ผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา

ฮกเฟง เสียง* และสกลรัชต์ แก้วดี

สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
*E-mail: hokleng.s@student.chula.ac.th

รับบทความ: 9 ธันวาคม 2561 แก้ไขบทความ: 19 เมษายน 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 1 พฤษภาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนเกรด 10 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีนักเรียนจำนวน 44 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีนักเรียนจำนวน 43 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ตำบลส่อมโบร์ อำเภอปราสาทส่อมโบร์ จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์ ที่มีค่าความยากระหว่าง 0.30–0.68 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.22–0.40 ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ 0.72 และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน 0.99 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบค่าเฉลี่ย สถิติทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน และสถิติทดสอบไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่าระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยภาพรวมหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) โดยระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่านและมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) ส่วนองค์ประกอบที่ 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางและมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p < .05$) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 ของ

นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และองค์ประกอบที่ 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ทุกองค์ประกอบมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ประเทศกัมพูชา

Effects of Using Erroneous Solutions and Problem Solving on Problem–Solving Abilities in Physics of High School Students in Cambodia

Hokleng Seang* **and Sakolrat Kaevdee**

Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction,
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
*E-mail: hokleng.s@student.chula.ac.th

Received: 9 December 2018 Revised: 19 April 2019 Accepted: 1 May 2019

Abstract

This study was a quasi–experimental research. The objectives of this research were to analyze level of problem–solving abilities in Physics each component of high school students in Cambodia group learning with problem with erroneous solution and group learning with problem solution essay and to compare the mean score of problem–solving abilities in Physics of high school students in Cambodia between group learning with problem with erroneous solution and group learning with problem solution essay. The study groups were 10th grade students in their first semester of the academic year 2017 at a high school located in Sambo Commune, Prasat Sambo District, Kompongthom Province, Cambodia. The number of first group taught with problem with erroneous solution was 44, and the number of second group taught with problem solution essay was 43. The research instrument was the problem–solving ability in Physics test about Mechanic with the items' difficulty value between 0.33–0.68, the items' discrimination value between 0.22–0.40, the acceptable reliability (alpha = 0.72), and the acceptable inter-rater reliability (alpha = 0.99). The data were analyzed by one sample *t*–test, independent sample *t*–test and Chi–square test. The results showed that level of problem–solving abilities in Physics of high school students in Cambodia group learning with problem with erroneous solution and group learning with problem solution essay did not reach the passing score and got scores lower than good criteria ($p \geq .05$). Level of problem–solving abilities in Physics consisting of first, fourth and fifth components of group learning with problem with erroneous solution did not reach the passing score and got scores lower than good criteria ($p \geq .05$). Second and third components were in middle criteria and the score was not lower than good criteria ($p < .05$). Level of problem–solving abilities in Physics consisting of first, fourth and fifth components of group learning with problem solution essay did not reach the passing

score. Second and third components were in middle criteria. All components got scores lower than good criteria ($p \geq .05$). The mean score of problem–solving abilities in Physics of high school students in Cambodia between group learning with problem with erroneous solution and group learning with problem solution essay was not significantly different.

Keywords: Problem with erroneous solutions, Problem solution essay, Problem–solving abilities in Physics, Cambodia

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ การวัด และการหาความสัมพันธ์เชิงปริมาณทางกายภาพ แล้วสรุปเป็นกฎ หลักการ และทฤษฎี โดยกฎ หลักการ และทฤษฎีจำนวนมากต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ จากนั้นนำไปสู่การสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการ และความรู้ต่าง ๆ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2010) การศึกษาวิชาฟิสิกส์ต้องอาศัยความสามารถในการแปลความโจทย์ปัญหาเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปร และสมการต่าง ๆ ที่เรียกว่า การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนโดยการแก้โจทย์ปัญหาเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้ประสบผลสำเร็จ (Redish, 2003 อ้างถึงใน Saksuparb, 2013) การที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ด้านการแก้โจทย์ปัญหานั้น นักเรียนต้องสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ เช่น มโนทัศน์ กฎ และหลักการเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ สร้างความสัมพันธ์เชิงปริมาณ และใช้ความสัมพันธ์เหล่านั้นหาปริมาณที่ยังไม่ทราบค่าโดยผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความสามารถดังกล่าวนี้เรียกว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Chekuri, 1996)

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีความสำคัญมากสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา โดยเฉพาะนักเรียนเกรด 12 เนื่องจากต้องใช้ความสามารถนี้ในการทำข้อสอบวิชาฟิสิกส์ในการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิให้ผ่านเกณฑ์การจบการศึกษาขั้นพื้นฐานของกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา และให้ผ่านเกณฑ์การรับสมัครเข้าเรียนระดับอุดมศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ เช่น ฟิสิกส์ เคมี และวิศวกรรมศาสตร์ (Ministry of Education Young and Sport of Cambodia, 2017)

นักการศึกษาฟิสิกส์หลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในรูปแบบต่าง ๆ และในแต่ละรูปแบบล้วนเน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย (problem solution essay) เช่น Heller et al. (1992) Gok and Silay (2008) จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ผ่านการแก้โจทย์ปัญหาแบบรวมมือดีกว่าการแก้โจทย์ปัญหาแบบรายบุคคล Huffman (1997) ศึกษา

เปรียบเทียบการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง (explicit problem solving strategy) กับกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม พบว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจนช่วยส่งเสริมคุณภาพของตัวแทนทางฟิสิกส์ (Quality of physics representation) และความสมบูรณ์ของตัวแทนทางฟิสิกส์มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม แต่กลยุทธ์ทั้งสองอย่างนี้ไม่แตกต่างกันในด้านการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ Pol (2009) จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Physhint ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Physhint สูงกว่ากลุ่มควบคุม Chuchuer (2011) จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ Boobpachote (2015) จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยการตั้งปัญหา พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการตั้งปัญหามีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ นอกจากแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ได้อธิบายข้างต้น ยังมีแนวทางการจัดการเรียนการสอนหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (problem with erroneous solution) (McLaren et al., 2012)

โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นลักษณะโจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา และรายละเอียดคำตอบที่มีข้อผิดพลาดและ/หรือส่วนที่ขาดหายไป นำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อให้นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์ หลักการและทฤษฎีในการวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาดและแก้ไขข้อผิดพลาดที่มีในรายละเอียดของคำตอบให้ถูกต้องและสมบูรณ์ (Hieggelke et al., 2006 อ้างถึงใน Yerushalmi, 2014) ก่อนที่จะใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง นักเรียนควรเรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องนั้น ๆ ให้ครบถ้วนก่อน (Tsovaltzi et al., 2012)

นักวิชาการด้านการศึกษาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์หลายคนได้นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้จัดการเรียนการสอน เช่น Yerushalmi et al. (2013) Yerushalmi (2014) นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้จัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ พบว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยให้นักเรียนอธิบายการตีความมโนทัศน์และหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้หลายทางเลือก ปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่ขัดแย้งกัน เข้าใจมโนทัศน์และกระบวนการบูรณาการความรู้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดี Große and Renkl (2007) McLaren et al. (2012) Tsovaltzi et al. (2012) และ Adams et al. (2014) นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้จัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์และเขียนคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น มีการเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกรวมทั้ง

มีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและคงทน สามารถถ่ายโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ดี และสามารถตัดสินความสมบูรณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองได้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย (problem solution essay) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้สถานการณ์โจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่โจทย์ต้องการโดยการทำความเข้าใจสถานการณ์โจทย์ปัญหา แปลข้อความสถานการณ์โจทย์ปัญหาเป็นการอธิบายเชิงฟิสิกส์ วางแผนแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผน และตรวจสอบและประเมินการแก้โจทย์ปัญหาหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว ส่วนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดที่มีในรายละเอียดคำตอบให้ถูกต้องหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว จะเห็นได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนทั้งสองวิธีนี้เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหลังจากได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเหมือนกัน แต่ลักษณะโจทย์ปัญหาที่นำไปใช้มีความแตกต่างกัน โดยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเป็นโจทย์ปัญหาที่ยังไม่มีรายละเอียดคำตอบ โจทย์ปัญหาลักษณะนี้มักใช้ทั่วไปในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ ส่วนโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นโจทย์ปัญหาที่ให้รายละเอียดคำตอบ แต่ในรายละเอียดคำตอบอาจมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ประเทศกัมพูชานอกจากการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสรุปเนื้อหาบทเรียนแล้ว นักเรียนยังต้องฝึกทำแบบฝึกหัดด้วย โดยแบบฝึกหัดส่วนมากเน้นการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นี้เท่าใดนัก จากผลการวิจัยมีการอ้างอิงว่า การใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาโดยใช้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย จึงนำไปสู่การตั้งคำถามวิจัยว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความ

สามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

สมมติฐานการวิจัย

การใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ (Boobpachote, 2015; Chuchuer, 2011; Gok and Silay, 2008; Heller et al., 1992; Huffman, 1997; Pol, 2009) และการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้เช่นเดียวกัน (Yerushalmi, 2014) แต่การใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิกส์ของนักเรียนได้ดีกว่าการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ดังผลการวิจัยของ Yerushalmi (2014) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ McLaren et al. (2012) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยข้างต้นและเกณฑ์ระดับดีของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กำหนดโดยกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬาประเทศกัมพูชามีคะแนนร้อยละ 65–79 จึงได้เสนอแนวทางในการกำหนดสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละองค์ประกอบหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65 ขึ้นไป

2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย: การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (quasi–experimental design) ใช้การศึกษาแบบ 2 กลุ่มวัดหนึ่งครั้ง (two–group posttest design) กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังการทดลอง

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนเกรด 10 จำนวน 2 ห้อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ตำบลส่อมโบร์ อำเภอปราสาทส่อมโบร์ จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา โดยมีขั้นตอนการเลือกดังนี้ เลือกโรงเรียนแบบเจาะจง เลือกระดับชั้นแบบเจาะจง เป็นระดับเกรด 10 มีทั้งหมด 3 ห้องเรียน เลือกกลุ่มตัวอย่างจากการนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคม ปีการ

ศึกษา 2560 ของนักเรียนเกรด 10 ทั้ง 3 ห้องมาทดสอบหาความเท่าเทียมกันด้วยสถิติทดสอบ *F*–test พบว่า คะแนนของนักเรียนเกรด 10 ทั้ง 3 ห้องมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และสุดท้ายเลือกกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้แบบสุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มโดยการจับสลากได้ห้อง 10C มีนักเรียนจำนวน 44 คน เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง 10B มีนักเรียนจำนวน 43 คน เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องใช้กับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยใช้กับกลุ่มเปรียบเทียบ

แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง มีขั้นตอนการสอนดังนี้

(1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบไปทีละขั้น

(2) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 1 ให้ทำเป็นกลุ่ม ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ (ก) ระบุข้อผิดพลาด ระบุส่วนของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือส่วนของคำตอบขาดหายไป (ข) อธิบายข้อผิดพลาด อธิบายสาเหตุที่ทำให้การแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ (ค) แก้ไขข้อผิดพลาด แก้ไขคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้อง และเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่สมบูรณ์

(3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงการวินิจฉัย และการแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

(4) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 2 ให้ทำรายบุคคล ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบ ให้นักเรียนแต่ละคนวินิจฉัยว่า คำตอบนั้นถูกต้องและ/หรือสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากว่าคำตอบนั้นมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแก้ไขให้ถูกต้องและสมบูรณ์โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติเหมือนในงานกลุ่ม

(5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

(6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ในบทเรียน จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัยให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียน

การสอน ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์จากหนังสือคู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม คัดเลือกและวิเคราะห์เนื้อหาฟิสิกส์เกรด 10 หลักสูตรปีการศึกษา 2011 ประเทศกัมพูชา เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องตามเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสม แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา นำแผนการจัดการเรียนรู้ส่งผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของแผนตามองค์ประกอบและให้ข้อเสนอแนะ ดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33–1.00 แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปทดลองสอนจริงกับกลุ่มทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย มีขั้นตอนการสอนดังนี้

(1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบไปทีละขั้น

(2) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 1 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่าง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

(3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบ และแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

(4) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 2 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่าง ให้นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบโดยเขียนวิธีการหาคำตอบลงในใบงาน

(5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

(6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีของบทเรียน จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัยให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์จากหนังสือคู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเน้นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย คัดเลือกและวิเคราะห์เนื้อหาฟิสิกส์เกรด 10 หลักสูตรปีการศึกษา 2011 ประเทศกัมพูชา เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยตามเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสม แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา นำแผนการจัดการเรียนรู้ส่งผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของแผนตามองค์ประกอบและให้ข้อเสนอแนะ ดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33–1.00 แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้สอนจริงกับกลุ่มเปรียบเทียบ

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ ประกอบด้วยโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อวัด 5 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน และใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรูบริก ข้อสอบ 1 ข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน และแบบทดสอบทั้งฉบับมีคะแนนเต็ม 120 คะแนน (Docktor et al., 2016; Heller, Keith, and Anderson, 1992; Hollabaugh, 1995; Huffman, 1997)

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ (evidence of conceptual understanding) การวาดภาพแทนสถานการณ์ การระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่า เงื่อนไขต่าง ๆ และกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (completeness of physics representation) การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ ในรูปของสัญลักษณ์ พร้อมแสดงความสัมพันธ์ทั่วไปของปริมาณทางฟิสิกส์

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (mathematical equation) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (logical progression) การแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้สมการสุดท้ายที่มีปริมาณเป้าหมายอยู่ด้านหนึ่งของสมการและปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการมีความสอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง การสนับสนุนในแต่ละขั้นตอนปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (mathematical execution) การนำค่าปริมาณที่ทราบค่าแทนในสมการสุดท้าย การคำนวณหาค่าปริมาณเป้าหมาย และการระบุหน่วยของค่าคำตอบได้ถูกต้อง

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งมีองค์ประกอบการวัดและเกณฑ์การตรวจให้คะแนน สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และเฉลยคำตอบตามเนื้อหาที่ได้วิเคราะห์ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ นำแบบทดสอบและเฉลยคำตอบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง แก้ไขแบบทดสอบและเฉลยคำตอบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา นำแบบทดสอบและเฉลยคำตอบส่งผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะ ดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมีค่ามากกว่า 0.5 ทุกข้อ แก้ไขแบบทดสอบและเฉลยคำตอบตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ ผลการทดลองใช้พบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30–0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.40 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 วิเคราะห์ความสอดคล้องของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญอีก 2 คน (Inter rater reliability) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นเท่ากับ 0.99

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองทั้งห้องทดลองและห้องเปรียบเทียบ

โดยห้องทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์ รวมเป็น 26 คาบ ห้องเปรียบเทียบสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ รวมเป็น 24 คาบ เก็บรวบรวมข้อมูลในสัปดาห์ที่ 7 โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องกลศาสตร์ ห้อง 10C ซึ่งเป็นห้องทดลองมีนักเรียนมาสอบ 36 คน จากนักเรียนทั้งหมด 44 คน ขาดสอบ 8 คน ส่วนห้อง 10B ซึ่งเป็นห้องเปรียบเทียบมีนักเรียนมาสอบ 37 คน จากนักเรียนทั้งหมด 43 คน ขาดสอบ 6 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบค่าเฉลี่ย (one sample *t*–test) วิเคราะห์แยกเป็นรายองค์ประกอบและภาพรวมโดยเทียบกับเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65 แต่เนื่องจากแบบทดสอบทั้งฉบับมีข้อสอบจำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อวัด 5 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ข้อสอบแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน และแบบทดสอบทั้งฉบับมีคะแนนเต็ม 120 คะแนน ก่อนการวิเคราะห์ ในแต่ละองค์ประกอบจึงนำคะแนนจากข้อสอบแต่ละข้อมารวมกันได้เป็นคะแนนเต็ม 24 คะแนน แล้วปรับให้อยู่ในเกณฑ์ของคะแนนเต็ม 4 คะแนน จากนั้นนำคะแนนในแต่ละองค์ประกอบที่ได้ปรับให้อยู่ในเกณฑ์ของคะแนนเต็ม 4 คะแนนแล้วมารวมกันเป็นคะแนนภาพรวมซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน และหลังการวิเคราะห์ คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมถูกปรับเป็นร้อยละ เพื่อง่ายต่อการเทียบกับเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65

2) การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มเรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (independent sample *t*–test) ก่อนการวิเคราะห์นำคะแนนจากข้อสอบแต่ละข้อซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนนทั้งหมด 6 ข้อ มารวมกันได้คะแนนเต็ม 120 คะแนน แล้วปรับให้อยู่ในเกณฑ์ของคะแนนเต็ม 100 คะแนน

3) เปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละระดับระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ (chi–square)

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติข้างต้นแล้ว ยังแสดงตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และระดับดีมาก

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กำหนดโดยกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬาประเทศกัมพูชา แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง และไม่ผ่าน ดังในตาราง 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ทั่วไปในการกำหนดระดับความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนทุกรายวิชา

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียน

ตาราง 1 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
00 – 49	ไม่ผ่าน
50 – 64	ปานกลาง
65 – 79	ดี
80 – 100	ดีมาก

กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย (ตาราง 2) พบว่า ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนโดยภาพรวมของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65 ($p \geq .05$) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า สำหรับกลุ่มทดลอง องค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) ส่วนองค์ประกอบที่ 2 และที่ 3 มีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p < .05$) สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบทุกองค์ประกอบมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$)

ตาราง 2 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (*t*) และค่านัยสำคัญ (*p*) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ระดับดี	กลุ่มทดลอง					กลุ่มเปรียบเทียบ				
			$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	SD	*t*	*p*	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	SD	*t*	*p*
1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์	4	≥ 65%	1.64	41.08	1.07	5.36	.00	1.35	33.68	0.78	9.72	.00
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	4	≥ 65%	2.32	57.88	1.23	1.39	.17	2.28	56.99	0.66	2.98	.01
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	4	≥ 65%	2.27	56.74	1.3	1.53	.14	2.16	54.07	0.81	3.29	.00
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	4	≥ 65%	1.88	46.99	1.45	2.98	.01	1.94	48.42	0.79	5.10	.00
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	4	≥ 65%	1.84	46.07	1.41	3.21	.00	1.93	48.30	0.73	5.59	.00
ภาพรวม	20	≥ 65%	9.95	49.75	6.13	2.99	.01	9.66	48.29	3.27	6.21	.00

$\alpha = .05$

จากข้อมูลคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนในรายองค์ประกอบและภาพรวมของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยในตาราง 2 สามารถแปลความหมายเป็นระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังแสดงในตาราง 3 ซึ่งพบว่า ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนโดยภาพรวมของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และรายองค์ประกอบทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยองค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 อยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน องค์ประกอบที่ 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง

ตาราง 3 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มเปรียบเทียบ
1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	ปานกลาง	ปานกลาง
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	ปานกลาง	ปานกลาง
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
ภาพรวม	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย (ตาราง 4) พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

ตาราง 4 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	t	p
กลุ่มทดลอง	36	100	49.92	30.66	.26	.79
กลุ่มเปรียบเทียบ	37	100	48.38	16.34		

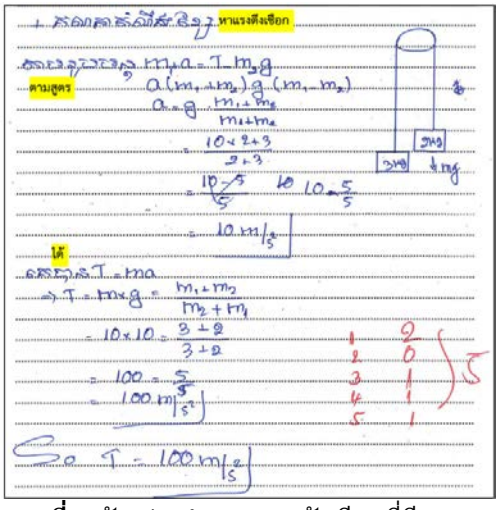
ถึงแม้ว่าคะแนนเฉลี่ยและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนโดยใช้ระดับความสามารถเป็นเกณฑ์พบว่า ในเกณฑ์ระดับดีมากและระดับปานกลางระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีจำนวนนักเรียนแตกต่างกันดังในตาราง 5 พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมากกับระดับปานกลางระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบแตกต่างกัน ($p < .05$) โดยกลุ่มทดลองมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมากมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แต่ความสามารถระดับปานกลางมีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีกับระดับไม่ผ่านระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$)

ตาราง 5 จำนวนและร้อยละนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละระดับระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ระดับความสามารถ	ช่วงคะแนน	กลุ่มทดลอง (N=36)		กลุ่มเปรียบเทียบ (N=37)		χ^2	*p*
		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ		
ดีมาก	80 – 100	10	27.78	2	5.41	5.33	.02
ดี	65 – 79	2	5.56	3	8.10	.20	.65
ปานกลาง	50 – 64	3	8.33	13	35.14	6.25	.01
ไม่ผ่าน	00 – 49	21	58.33	19	51.35	.10	.75

α = .05

เนื่องจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนโดยภาพรวมของนักเรียนทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และนักเรียนส่วนมากมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน ดังนั้นจึงแสดงตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน

โจทย์ปัญหาข้อ 2 *"วัตถุมวล 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ผูกติดกับลายเชือกเส้นหนึ่งคนละด้าน แล้วนำเชือกที่ติดด้วยวัตถุทั้งสองไปแขวน กับรอกตัวหนึ่งที่สามารถหมุนได้อิสระ จงหาแรงตึงเชือก กำหนดให้ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 m/s^2"*

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบุข้อมูลสำคัญได้ไม่ครบ ขาดความเร่งโน้มถ่วงของโลก และไม่ได้แสดงให้เห็นกฎ หลักการ หรือมโนทัศที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา (ได้ 2 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ ไม่เขียนตอบ (ได้ 0 คะแนน)

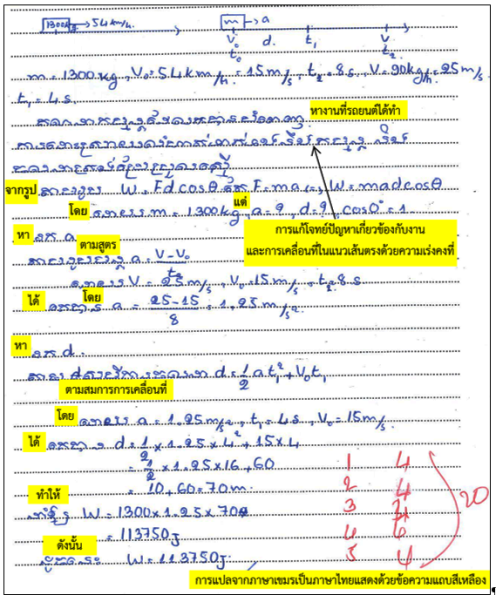
(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ สมการ $m_1 - a = T - m_2 g$ ยังไม่ถูกต้อง สมการที่ถูกต้องคือ $m_1 a = T - m_1 g$ จำนวนสมการที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหายังไม่ครบ ขาดสมการ $m_2 a = m_2 g - T$ (ได้ 1 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ในการแก้สมการเพื่อหาค่าความเร่ง a ไม่มีที่มาชัดเจน สมการที่แก้จากสมการตั้งต้นไม่ได้อยู่ในรูปของสมการ $a(m_1 + m_2)\ g(m_1 - m_2)$ รูปของสมการที่ถูกต้องคือ $a(m_1 + m_2) = g(m_1 - m_2)$ เครื่องหมายผิด $a = g\dfrac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2}$ ไม่ถูกต้อง สมการที่

ถูก-ต้องคือ $a = g\dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ ส่วนการแก้สมการเพื่อหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่มีที่มาชัดเจน และไม่สอดคล้องกัน $T = ma \Rightarrow T = mg = \dfrac{m_1 + m_2}{m_2 + m_1}$ (ได้ 1 คะแนน)

(5) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการคำนวณหาค่าความเร่ง a ยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากการแก้สมการไม่ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาตามสมการที่นักเรียนได้ระบุไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความเร่ง a ถือว่า มีการแทนค่าได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยได้ถูกต้อง แต่คำตอบไม่ถูกต้อง และผิดพลาดเกี่ยวกับวิธีการเขียนตัวเลขเพื่อการคำนวณ $a = \dfrac{10 \times 2 + 3}{2 + 3}$ วิธีการเขียนตัวเลขที่ถูกต้องคือ $a = \dfrac{10(2 + 3)}{2 + 3}$ ส่วนการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T ยังไม่ถูกต้องเนื่องจากสมการไม่ถูกต้อง เมื่อพิจารณาตามสมการสุดท้ายที่นักเรียนใช้ในการหาค่าแรงตึงเชือก T นั้น มีการแทนค่าไม่ถูกต้อง $m_1 = 2kg$ หรือ $m_2 = 3kg$ ไม่มี $m = 10kg$ การคำนวณไม่ถูกต้อง และระบุหน่วยไม่ถูกต้อง (ได้ 1 คะแนน)

ถึงแม้ว่านักเรียนส่วนมากทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก โดยเฉพาะกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีถึง 10 คน ในขณะที่กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมี 2 คน ดังนั้นจึงขอแสดงตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างคำตอบที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่านกับคำตอบที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

โจทย์ปัญหาข้อ 4 *"รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,300 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจากนั้นคนขับได้เพิ่มความเร็วด้วยความเร่งคงที่ และ 8 วินาทีต่อมารถยนต์มีความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหางานของรถยนต์หลังจากเพิ่มความเร็วได้ 4 วินาที"*

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ชัดเจน ระบุข้อมูลสำคัญ ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงให้เห็นกฎ หลักการ และมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

(ได้ 4 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ชัดเจน ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไปได้ถูกต้อง ($W = Fd\cos\theta$) (ได้ 4 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์ ซึ่งมี 3 สมการ $W = Fd\cos\theta$ $v = at_2 + v_0$ และ $d = \frac{1}{2}at_1^2 + v_0t_1$ (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการเริ่มจากสมการหลักที่เกี่ยวข้องกับปริมาณที่ต้องการทราบค่า คือเริ่มจาก $W = Fd\cos\theta$ แต่ $F = ma$ ทำให้ $W = mad\cos\theta$ หาค่า a d และ $\cos\theta$ และแทนค่า a d และ $\cos\theta$ ในสมการ $W = mad\cos\theta$ สรุปแล้วการแก้สมการมีความสอดคล้องต่อเนื่องกัน (ได้ 4 คะแนน)

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การแทนปริมาณที่ทราบค่าลงในสมการทุกสมการได้ถูกต้อง การคำนวณได้ถูกต้อง และการระบุหน่วยคำตอบได้ถูกต้อง (ได้ 4 คะแนน)

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยภาพรวมหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่านและมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65 ($p \geq .05$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่านและมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ส่วนองค์ประกอบที่ 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางและมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p < .05$)

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่ 1 4 และ 5 ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในเกณฑ์ระดับไม่ผ่าน และองค์ประกอบที่ 2 และที่ 3 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ทุกองค์ประกอบมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี ($p \geq .05$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

2. คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

การที่ผลการวิจัยทั้ง 2 ข้อไม่เป็นไปตามสมมติฐานเนื่องมาจาก

(1) นักเรียนส่วนมากทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่ได้ให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่เรียน จึงทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ไม่ชัดเจน แล้วส่งผลให้ไม่สามารถ

แก้โจทย์ปัญหาได้ สิ่งเหล่านี้สังเกตได้จากการทำงานรายกลุ่ม และรายบุคคล โดยในการทำงานรายกลุ่มจะมีนักเรียนเพียง 2 หรือ 3 คนเท่านั้นที่พยายามแก้โจทย์ปัญหา ในขณะที่สมาชิกคนอื่นไม่มีส่วนร่วมในการอภิปรายหรือเสนอความคิดเห็นแม้ครูกระตุ้นให้ช่วยกันทำงานแล้ว ส่วนการทำงานรายบุคคลก็เช่นเดียวกัน นักเรียนที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในงานรายบุคคลได้ คือ นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการทำงานรายกลุ่ม ส่วนนักเรียนที่ไม่มีส่วนร่วมในการทำงานรายกลุ่มบางคนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ บางคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ และบางคนไม่ให้ความสนใจแต่อย่างใด เมื่อพฤติกรรมดังกล่าวนี้เกิดขึ้นกับนักเรียนจำนวนมากทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ดังนั้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มนี้ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ McLaren et al. (2012) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ailabouni et al. (2014) ที่พบว่าการวินิจฉัยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไม่ส่งผลต่อทักษะการวินิจฉัยของนักเรียนด้านการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ สังเกตได้จากผลงานการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน คือ นักเรียนชอบเขียนแบบสั้น ๆ ให้เหตุผลน้อย และไม่ค่อยมีการอธิบายถึงหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

(2) การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละขั้นตอนจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายที่ได้ค่าคำตอบส่งผลต่อเนื่องกัน หากนักเรียนสามารถระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี จะระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนด้วย นำไปสู่การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน และสุดท้ายส่งผลต่อการแสดงขั้นตอนการแก้สมการและการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าโดยภาพรวมนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่สามารถระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี และไม่สามารถระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ได้สมบูรณ์ จึงทำให้ไม่สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน เมื่อไม่สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนส่งผลให้ไม่สามารถแก้สมการบรรลุปริมาณเป้าหมายได้ และเมื่อไม่สามารถแก้สมการให้บรรลุปริมาณเป้าหมายได้จะไม่สามารถแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าคำตอบได้เช่นกัน นอกจากนี้ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มในแต่ละองค์ประกอบที่กล่าวมาไม่แตกต่างกัน ยกเว้นการระบุหลักฐานการความเข้าใจมโนทัศน์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แต่ก็ยังอยู่ในระดับไม่ผ่าน ดังนั้นโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนด้านการระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์มากกว่าการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ส่วนองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มที่ไม่แตกต่างกัน ได้แก่ การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีบางองค์ประกอบสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Huffman (1997) ที่พบว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง (explicit

problem–solving strategy) ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนด้านการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม แต่ระหว่างสองวิธีนี้ไม่แตกต่างกันในด้านการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการศึกษาของ Huffman การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ร่วมกับการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ควรเน้นให้นักเรียนได้วินิจฉัยข้อผิดพลาดด้านมโนทัศน์และหลักการทางฟิสิกส์มากกว่าข้อผิดพลาดด้านการคำนวณและการใช้ตัวเลข ดังนั้นในการสร้างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ครูควรพิจารณาให้รอบคอบว่า นักเรียนจะใช้มโนทัศน์และหลักการมากกว่าการคำนวณหรือการใช้ตัวเลข และโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถสร้างจากคำตอบของนักเรียนที่มีข้อผิดพลาดในคาบเรียนก่อนหน้า หรือครูสร้างคำตอบให้มีข้อผิดพลาดด้วยตนเองจากประสบการณ์ที่เคยพบเห็นในการตรวจข้อสอบหรือแบบฝึกหัดของนักเรียน

2. การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ และหลักการทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องและชัดเจน ดังนั้นก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ครูควรทบทวนหรือตรวจความเข้าใจของนักเรียนเพื่อให้มั่นใจว่า นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนถูกต้องและชัดเจนแล้ว นอกจากนั้นครูควรฝึกให้นักเรียนมีความกล้าหาญในการแสดงความคิดเห็น และอภิปรายหน้าชั้นเรียน รวมทั้งให้นักเรียนมีเวลามากพอในการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด

3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้วินิจฉัยคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ โดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ การที่นักเรียนได้แสดงการวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดนั้น เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยเสนอแนะให้มีการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

Adams, D. M., McLaren, B. M., Durkin, K., Mayer, R. E., Rittle–Johnson, B., Isotani, S., and van Velsen, M. (2014). Using erroneous examples to improve mathematics learning with a web–based tutoring system. **Computers in Human Behavior** 36: 401–411.

Ailabouni, S., Safadi, R., and Yerushalmi, E. (2014). The impact of diagnosing teacher–made erroneous solutions, with the aid of on–line prompts and feedback, on students' diagnostic skills. **Proceedings of the 9th Chais Conference for Innovation in Learning Technologies: Learning in the Technological Era**. Raanana: The Open Uni-

versity of Israel.

Boobpachote, A. (2015). **Effect of Using Problem Posing in Organizing Learning Activities on Physics Problem Solving Abilities and Physics Concepts of Upper Secondary Students of Chulalongkorn University Demonstration Secondary School**. Fund for Research in Faculty of Education. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Chekuri, N. R. (1996). **A Physics Problem Solving Model for Developing Interpretation Skills**. Doctor of Education Thesis (Curriculum and Instruction). Ann Arbor: University of Cincinnati.

Chuchuer, O. (2011). **Effects of Physics Instruction Using Strategic Knowledge Construction on Problem Solving Ability and Concepts of Momentum and Impulse of Upper Secondary School Students.** Master of Education Thesis (Science Education). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., Mason, A., Ryan, Q. X. and Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem–solving rubric with application to introductory physics. **Physical Review Physics Education Research** 12(1): 1–18.

Gok, T., and Silay, I. (2008). Effects of problem–solving strategies teaching on the problem–solving attitudes of cooperative learning groups in physics education 1**. Journal of Theory and Practice in Education** 4(2): 253–266.

Große, C. S., and Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? **Learning and Instruction** 17(6): 612–634.

Heller, P., Keith, R., and Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. **American Journal of Physics** 60(7): 627–636.

Hollabaugh, M. (1995). **Physics Problem Solving in Cooperative Learning Groups**. Doctor of Philosophy Thesis. Minneapolis: University of Minnesota.

Huffman, D. (1997). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem–solving performance and conceptual understanding of physics. **Journal of Research in Science Teaching** 34(6): 551–570.

McLaren, B., Adams, D., Durkin, K., Goguadze, G., Mayer, R., Rittle–Johnson, B., Sosnobsky, S., Isotani, S., and van Velsen, M. (2012). To err is human, to explain and correct is divine: A study of interactive erroneous examples with middle school math students. **Proceedings of ECTEL 2012: Seventh European Conference on**

Technology Enhanced Learning, LNCS 7563. Berlin: Springer.

Ministry of Education Young and Sport of Cambodia. (2017). **The Organization and the Procedure of the Baccalaureate Examination in the Academic year 2016-2017**. Phnom Penh: Department of General Secondary Education. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/0B1ekqZE5ZIUJdmJSSzQtTk9XNmM/view. (in Khmer)

Pol, H. J. (2009). **Computer Based Instructional Support during Physics Problem Solving: A Case for Student Control**. Groningen: University Library Groningen.

Saksuparb, K. (2013). **Development of an Instructional Model (PECA) with Emphasis on Physics Problems Solving Ability of Upper Secondary Students**. Doctor of Education Thesis (Science Education). Banngkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2010). **1st Physics Teacher's Book for grade 10–12**. Bangkok: Office of the Welfare Promotion Commission for Teachers and Education Personnel (Lat Phrao). (in Thai)

Tsovaltzi, D., McLaren, B. M., Melis, E., and Meyer, A.–K. (2012). Erroneous examples: effects on learning fractions in a web–based setting. **International Journal of Technology Enhanced Learning** 4(3/4): 191–230.

Yerushalmi, E. (2014). Problem solving vs. troubleshooting tasks: The case of sixth–grade students studying simple electric circuits**. International Journal of Science and Mathematics Education** 12(6): 1341–1366.

Yerushalmi, E., Puterkovsky, M., and Bagno, E. (2013). Knowledge integration while interacting with an online troubleshooting activity. **Journal of Science Education and Technology** 22(4): 463–474.