รายงานบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์ นำเสนอต่อ
คณะทำงานพิจารณาทุนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนและวิจัยในชั้นเรียน สถานพัฒนาคณาจารย์
เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2564

รายงานบทความวิจัย

ความสามารถในการจดจำและประสิทธิภาพของใบงาน ในการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

Retention and Effectiveness of Guided Worksheet in Introductory Physics Class

สุกฤษฎ์ สุขสมบัติ[1]

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[1] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ 044-224741 sukrit@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นทักษะที่สำคัญในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผู้เรียนที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้จะสามารถเข้าใจและเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์เข้ากับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น มีผู้เรียนจำนวนไม่น้อยที่ประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผู้เรียนกลุ่มนี้จะใช้วิธีการจำสูตรหรือสมการและพยายามนำตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้มาแทนค่าในสูตรหรือสมการเหล่านั้น โดยไม่เข้าใจถึงกระบวนการที่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลต่อคำตอบของโจทย์ปัญหาที่ไม่ถูกต้องและขัดกับกฎของธรรมชาติที่ควรจะเป็น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาใบงานเพื่อช่วยผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ให้เป็นระบบมากขึ้น ใบงานจะแบ่งโจทย์ปัญหาแต่ละข้อออกเป็นขั้นตอนย่อย โดยที่ในแต่ละขั้นตอนย่อยจะมีการให้คำแนะนำหรือคำใบ้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นภาพและเข้าใจลำดับขั้นในการแก้โจทย์ปัญหาที่ดีขึ้น ผู้วิจัยนำใบงานไปใช้ในประกอบการเรียนการสอนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และมีการทดสอบความสามารถในการใช้และประสิทธิผลของใบงานทุก 2 สัปดาห์ เป็นจำนวน 4 ครั้ง

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ในระดับที่ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนเกินร้อยละ 50 ของผู้เรียนทั้งหมด โดยผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์สูงจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ต่ำ นอกจากนี้ผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีด้วย โดยผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ในระดับกลาง-สูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีกว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ต่ำอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม การกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำแนะนำหรือคำใบ้ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงานในระหว่างการทดสอบ ไม่ได้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ดีขึ้น กล่าวคือผู้เรียนจะทำคะแนนจากแบบทดสอบได้ไม่ต่างกันถึงแม้ว่าจะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้หรือไม่ก็ตาม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการออกแบบใบงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบอาจจะยังไม่ดีพอและไม่ครบถ้วน การส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบอื่นๆ ควบคู่ไปกับการใช้ใบงานจึงอาจจะจำเป็นและขาดไม่ได้ โดยเฉพาะกับผู้เรียนที่มีศักยภาพในการเรียนรู้ค่อนข้างต่ำ

คำสำคัญ: ใบงาน ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

Problem-solving is one of the most important skills for studying physics. Students who can master problem-solving skill will be able to understand and connect physics to daily life events. There is a certain number of students who experiences the difficulty in solving physics problems. Instead of trying to understand the concept behind each problem, these students memorize related equations and scramble given variables into those equations with a plug-and-chug method. Quite frequently, they receive incorrect and unrealistic answers.

In this study, we designed and developed physics worksheets that aim to improve student's problem-solving skills. The worksheet divides a physics problem into several sub-problems. Each sub-problem may contain instructions, hints, or figures that help guiding students through problem-solving procedure. Worksheets were given to the students at the beginning of the week for 8 weeks, while exams aimed to test the usage and effectiveness of the worksheets were arranged biweekly.

We found that more than half of the students were able to utilize problem-solving skills acquired from the worksheet to solve physics problem in a qualified level. Experienced students demonstrated superior understanding and were able to perform better than inexperienced ones. In addition, students who applied the technique from the worksheet well, were more likely to score better on the exam.

Nonetheless, providing extra hints or suggestions to the students during the exam, seemed ineffective. Student, regardless of receiving hints or not, performed at a similar level, and obtained roughly the same score. We hypothesized that our worksheet design alone might not be good enough to develop student's problem-solving skills. Integration of extra instructional scaffolding into the worksheet would be necessary, especially for inexperienced students.

Keywords: Worksheet, problem-solving skill, learning effectiveness

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

วิชาฟิสิกส์ เป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานของธรรมชาติหรือสิ่งต่างๆ รอบตัว และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันได้ รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจึงเป็นรายวิชาที่ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาที่ศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ หรือวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ก็ต่างต้องเรียนวิชานี้ทั้งนั้น

โดยทั่วไปแล้ว รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจะมีการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนขนาดใหญ่ มีผู้เรียนเป็นจำนวนหลักร้อยถึงหลักพัน และมีรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานระหว่าง การสอนแบบบรรยาย (Traditional Lecture-based Approach), การสอนแบบมีผู้เรียนมีส่วนร่วม (Active Learning Approach) (Bonwell & Eison, 1991), และการสอนโดยวิธีสาธิต (Demonstration Approach) (Carpenter & Minnix, 1981) โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน ได้มองเห็น ได้จับต้องสัมผัส ได้ทดลองทำ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจถึงองค์ความรู้ต่างๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น (Dale, 1969) อย่างไรก็ตาม สิ่งที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการเรียนการสอนแบบผสมผสาน คือการที่ผู้เรียนได้มีโอกาส คิด วิเคราะห์ และลงมือแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางทฤษฎี เข้ากับความรู้ที่ได้รับจากการทดลองลงมือปฏิบัติ (Yerushalmi, Henderson, Heller, Heller & Kuo, 2007)

มีผู้เรียนจำนวนไม่น้อยที่ประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยไม่สามารถสกัดและนำหลักการสำคัญทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้กับโจทย์ปัญหาได้ ผู้เรียนกลุ่มนี้จะใช้วิธีจำสูตร จำตัวแปร หรือจำสมการ และพยายามที่จะนำตัวแปรเหล่านั้นมาใส่ในสมการเพื่อหาคำตอบ (Walsh, Howard & Bowe, 2007) ในหลายๆ ครั้ง คำตอบที่ผู้เรียนได้มาจากการกระบวนการเหล่านี้ยังไม่มีความสมเหตุสมผลกับกฎของธรรมชาติอีกด้วย

โดยปกติแล้ว รูปแบบโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจะประกอบด้วยคำบรรยาย 3-4 บรรทัด ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 3-5 ตัว และคำถาม 1 คำถาม แต่โจทย์ปัญหาเหล่านี้จะละ รูปภาพ แผนภูมิ หรือกระบวนการต่างๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาเหล่านี้ไว้ (รูปที่ 1) ผู้เรียนฟิสิกส์ที่ยังขาดประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาจะไม่สามารถแปลงโจทย์ปัญหาหรือตัวแปรออกมาเป็นกระบวนการเพื่อหาคำตอบได้

> *หัวฉีดน้ำในไร่แห่งหนึ่งฉีดน้ำออกมาจากหัวฉีดที่ต่อกับก้านส่งน้ำซึ่งอยู่สูงจากพื้น 2 เมตร ด้วยอัตราเร็ว 6 เมตร/วินาที และทำมุม 30 องศา เหนือแนวระดับ น้ำที่ฉีดออกมาจะไปได้ไกลจากก้านส่งน้ำกี่เมตร*

รูปที่ 1 ตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีคำบรรยาย ตัวแปร และคำถาม

การใช้ใบงานประกอบการเรียนการสอนเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน หลายครั้งที่ผู้สอนใช้ใบงานเป็นแบบฝึกหัดหลังเสร็จสิ้นการบรรยาย เป็นการบ้าน หรือเป็นเอกสารประกอบการทดลองในวิชาปฏิบัติการ ใบงานที่ดีจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในเนื้อหา พัฒนาความคิดให้เป็นระบบแบบแผน และที่สำคัญคือสามารถช่วยให้ผู้เรียนเสริมสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง การออกแบบใบงานที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรก ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีงานวิจัยหลายชิ้นพยายามที่จะพัฒนาใบงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยคำนึงถึงรูปแบบและองค์ประกอบของใบงาน ยกตัวอย่าง เช่น การเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาในใบงาน (Calderhead, Filter, & Albin, 2006) การจัดเรียงตำแหน่งขององค์ประกอบในใบงาน (Wolf, Stanton, & Gellott, 2010) ความเหมาะสมของการเว้นที่ว่างสำหรับเติมคำตอบในใบงาน (Lesley, 2003) เป็นต้น

ในทางฟิสิกส์ศึกษา มีนักวิจัยจำนวนไม่น้อยที่นำโครงสร้างของใบงานมาประกอบการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้น (Scaffolding) เพื่อช่วยส่งเสริมกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน Spanjers, et al. พบว่าการแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อยหลายๆ ส่วน จะช่วยลดภาระในการทำงานของสมองและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน (Spanjers, van Gog, & van Merriënboer, 2012) Docktor, et al. ได้พัฒนาต้นแบบการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยเน้นให้ผู้เรียนเขียนหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อนลงมือแก้โจทย์ปัญหา (Docktor, Strand, Mestre, & Ross, 2015) และ Demirci, et al. ได้แนะนำให้ผู้เรียนวาดรูปเหตุการณ์หรือแผนภาพประกอบการทำโจทย์ฟิสิกส์ด้วยตนเอง เพื่อเพิ่มความเข้าใจในขณะที่กำลังแก้โจทย์ปัญหา (Z. Chen, Demirci, Choi, & Pritchard, 2017)

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับการจัดการเรียนการสอนเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับพื้นฐานและประสบการณ์เริ่มต้นของผู้เรียนอีกด้วย ผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์สูง เช่น ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์อื่นๆ ที่ดี หรือผู้เรียนที่สามารถทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้เป็นอย่างดี จะใช้หลักการ ทฤษฎี การผสมผสานองค์ความรู้ และการเชื่อมโยงเนื้อหาด้วยเหตุผล ในขณะที่ผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์น้อยจะใช้กระบวนการจำ การค้นหาตัวแปร และการแทนค่าในสมการ ในการแก้โจทย์ปัญหา (Q. Chen et al., 2020)

ด้วยเหตุนี้เอง ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะออกแบบและพัฒนาใบงานประกอบการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดที่เป็นระบบในการแก้โจทย์ปัญหาและมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาในมิติต่างๆ เช่น ความสามารถในการเลือกใช้ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและเหมาะสม (Physics Approach), ความสามารถในการนำทฤษฎีที่เลือกไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Specific Application), และความต่อเนื่องและเป็นเหตุเป็นผลในการแก้โจทย์ปัญหา (Logical Progression) เป็นต้น (Docktor et al., 2016) ใบงานดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อศึกษาว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและ

ประสบการณ์ที่แตกต่างกัน จะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้เหมือนหรือต่างกันหรือไม่ และส่งผลอย่างไรต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังจากการใช้ใบงาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของผู้เรียน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 46 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป (General Physics) ภาคการศึกษาที่ 2/2563 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. กลุ่มตัวอย่าง ใช้ประชาการทั้งหมดที่ศึกษา คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยมีนักศึกษา จำนวน 2 คน ที่ไม่ถูกเลือกคือนักศึกษาที่ไม่ได้เข้ารับการทดสอบ (ขาดสอบ) จำนวน 1 คน และนักศึกษาที่ขอลาออกจากมหาวิทยาลัย จำนวน 1 คน จึงทำให้มีตัวอย่างทั้งสิ้น 44 คน กลุ่มตัวอย่างทั้ง 44 คนนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ด้วยวิธีการเลือกแบบสุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับแบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกัน
3. ผู้วิจัยใช้เวลาในการทำการวิจัยเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ในภาคการศึกษาที่ 2/2563 โดยมีการจัดการเรียนการสอนสัปดาห์ละ 3 ครั้งๆ ละ 2 ชั่วโมง

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือวิจัย

ประกอบด้วย 1) ใบงาน 2) แบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ และ 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ใบงาน

ผู้วิจัยได้ออกแบบใบงานที่ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์จำนวน 8 บทเรียน (W1-W8) โดยมีจำนวนโจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 1 บทเรียนและจำนวนโจทย์ปัญหาในใบงานของแต่ละบทเรียน

บทที่	เรื่อง	จำนวนโจทย์ (ข้อ)
1	การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ (One-dimensional Motion)	7
2	การเคลื่อนที่ใน 2 มิติ (Two-dimensional Motion)	7
3	แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Force and Newton's Laws)	8
4	งานและพลังงาน (Work and Energy)	8
5	โมเมนตัมและการชน (Momentum and Collision)	7
6	การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational Motion)	7
7	การเคลื่อนที่แบบแกว่งกวัด (Oscillational Motion)	6
8	การเคลื่อนที่ของคลื่นและคลื่นเสียง (Wave Motion and Sound Wave)	7
	รวม	**57**

โจทย์ในใบงานแต่ละข้อจะประกอบด้วยคำบรรยาย คำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำโจทย์ และคำถาม โดยแยกเป็นสัดส่วนและเรียงกันเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นลำดับขั้น (รูปที่ 2) ในบางครั้งผู้เรียนจะได้รับรูปภาพประกอบการทำโจทย์ด้วย การให้โจทย์คำถามจากใบงานลักษณะนี้จะแตกต่างจากการให้โจทย์คำถามในการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาโดยทั่วไป ที่ผู้สอนส่วนใหญ่เลือกใช้เฉพาะโจทย์คำถามเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีคำแนะนำหรือคำใบ้

กล่องใบหนึ่งมวล 1.5 กิโลกรัม กำลังไถลไปตามพื้นราบ พบว่าจากจุด C ไป D กล่องมีอัตราเร็วลดลงจาก 20 เมตร/วินาที เป็น 12 เมตร/วินาที	*คำบรรยาย*
จงวาดรูปเหตุการณ์ดังกล่าว พร้อมทั้งอธิบายว่าพื้นราบนี้เป็นพื้นลื่นหรือพื้นขรุขระเพราะเหตุใด	*คำแนะนำ หรือ คำใบ้*
พลังงานจลน์ของกล่องที่จุด C และจุด D มีค่าเป็นเท่าใดบ้าง	
พลังงานจลน์ของจุดทั้งสองมีความสัมพันธ์กับงานสุทธิขณะที่กล่องเคลื่อนที่อย่างไร	
จงหางานที่เกิดจากแรงเสียดทาน	*คำถาม*

รูปที่ 2 ตัวอย่างใบงานที่ออกแบบมาเพื่อการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ

แบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้

แบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ คือแบบทดสอบที่ผู้วิจัยทำขึ้นเพื่อประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการทำข้อสอบวิชาฟิสิกส์ประเภทแสดงวิธีทำ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Application Score) แบบรูบริก (Rubric Scoring) แบบทดสอบนี้จะมีจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ แต่ละข้อจะมีเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนด้วยใบงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภท P – แบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำ ไม่มีคำใบ้ มีแต่เพียงโจทย์คำถาม จำนวน 6 ข้อ
ประเภท Q – แบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงาน คือมีคำบรรยาย มีคำแนะนำหรือคำใบ้ และมีคำถาม จำนวน 2 ข้อ

แบบทดสอบประเภท P
(5 คะแนน) *มวลขนาด 8 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เข้าชนกับมวลขนาด 2 กิโลกรัม ที่กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที หลังชน มวล 8 กิโลกรัม ยังคงเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที เมื่อชนกันแล้ว มวล 2 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด ด้วยอัตราเร็วเท่าใด*

รูปที่ 3 แบบทดสอบประเภท P - แบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำ ไม่มีคำใบ้ มีแต่เพียงโจทย์คำถาม

แบบทดสอบประเภท Q
มวลขนาด 8 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที เข้าชนกับมวลขนาด 2 กิโลกรัม ที่กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที หลังชน มวล 8 กิโลกรัม ยังคงเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที
*จง**วาดรูปเหตุการณ์**ดังกล่าว พร้อมทั้งเขียนตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดลงในรูปทั้ง**ก่อนชน**และ**หลังชน*** *ก่อนชน* *หลังชน*
*จากรูปที่วาด จง**คาดคะเน**ทิศทางการเคลื่อนที่ของมวล 2 กิโลกรัม หลังจากชนกับมวล 8 กิโลกรัมแล้ว*
(5 คะแนน) *เมื่อชนกันแล้ว มวล 2 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด ด้วยอัตราเร็วเท่าใด*

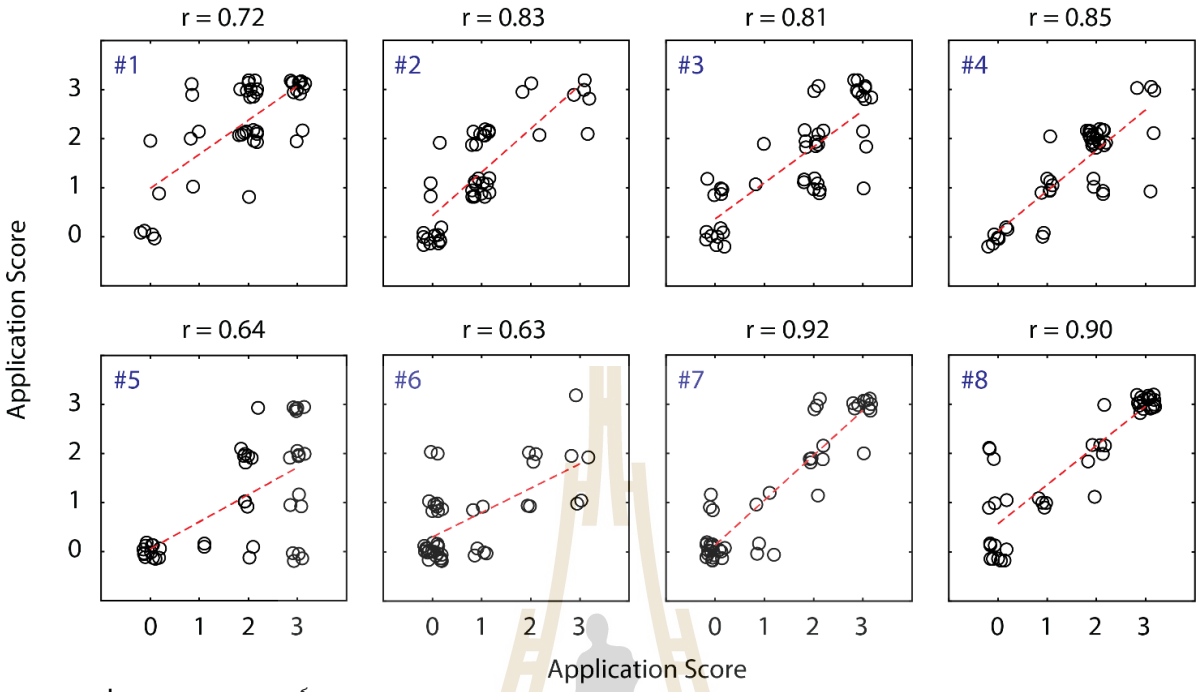
รูปที่ 4 แบบทดสอบประเภท Q – แบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงาน คือมีคำบรรยาย มีคำแนะนำหรือคำใบ้ และมีคำถาม

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การตรวจประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ ออกเป็น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2, และ 3 คะแนน โดยให้กระบวนการจากใบงานเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบในการพิจารณาให้คะแนนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาในแบบทดสอบ กล่าวคือถ้าผู้เรียนสามารถนำกระบวนการจากใบงานมาใช้ได้ดี ถูกต้อง และครบถ้วน ผู้เรียนก็จะได้คะแนนความสามารถสูงตามไปด้วย เกณฑ์ที่นำมาพิจารณาจะประกอบด้วยปัจจัยสำคัญที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น การวาดภาพประกอบที่เป็นประโยชน์ การเขียนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ประกอบรูปภาพ และการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อนนำสมการมาใช้ (Docktor et al., 2015; Heckler, 2010)

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน	ระดับคะแนน
ไม่วาดรูปภาพประกอบ หรือวาดและเขียนข้อมูลประกอบ เช่น ชื่อ ขนาด และทิศทาง ของเวกเตอร์ หลักการ แนวความคิดที่นำไปสู่การแก้โจทย์ ร้อยละ 0-25 ของแต่ละองค์ประกอบ	0
วาดและเขียนข้อมูลประกอบ เช่น ชื่อ ขนาด และทิศทาง ของเวกเตอร์ หลักการ แนวความคิดที่นำไปสู่การแก้โจทย์ ร้อยละ 26-50 ของแต่ละองค์ประกอบ	1
วาดและเขียนข้อมูลประกอบ เช่น ชื่อ ขนาด และทิศทาง ของเวกเตอร์ หลักการ แนวความคิดที่นำไปสู่การแก้โจทย์ ร้อยละ 51-75 ของแต่ละองค์ประกอบ	2
วาดและเขียนข้อมูลประกอบ เช่น ชื่อ ขนาด และทิศทาง ของเวกเตอร์ หลักการ แนวความคิดที่นำไปสู่การแก้โจทย์ ร้อยละ 75 ขึ้นไป ของแต่ละองค์ประกอบ	3

เพื่อควบคุมมาตรฐานและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยให้ผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน ทำการประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ ในแบบทดสอบทั้ง 8 ข้อนี้ด้วยเกณฑ์เดียวกันดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ในระหว่างที่ทำการประเมิน ผู้วิจัยทั้งสองจะไม่เห็นผลการประเมินของกันและกัน และเพื่อให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือ ผลการประเมินของผู้ช่วยวิจัยทั้งสองจะถูกนำมาทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของผลประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้โดยผู้ประเมินจำนวน 2 คน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ระหว่างผู้ประเมินทั้งสองคน พบว่าผลการประเมินมีค่าความสัมพันธ์แบบสอดคล้องในเชิงบวก ($r > 0$) ในทุกข้อของแบบทดสอบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันอยู่ในระดับดี-ดีมาก (Akoglu, 2018; Chan, 2003)

ผลการประเมินของผู้วิจัยทั้งสองนี้จะถูกนำมาเฉลี่ยเป็นคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ ในกรณีที่ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยเกินครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (มากกว่า 1.5 คะแนน) ผู้เรียนคนนั้นจะถือว่าทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ แต่ถ้าผู้เรียนมีคะแนนเท่ากับหรือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (ตั้งแต่ 1.5 ลงไป) ผู้เรียนคนนั้นจะถือว่าทำคะแนนได้ไม่ผ่านเกณฑ์

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเป็นแบบทดสอบเดียวกันกับแบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ แต่จะมีเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกัน และถูกประเมินโดยผู้วิจัยเอง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้มีจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ และแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

ประเภท P – แบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำ ไม่มีคำใบ้ มีแต่เพียงโจทย์คำถาม จำนวน 6 ข้อ

ประเภท Q – แบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงาน คือมีคำบรรยาย มีคำแนะนำหรือคำใบ้ และมีคำถาม จำนวน 2 ข้อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จะวัดจากคะแนนความถูกต้องในการทำแบบทดสอบ (Exam Score) ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด ประกอบด้วย (Docktor et al., 2016)

1. ความถูกต้องและเหมาะสมในการเลือกทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ (Physics Approach)
2. ความถูกต้องในการนำทฤษฎีที่เลือกไปใช้ในโจทย์ประเภทต่างๆ (Specific Application)
3. ความถูกต้องของสมการและคณิตศาสตร์ที่ใช้ (Mathematical Procedure)
4. ความต่อเนื่องและเป็นเหตุเป็นผลในการแก้โจทย์ปัญหา (Logical Progression)

ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบได้ถูกต้องตามเกณฑ์โดยมีกระบวนการที่ชัดเจนจะได้คะแนนสูงและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

สำหรับแบบทดสอบประเภท Q ที่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ในโจทย์คำถาม สิ่งที่ผู้เรียนตอบในคำแนะนำหรือคำใบ้ จะไม่ถูกนำมาพิจารณาเป็นคะแนนความถูกต้องในการทำแบบทดสอบ เฉพาะกระบวนการและสมการเท่านั้นที่จะถูกนำมาคิดเป็นคะแนน

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 8 ข้อ ได้ถูกนำเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (รศ. ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ, ผศ. ดร.ขรรคชัย โกศลทองกี่ และ ผศ ดร.วิทวัส แสนรังค์) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของใบงานด้านเนื้อหา ผลการเรียนรู้ และการวัดการประเมินผล โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ย (IOC) เท่ากับ +1.00 ในทุกข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน จะได้รับการเรียนการสอนในลักษณะของการฟังบรรยายประกอบกับการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยใบงาน จากนั้นจะเข้ารับการทดสอบด้วยแบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สลับกันไปทุกๆ 2 บทเรียน ดังลำดับเหตุการณ์ ดังนี้

เรียนผ่านใบงาน ---> เข้ารับการทดสอบ ---> ..... ---> เรียนผ่านใบงาน ---> เข้ารับการทดสอบ

โดยในการเข้ารับการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 22 คน (กลุ่ม A และกลุ่ม B) เพื่อเข้ารับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจัดการเรียนการสอน การทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ และการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สัปดาห์	บทเรียน	ลักษณะของการทดสอบ
1-3	1-2	ทั้งสองกลุ่มรับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ P ทั้งสองบท รวมจำนวน 2 ข้อ
4-6	3-4	กลุ่ม A รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ Q ในบทที่ 3 และแบบทดสอบ P ในบทที่ 4 รวมจำนวน 2 ข้อ ส่วนกลุ่ม B รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ P ในบทที่ 3 และแบบทดสอบ Q ในบทที่ 4 รวมจำนวน 2 ข้อ
7-9	5-6	กลุ่ม A รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ Q ในบทที่ 5 และแบบทดสอบ P ในบทที่ 6 รวมจำนวน 2 ข้อ ส่วนกลุ่ม B รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ P ในบทที่ 5 และแบบทดสอบ Q ในบทที่ 6 รวมจำนวน 2 ข้อ
10-12	7-8	ทั้งสองกลุ่มรับการทดสอบด้วยแบบทดสอบ P ทั้งสองบท รวมจำนวน 2 ข้อ

ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มจะได้รับแบบทดสอบที่เหมือนกันจำนวน 4 ข้อ และแบบทดสอบที่ต่างกันจำนวน 4 ข้อ ดังตารางที่ 4 แบบทดสอบที่เหมือนกัน (ข้อที่ 1, 2, 7 และ 8) จะใช้สำหรับการประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ ในขณะที่แบบทดสอบที่ต่างกัน (ข้อที่ 3, 4, 5, และ 6) จะใช้สำหรับการประเมินความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 4 ลำดับเหตุการณ์ในการจัดการเรียนการสอนและการทดสอบ ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มจะได้แบบทดสอบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเหมือนกันในข้อที่ 1, 2, 7, และ 8 และต่างกันในข้อที่ 3, 4, 5, และ 6

การจัดการเรียนการสอน	**เรียน**	**สอบ**	**เรียน**	**สอบ**	**เรียน**	**สอบ**	**เรียน**	**สอบ**
แบบทดสอบข้อที่		1 2		3 4		5 6		7 8
แบบทดสอบของผู้เรียนกลุ่ม A	1, 2	P P	3, 4	Q P	5, 6	Q P	7, 8	P P
แบบทดสอบของผู้เรียนกลุ่ม B		P P		P Q		P Q		P P

ผลการวิจัย

1. การศึกษาความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

1.1 ผู้เรียนสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

เพื่อทำการทดสอบว่าผู้เรียนสามารถนำกระบวนการจากการเรียนการสอนด้วยใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในขณะที่ทำการสอบ ผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยให้ผู้เรียนทั้ง 44 คน ที่ผ่านการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยใบงานในบทที่ 1, 2, 7, และ 8 มาแล้ว มาทำการทดสอบความสามารถโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 4 ข้อ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาในใบงาน แบบทดสอบทั้ง 4 ข้อนี้จะเป็นแบบทดสอบประเภท P คือแบบทดสอบที่ไม่ได้ให้คำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำแบบทดสอบ ผู้เรียนที่จะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ จะต้องทำการแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นระบบถึงแม้ว่าในแบบทดสอบจะมีแต่เพียงโจทย์คำถามและไม่มีคำแนะนำ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ของผู้เรียนรายบุคคลจากผลการประเมินของผู้ช่วยวิจัย พบว่าผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้และได้คะแนนดีเกินกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (Application Score > 1.5, ผ่านเกณฑ์) มีจำนวนทั้งสิ้น 35, 13, 19, และ 26 คน (คิดเป็นร้อยละ 79.5, 29.5, 43.2, และ 59.1) สำหรับแบบทดสอบทั้ง 4 ข้อ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพรวมทั้ง 4 ข้อ จะพบว่ามีผู้เรียน 23 คน จากทั้งหมด 44 คน (คิดเป็นร้อยละ 52.8) ที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ในระดับที่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 5 จำนวนผู้เรียนที่ทำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ผ่านเกณฑ์

แบบทดสอบ	**ข้อที่ 1**	**ข้อที่ 2**	**ข้อที่ 7**	**ข้อที่ 8**	**ภาพรวม 4 ข้อ**
จำนวนผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ (คน)	35	13	19	26	23
ร้อยละ (%)	79.5	29.5	43.2	59.1	52.8

ผลจากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ไม่ได้มีความสอดคล้องกับระยะเวลาที่ผู้เรียนได้รับในการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยใบงาน กล่าวคือแม้ว่าผู้เรียนจะมีโอกาสฝึกฝนการใช้ใบงานเป็นเวลาถึง 8 สัปดาห์ ก่อนเข้ารับการทดสอบในข้อที่ 7 และ 8 แต่จำนวนผู้เรียนที่สามารถทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์นั้นไม่ได้มีแนวโน้มที่ดีกว่าในการทำแบบทดสอบข้อที่ 1 และ 2 ซึ่งมีโอกาสฝึกฝนการใช้ใบงานเป็นเวลาเพียง 2 สัปดาห์

ผู้วิจัยมีความเห็นว่ามีปัจจัยหลายด้านที่ส่งผลต่อความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ โดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการฝึกฝนการใช้ใบงานนั้น ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะของเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนและการทดสอบในแต่ละบทเรียน รูปแบบและโครงสร้างของใบงาน ความแตกต่างของพื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน เป็นต้น Chen, et al. ได้กล่าวว่า การวาดรูปภาพประกอบการทำโจทย์จะส่งผลที่แตกต่างกันในโจทย์ปัญหาที่มีลักษณะต่างกัน (Z. Chen et al., 2017) ในโจทย์ปัญหาบางหัวข้อ การวาดรูปภาพอาจจะไม่ได้ช่วยหรือช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาได้น้อย จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนตัดสินใจไม่วาดรูปภาพประกอบในขณะทำแบบทดสอบ และส่งผลให้มีคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ที่ไม่ดี

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่กล่าวถึงความแตกต่างของพื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียนที่จะมีผลต่อกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ผู้เรียนที่มีประสบการณ์สูงจะใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่อาศัยหลักการและทฤษฎีในการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ จากโจทย์เข้าด้วยกัน ในทางตรงกันข้ามผู้เรียนที่ขาดประสบการณ์จะเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาโดยดูที่คำถามแล้วค่อยๆ หาสมการหรือตัวแปรมาแทนค่าในสูตรเพื่อให้ได้คำตอบนั้น (Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980; Simon, 1974) ด้วยเหตุนี้เอง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาที่ภาพรวมของผู้เรียนทั้ง 44 คน พร้อมกัน อาจจะไม่เพียงพอ

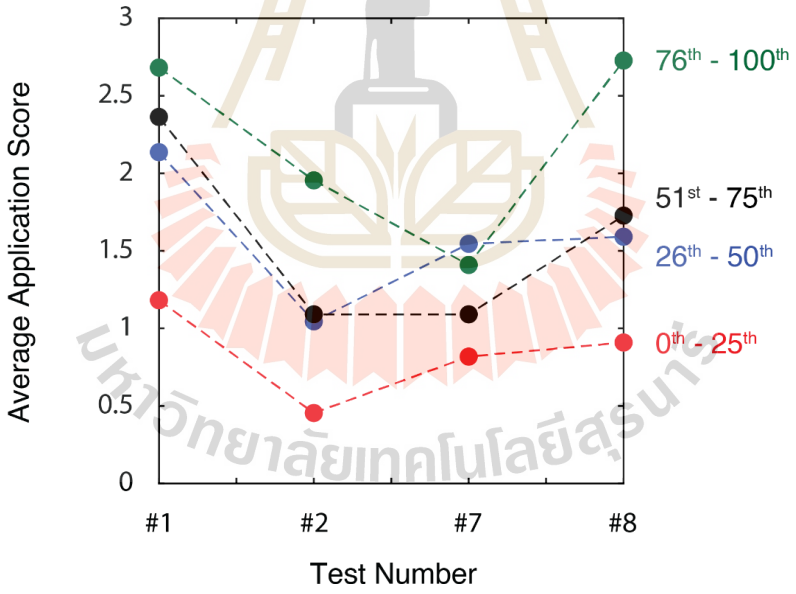
จากข้อสังเกตดังกล่าว การวิเคราะห์ข้อมูลตามระดับพื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียนน่าจะทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพิ่มเติม โดยการแบ่งผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 11 คน ตามระดับประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนในการสอบข้อที่ 1 และ 2 เป็นเกณฑ์ ผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ดี 11 คนแรก (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 76 - 100) จะอยู่ในกลุ่มผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาสูง และผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ในลำดับ 11 คนสุดท้าย (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) จะอยู่ในกลุ่มผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำ หลังจากแบ่งกลุ่มผู้เรียนตามลำดับเปอร์เซ็นไทล์ของคะแนนสอบแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้อีกครั้งหนึ่ง ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี ในขณะที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่ค่อยดี ก็จะไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 จำนวนข้อของแบบทดสอบที่ผู้เรียนทั้ง 4 กลุ่ม สามารถทำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ผ่านเกณฑ์

กลุ่มผู้เรียน (เปอร์เซ็นไทล์)	**0 - 25**	**26 - 50**	**51 - 75**	**76 - 100**
จำนวนข้อที่ผู้เรียนทำได้ผ่านเกณฑ์ (ข้อ)	13	23	25	32
ร้อยละ (%)	29.5	52.3	56.8	72.7

จากตารางที่ 6 พบว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีร้อยละ 25 คนแรก (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 76 - 100) จะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในทำแบบทดสอบได้ผ่านเกณฑ์รวมกันถึง 32 ข้อ (คิดเป็นร้อยละ 72.7) ในขณะที่กลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีในลำดับถัดมา จะสามารถทำแบบทดสอบได้ผ่านเกณฑ์เป็นจำนวนข้อที่ลดลงตามลำดับ

เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้แยกการวิเคราะห์ผลออกเป็นข้อๆ ตามแบบทดสอบ (ข้อ 1, 2, 7 และ 8) ในแต่ละข้อ และคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในแต่ละกลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ของผู้เรียน ผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้เรียนในทุกๆ กลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ จะมีแนวโน้มในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือทำได้ดีในข้อที่ 1 ทำได้ไม่ดีนักในข้อที่ 2 และ 7 จากนั้นก็จะกลับมาทำได้ดีขึ้นในข้อที่ 8 (รูปที่ 6) ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพรวมแล้วจะพบว่า ความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ไม่สัมพันธ์กับระยะเวลาที่ผู้เรียนได้รับในการฝึกฝนด้วยใบงานทั้งกลุ่มของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและไม่ดี ผู้วิจัยมีความเห็นว่าความยากง่ายในเนื้อหาของแต่ละบทเรียนน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้คะแนนความสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน



รูปที่ 6 คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในแต่ละกลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ของผู้เรียน

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2.1 กลุ่มผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในแบบทดสอบ กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในแบบทดสอบ

ผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในระหว่างทำแบบทดสอบมีความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในแบบทดสอบ ผลการทดลองตอนที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ยังมีจำนวนไม่มาก (ร้อยละ 52.8) ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนด้วยใบงานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง ในบางข้อของแบบทดสอบ ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี ในขณะที่ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำจะยังนำกระบวนการไปใช้ได้ไม่ดีนัก (ข้อที่ 1 และ 8) และจะมีบางข้อในแบบทดสอบที่ผู้เรียนทั้งในกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและในกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จะไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร (ข้อที่ 7)

จากความไม่สอดคล้องกันนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองและศึกษาเพิ่มเติม โดยเพิ่มคำแนะนำหรือคำใบ้ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงานให้กับผู้เรียนในระหว่างการทำแบบทดสอบ กระบวนการดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนจะสามารถนำกระบวนการไปใช้ได้ดีขึ้นหรือไม่เมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่คุ้นเคย

ผู้วิจัยแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยผู้เรียนในกลุ่มที่ 1 (กลุ่ม A - จำนวน 22 คน) จะได้รับแบบทดสอบ Q คือมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับกระบวนการในใบงานในการทำแบบทดสอบข้อที่ 3 และ 5 ในขณะที่ผู้เรียนอีกกลุ่มหนึ่ง (กลุ่ม B - จำนวน 22 คน) จะได้รับแบบทดสอบ P ที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อดังกล่าว สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 4 และ 6 นั้น จะมีลักษณะในทางตรงกันข้ามกับแบบทดสอบข้อที่ 3 และ 5 คือผู้เรียนในกลุ่ม A จะได้รับแบบทดสอบ P และผู้เรียนในกลุ่ม B จะได้แบบทดสอบ Q

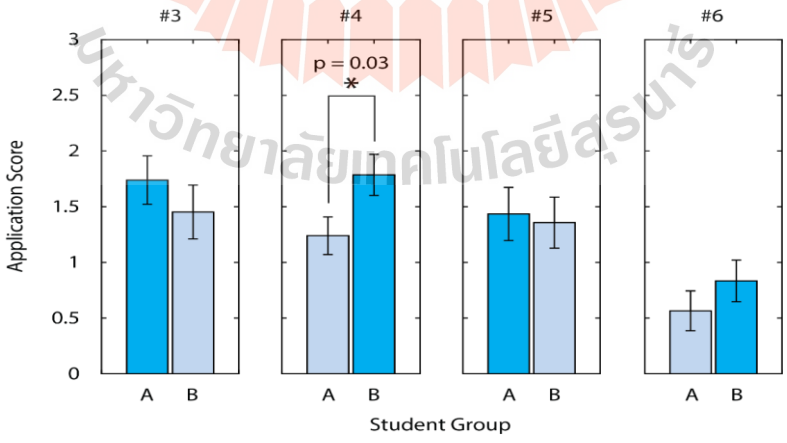
จากคะแนนจากผลการประเมินการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ พบว่าผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำโจทย์ (R) จะสามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ได้เป็นจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำในทุกข้อของแบบทดสอบ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ร้อยละของผู้เรียนที่ทำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ผ่านเกณฑ์ในข้อที่ 3, 4, 5, และ 6 โดยผู้เรียนกลุ่ม A จะได้รับคำแนะนำเฉพาะข้อที่ 3 และ 5 ในขณะที่ผู้เรียนกลุ่ม B จะได้รับคำแนะนำเฉพาะข้อที่ 4 และ 6

กลุ่มผู้เรียน	ร้อยละของผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์			
	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6
กลุ่ม A – ได้รับคำแนะนำข้อที่ 3 และ 5	63.6^{R}	47.7	54.5^{R}	18.2
กลุ่ม B – ได้รับคำแนะนำข้อที่ 4 และ 6	52.3	70.5^{R}	50.0	22.7^{R}

ในข้อที่ 3, 5, และ 6 ผลต่างของจำนวนผู้เรียนที่สามารถทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ ในกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้และกลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้จะอยู่ที่ไม่เกิน 10% (63.6% vs. 52.3%, 54.5% vs. 50.0%, 22.7% vs. 18.2%) ซึ่งถือว่าไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ในข้อที่ 4 จะมีความแตกต่างกัน 25% (70.5% vs. 47.7%) จัดว่าอยู่ในระดับที่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน

เพื่อที่จะได้เห็นผลการทดลองที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มทั้ง 4 ข้อ มาเปรียบเทียบกันเป็นรายข้อ ด้วยสถิติแบบ Independent two-sample t-test ผลปรากฏว่า ในแบบทดสอบข้อที่ 4 ผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำโจทย์สามารถทำคะแนนได้ดีกว่าผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ในขณะที่ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มทำคะแนนได้ไม่ต่างกันในข้อที่ 3, 5 และ 6 (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 คะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ของผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหา (สีฟ้าเข้ม) และผู้เรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหา (สีฟ้าอ่อน) ผู้เรียนกลุ่ม A จะได้คำแนะนำและคำใบ้ในข้อที่ 3 และ 5 ส่วนผู้เรียนกลุ่ม B จะได้คำแนะนำและคำใบ้ในข้อที่ 4 และ 6

ตารางที่ 7 และรูปที่ 7 แสดงให้เห็นจุดที่น่าสนใจอยู่ 2 จุดคือ 1) ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับใบงานในระหว่างการทำแบบทดสอบ โดยเฉลี่ยแล้วผู้เรียนกลุ่มนี้ก็ยังทำคะแนนได้ไม่แตกต่างกับผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ จะมีเพียงข้อที่ 4 เพียงข้อเดียวที่การให้คำแนะนำและคำใบ้ส่งผลต่อคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ ผู้วิจัยมีความเห็นว่ากระบวนการฝึกฝนการใช้ใบงานอาจจะยังไม่ดีพอ และลักษณะของเนื้อหาในแบบทดสอบแต่ละข้อก็อาจจะส่งผลต่อความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ที่ไม่เหมือนกัน 2) ในแบบทดสอบข้อที่ 6 ผู้เรียนทั้งในกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ที่ทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์มีจำนวนน้อยกว่าข้ออื่นๆ และคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ก็มีค่าน้อยและไม่แตกต่างกันอีกด้วย

2.2 กลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับกลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้แม้จะได้รับแบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ ในขณะที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำจะไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้แม้จะได้รับแบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ จากผลการทดลองตอนที่ 2.1 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำในการทำโจทย์สามารถนำกระบวนการจากใบงานมาใช้ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่เพียงพอที่จะแสดงความแตกต่างจากผู้เรียนในกลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำ (รูปที่ 7) และเมื่อพิจารณาที่จำนวนของผู้เรียนที่สามารถทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบแต่ละข้อก็จะมีจำนวนเพียงร้อยละ 50 ของผู้เรียนทั้งหมด ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีผู้เรียนบางคนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานมาใช้ได้เป็นอย่างดี และผู้เรียนอีกหลายคนที่ไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานมาใช้ได้ดีนัก

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผู้เรียนออกเป็นระดับตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะพบว่า ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสามารถนำกระบวนการไปใช้ได้ดีโดยที่ไม่จำเป็นต้องได้รับคำแนะนำ ในขณะที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำจะไม่สามารถนำกระบวนการไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร (ผลการทดลองตอนที่ 1.1)

เพื่อทดสอบความสามารถของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน ในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ทำแบบทดสอบที่ต่างกัน ผู้วิจัยจึงแบ่งผู้เรียนออกเป็น 4 ระดับๆ ละ 11 คน ตามลำดับคะแนน แต่ละระดับจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือกลุ่ม A และกลุ่ม B โดยกลุ่ม A ได้รับแบบทดสอบที่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 3 และ 5 และกลุ่ม B ได้รับแบบทดสอบที่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 4 และ 6 เมื่อพิจารณาจำนวนของผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ในแต่ละระดับจะพบว่า ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงในลำดับ 25% แรก (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 76 - 100) จะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีโดยไม่ขึ้นอยู่กับการได้รับหรือไม่ได้รับคำแนะนำ (80.0% vs. 87.5% และ 70.0% vs. 54.2%) ในทางตรงกันข้ามผู้เรียนที่มี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) จะไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าจะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้มาช่วยในการทำแบบทดสอบก็ตาม (25%, 5.0%, 4.2% และ 5.0%) จุดที่น่าสนใจจะอยู่ที่กลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับกลาง (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 26 - 75) ในกลุ่มนี้เมื่อผู้เรียนได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำแบบทดสอบ (R) ผู้เรียนจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำ ดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 ร้อยละของผู้เรียนแบ่งตามเปอร์เซ็นไทล์ ที่สามารถทำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ผ่านเกณฑ์ในแบบทดสอบข้อที่ 3 และ 5

ร้อยละของผู้เรียนที่ทำคะแนนได้เกินครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 3 และ 5				
กลุ่มผู้เรียน (เปอร์เซ็นไทล์)	0 - 25	26 - 50	51 - 75	76 - 100
กลุ่ม A – **ได้รับ**คำแนะนำ	25.0	71.4^{R}	60.0^{R}	80.0
กลุ่ม B – **ไม่ได้รับ**คำแนะนำ	5.0	50.0	54.2	87.5

ตารางที่ 9 ร้อยละของผู้เรียนแบ่งตามเปอร์เซ็นไทล์ ที่สามารถทำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ผ่านเกณฑ์ในแบบทดสอบข้อที่ 4 และ 6

ร้อยละของผู้เรียนที่ทำคะแนนได้เกินครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม สำหรับแบบทดสอบข้อที่ 4 และ 6				
กลุ่มผู้เรียน (เปอร์เซ็นไทล์)	0 - 25	26 - 50	51 - 75	76 - 100
กลุ่ม A – **ไม่ได้รับ**คำแนะนำ	4.2	28.6	40.0	70.0
กลุ่ม B – **ได้รับ**คำแนะนำ	5.0	75.0^{R}	54.2^{R}	54.2

มีงานวิจัยหลายชิ้นในวงการวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาความแตกต่างของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง (Expert) เทียบกับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (Novice) ในการใช้รูปภาพ แผนภาพ หรือคำอธิบายที่เป็นประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหา งานวิจัยของ Stylianou & Silver (2004) พบว่า โดยทั่วไปแล้วผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จะไม่ใช้แผนภาพในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งตรงกันข้ามกับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงที่นอกจากจะใช้แผนภาพช่วยแก้โจทย์ปัญหาเป็นประจำแล้วยังสามารถพัฒนาและต่อยอดกระบวนการดังกล่าวไปยังโจทย์ปัญหาชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย (Stylianou & Silver, 2004) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในทางชีววิทยาที่ศึกษาความละเอียดและลุ่มลึกของแผนภาพที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเดียวกัน ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะสร้าง

แผนภาพที่มีความหลากหลาย ซับซ้อน และมีรายละเอียดที่เหมาะสมกับข้อคำถามในโจทย์ปัญหา แต่ผู้เรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำจะไม่แสดงความสามารถในการกระทำสิ่งดังกล่าว (Kindfield, 1999)

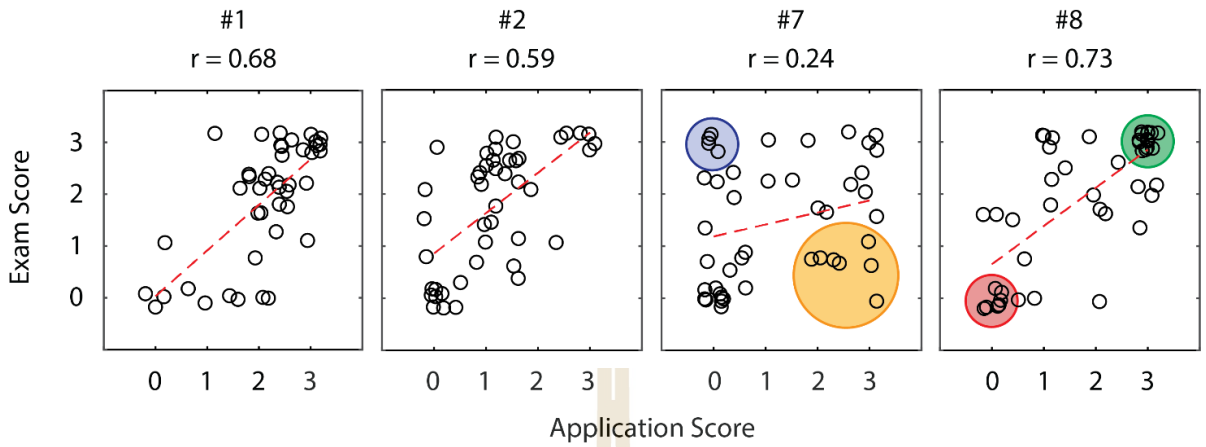
Rosengrant et al. ได้ทำการทดสอบการวาดแผนภาพแรง (Free-body Diagram) ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการทดลองพบว่า มีผู้เรียนเป็นจำนวนถึงร้อยละ 58 ที่พยายามที่จะวาดแผนภาพแรงประกอบการแก้โจทย์ปัญหา ถึงแม้ว่าจะทราบว่าการวาดแผนภาพแรงนั้นไม่มีผลต่อคะแนนของการทดสอบ และผู้เรียนที่วาดแผนภาพแรงได้ถูกต้องจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่วาดภาพแรงไม่ถูกต้อง (Rosengrant, Van Heuvelen, & Etkina, 2009)

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยข้างต้น จะพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 8 และ 9 กล่าวคือผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 76 - 100) มีแนวโน้มที่จะนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้เองโดยไม่ต้องมีคำแนะนำหรือคำใบ้ ในขณะที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) จะไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าจะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้มาช่วยในการทำแบบทดสอบก็ตาม

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ (Application Score) มาพิจารณาร่วมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้มาจากคะแนนในการสอบ (Exam Score) ด้วยแบบทดสอบประเภทที่ไม่มีการให้คำแนะนำหรือคำใบ้ จำนวน 4 ข้อ (ข้อที่ 1, 2, 7 และ 8) ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีด้วย (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ (Application Score) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้มาจากคะแนนสอบ (Exam Score) ของผู้เรียนในการทำแบบทดสอบที่ไม่มีคำแนะนำหรือคำใบ้

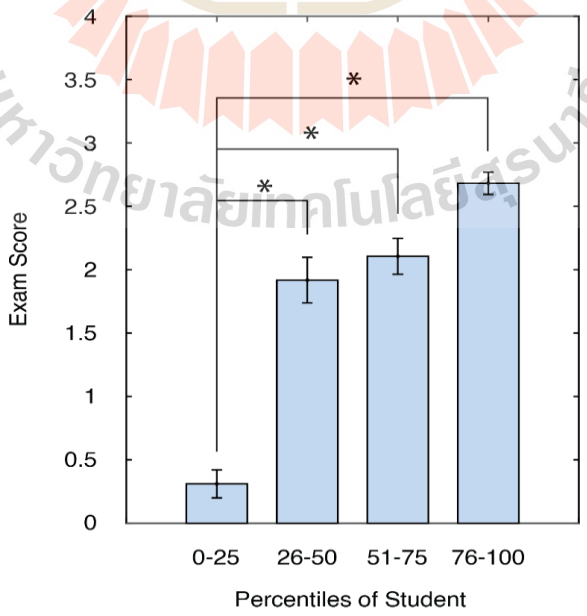
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้กับคะแนนสอบ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ในทุกข้อแสดงความสัมพันธ์แบบสอดคล้องในเชิงบวก ($r > 0$) โดยที่ในข้อที่ 1, 2, และ 8 มีค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับดี-ดีมาก คือ 0.68, 0.59, และ 0.73 ตามลำดับ ในขณะที่ข้อที่ 7 ค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำคือ 0.29 (Akoglu, 2018; Chan, 2003)

เมื่อพิจารณาลักษณะของแบบทดสอบในข้อที่ 7 อย่างละเอียดแล้วจะพบว่าลักษณะของโจทย์ปัญหาในข้อนี้จะเน้นไปที่การใช้สมการและการแทนค่าเพื่อหาคำตอบ มากกว่าการที่จะใช้รูปภาพหรือมิติเป็นส่วนประกอบในกระบวนการคิด ผู้เรียนหลายคนจึงสามารถทำแบบทดสอบได้ดีโดยไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการจากใบงาน กล่าวคือผู้เรียนจะมีคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ที่น้อย แต่มีคะแนนสอบที่มาก (วงกลมสีฟ้า) ในทำนองเดียวกันจะมีผู้เรียนบางคนที่สามารถนำเสนอแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพประกอบได้ดี มีลำดับการอธิบายตัวแปรที่ชัดเจน แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ผู้เรียนกลุ่มนี้จะได้คะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ที่มาก แต่มีคะแนนสอบที่น้อย (วงกลมสีส้ม) มีงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาที่สังเกตเห็นลักษณะคล้ายคลึงกับผลการทดลองข้างต้น กล่าวคือการที่ผู้เรียนไม่วาดรูปหรือแผนภาพในขณะทำโจทย์ ไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนจะไม่สามารถทำโจทย์ในข้อนั้นๆ ได้ แต่ผู้เรียนเหล่านี้อาจจะการใช้การวาดภาพในใจหรือวาดลงในกระดาษทดและไม่ได้ส่งส่วนนี้มาในแบบทดสอบ (Rosengrant, et al., 2009)

ในกรณีของข้อที่ 8 ผู้วิจัยได้พบรูปแบบการกระจายตัวของคะแนนที่น่าสนใจ โดยกลุ่มผู้เรียนที่ไม่สามารถนำกระบวนการไปใช้ได้ดีนัก ก็จะไม่สามารถทำคะแนนสอบได้เช่นกัน (วงกลมสีแดง) ในขณะที่จะมีผู้เรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถนำกระบวนการไปใช้ได้ดีมากและสามารถทำคะแนนสอบได้ดีมากด้วย (วงกลมสีเขียว) การกระจายตัวของคะแนนในรูปแบบดังกล่าวจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Docktor, et al. (2015) ที่กล่าวว่าผู้เรียนที่เข้าใจหลักการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่เป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การเลือกเนื้อหาหรือหลักการที่ถูกต้อง การให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกใช้เนื้อหานั้นๆ และการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดีและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี (Docktor, et al., 2015)

นอกจากงานวิจัยของ Docktor, et al. แล้ว ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่พยายามเชื่อมโยงความสามารถในกระบวนการทำโจทย์ในรูปแบบต่างๆ เข้ากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น การวาดรูปแผนภาพแรง (Rosengrant et al., 2009) การวาดรูปภาพเหตุการณ์ประกอบ (Chen, et al., 2017) และการใช้กราฟและแผนภูมิ (Heuvelen & Zou, 2001) โดยส่วนใหญ่แล้ว ผลการทดลองจะพบว่าผู้เรียนที่สามารถทำกระบวนการต่างๆ เหล่านั้นได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้เอง ผู้วิจัยจึงนำคะแนนสอบของแบบทดสอบทั้ง 4 ข้อ (Exam Score) มาเฉลี่ยและพิจารณาแยกกลุ่มตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในลักษณะเดียวกันกับการทดลองตอนที่ 1.1 พบว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) จะมีคะแนนสอบเฉลี่ยที่ต่ำกว่าผู้เรียนในกลุ่มเปอร์เซ็นไทล์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 คะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบทั้ง 4 ข้อ ในแต่ละกลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากรูปที่ 6 ควบคู่ไปกับข้อมูลจากรูปที่ 9 จะพบว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) นอกจากจะไม่สามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ (Application Score) ได้ดีเท่าที่ควรแล้ว ยังมีคะแนนสอบ (Exam Score) ที่ต่ำกว่าอีก 3 กลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ (26 - 100) อย่างชัดเจน

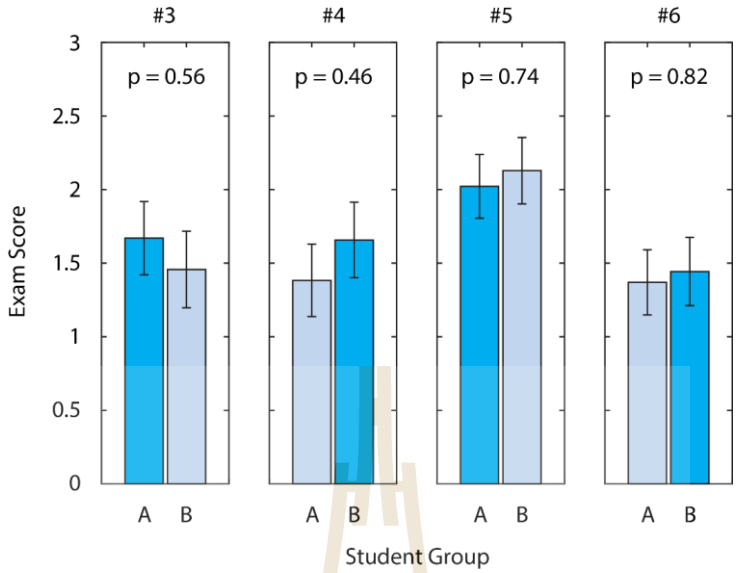
3.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 3.1 พบข้อสังเกตที่น่าสนใจอยู่ 2 ประการ คือ 1) การให้คำแนะนำหรือคำใบ้เพิ่มเติมในขณะทำแบบทดสอบจะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นหรือไม่ และ 2) ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่างกันจะได้รับประโยชน์จากการได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ต่างกันมากน้อยเพียงใด

เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานข้อแรก ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มผู้เรียนในลักษณะเดียวกันกับการทดลองในตอนที่ 1.2 กล่าวคือ ผู้เรียนกลุ่ม A (จำนวน 22 คน) จะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหาเฉพาะข้อที่ 3 และ 5 ในขณะที่ผู้เรียนกลุ่ม B (จำนวน 22 คน) จะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหาเฉพาะข้อที่ 4 และ 6

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อด้วยสถิติแบบ Independent two-sample t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้เพิ่มเติมในขณะทำแบบทดสอบทั้ง 4 ข้อ ไม่ได้มีความแตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ (รูปที่ 10)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 10 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านคะแนนสอบของผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหา (สีฟ้าเข้ม) และผู้เรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการแก้โจทย์ปัญหา (สีฟ้าอ่อน) ผู้เรียนกลุ่ม A จะได้คำแนะนำและคำใบ้ในข้อที่ 3 และ 5 ส่วนผู้เรียนกลุ่ม B จะได้คำแนะนำและคำใบ้ในข้อที่ 4 และ 6

ผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 3 และ 5 ไม่สามารถทำคะแนนได้ดีกว่าผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อเดียวกันอย่างมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.56$ และ $p = 0.74$ ตามลำดับ) ในทำนองเดียวกัน คะแนนของผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 4 และ 6 ก็ไม่ได้แตกต่างจากคะแนนของผู้เรียนในกลุ่มที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อดังกล่าว ($p = 0.46$ และ $p = 0.82$)

ในส่วนของสมมติฐานข้อที่สอง ผู้วิจัยแบ่งผู้เรียนจากกลุ่ม A และ B ออกเป็น 4 ระดับ ตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยกลุ่ม A ยังคงได้รับแบบทดสอบที่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 3 และ 5 และกลุ่ม B ยังคงได้รับแบบทดสอบที่มีคำแนะนำหรือคำใบ้ในข้อที่ 4 และ 6 และพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้งหนึ่ง ปรากฏว่า ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับปานกลาง ดี และดีมาก (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 26 - 50, 51 - 75, และ 76 - 100 ตามลำดับ) สามารถทำคะแนนการสอบในทุกข้อได้ไม่ต่างกัน ไม่ว่าจะได้รับคำแนะนำและคำใบ้หรือไม่ได้รับคำแนะนำและคำใบ้ในระหว่างการทำแบบทดสอบ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านคะแนนในการทำแบบทดสอบ (Exam Score) ระหว่างผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้กับผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ ในระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างๆ

	ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)			
กลุ่มผู้เรียน (เปอร์เซ็นไทล์)	**0 – 25**	**26 – 50**	**51 – 75**	**76 – 100**
แบบทดสอบข้อที่ 3	0.19	0.50	0.98	0.40
แบบทดสอบข้อที่ 4	0.19	0.21	0.83	0.88
แบบทดสอบข้อที่ 5	0.53	0.50	0.56	0.17
แบบทดสอบข้อที่ 6	0.05*	0.12	0.41	0.91

ในขณะที่ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ที่ 0 - 25) เมื่อได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำแบบทดสอบจะสามารถทำคะแนนได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับเดียวกันแต่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ในการทำแบบทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ในข้อที่ 6 เพียงอย่างเดียว ส่วนในข้อที่ 3, 4 และ 5 นั้น ผู้เรียนที่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้มีคะแนนไม่แตกต่างจากผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าการให้คำแนะนำหรือคำใบ้ในลักษณะเดียวกับใบงานแก่ผู้เรียนเพิ่มขึ้นในขณะที่ทำแบบทดสอบ ถึงแม้ว่าจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำโจทย์ได้เป็นระบบและแบบแผนมากขึ้น (ตารางที่ 8 และ 9) แต่ยังไม่สามารถช่วยให้ผู้เรียนทำคะแนนในการการสอบได้ดีกว่ากลุ่มผู้เรียนที่ไม่ได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้ระหว่างที่ทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าการออกแบบใบงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นอาจจะยังไม่ดีพอ คำแนะนำหรือคำใบ้ในระหว่างการฝึกฝนหรือระหว่างการสอบจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเริ่มต้นลงมือแก้โจทย์ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถพาผู้เรียนไปถึงกระบวนการที่สำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับหลักการหรือทฤษฎีในการแก้โจทย์ปัญหา นอกจากนี้ใบงานที่ผู้วิจัยเตรียมให้ผู้เรียนนั้นจะเน้นไปที่การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในเนื้อหาทั่วไป ไม่ได้เจาะจงไปที่ลักษณะพิเศษของโจทย์ปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จึงอาจจะส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการแก้โจทย์ปัญหาในใบงานเข้ากับโจทย์ปัญหาในแบบทดสอบได้

มีงานวิจัยของ Lin et al. ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการให้โจทย์แบบฝึกหัดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโจทย์ในแบบทดสอบแก่ผู้เรียนด้วยกระบวนการต่างๆ ผลปรากฏว่าการให้โจทย์แบบฝึกหัดพร้อมเฉลยแก่ผู้เรียนเพื่อศึกษาก่อนการทำแบบทดสอบเป็นเวลาสั้นๆ เพียง 10 นาที นั้น จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้

กระบวนการจากแบบฝึกหัดไปยังแบบทดสอบได้ดีกว่าการที่ไม่ได้ให้อะไรกับผู้เรียน หรือการที่ให้กระบวนการอื่นที่มีประสิทธิภาพไม่ดีเทียบเท่าแก่ผู้เรียน (Lin & Singh, 2015) งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้น (Scaffolding) จะได้ผลดีเมื่อมีการให้แบบฝึกหัดที่มีเนื้อหาคล้ายคลึงกับแบบทดสอบควบคู่ไปกับการให้เฉลยของแบบฝึกหัดนั้นแก่ผู้เรียนเพื่อศึกษาก่อนการทำแบบทดสอบในระยะเวลาที่ไม่นาน

ในกรณีของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงอยู่แล้ว (เปอร์เซ็นไทล์ 76 - 100) การให้คำใบ้หรือคำแนะนำไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ในกรณีของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (เปอร์เซ็นไทล์ 0 - 25) การให้คำแนะนำหรือคำใบ้อาจจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำคะแนนสอบได้ดีขึ้นได้ในโจทย์บางข้อ อย่างไรก็ตามเมื่อไม่มีการให้คำแนะนำหรือคำใบ้ใดๆ ในระหว่างการทำแบบทดสอบ (ข้อ 1, 2, 7, และ 8) ผู้เรียนกลุ่มนี้ก็จะไม่สามารถทำแบบทดสอบได้ และส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่ดีตามไปด้วย

อภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาใบงานประกอบการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดที่เป็นระบบและมีกระบวนการที่ถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหาประเภทต่างๆ ในรายวิชาฟิสิกส์ได้ แนวทางในการพัฒนาความคิดที่เป็นระบบนี้จะเริ่มจากการพัฒนา 1) ความสามารถในการเลือกใช้ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและเหมาะสม 2) ความสามารถในการนำทฤษฎีที่เลือกไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา 3) ความถูกต้องของสมการและคณิตศาสตร์ที่ใช้ และ 4) ความต่อเนื่องและเป็นเหตุเป็นผลในการแก้โจทย์ปัญหา (Docktor et al., 2016)

เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของใบงานดังกล่าว ผู้วิจัยเลือกที่จะทำการศึกษาด้วยตัวแปรจำนวน 2 ตัวแปรคือ 1) ความสามารถของผู้เรียนในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้กระบวนการจากใบงานนั้น

ความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้นั้น จะเป็นการศึกษาถึงความสามารถของผู้เรียนในการจดจำและนำกระบวนการที่ได้เรียนรู้จากใบงาน เช่น การเลือกใช้ทฤษฎี การวาดภาพประกอบ การเขียนตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และการจัดเรียงลำดับการแก้โจทย์ปัญหาที่มีระบบแบบแผน ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาจริง ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจะเป็นการวัดและประเมินผลโดยคำนึงถึงความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหานั้นเป็นสำคัญ

ผลการวิจัยพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วใบงานดังกล่าวช่วยพัฒนาผู้เรียนเป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ของผู้เรียนทั้งหมดให้มีทักษะในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับที่ผ่านเกณฑ์

ผู้เรียนที่สามารถทำแบบทดสอบได้ผ่านเกณฑ์จะมีการใช้กระบวนการที่ดีกว่าผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเดียวกันในอดีตซึ่งในขณะนั้นยังไม่มีการใช้ใบงานดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยหลายชิ้นที่กล่าวถึงความแตกต่างของพื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียนที่จะมีผลต่อกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ผู้เรียนที่มีประสบการณ์สูงจะใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่อาศัยหลักการและทฤษฎีในการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ จากโจทย์เข้าด้วยกัน ในทางตรงกันข้ามผู้เรียนที่มีประสบการณ์ไม่สูงมากนักจะเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาโดยดูที่คำถามแล้วค่อยๆ หาสมการหรือตัวแปรมาแทนค่าในสูตรเพื่อให้ได้คำตอบนั้น (Larkin et al., 1980; Simon, 1974) ด้วยเหตุนี้เอง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาที่ภาพรวมของผู้เรียนทั้งหมดพร้อมกันอาจจะไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจึงทำการแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อยตามพื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน จากนั้นนำผลการวิจัยมาวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง พบว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์สูงจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stylianou et al. ที่กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จะไม่ใช้แผนภาพในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งตรงกันข้ามกับผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงที่นอกจากจะใช้แผนภาพช่วยแก้โจทย์ปัญหาเป็นประจำแล้วยังสามารถพัฒนาและต่อยอดกระบวนการดังกล่าวไปยังโจทย์ปัญหาชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย (Stylianou & Silver, 2004)

ในการศึกษาตัวแปรที่สองซึ่งก็คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้กระบวนการจากใบงานนั้น ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ มาพิจารณาร่วมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้มาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบแก้โจทย์ปัญหา พบว่าปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแบบสอดคล้องในเชิงบวก ผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีด้วย โดยเฉพาะผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในระดับกลาง-สูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีกว่าผู้เรียนที่มีประสบการณ์ต่ำอย่างชัดเจน มีงานวิจัยหลายชิ้นที่มีผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ Rosengrant, Chen, Heuvelen, และ Zou พยายามเชื่อมโยงความสามารถในกระบวนการทำโจทย์ในรูปแบบต่างๆ เข้ากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น การวาดรูปแผนภาพแรง การวาดรูปภาพเหตุการณ์ประกอบ และการใช้กราฟและแผนภูมิ ต่างพบว่าผู้เรียนที่สามารถทำกระบวนการต่างๆ เหล่านั้นได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเช่นกัน (Z. Chen et al., 2017; Heuvelen & Zou, 2001; Rosengrant et al., 2009)

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้พยายามที่จะกระตุ้นความจำและความเข้าใจของผู้เรียนที่มีประสบการณ์และพื้นฐานต่ำโดยการให้คำแนะนำหรือคำใบ้เพิ่มขึ้นในระหว่างการทำแบบทดสอบ แต่ยังไม่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มนี้ให้ดีขึ้นได้ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Lin et al. ที่พบว่าการกระตุ้นผู้เรียนโดยการให้ผู้เรียนได้ศึกษาโจทย์แบบฝึกหัดพร้อมเฉลยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบทดสอบเป็นเวลาสั้นๆ ก่อนเข้ารับการทดสอบนั้น จะช่วยผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นได้ (Lin & Singh, 2015) จาก

งานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการออกแบบใบงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบอาจจะยังไม่ดีพอและไม่ครบถ้วน การส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบอื่นๆ เช่น การให้ผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัดที่คล้ายคลึงกับแบบทดสอบ (Lin & Singh, 2015), การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อออนไลน์ที่มีการชี้แนะเป็นลำดับขั้น (Miller, Callaghan, McCarty, & Deslauriers, 2021) และการสาธิตการทดลองทางฟิสิกส์เพื่อเชื่อมโยงเหตุการณ์จริงในชีวิตประจำวันเข้ากับทฤษฎีที่เรียนในชั้นเรียน (Kestin, Miller, McCarty, Callaghan, & Deslauriers, 2020) ควบคู่ไปกับการใช้ใบงานจึงอาจจะจำเป็นและขาดไม่ได้ โดยเฉพาะกับผู้เรียนที่มีศักยภาพในการเรียนรู้ค่อนข้างต่ำ

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาใบงานประกอบการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้กระบวนการจากใบงานนั้น ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ในระดับที่ดี โดยผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์สูงจะสามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ต่ำ สำหรับผู้เรียนที่มีพื้นฐานและประสบการณ์ต่ำ ผู้วิจัยได้ทำการกระตุ้นความจำและความเข้าใจผ่านการให้คำแนะนำหรือคำใบ้เพิ่มขึ้นในระหว่างการทำแบบทดสอบ (Educational Intervention) อย่างไรก็ตามผู้เรียนกลุ่มนี้ก็ยังคงไม่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าจะได้รับการดูแลที่เพิ่มขึ้นก็ตาม

เมื่อพิจารณาความสามารถในการนำกระบวนการจากใบงานไปใช้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน จะพบว่าปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแบบสอดคล้องในเชิงบวก ผู้เรียนที่สามารถนำกระบวนการจากใบงานไปใช้ได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีด้วย โดยเฉพาะผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในระดับกลาง-สูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีกว่าผู้เรียนที่มีประสบการณ์ต่ำอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม การกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำแนะนำหรือคำใบ้ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบงานในระหว่างการทดสอบ ไม่ได้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ดีขึ้น กล่าวคือผู้เรียนจะทำคะแนนจากแบบทดสอบได้ไม่ต่างกันถึงแม้ว่าจะได้รับคำแนะนำหรือคำใบ้หรือไม่ก็ตาม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการออกแบบใบงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบอาจจะยังไม่ดีพอและไม่ครบถ้วน การส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบอื่นๆ ควบคู่ไปกับการใช้ใบงานจึงอาจจะจำเป็นและขาดไม่ได้ โดยเฉพาะกับผู้เรียนที่มีศักยภาพในการเรียนรู้ค่อนข้างต่ำ

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สถานพัฒนาคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และขอขอบคุณ คณะทำงานพิจารณาการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนและวิจัยในชั้นเรียน ที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง พัฒนางานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รศ. ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ ผศ. ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ และ ผศ ดร.วิทวัส แสนรังค์ ที่ให้ข้อเสนอแนะและตรวจทานความถูกต้องและเหมาะสมของแบบทดสอบ

รายการอ้างอิง

Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. **Turkish Journal of Emergency Medicine, 18*(3)*,** 91-93. doi:https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001

Bonwell, C., & Eison, J. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. **1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports**.

Calderhead, W. J., Filter, K. J., & Albin, R. W. (2006). An Investigation of Incremental Effects of Interspersing Math Items on Task-Related Behavior. **Journal of Behavioral Education, 15*(1)***, 51-65. doi:10.1007/s10864-005-9000-8

Carpenter, D. R., & Minnix, R. B. (1981). The lecture demonstration: Try it, they'll like it. **The Physics Teacher**, *19*(6), 391-392. doi:10.1119/1.2340819

Chan, Y. H. (2003). Biostatistics 104: correlational analysis. **Singapore Med J, 44*(12)***, 614-619.

Chen, Q., Zhu, G., Liu, Q., Han, J., Fu, Z., & Bao, L. (2020). Development of a multiple-choice problem-solving categorization test for assessment of student knowledge structure. **Physical Review Physics Education Research, 16*(2)***, 020120. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020120

Chen, Z., Demirci, N., Choi, Y.-J., & Pritchard, D. E. (2017). To draw or not to draw? Examining the necessity of problem diagrams using massive open online course experiments. **Physical Review Physics Education Research, 13*(1)***, 010110. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010110

Dale, E. (1969). **Audiovisual methods in teaching**. New York: Dryden Press.

Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., . . . Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. **Physical Review Physics Education Research, 12*(1)***, 010130. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010130

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)***, 020106. doi:10.1103/PhysRevSTPER.11.020106

Heckler, A. (2010). Some Consequences of Prompting Novice Physics Students to Construct Force Diagrams. **International Journal of Science Education, 32,** 1829 - 1851.

Heuvelen, A. V., & Zou, X. (2001). Multiple representations of work–energy processes. **American Journal of Physics, 69*(2)***, 184-194. doi:10.1119/1.1286662

Kestin, G., Miller, K., McCarty, L. S., Callaghan, K., & Deslauriers, L. (2020). Comparing the effectiveness of online versus live lecture demonstrations. **Physical Review Physics Education Research, 16*(1)***, 013101. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.013101

Kindfield, A. (1999). Generating and using diagrams to learn and reason about biological processes. **Journal of Structural Learning and Intelligent Systems***, 14*, 81.

Larkin, J., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. **Science, 208*(4450)***, 1335-1342. doi:10.1126/science.208.4450.1335

Lesley, M. K. (2003). A Pedagogy of Control: Worksheets and the Special Needs Child. **Language arts, 80**.

Lin, S.-Y., & Singh, C. (2015). Effect of scaffolding on helping introductory physics students solve quantitative problems involving strong alternative conceptions. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 11*(2)***, 020105. doi:10.1103/PhysRevSTPER.11.020105

Miller, K., Callaghan, K., McCarty, L. S., & Deslauriers, L. (2021). Increasing the effectiveness of active learning using deliberate practice: A homework transformation. **Physical Review Physics Education Research, 17*(1)***, doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010129

Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams? **Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 5*(1)*** . doi:10.1103/PhysRevSTPER.5.010108

Simon, H. A. (1974). How Big Is a Chunk? **Science, 183*(4124)***, 482. doi:10.1126/science.183.4124.482

Spanjers, I. A. E., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2012). Segmentation of Worked Examples: Effects on Cognitive Load and Learning. **Applied Cognitive Psychology, *26(3)***, 352-358. doi:https://doi.org/10.1002/acp.1832

Stylianou, D., & Silver, E. (2004). The Role of Visual Representations in Advanced Mathematical Problem Solving: An Examination of Expert-Novice Similarities and Differences. **Mathematical Thinking and Learning, 6,** 353 - 387.

Walsh, L. N., Howard, R. G., & Bowe, B. (2007). Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics. ***Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 3(2)***, 020108. doi:10.1103/PhysRevSTPER.3.020108

Wolf, J., Stanton, M., & Gellott, L. (2010). Critical Thinking in Physical Geography: Linking Concepts of Content and Applicability. **Journal of Geography, 109*(2)***, 43-53. doi:10.1080/00221340903582289

Yerushalmi, E., Henderson, C., Heller, K., Heller, P., & Kuo, V. (2007). Physics faculty beliefs and values about the teaching and learning of problem solving. I. Mapping the common core. ***Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 3(2),*** 020109. doi:10.1103/PhysRevSTPER.3.020109