

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันตาม
กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Physics Problem-Solving Ability on the Topic of Newton's Laws of Motion
Using Polya's Problem-Solving Process of 10th Grade Students

วินัส ชาลี* และชนินันท์ พฤกษ์ประมุล**

*สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Venus Charlie* and Chaninan Pruekpramool**

*Science Education, Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

**Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จากกลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 7 ข้อ โดยมีการระบุข้อคำถามตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2) การเขียนแสดงแผนภาพ 3) การหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 4) การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และ 5) การสรุปและตรวจสอบคำตอบ โดยแบบวัดฯ มีความตรงเชิงเนื้อหาเป็น 1.00 ในทุกข้อคำถามจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดฯ ทั้งฉบับเท่ากับ 0.83 และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดรายข้อ อยู่ระหว่าง 0.25-0.63 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรายด้าน

ที่มีความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20 - 4.50 และเกณฑ์การแบ่งระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จากคะแนนรวมของแบบวัดทั้งฉบับ โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับควรปรับปรุง ระดับพอใช้ ระดับปานกลาง ระดับดี และระดับดีมาก

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เท่ากับ 34.33 คะแนน (SD = 1.37) โดยมีค่าเฉลี่ยด้านการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาสูงสุด ($\bar{X}$ = 13.70, SD = 1.59) ตามด้วย ด้านการเขียนแสดงแผนภาพ ($\bar{X}$ = 8.40, SD = 1.26) ด้านการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ($\bar{X}$ = 5.50, SD = 1.40) ด้านการหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ($\bar{X}$ = 4.30, SD = 0.78) และด้านการสรุปคำตอบและตรวจสอบคำตอบ ($\bar{X}$ = 2.50, SD = 1.05) ตามลำดับ

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 76.25 และตามด้วยระดับควรปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 20.00 และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 3.75 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

Abstract

The purposes of this research were to create an instrument for evaluating physics problem-solving ability and to study physics problem-solving ability on the topic of Newton's laws of motion using Polya's problem-solving process of 10th grade students. The participants in this study were 80 10th grade students who studied in the 2nd semester of 2018 academic year in science and mathematics program of a school in Bangkok, Thailand, selected by purposive selection from students who had problems in solving physics problems. The research instrument was a physics problem-solving ability test on the topic of Newton's laws of motion developed by researcher. The test was a written test and composed of 7 questions by specifying sub-question based on 4 steps of the Polya's problem solving process. The physics problem-solving ability consisted of 5 aspects which were 1) understanding the problem, 2) drawing diagrams, 3) finding problem-solving method, 4) solving the problem, and 5) summarizing and verifying the answer. The index of congruency in order to verify the content validity equaled 1.00 for all items. The reliability coefficient of the test was 0.83 and the discrimination power for each item was in the range between 0.25-0.63. The data were analyzed using mean, percentage and standard deviation and interpreted using the criteria of each aspect of physics problem-solving ability. The appropriateness scores of the criteria were in the range between 4.20 - 4.50. Besides, the criteria for dividing the level of physics problem-solving ability from the total score were applied to this research and divided into 5 levels which were poor, fair, medium, good and very good levels.

The results can be summarized as follows;

1. The 10th grade students' physics problem-solving ability mean score equaled 34.33 (SD = 1.37). Considering each aspect, students earned the highest mean score in understanding the problem ($\bar{X}$ = 13.70, SD = 1.59), followed by drawing diagrams ($\bar{X}$ = 8.40, SD = 1.26), solving the problem ($\bar{X}$ = 5.50, SD = 1.40), finding problem-solving method ($\bar{X}$ = 4.30, SD = 0.78) and summarizing and verifying the answer ($\bar{X}$ = 2.50, SD = 1.05), respectively.

2. Most students (76.25 %) earned physics problem-solving ability at a fair level, followed by a poor (20%) and medium (3.75%) levels, respectively.

Keywords: Physics Problem-Solving Ability, Polya's Problem-Solving Process, Newton's Laws of Motion

บทนำ

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ถือเป็นความสามารถหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (Fakaow, 2013) โดยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสามารถนำไปสู่การคิดเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นเหตุเป็นผลและเป็นระบบ (Wandee, 2013) โดยเฉพาะหากผู้เรียนได้ทำการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกกำหนดขึ้นจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันจะช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (IPST, 2016) อีกทั้ง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่สำคัญ เช่น การคิดแบบรอบคอบมีเหตุผล รู้จักวางแผนและตัดสินใจแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างสมเหตุสมผล อดทนต่อการเผชิญกับปัญหา มีความพยายาม และไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคใด ๆ (Pratontep, 2012; Duangkaew, 2016) โดยรายวิชาฟิสิกส์เป็นหนึ่งในรายวิชาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากธรรมชาติของรายวิชาฟิสิกส์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหากายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ จนผู้เรียนเกิดกระบวนการใน

การคิดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ของปรากฏการณ์นั้น ซึ่งเป็นการคิดที่เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน จนสามารถเข้าใจถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นได้ (Hollabaugh, 1995)

อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนยังมีปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังงานวิจัยของ Duangkaew (2016) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ และการให้เหตุผลในการอธิบายที่มาของปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น ๆ รวมถึงความสามารถในด้านตัวเลข ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ สภาพปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wajana (2007) ที่ทำการศึกษาความเข้าใจของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ฟิสิกส์ ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นปัญหาของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไปในแนวทางเดียวกัน คือผู้เรียนไม่สามารถนำข้อมูลที่ระบุไว้ในสถานการณ์โจทย์ปัญหามาเชื่อมโยงกับหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องอย่างสมเหตุสมผลได้ อีกทั้งการที่ผู้เรียนจดจำสมการหรือหลักการเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอาจส่งผลให้ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างแท้จริงจนไม่สามารถต่อยอดองค์ความรู้ทางฟิสิกส์ต่อไปได้ในอนาคต โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ เนื้อหาในรายวิชาบางเนื้อหามีความยาก และมีสถานการณ์ที่แสดงถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ค่อนข้างซับซ้อน (Barham, Macours, & Maluccio, 2013; Sornchuay, 2009) นอกจากนี้ จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองในรายวิชาฟิสิกส์ กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผู้เรียนไม่สามารถทำความเข้าใจที่มาของปริมาณทางฟิสิกส์และความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสถานการณ์โจทย์ปัญหา ทำให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จนได้คำตอบที่ถูกต้องได้

การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ การแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทาง

ฟิสิกส์ของผู้เรียนนั้น ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมิน โดยแบบวัดหรือแบบทดสอบที่ได้รับการนำมาใช้ในการวัดความสามารถนี้ ควรมีรูปแบบที่เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน และสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกซึ่งพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ครบถ้วน (Sunday, 2010; Ruksab, 2012) เพื่อให้การแก้ปัญหาในแต่ละครั้งถูกต้องและสมเหตุสมผลมากที่สุด (Docktor et al., 2015) ซึ่งรูปแบบของแบบวัดที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนส่วนใหญ่ มี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบวัดแบบเลือกตอบ และแบบวัดแบบเขียนตอบ โดยแบบวัดทั้งสองรูปแบบสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้แตกต่างกัน สำหรับแบบวัดแบบเลือกตอบนั้น แต่ละข้อจะใช้เวลาในการตอบไม่มากนัก มีจำนวนข้อค่อนข้างมาก แต่มีข้อจำกัดคือครูไม่สามารถรับรู้กระบวนการได้มาซึ่งคำตอบของการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน และผู้เรียนอาจเดาและไม่ตั้งใจในการตอบแบบวัด (Netpracha, 1995) ส่วนแบบวัดแบบเขียนตอบ มีลักษณะที่เน้นให้ผู้เรียนเขียนบรรยายคำตอบ โดยสื่อสารการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบ แต่หากมีการระบุเพียงสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาโดยไม่มีกระบวนการลำดับขั้นตอนหรือคำถามย่อยในการแก้ปัญหา ผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงออกถึงกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน (Sangprasit, 2015)

จากปัญหาที่ผู้เรียนไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หรือดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาแต่ไม่ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องได้ เมื่อใช้แบบวัดทั้งแบบวัดแบบเลือกตอบและเขียนตอบโดยทั่วไปที่ไม่ได้มีการส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จึงทำให้ครูผู้สอนไม่ทราบถึงพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ยังบกพร่องของนักเรียนจนส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาระบบการแก้โจทย์ปัญหาที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ พบว่ากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของ Polya (1945) เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีจุดเด่นคือ มีขั้นตอนในการแก้โจทย์

ปัญหาที่เป็นระบบและมีการระบุถึงพฤติกรรมที่นักเรียนจะแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ จนนำไปสู่การจัดระบบความคิดเพื่อให้การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องได้ (Hasanam, 2016) ดังนั้นแบบวัดในงานวิจัยนี้จึงมีลักษณะเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบที่แทรกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ว่าเป็นการแสดงออกทางกระบวนการคิดของนักเรียนที่เป็นระบบ ประกอบการใช้ข้อมูล นำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงรวมไปถึงการรู้จักวิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหลักการเคลื่อนที่ของนิวตัน แล้วสามารถเขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ พร้อมทั้งระบุหลักการและสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ซึ่งการแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ มี 5 พฤติกรรม ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2) การเขียนแสดงแผนภาพ 3) การหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 4) การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และ 5) การสรุปและตรวจสอบคำตอบ โดยงานวิจัยนี้วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะของการออกแรง และการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังจากถูกแรงกระทำ รวมถึงการนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (MOE, 2017) อีกทั้งยังเป็นเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนสามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมแก้โจทย์ปัญหาได้ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยแบบวัดฯ ที่พัฒนาขึ้นใช้เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนเป็นรายข้อ เพื่อนำคะแนนรวมของแบบวัดทั้งฉบับมาทำการแปลผลระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน ทำการวิเคราะห์ค่าคะแนนในการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนเป็นรายพฤติกรรม ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงปัญหาในการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนในงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นพื้นฐานในการส่งเสริมการเรียนรู้และ

พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ให้กับนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความมุ่งหมาย ดังนี้

1. สร้างเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
2. ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่ง ที่มีบริบทเป็นโรงเรียนชายล้วน ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง 4/2 และ 4/3 เป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ห้องละ 40 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปัญหาในการแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาที่มีลักษณะเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 7 ข้อ โดยแต่ละข้อมีการระบุข้อคำถามตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน แบบวัดฉบับนี้มีการหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 ทุกข้อคำถาม และความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 - 4.67 และนำไปทดลองใช้เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.83

การสร้างเครื่องมือการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาจากการจัดการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์ พร้อมทั้งศึกษาหัวข้อเรื่องในรายวิชาฟิสิกส์ที่เกิดข้อบกพร่องในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา จนส่งผลต่อความเข้าใจในหลักการ ซึ่งได้แก่ เนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

2. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการที่แสดงถึงกระบวนการในการแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อใช้เป็นขอบเขตในการสร้างแบบวัด ดังนี้ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง การแสดงออกทางกระบวนการคิดของนักเรียนที่เป็นระบบ ประกอบการใช้ข้อมูล นำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยง รวมไปถึงการรู้จักวิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหากฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แล้วสามารถเขียนแผนภาพแสดงเหตุการณ์และปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ พร้อมทั้งนำมาซึ่งการหาหลักการและสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ประกอบด้วย 5 พฤติกรรม ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2) การเขียนแสดงแผนภาพ 3) การหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 4) การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และ 5) การสรุปและตรวจสอบคำตอบ

3. ศึกษาแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จากแนวคิดเอกสาร บทความและงานวิจัยต่าง ๆ ทำให้ได้แนวทางในการสร้างเครื่องมือเป็นลักษณะแบบวัดแบบเขียนตอบ มีลักษณะที่เน้นให้ผู้เรียนเขียนบรรยายคำตอบซึ่งเป็นรูปแบบของแบบวัดที่เหมาะสมกับการแสดงออกถึงกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ให้ผู้เรียนได้เขียนตอบแสดงกระบวนการคิดที่ใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

4. สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่เน้นให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาเพื่อวิเคราะห์สิ่งที่ระบุไว้ใน

โจทย์ปัญหา โดยใช้ข้อความระบุไว้ในโจทย์ปัญหาแต่ละข้อว่า “สิ่งที่โจทย์กำหนดให้” และ “สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ” และ “วาดแผนภาพ” ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนค้นหารูปแบบแก้โจทย์ปัญหา พร้อมกับวางแผนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้ข้อความระบุไว้ในโจทย์ปัญหาแต่ละข้อว่า “กำหนดตัวแปรแทนปริมาณทางฟิสิกส์” และ “หลักการและสมการที่เกี่ยวข้อง” ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผนเป็นขั้นที่นักเรียนดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้วางแผนการดำเนินการไว้ โดยใช้ข้อความระบุไว้ในโจทย์ปัญหาแต่ละข้อว่า “แสดงวิธีทำ” และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบจากการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ผ่านการคำนวณค่าย้อนกลับเพื่อดูความเท่ากันของสมการทางคณิตศาสตร์ การหาปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบจากการดำเนินการอีกวิธีหนึ่งเพื่อตรวจสอบคำตอบ หรือการวิเคราะห์และระบุถึงความสมเหตุสมผลของการเกิดขึ้นในสถานการณ์โจทย์ปัญหานั้น ๆ โดยใช้ข้อความระบุไว้ในโจทย์ปัญหาแต่ละข้อว่า “สรุปคำตอบ” และ “ตรวจสอบคำตอบ” และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบรายข้อที่ระบุถึงพฤติกรรมแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ตามแนวคิดของ Docktor (2015) โดยแบบวัดฯ มีจำนวน 7 ข้อ แต่ละข้อกำหนดคะแนนแต่ละพฤติกรรมที่นักเรียนจะแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 4 คะแนน รวมข้อละ 20 คะแนน คะแนนเต็ม 140 คะแนน ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน การชั่งน้ำหนักในลิฟต์และเครื่องชั่งสปริงการออกแรงลากหรือดันวัตถุบนพื้นราบ การออกแรงลากหรือดันวัตถุบนพื้นเอียง การลากหรือดันวัตถุที่อยู่ติดกัน การลากหรือดันวัตถุที่อยู่ติดกันกรณีมีเชือกผูกกระหว่างวัตถุ

5. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พร้อมทั้งตรวจสอบ ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน และการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน รวมจำนวน 3 ท่าน ซึ่งความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามในแบบวัดฯ มีค่าเฉลี่ยเป็น 1.00 ทุกข้อคำถาม และแบบวัดฯ

มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ระหว่าง 4.00 - 4.67 ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดฯ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมระหว่าง 4.20 - 4.50 ซึ่งอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด จากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญซึ่งตัวอย่างของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

สิ่งที่ประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์คะแนน
1.การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ผ่านการวิเคราะห์ โจทย์ปัญหา เขียนสิ่งที่ เป็นเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา โดยแปลข้อความในโจทย์ ปัญหาเป็นสัญลักษณ์ทาง ฟิสิกส์	4	เขียนแปลข้อความสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเป็น สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ พร้อมระบุหน่วย ได้ถูกต้องและครบถ้วน โดยสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ ระบุปริมาณต่อไปนี้ 1) มวลลูกเหล็ก เท่ากับ 10 กิโลกรัม ($m_{ลูกเหล็ก} = 10 \text{ kg}$) 2) ความเร่งของเครื่องชั่งสปริงที่มีลูกเหล็ก เท่ากับ 1 เมตรต่อ วินาที ² ($a_{เครื่องชั่งสปริงที่มีลูกเหล็ก} = 1 \text{ m/s}^2$) และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ ค่าที่อ่าน ได้จากเครื่องชั่งสปริงมีค่าเท่าใด ($\vec{T} = ?$)
	3	เขียนแปลข้อความสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เป็น สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ พร้อมระบุหน่วย ผิดหรือไม่ครบ 1 จุด
	2	เขียนแปลข้อความสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เป็น สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ พร้อมระบุหน่วย ผิดหรือไม่ครบ 2 จุด
	1	เขียนแปลข้อความสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เป็น สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ พร้อมระบุหน่วย ผิดหรือไม่ครบมากกว่า 2 จุดขึ้นไป
	0	ไม่เขียนแปลข้อความสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เป็น สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์และไม่เขียนระบุหน่วย

6. นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ฯ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ที่ผ่านการเรียนในเนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาแล้ว ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาในการแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เหมือนกับกลุ่มที่ศึกษา นำแบบวัดฯ มาทำการตรวจให้คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 1 จากนั้นทำการจัดระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเกณฑ์ในการแปลความหมายระดับความสามารถในการ แก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของคะแนนรวมแบบวัดทั้งฉบับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการแปลความหมายระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของคะแนนรวมแบบวัดทั้งฉบับ

คะแนน	ระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
112 - 140	มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับดีมาก
84 - 111	มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับดี
56 - 83	มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับปานกลาง
28 - 55	มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับพอใช้
0 - 27	มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับควรปรับปรุง

7. หาค่าความยากของแบบวัดรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 - 0.57 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบวัดรายข้อโดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของคะแนนในกลุ่มสูงสุดและกลุ่มต่ำสุด ตามสูตรของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney, & Sabers, 1970) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.63 แสดงว่าข้อคำถามเป็นข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ในการจำแนกนักเรียนได้ในระดับพอใช้ ซึ่งควรมีการปรับปรุงข้อคำถามไปจนถึงข้อคำถามที่สามารถนำไปจำแนกนักเรียนได้ในระดับดีมาก จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดฯ ทั้งฉบับโดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัก ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ฉบับนี้มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (Samang, 2017) สามารถนำไปใช้ในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่มีการระบุข้อคำถามตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอน นำไปใช้ในการสร้างข้อคำถามย่อย ๆ และแทรกไว้ในโจทย์ปัญหาในแบบวัดแต่ละข้อ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยแบบวัดฯ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 80 คน ที่ถูกเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเป็นกลุ่มที่มีปัญหาในการแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งหลังจากนำแบบวัดไปใช้ในการวัดความสามารถของนักเรียนแล้วทำการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งมีลักษณะเป็นเกณฑ์สำหรับกร

ตรวจแบบวัดรายข้อ จำนวน 7 ข้อ และนำคะแนนรวมของแบบวัดทั้งฉบับมาทำการแปลผลระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังจากใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา โดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้เกณฑ์ในการแปลผลระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน ดังตารางที่ 2

ผลการวิจัย

จากการนำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่มีภาระข้อคำถามตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีปัญหาในการแสดงออกซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เท่ากับ 34.33 คะแนน ($SD = 1.37$) โดยมีค่าเฉลี่ยด้านการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาที่สูงที่สุด ($\bar{X} = 13.70$, $SD = 1.59$) ตามด้วยด้านการเขียนแสดงแผนภาพ ($\bar{X} = 8.40$, $SD = 1.26$) ด้านการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ($\bar{X} = 5.50$, $SD = 1.40$) ด้านการหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ($\bar{X} = 4.30$, $SD = 0.78$) และด้านการสรุปคำตอบและตรวจสอบคำตอบ ($\bar{X} = 2.50$, $SD = 1.05$) ตามลำดับดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

พฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารายข้อ							$\bar{X}$ รวม	S.D.
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7		
1. การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	3.59	2.84	2.24	1.54	1.45	1.36	0.65	13.7	1.59
2. การเขียนแสดงแผนภาพ	3.05	1.39	1.01	1.14	0.80	0.80	0.25	8.4	1.26
3. การหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา	1.54	1.20	0.64	0.34	0.29	0.25	0.03	4.3	0.78
4. การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา	3.10	0.66	0.61	0.73	0.10	0.24	0.01	5.5	1.40
5. การสรุปและตรวจสอบคำตอบ	1.98	0.00	0.30	0.23	0.00	0.00	0.00	2.5	1.05
คะแนนรวม	13.25	6.09	4.80	3.96	2.64	2.65	0.94	34.3	1.37

โดยผลการนำคะแนนรวมของแบบวัดทั้งฉบับมาทำการแปลความหมายระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ อยู่ในระดับ

พอใช้ คิดเป็นร้อยละ 76.25 รองลงมาคือระดับปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 20.00 และ ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 3.75 โดยไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับดีและดีมาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก (112-140 คะแนน)	0	0.00
ดี (84-111 คะแนน)	0	0.00
ปานกลาง (56-83 คะแนน)	3	3.75
พอใช้ (28-55 คะแนน)	61	76.25
ปรับปรุง (0-27 คะแนน)	16	20.00

คำตอบของนักเรียนในแบบวัดฯ สะท้อนถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอ่านและทำการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาได้พร้อมกับระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้อย่างครบถ้วน

2) การเขียนแสดงแผนภาพ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดแผนภาพแทนสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถระบุปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์พร้อมระบุทิศทางได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนได้

ความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาและการเขียนแสดงแผนภาพแสดงดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 1

2. หากวัตถุมีมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น ด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที โดยวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดัง 20 นิวตัน ที่ตั้งฉากกับแนวระดับ จงหาตัวประกอบแรงเสียดทาน

1) เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมวาดแผนภาพแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหา

มวล 5 กิโลกรัม ความเร็ว 1 m/s

วาดแผนภาพ

2) เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

หาค่าตัวประกอบแรงเสียดทาน

5. ชนกันของน้ำหนักก้อนเหล็กที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.2 เมตรต่อวินาที โดยชนกันด้วยมวล 90 กิโลกรัม ตามนี้จะอ่านค่าที่หน้าของชนกันเป็นเท่าใด

จงระบุชื่อสมการหรือหลักการที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยละเอียดที่สุด

1) เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมวาดแผนภาพแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหา

ความเร็ว 0.2 m/s มวล 90 กิโลกรัม

วาดแผนภาพ

2) เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

หาค่าตัวประกอบแรงเสียดทาน

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงความสามารถในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาและการเขียนแสดงแผนภาพ

3) การหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหลักการที่เกี่ยวข้องได้ แต่อาจเขียนสมการผิด หรือไม่
สามารถระบุหลักการและสมการที่เกี่ยวข้องได้เลย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 2

1. นักเรียนคนหนึ่ง นำลูกเหล็กมวล 10 กิโลกรัม มุกติดกับเครื่องซึ่งสปริงแล้วโยนในแนวตั้ง เมื่อตั้งเครื่องซึ่งสปริงให้เคลื่อนที่ขึ้นแนวดิ่งด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที เครื่องซึ่งสปริงจะอ่านค่าได้กี่นิวตัน จงระบุคำตอบและอธิบายว่าแสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยละเอียดที่สุด 1) เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมวาดแผนภาพแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหา $m = 10 \text{ kg}$ ความเร็ว 1 m/s^2 วาดแผนภาพ $a = 1 \text{ m/s}^2$ 2) เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เครื่องซึ่งสปริงจะอ่านค่าได้กี่นิวตัน 3) เขียนกำหนดตัวแปรตามปริมาณทางฟิสิกส์ $m = 10 \text{ kg}$ $a = 1 \text{ m/s}^2$ $T = ?$ 4) เขียนหลักการและสมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน	2. หากวัตถุมีมวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น ด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที โดยวัตถุถูกกระทำด้วยแรงดึง 20 นิวตัน ที่ตั้งเอียงทำมุม 60 องศา กับแนวดิ่ง จงหาตัวแปรฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องแรงเสียดทาน 1) เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมวาดแผนภาพแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหา แรง 20 นิวตัน ทำมุม 60° กับแนวดิ่ง มวล 5 kg ความเร็ว 1 m/s วาดแผนภาพ $F \sin 60^\circ$ $F \cos 60^\circ$ $a = 1 \text{ m/s}^2$ 2) เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ แรงเสียดทาน 3) เขียนกำหนดตัวแปรตามปริมาณทางฟิสิกส์ $F = 20 \text{ N}$ $m = 5 \text{ kg}$ $a = ?$ $\theta = 60^\circ$ $a = 1 \text{ m/s}^2$ 4) เขียนหลักการและสมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง แนวเสียดทาน กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน
---	--

หลักการและสมการที่ถูกต้อง 1) น้ำหนัก สมการ $\vec{W} = m\vec{g}$ 2) กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สมการ $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$	หลักการและสมการที่ถูกต้อง 1) น้ำหนัก สมการ $\vec{W} = m\vec{g}$ 3) กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สมการ $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ 2) กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน สมการ $\Sigma \vec{F} = 0$ 4) แรงเสียดทาน สมการ $f_k = \mu_k N$
--	--

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงความสามารถในการหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

4) การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนที่สามารถระบุหลักการและสมการที่เกี่ยวข้องได้ก็จะสามารถดำเนินการ
แก้โจทย์ปัญหาได้ แต่หากนักเรียนที่ไม่ได้ระบุหรือระบุถึงหลักการและสมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาผิดก็จะไม่สามารถ
ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 3

1. นักเรียนคนหนึ่ง นำลูกเหล็กมวล 10 กิโลกรัม มุกติดกับเครื่องซึ่งสปริงแล้วโยนในแนวตั้ง เมื่อตั้งเครื่องซึ่งสปริงให้เคลื่อนที่ขึ้นแนวดิ่งด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที เครื่องซึ่งสปริงจะอ่านค่าได้กี่นิวตัน จงระบุคำตอบและอธิบายว่าแสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยละเอียดที่สุด 1) เขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมวาดแผนภาพแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหา $m = 10 \text{ kg}$ ความเร็ว 1 m/s^2 วาดแผนภาพ $a = 1 \text{ m/s}^2$ 2) เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ เครื่องซึ่งสปริงจะอ่านค่าได้กี่นิวตัน	3) เขียนกำหนดตัวแปรตามปริมาณทางฟิสิกส์ $m = 10 \text{ kg}$ $a = 1 \text{ m/s}^2$ 4) เขียนหลักการและสมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน 5) เขียนแสดงวิธีทำ $\Sigma F = 0$ แรงดึง = 10 นิวตัน $T + a = mg$ $T + 1 = 10(10)$ $T + 1 = 100$ $T = 99 \text{ N}$	หลักการและสมการที่ถูกต้อง 1) น้ำหนัก สมการ $\vec{W} = m\vec{g}$ 2) กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สมการ $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ การเขียนแสดงวิธีทำ 1) $\vec{W} = m\vec{g}$ จะได้ $\vec{W} = 10(10) = 100 \text{ N}$ 2) $\Sigma \vec{F}_y = m\vec{a}$ จะได้ $\vec{T} - m\vec{g} = m\vec{a}$ $\vec{T} - 10(10) = 10(1)$ $\vec{T} = 110 \text{ N}$
---	---	--

ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงความสามารถในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา

5) การสรุปและตรวจสอบคำตอบ นักเรียนส่วนใหญ่จะเลยการเขียนสรุปคำตอบแต่ยังคงมีนักเรียนเขียนคำตอบใน
ขั้นดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาไม่เขียนลงช่องสรุปคำตอบและนักเรียนส่วนมากจะไม่ดำเนินการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของ
คำตอบ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังภาพประกอบที่ 4

๑) เขียนแสดงวิธีทำ <table border="1"> <tr> <td>แรงโน้มถ่วง</td> <td>น้ำหนัก</td> </tr> <tr> <td>$W = 30 \text{ N}$</td> <td>$W = 30 \text{ N}$</td> </tr> <tr> <td>$W = mg$</td> <td>$W = mg$</td> </tr> <tr> <td>$30 \text{ N} = m \cdot 10$</td> <td>$30 \text{ N} = m \cdot 10$</td> </tr> <tr> <td>$m = 3 \text{ kg}$</td> <td>$m = 3 \text{ kg}$</td> </tr> </table>	แรงโน้มถ่วง	น้ำหนัก	$W = 30 \text{ N}$	$W = 30 \text{ N}$	$W = mg$	$W = mg$	$30 \text{ N} = m \cdot 10$	$30 \text{ N} = m \cdot 10$	$m = 3 \text{ kg}$	$m = 3 \text{ kg}$	๑) เขียนแสดงวิธีทำ <table border="1"> <tr> <td>$\Sigma F = 0$</td> <td>$\Sigma F = 0$</td> </tr> <tr> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> </tr> <tr> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> </tr> <tr> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> <td>$\Sigma F = 30 \text{ N}$</td> </tr> </table>	$\Sigma F = 0$	$\Sigma F = 0$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$	การเขียนสรุปคำตอบและการตรวจคำตอบ: แรงกระทำระหว่างมวล 2 kg กับมวล 3 kg มีค่าเป็น 6 นิวตัน พร้อมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบนั้น ๆ ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ดังนั้น เนื่องจากวัตถุวางติดกัน แรงที่วัตถุทั้งสองออกแรงกระทำต่อกันจะต้องมีขนาดเท่ากันทิศทางตรงกันข้าม จะได้ $F_{23} = -F_{32}$ คำตอบ จึงมีความสมเหตุสมผล
แรงโน้มถ่วง	น้ำหนัก																			
$W = 30 \text{ N}$	$W = 30 \text{ N}$																			
$W = mg$	$W = mg$																			
$30 \text{ N} = m \cdot 10$	$30 \text{ N} = m \cdot 10$																			
$m = 3 \text{ kg}$	$m = 3 \text{ kg}$																			
$\Sigma F = 0$	$\Sigma F = 0$																			
$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$																			
$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$																			
$\Sigma F = 30 \text{ N}$	$\Sigma F = 30 \text{ N}$																			
๒) เขียนสรุปคำตอบและตรวจคำตอบ:	๒) เขียนสรุปคำตอบและตรวจคำตอบ แรงกระทำทั้งสองมีค่า 3 kg และ 3 kg = 30 N																			

การเขียนสรุปคำตอบและการตรวจคำตอบ: ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่า 0.308 พร้อมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบนั้น ๆ ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนี้ทำให้ค่าของแรงเสียดทานมีค่าเป็น $f = 0.2(40) = 8 \text{ N}$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงดึงในแนวราบ คือ 17.32 N ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ซึ่งเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผล

ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงความสามารถในการสรุปและตรวจสอบคำตอบ

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

1. ผลของระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 34.25 คะแนน จากคะแนนเต็ม 140 คะแนน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับพอใช้ รองลงมาคือระดับปรับปรุง และระดับปานกลาง โดยไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในระดับดีและดีมาก และพบปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ในแต่ละองค์ประกอบทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียน ไม่เข้าใจในเนื้อหาในเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของ นิวตัน และการนำกฎของนิวตันมาประยุกต์เพื่อแก้สถานการณ์ต่าง ๆ อีกทั้งไม่คุ้นชินกับการทำแบบวัดในรูปแบบที่เป็นลำดับขั้นตอน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนกลุ่มนี้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับพอใช้และควรปรับปรุง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaichana (2017) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กล่าวว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่นักเรียนสามารถแสดงออกและยังคงบกพร่องอยู่มากคือตั้งแต่การดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาไปจนถึงการสรุปคำตอบและตรวจสอบความสมเหตุสมผล

2. พฤติกรรมการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาหามีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 13.7 คะแนน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจเรื่องของสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาและนำปริมาณต่าง ๆ ที่โจทย์ปัญหากล่าวถึงมาระบุเป็นคำตอบของข้อคำถามด้านนี้ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้จากการอ่านสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาและแสดงออกถึงสิ่งที่โจทย์ระบุมาได้ซึ่งถือเป็นความสามารถที่เป็นพื้นฐานที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับ Buaking (2006) ที่ได้ศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของ โพลยากับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมอื่น ๆ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยลงไปเรื่อย ๆ เพราะหากนักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาได้จะไม่สามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาถัดไปได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Napaphun (2018) ที่ได้ทำการสำรวจการแสดงออกซึ่งทักษะการแก้โจทย์ปัญหากับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 พบว่า การดำเนินการตามขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างครบถ้วนจะให้นักเรียนได้มาซึ่งคำตอบที่สมบูรณ์ และแสดงถึงการที่นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้องและเหมาะสม การแสดงออกซึ่งพฤติกรรมการแก้สถานการณ์โจทย์ปัญหาควรแสดงออกโดยมีการเรียงลำดับพฤติกรรมก่อนหลัง นักเรียนต้องมีการแสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละพฤติกรรมมาเรื่อย ๆ เพราะจะส่งผลต่อคำตอบที่ได้มาอาจไม่ถูกต้องหรือผิดจากหลักการความเป็นจริงของ

สถานการณ์ปัญหานั้น ๆ ได้ โดยนักเรียนสามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมการสรุปคำตอบและตรวจสอบคำตอบ มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้มา กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ในโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ รวมไปถึงการแสดงถึงหน่วยของปริมาณที่ได้มาจากการหาคำตอบได้ และนักเรียนบางส่วนอาจไม่สามารถแสดงพฤติกรรมในองค์ประกอบสุดท้าย เนื่องจากไม่สามารถแสดงพฤติกรรมในองค์ประกอบก่อนหน้าได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Sonsrida (2017) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ละเลยต่อการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ โดยไม่แสดงถึงวิธีการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถทราบได้ว่าคำตอบที่ได้มาถูกต้อง หรือสมเหตุสมผลกับสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาหรือไม่

3. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เป็นแบบวัดที่มีข้อคำถามที่กระตุ้นให้ผู้ทดสอบสะท้อนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 การวางแผนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผนและขั้นที่ 4 การตรวจสอบผลลัพธ์ โดยข้อสอบที่สร้างขึ้นเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งต้องใช้หลักการในการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ การหาค่าประกอบที่โจทย์กำหนด และการเปลี่ยนโจทย์ให้อยู่ในรูปของแผนภาพและสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ สามารถนำไปใช้ในการวัดความสามารถของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ทั้งยังใช้ในการจำแนกผู้เรียนตามระดับความสามารถของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะ แบบวัดฯ นี้มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพอย่างถูกต้องเหมาะสมเป็นลำดับ ซึ่งจุดเด่นของแบบวัดฯ นี้ คือมีข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ส่วนข้อจำกัดของแบบวัดฯ นี้คือ ลักษณะของโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่ไม่เท่ากัน โดยความซับซ้อนขึ้นอยู่กับเนื้อหาและสถานการณ์โจทย์ปัญหา ซึ่งสถานการณ์ที่ประกอบด้วยแรง

หลายแรงที่กระทำกับวัตถุ จะต้องพิจารณาแรงให้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ หากแรงไม่อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ จะต้องมีการแยกองค์ประกอบของแรงให้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยบางข้ออาจต้องการเวลาในการทำค่อนข้างมากกว่าข้ออื่น ๆ ซึ่งผู้เรียนมีความจำเป็นต้องบริหารเวลาในการทำแบบวัดฯ ลักษณะนี้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับ Rawanprakhon (2017) ที่กล่าวถึงความซับซ้อนของข้อสอบ มีผลต่อการให้เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ โดยหากเวลาเพียงพอและเหมาะสมกับการให้นักเรียนตอบคำถาม นักเรียนจะสามารถสะท้อนคำตอบออกมาได้ดีมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาสามารถนำไปใช้จำแนกความสามารถของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของแบบวัดฯ นี้คือระดับความซับซ้อนของแต่ละข้อที่ไม่เท่ากัน ส่งผลต่อเวลาในการทำแบบวัดฯ ของนักเรียน ดังนั้น ความสนใจที่จะนำแบบวัดฯ นี้ไปใช้ควรมีการให้ระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดในโจทย์ปัญหา และทำแบบวัดฯ ได้อย่างเต็มศักยภาพของนักเรียนมากที่สุด

1.2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดรายข้อ ดังนั้นหากผู้ที่สนใจนำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาไปปรับใช้กับสถานการณ์โจทย์ปัญหาเรื่องอื่นก็สามารถนำเกณฑ์ในการให้คะแนนนี้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาแต่ละรายวิชานั้น ๆ ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลของงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวทางกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยานักเรียนมีระดับความสามารถอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นครูผู้สอนฟิสิกส์หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ควรนำผลของการศึกษาความสามารถในการ

แก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปดำเนินการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและกระตุ้นพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ยังคงบกพร่องให้เกิดการพัฒนาต่อไป

2.2 จากข้อค้นพบในเรื่องของการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งในบางพฤติกรรมนักเรียนสามารถแสดงออกได้เป็นอย่างดี ได้แก่ การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา และบางพฤติกรรมนักเรียนไม่แสดงออกหรือแสดงออกได้อย่างไม่ครบถ้วน ได้แก่ การสรุปคำตอบและตรวจสอบคำตอบ จึงควรศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

2.3 จากข้อค้นพบในเรื่องของระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันตั้งแต่ระดับควรปรับปรุงถึงระดับปานกลางจึงควรศึกษาเชิงเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้เรียนที่มีลักษณะของการเรียนรู้ที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้สารสนเทศในการพัฒนาผู้เรียนมากขึ้น

References

- Barham, T., Macours, K., & Maluccio, J. A. (2013). Boys' cognitive skill formation and physical growth: long-term experimental evidence on critical ages for early childhood interventions. *American economic review*, 103(3), 467-471.
- Buaking, W. (2006). *Construction of analytical tests in solving mathematical problems on linear equations, single variables and linear equation systems*. Ubon Ratchathani Rajabhat university, Ubon Ratchathani. [In Thai]
- Chaichana, K. (2017). Development of learning activities for solving physics problems by applying Rojas' concept of rectilinear motion for grade-10 students. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 11(3), 130-138. [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), 1-13.
- Duangkaew, E. (2016). A study of physics learning achievement and ability to solve physics problems of students in mathayomsuksa 5 by using the inquiry method and Heller and Heller logical problem solving strategy. *Journal of Education Naresuan University*, 18(1), 202-210. [In Thai]
- Fakaow, S. (2013). Educational development approach in Thailand for 21st century. *Journal of graduate school Chandrakasem Rajabhat University*. 8(2), 1-9. [In Thai]
- Hasanam, S. (2016). An action research to solve a mathematical problem solving skill for third grade students. *National Education Conference 1st*. Kalasin. [In Thai]
- Hollabaugh, M. (1995). *Physics problem solving in cooperative learning groups* (Doctoral dissertation), Minnesota University, Minnesota.
- Ministry of Education Thailand (MOE). (2017). *Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (Revised 2560)*. Bangkok: Office of the basic Education Commission. [In Thai]
- Napaphun, V. (2018). The development of a learning management model to promote mathematical problem solving skills. *Thaksin University Journal*, 21(3), 249-258. [In Thai]
- Netpracha, P. (1995). *A construction of athlete personality test for students in the college of physical education*. Srinakharinwirot University, Bangkok. [In Thai]
- Polya, G. (1945). A new aspect of mathematical method. In J. H. Conway, *How to solve it* (2rd

- ed., p. 114-253). New York: Princeton University Press.
- Pratontep, S. (2012, June 12). How to be good at physics. *The institute for the promotion of teaching science and technology*, 40, 36-39. [In Thai]
- Rawanprakhon, P. (2017). The development of multidimensional essay test. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 10(4), 13-23. [In Thai]
- Ruksab, P. (2012). *The comparison of physics learning achievement of mathayomsuksa 4 students taught by inquiry cycle learning (5E) with KWDL teaching technique and cooperative learning student team achievement division (STAD) with KWDL teaching technique*. Thaksin University, Songkhla. [In Thai]
- Samang, W. (2017). The development of mathematics ability in word problem solving by learning management based on polya method of prathomsuksa 6 students. *Humanities and Social Sciences Journal of Graduate School Pibulsongkram Rajabhat University*, 11(1), 52-61. [In Thai]
- Sangprasit, P. (2015). *The effects of implementing 5E learning cycle with 4S activities to enhance physics problem solving ability of 11th grade non-science students*. Srinakharinwirot University. Bangkok. [In Thai]
- Sonsrida, C. (2017). The effects of 7E learning cycle with Polya's problem solving techniques on scientific concepts, problem solving abilities, and attitude towards physics of eleventh grade students. *Veridian e-journal Silpakorn University (Humanities, Social Science and Arts)*, 10(3), 21-37. [In Thai]
- Somchuay, P. (2009). *Factors affecting on mathematics problem solving ability of the first level-primary education grades 1-3 students at Thampanya school in Phasricharoen Bangkok*. Srinakharinwirot University, Bangkok. [In Thai]
- Sunday, A. A. (2010). Students' ability level and their competence in problem-solving task in physics. *International Journal of Educational Research and Technology*, 1(2), 35-47.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2016). *Practice thinking to conquer PISA mathematics*. Bangkok: Ministry of Education. [In Thai]
- Wajana, A. (2007). The survey of expectation in learning physics between teachers and students. *Proceeding of 33rd congress on science and technology of Thailand*. Khonkaen: Khonkaen University. (137-140). [In Thai]
- Wandee, P. (2013). Comparison of learning achievements and analytical thinking abilities among mathayomsuksa 4 students on 'motion in one and two dimensions' through learning management between the 7E learning cycle and cooperative learning (TAI). *Journal of humanities and social sciences Nakhon Phanom University*, 3(2), 71-77. [In Thai]
- Whitney, D. R. , & Sabers, D. L. (1970). Improving examinations III. *Use of Item Analysis, Technical Bulletin 11*. Mimeographed. (Iowa City: University Evaluation and Examination Service).