การพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน

ศิริรัตน์ ศรีภูวงษ์[1] สุรยศ ทรัพย์ประกอบ[1*] และปิยะวรรณ มาศิริ[2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร บางเขน กรุงเทพฯ 10220
[2]โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม เมืองนนทบุรี นนทบุรี 11000
[*]E-mail: surayot.s@pnru.ac.th

รับบทความ: 13 พฤษภาคม 2563 แก้ไขบทความ: 2 กันยายน 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 4 พฤศจิกายน 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 19 คน จากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน และแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และข้อสรุปแบบอุปนัย ผลการศึกษาพบว่าความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์หลังจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.58 ส่วนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 32.11 แนวปฏิบัติที่ดี ได้แก่ 1) ใช้คำถามปลายเปิดในทุกขั้น 2) ใช้เกมการแข่งขันที่สอดคล้องกับสมองเป็นฐานในขั้นนำ 3) ใช้กิจกรรมที่หลากหลายสอดคล้องกับสมองเป็นฐานในขั้นนำและขั้นสอน 4) ใช้ปฏิบัติการทดลองในขั้นสอน และ 5) ใช้การเคลื่อนไหวร่างกายในขั้นนำและขั้นสอน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

Development of Maths for Physics and Physics Problem–Solving Ability Using Inquiry Incorporated with Brain–Based Learning

Sirirat Seephuwong[1], Surayot Supprakob[1*] and Piyawan Masiri[2]

[1]Physics Education, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University, Bangkhen, Bangkok 10220, Thailand

[2]Nonthaburi Pittayakhom School, Mueang Nonthaburi, Nonthaburi 11000, Thailand

[*]E-mail: surayot.s@pnru.ac.th

Received: 13 May 2020 Revised: 2 September 2020 Accepted: 4 November 2020

Abstract

This classroom action research aimed to develop students' ability of Maths for Physics, Physics problem–solving ability, and investigated the good practice of teaching in topic of "Work and Energy" . The participants were nineteen grade–10 students through purposive selection technique. The instruments consisted of Maths for Physics ability test, and Physics problem–solving test, teacher's journal, inquiry with brain–based learning lesson plans, and lesson plan analysis forms. Data were analyzed through percentage, mean, standard deviation, and inductive process. The findings indicated that students' ability scores of Maths for Physics increased by 3.58 points after learning, and Physics problem–solving ability scores increased by 32.11 points after learning. The good practices of teaching were included that: 1) using opened question in all steps, 2) using competitive game along with brain–based approach in warm–up step, 3) using the various activity brain–based activity in warm–up and practice step, 4) doing some experiments in practice step, and 5) using brain gym in warm–up and practice step.

Keywords: Inquiry incorporated with Brain–based learning, Maths for Physics, Physics problem–solving

บทนำ

การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Kimalee, 2009) สะท้อนถึงรูปแบบการคิดของนักเรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ดังนั้นการจัดเรียนการเรียนรู้ต้องสร้างความพร้อมด้านพื้นฐานคณิตศาสตร์ก่อนเรียนจะทำให้นักเรียนนำความรู้พื้นฐานไปเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Putthamonsing and Bhiasiri, 2016) สอดคล้องกับ Hawking (cited in Sriwongsa, 2013) ที่อธิบายว่า "ฟิสิกส์คือวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาธรรมชาติ ทฤษฎี ฟิสิกส์คือการอธิบายธรรมชาติด้วย

ภาษาคณิตศาสตร์" โดยผู้เรียนจะไม่สามารถเรียนรู้ฟิสิกส์ได้ หากไม่เข้าใจภาษาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ประกอบกับผู้วิจัยที่ได้ฝึกประสบการณ์วิชาชีพหนึ่งภาคการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงปัญหาเมื่อการจัดการเรียนรู้ถึงช่วงของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เช่น นักเรียนสามารถแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ ได้ แต่ไม่สามารถคิดคำนวณคำตอบของปัญหานั้นได้ หากนักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เลขยกกำลัง ฟังก์ชันตรีโกณมิติ และการหาค่ารากที่สอง (Suwanmolee, 2020) เมื่อมีปัญหาดังกล่าว นักเรียนจึงเกิดความเบื่อหน่าย เครียด ไม่ตั้งใจเรียน ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ Sarasuwan (2014) เสนอแนะวิธีการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับงานและพลังงานว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจซึ่งเป็นการกระตุ้นนักเรียน วิธีที่เหมาะสมในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนคือการใช้กระบวนการบริหารสมอง (brain gym) เพื่อลดความเครียดในการเรียนรู้ของนักเรียน

จากงานวิจัยด้านประสาทวิทยา พบว่า "ความเครียดจะส่งผลต่อการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนรับรู้เรื่องที่เรียนได้น้อยลง ซึ่งผู้สอนต้องคำนึงว่าจะจัดการเรียนรู้อย่างไรที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพและเกิดความเครียดในชั้นเรียนน้อยที่สุด" (Tangpet, 2013) การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำหลักการทำงานของสมองมาออกแบบการเรียนรู้ โดยกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขและนำกระบวนการบริหารสมองมาใช้กระตุ้นการทำงานของสมองทั้งซีกซ้ายและขวาให้เกิดความสมดุล (Duangmanee, 2017) ซึ่งสมองมีลักษณะเด่นคือมีความลำเอียงที่จะเลือกจดจำ เรียนรู้เฉพาะสิ่งที่สมองให้ความสนใจ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ต้องเป็นกิจกรรมที่ท้าทาย ชัดเจนไม่คลุมเครือ ทำให้เกิดการตื่นตัวแบบผ่อนคลาย (Pornkun, 2012) Phatradakun (2014) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน (BBL) พบว่า นักเรียนที่จัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานอาจยังไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่พัฒนาการแก้โจทย์ปัญหา ดังนั้นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งคือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Porntrai, 2016) ซึ่ง Bybee *et al*. (2006) เสนอลักษณะสำคัญในการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 5 ข้อ ได้แก่ 1) ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์กระตุ้นให้เกิดข้อสงสัย 2) หาคำตอบของคำถามด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น สืบค้น การลงมือปฏิบัติ 3) เสนอข้อมูลจากการค้นหาคำตอบด้วยการตอบคำถาม การนำเสนอ 4) นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันอภิปรายและขยายความรู้ และ 5) การประเมินตนเอง และผู้อื่นเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่วนใหญ่เน้นการใช้

ตรรกะและเหตุผลเป็นการใช้สมองซีกซ้ายเพียงอย่างเดียวอาจส่งผลให้นักเรียนเครียดมากจนเกินไปจึงควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการใช้สมองทั้งสองซีกเพื่อให้เกิดความสมดุลในการเรียนรู้ส่งผลต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงนำหลักในการจัดการเรียนรู้ของ Bybee *et al*. (2006) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิจัยครั้งนี้

ความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์มีความจำเป็นกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงคาดว่าหากนักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ที่ดี จะส่งผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หรือไม่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานจะสามารถพัฒนาสิ่งเหล่านี้ได้หรือไม่ คำถามเหล่านี้ยังต้องการคำตอบ แม้ว่างานวิจัยที่เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จะมีอยู่มาก (Salin *et al*., 2017) แต่งานวิจัยเหล่านั้นไม่ได้แสดงวิธีในการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจน และจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์นั้นยังมีอยู่น้อย เช่น Suwanmolee (2020) ใช้แบบฝึกในการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายการใช้แบบฝึกร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน และหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ให้กับครูผู้สอนฟิสิกส์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตามหลักการและขั้นตอนตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) ที่ดำเนินการต่อเนื่อง เรียกว่า วงจร PAOR ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (plan) สำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนเรียน จากนั้นออกแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นปฏิบัติตามแผน (act) ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ บันทึกหลังสอนในแต่ละแผน ขั้นสังเกต (observe) สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียนจากการปฏิบัติการสอนแต่ละครั้ง ซึ่งมีครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์เข้าสังเกตการสอนเป็นบางครั้ง และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflect) สะท้อนผลหลังเสร็จสิ้นการสอนในแต่ละครั้ง รวมถึงนำข้อเสนอแนะจากครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ไปพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนต่อไปจนครบ 5 วงจร

กลุ่มที่ศึกษาและขอบเขตของการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 19 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) ซึ่งใช้เกณฑ์ห้องเรียนแผนวิทย์–คณิตซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้สอนจำนวน 1 ห้อง ทั้งนี้ได้ทำหนังสือขออนุญาตผู้ปกครองในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเรื่อง งานและพลังงาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธ-

ศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด 3 เรื่อง ได้แก่ งาน กำลัง และพลังงานกล ส่วนเนื้อหาในการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ ประกอบด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ฟังก์ชันตรีโกณมิติ การหาค่ารากที่สอง และเลขยกกำลัง ดำเนินการวิจัย โดยใช้เวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

1) แบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยแบบวัดความสามารถก่อนและหลังเรียนเป็นฉบับเดียวกัน ซึ่งลักษณะของแบบวัดเป็นคำถามปลายเปิดให้เขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 15 คะแนน และจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน ตามลำดับ จากนั้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา นำมาปรับปรุง แก้ไข และนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนแล้วนำขั้นของการแทนค่าเพื่อคำนวณหาคำตอบของสมการมาปรับเป็นโจทย์ในแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ โจทย์จะไม่มีความซับซ้อนเกินไป เน้นให้เข้าใจหลักการหาคำตอบเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบอย่างละเอียด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในคาบและวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไปให้ดีขึ้น ประกอบด้วยหัวข้อ คือ ปัญหาและอุปสรรค แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ

3) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 5 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง 40 นาที โดยแผนที่ 1 และ 4 เกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้จัดกิจกรรมโดยใช้ BBL ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เช่น แผนที่ 1 เรื่องตรีโกณมิติ นักเรียนทุกคนเขียน มุม 0° 30° 45° 60° และ 90° ในกระดาษแล้วแปะนิ้วมือฝั่งซ้ายทั้ง 5 นิ้ว เรียนรู้ตามหลักของกฎมือซ้าย และเรียนรู้มุม 37° และ 53° ตามหลักของสามเหลี่ยมมุมฉาก แล้วจึงจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ แผนที่ 2 3 และ 5 จัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ก่อน และแทรกความสามารถทางคณิตศาสตร์ในขั้นสอน เช่น แผนที่ 5 ช่วงของการเรียนคำนวณหาค่าของพลังงานศักย์ยืดหยุ่น จะแทรกเรื่องรากที่สองโดยใช้เกมการแข่งขัน เพื่อเป็นการผ่อนคลายและนำความเข้าใจจากกิจกรรมใช้ในการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ การตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ทำเช่นเดียวกับเครื่องมือชิ้นแรก ผู้เชี่ยวชาญมีข้อแนะนำให้แก้ไขเกณฑ์ประเมินผลนักเรียนก่อนทำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล: ผู้วิจัยวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน เรื่องงานและพลังงานสองครั้ง คือ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อมูลของแบบวัดทั้งสองมาใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนจัดการเรียนรู้ บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดในระหว่างการจัดการเรียนรู้ลงในบันทึกหลังจัดการเรียนรู้และวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้มาใช้สนับสนุนแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้: ตรวจแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ด้วยตนเองเทียบกับเกณฑ์ที่ปรับจากเกณฑ์วัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ได้ 4 กลุ่ม ประกอบด้วย ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ตามเกณฑ์ของ Chimkul (2016) จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนและเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้เพื่อนครู จำนวน 3 คน ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัย เพื่อให้เกณฑ์ในการให้คะแนนเป็นไปในทางเดียวกัน แล้วนำเกณฑ์ให้คะแนนที่ได้ไปตรวจคำตอบของนักเรียนทั้งหมด และนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิเคราะห์แบบอุปนัย โดยนำแผนทั้งหมดมาเรียงลำดับ และวิเคราะห์ร่วมกับบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย ข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง จากนั้นอ่านคำต่อคำ และพยายามสรุปเป็นประเด็นว่าผู้วิจัยได้ทำอะไรบ้างออกมาเป็นรหัส เช่น ใช้คำถามในขั้นนำ ใช้กิจกรรมและเกมการแข่งขันในขั้นสอน และใช้คำถามในการอภิปรายของขั้นสรุป จากนั้นนำรหัสทั้งหมดมาจัดกลุ่ม เพื่อสร้างเป็นข้อสรุป และเขียนอธิบายแนวปฏิบัติที่ดี

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ (ตาราง 1) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนจัดการเรียนรู้เท่ากับ 4.16 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังจัดการเรียนรู้เท่ากับ 7.74 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน 3.58 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานเพิ่มขึ้น

ตาราง 1 คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้และหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 19)

ก่อนจัดการเรียนรู้		หลังจัดการเรียนรู้		คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
4.16	4.26	7.74	4.87	3.58

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายบุคคลสามารถแบ่งคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้ 3 ประเภท ได้แก่ เพิ่มขึ้น เท่าเดิม และลดลง โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนหลังจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งนักเรียนรหัส 18 มีคะแนนเพิ่มมากที่สุด (12 คะแนน) และนักเรียนรหัส 07 มีคะแนนเพิ่มน้อยที่สุด (1 คะแนน) และมีนักเรียนที่มีคะแนนหลังจัดการเรียนรู้เท่าเดิม คือ นักเรียนรหัส 03 04 06 และ 11 อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนเพียง 1 คน ที่มีคะแนนลดลง คือ นักเรียนรหัส 05 โดยมีคะแนนลดลง 1 คะแนน เนื่องจากไม่แสดงวิธีการหาคำตอบของสมการ ข้อมูลการวิเคราะห์แยกตามประเด็นย่อยแสดงในตาราง 2

เมื่อจำแนกระดับความสามารถในการวิเคราะห์คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ของนักเรียนตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง พบว่า นักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับปรับปรุงมากที่สุด จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 57.90 รองลงมาคือ

ตาราง 2 ความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้และหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียนจำแนกเนื้อหาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ประเด็นย่อย (N = 19)

คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์	คะแนนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์				คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
	ก่อนจัดการเรียนรู้		หลังจัดการเรียนรู้		
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
1. สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	1.42	1.43	1.84	1.42	0.42
2. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ	0.53	0.76	1.11	0.62	0.58
2.1 มุม 37°	0.05	0.23	0.00	0.00	–0.05
2.2 มุม 60°	1.00	1.29	2.21	1.23	1.21
3. การหาค่ารากที่สอง	0.95	1.31	1.84	1.46	0.89
4. เลขยกกำลัง	0.74	1.10	1.84	1.42	1.10

ระดับดีและพอใช้จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 21.05 ส่วนความสามารถหลังจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีและมากที่สุดจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 63.16 รองลงมาคือระดับปรับปรุงจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 31.58 และสุดท้ายคือระดับพอใช้จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.26 จะเห็นว่าแม้ความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ของนักเรียนยังไม่มีความสามารถระดับดีมาก แต่ความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ระดับดีเพิ่มขึ้น ส่วนระดับพอใช้และปรับปรุงลดลง

สำหรับแนวทางการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ ได้จัดการเรียนรู้เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมการแข่งขัน และสอดแทรกเนื้อหาคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้เพียงบางช่วง เช่น การจัดการเรียนรู้เรื่องเลขยกกำลัง ใช้สอนในขั้นนำเพื่อทบทวนความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แก้วพลาสติกในการหาผลลัพธ์ นำแก้วพลาสติกคว่ำทับวงกลมที่มีโจทย์เลขยกกำลัง แล้วเขียนคำตอบที่ก้นแก้ว ในรอบแรกแข่งขันพร้อมเขียนคำตอบไปด้วย ครั้งถัดไปให้นำแก้วที่เขียนคำตอบเรียบร้อยแล้ว สลับที่กับวางให้ห่างจากกระดาษโจทย์ จากนั้นแข่งขันด้วยการนำแก้วมาครอบให้ถูกต้อง เมื่อมีกิจกรรมการแข่งขันนักเรียนเกิดความสนุกสนาน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจได้เร็วขึ้น

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (ตาราง 3) พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยก่อนจัดการเรียนรู้เท่ากับ 5.84 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังจัดการเรียนรู้เท่ากับ 37.95 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน สังเกตได้ว่าก่อนและหลังจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 32.11 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานเพิ่มขึ้น

ตาราง 3 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้และหลังจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 19)

ก่อนจัดการเรียนรู้		หลังจัดการเรียนรู้		คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น
$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
5.84	3.59	37.95	18.11	32.11

โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลรายบุคคล พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เพิ่มขึ้น และลดลง โดยนักเรียนส่วนมากมีคะแนนหลังจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น นักเรียนรหัส 15 มีคะแนนเพิ่มขึ้นมากที่สุดโดยเพิ่มขึ้น 51 คะแนน ส่วนนักเรียนรหัส 16 มีคะแนนเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด โดยเพิ่มขึ้น 13 คะแนน แต่ยังมีนักเรียนอยู่ 2 คน ที่มีคะแนนลดลง คือ นักเรียนรหัส 03 และ 17 มีคะแนนลดลง 5 และ 4 คะแนนตามลำดับ เนื่องจากคนแรกไม่สบายเนื่องจากหมอนรองกระดูกอักเสบ ทำให้ต้องพักรักษาตัว มาเรียนเพียงแค่ 3 ใน 5 ครั้ง ส่วนอีกคนค่อนข้างเรียนรู้ได้ช้าทั้งในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและการคำนวณ

จากการวิเคราะห์จำแนกระดับคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง พบว่า นักเรียนทั้งหมด (19 คน) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับปรับปรุง ส่วนความสามารถหลังจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมากมีจำนวนมากที่สุด (8 คน, ร้อยละ 36.84) รองลงมาคือระดับดี (7 คน, ร้อยละ 36.84) ระดับปรับปรุง (3 คน, ร้อยละ 15.79) และระดับพอใช้ (1 คน, ร้อยละ 5.26) จะเห็นว่า นักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากระดับปรับปรุงเป็นระดับดีมากอย่างเห็นได้ชัด และยังมีระดับดี พอใช้ ปรับปรุง เหลืออยู่ไม่มาก

สำหรับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ได้จัดการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำการทดลอง กิจกรรมเกม ตามความเหมาะสม เช่น การจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานจลน์ ด้วยข้อจำกัดของเวลา จึงได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยนำเกมทายภาพมาใช้ ซึ่งการทายภาพเกี่ยวกับประเด็นสำคัญที่นักเรียนควรรู้ และกำหนดว่าคำถามข้อนี้มีคำตอบกี่พยางค์ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตภาพแล้ววิเคราะห์เพื่อตอบคำถาม นอกจากนักเรียนจะเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานจลน์แล้ว ยังได้ฝึกทักษะการสังเกตและการวิเคราะห์ด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่า ความสัมพันธ์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้เพิ่มขึ้น เช่น แบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ข้อที่ 3 และ 4 มีความสัมพันธ์กับแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ข้อที่ 9 และ 11 จะเห็นได้ว่านักเรียนที่มีคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ข้อที่ 3 และ 4 เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในข้อที่ 9 และ 11 เพิ่มขึ้นเช่นกัน

หลังจากดำเนินการวิจัยตามวงจรการปฏิบัติการทั้ง 5 วงจร ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เรื่องงานและพลังงานจากบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง จึงนำเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ดังนี้

1) ใช้คำถามปลายเปิดในขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุปทั้ง 5 แผน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน

เกิดความสนใจเพื่อหาคำตอบ ซึ่งการตอบคำถามไม่จำกัดขอบเขตในการตอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระ และแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ เพื่อไม่เป็นการกดดันนักเรียนจะส่งผลให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลาย เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กำลัง ในขั้นนำ ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองเพื่อนำมาตอบคำถาม ดังตัวอย่าง (R = ผู้วิจัย และ S = นักเรียน)

R: *ถ้าพูดถึงคำว่า กำลัง นักเรียนนึกถึงอะไร*

S: *กำลังกาย พละกำลัง กำลังใจ ฯลฯ*

R: *คำว่า กำลัง ที่นักเรียนบอกมาต่างมีความหมายแตกต่างกัน แล้วกำลังในทางฟิสิกส์คืออะไร*

S: ไม่รู้

R: *ในคาบนี้เรามาหาคำตอบกันว่าจริง ๆ แล้วคำว่ากำลังคืออะไร*

ให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มในการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตด้วยตนเองโดยไม่จำกัดหัวข้อในการค้นคว้า จากนั้นนำเสนอและสรุปร่วมกัน

2) ใช้เกมการแข่งขันที่สอดแทรกกิจกรรมสมองเป็นฐานในขั้นนำ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น เกมการแข่งขันเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ยิ่งมีรางวัลเพื่อนำไปสู่เป้าหมายจะยิ่งประสบความสำเร็จมากขึ้น ความสนุกสนานและความสุขในการเรียนส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เลขยกกำลัง ในขั้นนำ เพื่อทบทวนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ โดยใช้แก้วพลาสติกในการหาผลลัพธ์ นำแก้วพลาสติกคว่ำทับวงกลมที่มีโจทย์เลขยกกำลัง แล้วเขียนคำตอบที่ก้นแก้ว ในรอบแรกแข่งขันพร้อมเขียนคำตอบไปด้วย ในครั้งถัดไปให้นำแก้วที่เขียนคำตอบเรียบร้อยแล้วสลับที่กับวางให้ห่างจากกระดาษโจทย์ แล้วแข่งขันด้วยการนำแก้วมาครอบให้ถูกต้อง เมื่อมีกิจกรรมการแข่งขันนักเรียนเกิดความสนุกสนาน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจได้เร็วขึ้น

3) ใช้กิจกรรมที่หลากหลายสอดคล้องกับสมองเป็นฐานในขั้นนำและขั้นสอน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อหาคำตอบ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การทำกิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดและการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานจลน์ ในขั้นสอน ด้วยข้อจำกัดของเวลา ผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยนำเกมทายภาพมาใช้ ซึ่งการทายภาพจะเกี่ยวกับประเด็นสำคัญที่นักเรียนควรรู้ แล้วกำหนดว่าคำถามข้อนี้มีคำตอบกี่พยางค์ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตภาพแล้ววิเคราะห์เพื่อตอบคำถาม นอกจากนักเรียนจะเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานจลน์แล้วยังได้ฝึกทักษะการสังเกตและการวิเคราะห์ด้วย

4) ปฏิบัติการทดลองในขั้นสอน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ได้สัมผัส เรียนรู้ด้วยตนเอง ได้แก้ปัญหา และร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อสรุป รวมถึงอภิปรายสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ในขั้นสอน นักเรียนทำกิจกรรมทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก เนื่องจากขาดอุปกรณ์การทดลอง ผู้วิจัยจึงนำหนังยางมาถักใช้แทนสปริง นักเรียนสามารถบอกได้ว่าผลที่ออกมาคลาดเคลื่อนเพราะอะไร

5) การเคลื่อนไหวร่างกายในขั้นนำ และขั้นสอน ควรมีการพักผ่อน เนื่องจากนักเรียนไม่

สามารถเรียนรู้ได้ตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้งคาบ ควรให้นักเรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายเพื่อให้เกิดการผ่อนคลายส่งผลต่อการเรียนต่อไป เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ในขั้นนำ นักเรียนหาค่า *sin*37° *cos*37° *tan*37° *sin*53° *cos*53° และ *tan*53° โดยการจำมุมด้วยสามเหลี่ยมมุมฉาก นักเรียนรับรูปสามเหลี่ยมมุมฉากคนละ 2 แผ่น และมวลทรงตัวเพื่อนำไปเคาะจังหวะ โดยหาค่ามุม *sin*37° *cos*37° *tan*37° *sin*53° *cos*53° และ *tan*53° คือ $\sin\theta = \frac{\text{ข้าม}}{\text{ฉาก}}$ ท่องเป็น “*sin ข้ามฉาก*” $\cos\theta = \frac{\text{ชิด}}{\text{ฉาก}}$ ท่องเป็น “*cos ชิดฉาก*” และ $\tan\theta = \frac{\text{ข้าม}}{\text{ชิด}}$ ท่องเป็น “*tan ข้ามชิด*” นักเรียนจะเคาะจังหวะ โดยท่องเป็น “*sin ข้ามฉาก*” *sin* เคาะที่มุม 37 องศา ส่วนข้ามเคาะที่คำว่าข้าม และฉากเคาะที่คำว่าฉาก พร้อมท่องออกเสียง เมื่อนักเรียนท่องได้ให้เปลี่ยนเป็นอ่านตัวเลข จะช่วยฝึกสมาธิและทำให้จำค่าของมุมต่าง ๆ ได้

สรุปผลและอภิปราย

จากการสำรวจความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความสับสนในการหาคำตอบของสมการ แม้จะแทนค่าได้แต่ยังแสดงวิธีการหาคำตอบไม่ได้ หรือแสดงวิธีการหาคำตอบได้แต่แทนค่าไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนไม่สามารถแทนค่า และแสดงวิธีการหาคำตอบได้เลย อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์กับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สอดคล้องกับ Sriwongsa (2013) ที่อธิบายว่า ผู้เรียนจะไม่สามารถเรียนรู้ฟิสิกส์ได้ หากไม่เข้าใจภาษาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก หลังจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน ซึ่งมีการใช้คำถามในการกระตุ้นความสนใจ และเกมการแข่งขัน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานเพิ่มขึ้น เช่น ตัวอย่างกิจกรรมในแผนที่ 4 เลขยกกำลัง ในขั้นนำ เพื่อทบทวนความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ โดยใช้แก้วพลาสติกในการหาผลลัพธ์ นำแก้วพลาสติกคว่ำทับวงกลมที่มีโจทย์เลขยกกำลังแล้วแข่งขันโดยเขียนคำตอบที่ก้นแก้ว เนื่องจากภาคเรียนที่ 1 นักเรียนมีความสบสน โดยนักเรียนนำเลขชี้กำลังคูณฐาน เมื่อมีกิจกรรมการแข่งขันนักเรียนเกิดความสนุกสนาน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจได้เร็วขึ้น ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนเข้าใจหลักการคิด จึงใช้คำถามที่ไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย ส่งผลให้นักเรียนนำไปใช้ในการคำนวณเรื่องพลังงานจลน์และเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับเลขยกกำลังได้ แต่ยังมีบางประเด็นที่นักเรียนส่วนใหญ่สับสนจึงทำให้ความสามารถหลังจัดการเรียนรู้ในเรื่องนั้นลดลง อาจเกิดจากนักเรียนมีความสับสนในขณะเรียน เช่น เรื่องฟังก์ชันตรีโกณมิติ ค่ามุม *cos*37° คือ $\frac{4}{5}$ แต่นักเรียนเขียนเป็น $\frac{3}{5}$ ด้วยการจัดการเรียนรู้ให้เทคนิคการจำค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติจากสามเหลี่ยมมุมฉากมีสองมุมคือ *sin*37° และ *cos*53° ซึ่งค่า *sin*37° และ *cos*53° จะสลับกัน หรืออาจเกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับปัจจัยภายนอกของนักเรียนซึ่งไม่สามารถควบคุมได้

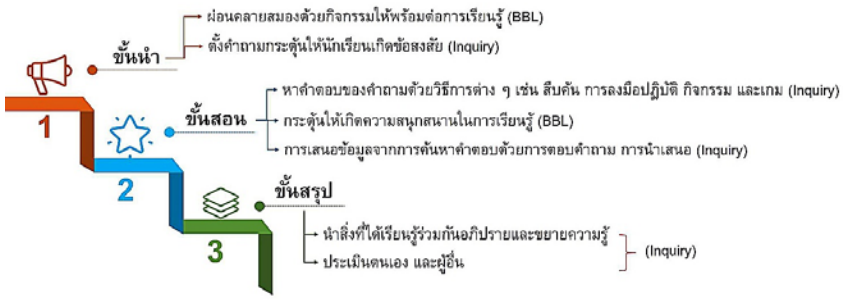
จากที่ผู้วิจัยได้สำรวจความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา การเลือกสมการมาใช้ ตลอดจนการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ อาจเนื่องมาจากนัก-

เรียนไม่สามารถวิเคราะห์ตัวแปรจากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ จึงส่งผลต่อการแสดงวิธีทำ รวมถึงการเขียนสรุปคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และนอกจากนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่สามารถเปลี่ยนโจทย์ปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ (Phonapichat *et al*., 2014) ซึ่งหลังจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้อย่างสนุกสนานผ่านเกม กิจกรรมทดลอง และที่สำคัญต้องสอนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์สอดแทรกด้วย จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีบางประเด็นที่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการเลือกสมการมาใช้ในการหาคำตอบเรื่องงาน โดยงานเนื่องจากแรงมีทิศทางเดียวกับการกระจัดจะใช้สมการ $W = Fs$ ส่วนงานเนื่องจากแรงไม่ได้มีทิศทางเดียวกับการกระจัด ใช้สมการ $W = Fs\cos\theta$ นักเรียนมักจะสลับกัน อาจเกิดจากการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ทำให้นักเรียนไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

จากวิเคราะห์คะแนนโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ พบว่า การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จะต้องอาศัยความสามารถทางคณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณหาคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยมีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้เนื่องจากมีการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ในระดับที่ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนรหัส 14 มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ เรื่องฟังก์ชันตรีโกณมิติ คือ สามารถแทนค่ามุม $\cos 60°$ แสดงวิธีการแก้สมการ และเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้อง โดยคำถามข้อนี้มีความสอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องงานเนื่องจากแรงไม่ได้มีทิศทางเดียวกับการกระจัด นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ เลือกใช้สูตร นำค่ามุม $\cos 30°$ แทนในสมการ ตลอดจนแสดงวิธีทำ และเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้อง จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าเมื่อนักเรียนได้คะแนนของความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อคะแนนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เช่นกัน สอดคล้องกับ Kimalee (2009) พบว่า การพัฒนาความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เอื้อต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เหมาะกับการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ หากนักเรียนมีความสามารถในส่วนนี้จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้สมองทั้งสองซีกทำงานอย่างสมดุล ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานจึงเหมาะที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ร่วมกัน (Somchat, 2014; Suwanmolee, 2020)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ 3 ขั้นตอนดังในภาพที่ 1 และจากการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 5 วงจร มีแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน เรื่อง งานและพลังงาน ดังนี้

1) ใช้คำถามปลายเปิด ในการกระตุ้น



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน

ให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อหาคำตอบ การตอบคำถามไม่จำกัดขอบเขตในการตอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดอย่างอิสระ และแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ เพื่อไม่เป็นการกดดันนักเรียนจะส่งผลให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลาย (Choosaeng, 2016)

2) ใช้เกมการแข่งขันที่สอดคล้องกับสมองเป็นฐานเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น เกมการแข่งขันทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ยิ่งถ้ามีรางวัลเพื่อนำไปสู่เป้าหมายก็จะยิ่งประสบความสำเร็จมากขึ้น ความสนุกสนานและความสุขในการเรียนส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3) ใช้กิจกรรมที่หลากหลายสอดคล้องกับสมองเป็นฐานในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อหาคำตอบ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดและการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (Choosaeng, 2016; Utto, 2016)

4) ปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ได้สัมผัส เรียนรู้ด้วยตนเอง แก้ปัญหาและร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อสรุปรวมถึงอภิปรายสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Khlaybanleng, 2016; Tangpet, 2013)

5) การเคลื่อนไหวร่างกาย ควรมีการพักผ่อน เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้ตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้งคาบ ควรให้นักเรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายเพื่อให้เกิดการผ่อนคลายส่งผลต่อการเรียนต่อไป

จากผลการวิจัย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเรื่อง งานและพลังงาน มีการสอนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับการสอนฟิสิกส์ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ และพยายามควบคุมเวลาในการดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้

2) การจัดการเรียนรู้มีการสอนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับการสอนเนื้อหาฟิสิกส์ ควรออกแบบการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา และให้ความสำคัญกับเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอันดับแรก

3) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

เพิ่มมากขึ้น จึงควรศึกษาและพัฒนานักเรียนในด้านอื่น ๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์

4) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเรื่องงานและพลังงานช่วยให้นักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์และความความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเพิ่มขึ้น แต่นักเรียนบางส่วนยังไม่ได้พัฒนาความสามารถในบางประเด็น จึงควรศึกษาสาเหตุที่ทำให้นักเรียนไม่มีการพัฒนาความสามารถ เพื่อใช้ในการพัฒนาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเรื่อง งานและพลังงาน ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เจนศึก โพธิศาสตร์ อาจารย์พัดชา ดอกไม้ อาจารย์ประธาน ประจวบโชค อาจารย์ดาวใจ ดวงมณี ดร.พินิจนันท์ เนื่องจากอวน และ ดร.ศิริพรรณ ศรัทธาผล สำหรับคำแนะนำในการแก้ไขบทความวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Wesbrook, A., and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E Instructional Models: Origins, Effectiveness, and Applications**. Retrieved from https://www.bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf, March 18, 2020.

Chimkul, A. (2016). **Effects of Biology Learning Management Based on STEM Education Approach on Problem–solving Ability and Biology Learning Achievement of Upper Secondary School Students**. Master of Education (Science Education). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Choosaeng, S. (2016). **The Development of Tenth Grade Students' Conception on Covalent Bond Using Model–based Learning Integrated with Dynamic Visualization**. Master of Education (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Duangmanee, D. (2017). The development of Thai–instructional skills by using brain–based learning for elementary student teachers. **Journal of Chandrakasemsarn** 23(45): 97–111. (in Thai)

Kemmis, S., and McTaggart, R. (1998). **Action and Knowledge: Breaking the Monopoly with Participatory Action–Research**. New York: Apex.

Khlaybanleng, W. (2016). **Development Grade–10 Students' Conception about Motions Using Conceptual Change Approach**. Master of Education (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Kimalee, W. (2009). **Action Research for Basic Knowledge Development of Mathematics Supporting Physics Learning Unit Entitled the Wave for Mathayoln Suksa 5**

students at Thumakosittwittaya School under the Office of Nakhon Phanom Educational Service Area I. Master of Education (Curriculum and Instruction). Sakon Nakhon: Sakon Nakhon Rajabhat University. (in Thai)

Phatradakun, P. (2014). **A Comparison of Academic Achievement in Science and Problem–Solving Ability of Matthayom Suksa One Students Instructed by Problem–Based Learning and Brain–Based Learning**. Master of Education (Teaching Science). Bangkok: Ramkhamhaeng University. (in Thai)

Phonapichat, P., Wongwanich, S., and Sujiva, S. (2014). An analysis of elementary school students' difficulties in mathematical problem solving. **Procedia–Social and Behavioral Sciences**. 116: 3169–3174.

Pornkun, C. (2012). **Teaching theoretical and applied thinking processes**. 2nd ed. Bangkok: V-print (1991). (in Thai)

Porntrai, S. (2016). Learning Kreb's cycle in cellular respiration through science inquiry: A hands–on activity for improving academic achievement. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 7(2): 285–297. (in Thai)

Putthamonsing, S., and Bhiasiri, S. (2016). A study of basic mathematics knowledge to be used by grade 11 students in physics subject using Polya's problem solving steps together with KWDL Technique. **Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)** 10(Special): 141–147. (in Thai)

Salin, T., Sirisawat, C., and Pibanchon, S. (2019). A study of physics achievement physics problem solving skill and education attitude for physics on momentum and collision of 11^{th} grade students using inquiry method of teaching enhanced by using Polya's problem solving technique. **Journal of Education Naresuan University** 21: 93–108. (in Thai)

Somchat, P. (2014). **The Development of Tool Kits in Problem Solving on the Topic of Work and Energy through 5E–Inquiry Circle for Mathayom Suksa V Students.** Master of Education (Curriculum and Instructional Development). Graduate School, Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani Rajabhat University. (in Thai)

Sriwongsa, K. (2013). **The Development of Achievement in Physics by Using Study the Basic Mathematics of Physics for Matthayomsuksa 6/1 The Demonstration School of Silpakorn University**. Master of Education. Bangkok: Silpakorn University. (in Thai)

Suwanmolee, U. (2020). **Solving Mathematical Problem Solving in Physics Subject by Using Exercise Exercises**. Re-

trieved from http://www.sing.ac.th/News/files/366.pdf, March 18, 2020. (in Thai)

Tangpet, N. (2013). **The Development of Grade 11 Students' Concepts of Sensation and Response of Living Things by Using Brain–based Learning: An Action Research**. Master of Education (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Utto, W. (2016). **The Study of Grade 10 Students' Conceptions on Covalent Bonding through Active Learning**. Master of Education (Science Education). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)