นคนละขั้นตอน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมากขึ้น รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยังมีความสอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในหลายประเด็น ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ผ่านขั้นตอน "วิเคราะห์และแสวงหาข้อมูล" การทดสอบสมมติฐานผ่านขั้นตอน "ลงมือปฏิบัติ" การใช้ประจักษ์พยานในการสร้างข้อสรุป การประเมินความรู้ และการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้ 1) ประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_1/E_2) มีค่าเท่ากับ *82.01/81.08* 2) ดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ฯ มีค่าเท่ากับ *0.7135* ***3)*** ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของ

การทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) ผลการวิเคราะห์จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ 6) ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยการออกแบบตามขั้นตอนชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม และภายในกลุ่มกอปรทั้งในขั้นตอนการทบทวนความรู้เดิมและขั้นตอนการเพิ่มความสนใจ สามารถทบทวนและศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายกี่ครั้งก็ได้ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และยังสามารถแลกเปลี่ยนความรู้กับนักเรียนภายในกลุ่มด้วย ทำให้นักเรียนสามารถทำคะแนนกิจกรรมทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มได้ดี จึงส่งผลให้นักเรียนมีอัตราความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ Phithak P. et al., (2018) ที่ได้พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ลการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำาคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับ Lueangpermsakul (2023) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน *SPECPA* Model เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ 4 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคงทองวิทยา ผลการวิจัยพบว่า พบว่า 1. รูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน SPECPA สอดคล้องหลักการทำงานของวงจรคุณภาพ PDCA ผสมผสานกับการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านระบบออนไลน์และออนไซต์พบว่าประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน SPECPA Model มีค่าเท่ากับ (E_1/E_2) คือ 75.08/75.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 75/75 2. ค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน SPECPA Model มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (5.D.) เท่ากับ 12.01 โดยมีนักเรียนที่ได้ผลการเรียนระดับดีขึ้นไปจำนวน 37 คนจากนักเรียน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 92.50 สูงกว่าสถานศึกษากำหนดไว้ 3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบผสมผสาน SPECPA Model โดยภาพรวมพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 แสดงว่าเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน SPECPA Modระดับมากที่สุด สอดคล้องกับการวิจัยของ Nuangchalerm, and Thamasena (2009) ที่ได้ศึกษาเรื่อง พัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่สองผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ผ่านวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ในระดับสูงสุด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากิจกรรม การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ ยังสอดคล้องกับ Maenthanu (2017) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อพัฒนาความ สามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ รูปแบบการสอนฟิสิกส์ที่บูรณาการแนวคิดโพลยามีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเนื่องจากหลายปัจจัย การบูรณาการแนวคิดโพลยาที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างมีโครงสร้าง ขั้นตอนการตรวจสอบความรู้เดิมช่วยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับพื้นฐานเดิมสอดคล้องกับทฤษฎีของออซูเบล การเผชิญสถานการณ์ปัญหาที่ชัดเจนกระตุ้นแรงจูงใจและเป้าหมายการเรียนรู้ การแยกขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลจากการวางแผนส่งเสริมทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการประเมินผลพร้อมข้อมูลย้อนกลับช่วยให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึก องค์ประกอบเหล่านี้ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ผ่านการวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าข้อมูล และลงมือแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ผ่านการยอมรับข้อจำกัด ความใจกว้าง ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐาน

4. ผลการประเมินและรับรองรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมมีระดับความเหมาะสมมากที่สุด และผลการประเมินและรับรองขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมมีความเหมาะสมมากที่สุด ผู้ทรงคุณวุฒิให้การรับรองและเห็นว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการสร้างและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนามาใช้ มีการวิจัยที่หลากหลายทั้งการวิจัยเชิงปริมาณ และการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายครบถ้วนนำไปสู่การสร้างและพัฒนารูปแบบให้เหมาะสม และมีประสิทธิภาพทั้งในแต่ละระยะของการวิจัย ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบ ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงองค์ประกอบหลัก กระบวนการ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบให้เหมาะสม จึงทำให้รูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับ Charoenchim & Auamcharoen (2010) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริมมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนฟิสิกส์ มีความเห็นว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ Pattanasuk, Chamminok and Akakul (2561) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4มีความเหมาะสมในระดับมาก

■ บทสรุปจากการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการ สร้างและพัฒนารูปแบบ ทดลองใช้ และประเมินปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ การวิจัยใช้กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม ห้อง 5/10 จำนวน 41 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง ขณะที่สภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา ผู้วิจัยสร้าง และพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ มีองค์ประกอบ คือ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน 4) การประเมินผล และ 5) ผลป้อนกลับ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ผลการทดลองใช้รูปแบบพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อจำกัด

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48(1), 32-53
doi: 10.14456/edkkuj.2020.x

1. ข้อจำกัดด้านการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยนี้อาจมีข้อจำกัดในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งอาจไม่ได้มาจากการสุ่มอย่างแท้จริง แต่เป็นการเลือกแบบเจาะจงหรือตามความสะดวก ทำให้กลุ่มตัวอย่างอาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด ส่งผลต่อการนำผลการวิจัยไปอ้างอิงหรือขยายผลในวงกว้าง

2. ข้อจำกัดด้านการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ที่การไม่มีกลุ่มควบคุมในการทดลอง ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นผลมาจากรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจริงหรือเป็นผลจากปัจจัยอื่นๆ เช่น วุฒิภาวะของผู้เรียน อิทธิพลของครูผู้สอน หรือปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ การเพิ่มกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการสอนแบบปกติจะช่วยให้กา รอ้างอิงถึงประสิทธิผลของรูปแบบการสอนมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

3. ข้อจำกัดด้านเนื้อหา การวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เฉพาะในบางเนื้อหาที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้ จึงอาจมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับเนื้อหาฟิสิกส์อื่นที่มีความซับซ้อนหรือต้องการทักษะเฉพาะด้านที่แตกต่างกัน

4. ข้อจำกัดด้านระยะเวลา การวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2567 ซึ่งมีระยะเวลาจำกัด การติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินความคงทนของทักษะการแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์จึงไม่สามารถทำได้ในการวิจัยครั้งนี้

5. ข้อจำกัดด้านเครื่องมือการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวัดจิตวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินที่วัดความรู้สึกและเจตคติของนักเรียน ซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนจิตวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากเป็นคุณลักษณะภายในที่ต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาและวัดได้ยาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ครูผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจองค์ประกอบและขั้นตอนของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ร่วมกับแนวคิดการสอนแบบโพลยาให้ชัดเจนก่อนนำไปใช้ โดยเฉพาะขั้นตอนทั้ง 7 ขั้นของกระบวนการเรียนการสอน

2. การนำรูปแบบการสอนไปใช้ควรคำนึงถึงพื้นฐานความรู้และทักษะของผู้เรียน และอาจต้องปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน

3. ควรพัฒนาสื่อการสอนและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบนี้ โดยเฉพาะสื่อที่ช่วยในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์กับสถานการณ์จริง

4. ควรมีการเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้คุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาก่อนการนำรูปแบบไปใช้เต็มรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนมีพื้นฐานในการทำความเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. หน่วยงานระดับเขตพื้นที่การศึกษาควรจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ครูฟิสิกส์เข้าใจรูปแบบการสอนร่วมกับแนวคิดโพลยา สร้างชุมชนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (PLC) และระบบพี่เลี้ยงสนับสนุนการนำรูปแบบไปใช้

2. หน่วยงานระดับสถานศึกษาควรมีการจัดคาบเรียนแบบบล็อกให้มีเวลาต่อเนื่องสำหรับกระบวนการ 7 ขั้นตอน ลดเนื้อหาที่ไม่จำเป็น เน้นการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหามากกว่าการท่องจำ

3. หน่วยงานระดับสถานศึกษาควรมีการ สร้างเครื่องมือวัดที่เน้นความสามารถแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์ พัฒนาคลังข้อสอบเชิงวิเคราะห์ ใช้การประเมินตามสภาพจริงและการประเมินเพื่อพัฒนา

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรมีการศึกษาความคงทน กำกับติดตามทักษะการแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์หลังสิ้นสุดการทดลอง 3 เดือน 6 เดือน และ 1 ปี เพื่อวัดความยั่งยืนของผลการเรียนรู้

2. ควรมีกรเปรียบเทียบวิธีการสอน ในการวิจัยเปรียบเทียบกับรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ แบบโครงงาน หรือสะเต็มศึกษา

3. ควรวิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จโดยการศึกษาอิทธิพลของครูผู้สอน รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน และบริบทโรงเรียนต่อประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

References

Aphaijai, N. (2017). *Developing A Learning Management Model to Enhance Mathematical Problem-Solving Ability For Grade 9 Students.* Doctoral Dissertation, Chiang Rai Rajabhat University. [In Thai]

Billstein, R. (1987). *Problem Solving: A Current Perspective. In F. R. Curcio (Ed.), Teaching and Learning: A Problem-Solving Focus* (pp. 1–6). National Council of Teachers of Mathematics.

Bunphrom, S. (2021). *Science Learning Management in the Education 4.0 Era*. Chulalongkorn University Press. [In Thai]

Buranapon, R., & Cojorn, K. (2021). The Development of Problem-Solving Ability in Physics by Using Inquiry-Based Learning Incorporated with STAR Instruction Strategies for Mathayomsuksa 5 Students. *RMU. J., 15*(1), 123–136. [In Thai]

Charoenchim, S., & Auamcharoen, S. (2010). The Development of a Teaching Model Enhancing Conceptual Understanding and Problem Solving in Physics for Upper Secondary School Students. *Silpakorn Educational Research Journal, 2*(1), 160–172. [In Thai]

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization And Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science, 5*(2), 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2

Chuchat, A. (2017). *Science Teaching in Secondary Education*. Chulalongkorn University Press. [In Thai]

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). Conceptual Problem Solving In High School Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 11*(2). https://doi.org/10.1103/physrevstper.11.020106

Docktor, J. L., & Heller, K. (2009). Assessment Of Student Problem Solving Processes. *AIP Conference Proceedings, 1179*(1), 133–136. https://doi.org/10.1063/1.3266696

Duit, R., Schecker, H., Höttecke, D., & Niedderer, H. (2014). *Handbook Of Research on Science Education*, Vol. II (pp. 434–456). Routledge.

Gall, M., Gall, J., & Borg, R. (2007). *Educational Research: An Introduction* (8th ed.). Pearson Education.

Heller, L. (2010). *Mujeres Emprendedoras En América Latina Y El Caribe: Realidades, Obstáculos Y Desafíos*. Naciones Unidas, CEPAL.

Hodson, H. (2014). Gaza Conflict Will Traumatise a Generation of Children. *New Scientist*, 22 July 2014, 4.

Homsin, U. (2020). *The Development of a Teaching and Learning Model Based on Cooperative Learning Combined With Metacognitive Concepts to Enhance Mathematical Problem-Solving Ability of Grade 9 Students* (Doctoral Dissertation, Nakhon Sawan Rajabhat University). [In Thai]

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *Science Learning Area Curriculum Usage Manual (Revised Edition, B.E. 2560) According to The Basic Education Core Curriculum, Buddhist Era 2551*, Upper Secondary Level. The Teachers' Council of Thailand Printing House. [In Thai]

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). *Teacher's Manual for Basic Science And Technology Subject, Grade 9, Volume 1, According to Learning Standards and Indicators, Science Learning Area (Revised Edition, B.E. 2560) According to The Basic Education Core Curriculum, Buddhist Era 2551*. The Teachers' Council of Thailand Printing House. [In Thai]

Jindanurak, T. (2016). *Science Learning Management in the 21st Century*. Sukhothai Thammathirat Open University Press. [In Thai]

Joyce, B., & Weil, M. (2009). *Models Of Teaching* (8th ed.). Pearson Education.

Lederman, N. G. (2007). *Nature Of Science: Past, Present and Future*. In Handbook of Research In Science Education (pp. 831–880). Taylor & Francis Group.

Limtasiri, O. (2017). *The Development of a Teaching and Learning Model to Enhance Scientific Problem-Solving Ability of Grade 7 Students* (Doctoral Dissertation, Srinakharinwirot University).

Lueangpermsakul, A. (2023). *The Development of a Blended Learning Model SPECPA Model to Enhance Learning Achievement In Physics 4 For Grade 11 Students at Khongthong Wittaya School* (Master's Thesis, Nakhon Pathom Rajabhat University). [In Thai]

Maenthanu, C. (2017). *The Development of a Science Teaching and Learning Model Based on Constructivist Theory Combined with Cooperative Learning Theory to Enhance Analytical Thinking Ability Of Grade 9 Students* (Doctoral Dissertation, Mahasarakham Rajabhat University). [In Thai]

Maneephana, T. (2020). *Developing Analytical Thinking Skills in Physics of Grade 12 Students Using Inquiry-Based Learning Process* (master's Thesis, Ubon Ratchathani Rajabhat University). [In Thai]

Maneerat, W., & Dorabandit, P. (2017). Developing Problem-Solving Ability and Learning Achievement in Science on Sound and Hearing of Grade 11 Students Through Problem-Based Learning. *Journal Of Education, Naresuan University, 19*(1), 34–49. [In Thai]

Margolis, J. D., Elfenbein, H. A., & Walsh, J. P. (2007). Does It Pay to Be Good? A Meta-Analysis and Redirection of Research on The Relationship Between Corporate Social and Financial Performance. *Ann Arbor*, 1001, 48109–1234. https://doi.org/10.2139/ssrn.1866371

McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics, 67*, 755. http://dx.doi.org/10.1119/1.19122

Mingmit, P. (2017). *Developing Mathematical Problem-Solving Ability of Grade 8 Students Using Problem-Based Learning Management* (master's Thesis, Silpakorn University). [In Thai]

Ministry of Education. (2017). *Indicators And Core Learning Content for Science Learning Strand (Revised Edition, B.E. 2560) According to The Basic Education Core Curriculum, Buddhist Era 2551*. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing House. [In Thai]

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, And Core Ideas.* National Academies Press.

Ngamlerd, W. (2019). The Development of PELAC Model in Physics Teaching for Enhancing Problem-Solving Ability for Mathayom Suksa 4 Students. *Journal Of Education Naresuan University, 21*(2), 67–81. [In Thai]

Nuangchalerm, P., & Thamasena, B. (2009). Cognitive Development, Analytical Thinking and Learning Satisfaction of Second Grade Students Learned Through Inquiry-Based Learning. *Asian Social Science, 5*(10), 82–87. https://doi.org/10.5539/ass.v5n10p82 [In Thai]

Office of the Basic Education Commission (OBEC). (2017). *Indicators And Core Learning Content for Science Learning Strand (Revised Edition, B.E. 2560) According to The Basic Education Core Curriculum, Buddhist Era 2551*. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing House. [In Thai]

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes Towards Science: A Review of Literature and Its Implications. *International Journal of Science Education, 25*, 1049–1079.

Permsopa, W., Chairattanawan, K., & Lapanachokdee, W. (2020). Development Of A Scientific Mind Test For Prathomsuksa 6 Students Under Samutsongkhram Primary Educational Service Area. *Journal Of Arts Management, 4*(3), 700–716. [In Thai]

Phonyiam, T., Phibranchon, S., & Panprueksa, K. (2020). The Study Of Physics Problem Solving Ability And Physics Achievement on Momentum and Collisions of Tenth Grade Students by Using The Inquiry Method Incorporated with Polya's Problem Solving Technique. *Journal Of Education Naresuan University, 22*(1), 84–95. [In Thai]

Phithak, P., Boonprakob, M., Chamrat, S., & Wattanakasiwich, P. (2018). Development Of Physics Teaching Model Based on STEM Education to Enhance Physics Learning Achievement, Critical Thinking Ability and Adversity Quotient of Upper Secondary School Students. *Journal Of Education Naresuan University, 20*(3), 72–83. [In Thai]

Pattanasuk, C., Chamminok, K., & Akakul, T. (2018). The Development of Learning Management Model by Using Scientific Argumentation in Physics for Mathayom Suksa 4 Students. *Journal of Graduate Studies in Education, 12*(2), 99–108. [In Thai]

Polya, G. (1957). *How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.

Redish, E. F. (2003). *Teaching Physics with The Physics Suite*. John Wiley & Sons.

Sathitsethian, C. (2017). *Developing Mathematical Problem-Solving Ability of Grade 7 Students Using Integrated Method-Based Learning Emphasizing Group Processes* (master's Thesis, Silpakorn University). [In Thai]

Sawetmal, C. (2022). *Mathematics Problem Solving*. Ramkhamhaeng University Press.

Selçuk, G. S., & Çalýskan, S. (2008). The Effects of Problem-Solving Instruction on Physics Achievement, Problem Solving Performance and Strategy Use. *Latin-American Journal of Physics Education, 2*(3), 1.

Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1990). A Summary of Major Influences on Attitude Toward and Achievement in Science Among Adolescent Students. *Science Education, 74*, 1–18.

Sokanthat, A. (2017). *The Development of A Science Teaching Model Based on Constructivist Theory to Enhance Analytical Thinking Ability for Grade 4 Students* (Doctoral Dissertation, Nakhon Ratchasima Rajabhat University). [In Thai]