ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ทวีรักษ์ ทูลพุทธา[1*] สกลรัชต์ แก้วดี[1] และไพศาล ตู้ประกาย[2]

[1]สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์
และ [2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[*]E-mail: taweerk.t@gmail.com

รับบทความ: 28 พฤษภาคม 2561 แก้ไขบทความ: 6 มิถุนายน 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 3 กรกฎาคม 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองโดยศึกษานักเรียนสองกลุ่มและวัดผลหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ และ (2) เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ประชากรเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 83 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 34 คน และนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 49 คน การวิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample *t*–test) และสถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่ศึกษาที่เป็นอิสระต่อกัน (independent samples *t*–test) ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์เฉลี่ยหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับ 4 ($\bar{x}$ = 36.39, SD = 13.34) (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์น้อยกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = –2.027, p = .046)

คำสำคัญ: แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Effect of Using Three–Dimensional Learning Approach on Deep Conceptual Understanding in Physics of Upper Secondary Students

Taweerak Thunphuttha[1*], Sakolrat Kaewdee[1] and Paisan Tooprakai[2]

[1]Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, and
[2]Department of Physics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[*]E-mail: taweerk.t@gmail.com

Received: 28 May 2018 Revised: 6 June 2018 Accepted: 3 July 2018

Abstract

This study was a quasi-experimental research and used two–group posttest only design. The purposes of this study were to (1) analyze deep conceptual understanding in physics of upper secondary students after learning by using three–dimensional learning and (2) compare the students' deep conceptual understanding in physics between a group learning with the use of three–dimensional learning and another group which learning by conventional method. The target population was upper secondary students of large schools in Bangkok. The sample were 83 tenth–grade students consisting of the experimental group with 34 students and the compared group with 49 students. This research was conducted in the first semester of the academic year 2017 for a period of 5 weeks. The research instrument was deep conceptual understanding in physics test. The collected data was analyzed by means of arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, one sample *t*–test and independent samples *t*– test. The study revealed that: (1) the deep conceptual understanding in physics of the experimental group mean score was lower than criterion 4 ($\bar{x}$ = 36.39, SD = 13.34), and (2) the deep conceptual understanding in physics of the experimental group had average score on significantly lower than the comparison group at the .05 level (t = –2.027, p = .046).

Keywords: Three– dimensional learning approach, Deep conceptual understanding in physics, Upper secondary level

บทนำ

ฟิสิกส์เป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ เปรียบเสมือนเครื่องมือหนึ่งที่จะนำไปสู่ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยแนวคิด ความสัมพันธ์ กฎและทฤษฎีที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Pratontep,

2012) ฟิสิกส์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวัด หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกายภาพแล้วสรุปเป็นหลักการ ทฤษฎี กฎ นำไปสู่การสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ (IPST, 2010) ความรู้ทางฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กับวิชาอื่น ๆ และเป็นพื้นฐานสำหรับวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยฟิสิกส์มีเนื้อหาเกี่ยวกับกลศาสตร์ ไฟฟ้าและแม่เหล็ก แสง อนุภาค อุณหพลศาสตร์ อะตอม ฟิสิกส์อนุภาค และฟิสิกส์ของของแข็ง ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเรียนเพื่อประกอบอาชีพวิศวกร หรืออาชีพเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี (Jewtt and Serway, 2010) นอกจากนี้ยังมีอาชีพอื่น ๆ ที่ใช้ความรู้พื้นฐานจากความรู้ทางฟิสิกส์ เช่น ความรู้เรื่องพลศาสตร์ของอากาศและทะเลสำหรับนักอุตุนิยมวิทยา หรือความรู้เรื่องสมดุล ในการออกแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสถาปนิก

การค้นคว้าความรู้ทางฟิสิกส์ทำได้โดยการสังเกต การทดลอง และเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นหลักการหรือกฎ สามารถนำไปใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ และใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม ในขณะเดียวกันวิชาฟิสิกส์เป็นวิชายากแก่การทำความเข้าใจ เนื่องจากต้องทำความเข้าใจแนวคิด ผ่านการใช้ตัวแทนหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง หนึ่งในปัญหาของการเรียนรู้ฟิสิกส์ คือ การทำให้นักเรียนที่อยู่ในวัยพัฒนาความเข้าใจเชิงนามธรรมสามารถเข้าใจหลักการ แนวคิด และทฤษฎีทางฟิสิกส์ได้ (Pratontep, 2012) และการเขียนเชื่อมโยงคำศัพท์เฉพาะหรือคำจำกัดความในวิชาฟิสิกส์ที่ถูกต้อง (Meltzer, 2002)

จากรายงานโครงการการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ (Program International Student Assessment; PISA) ผลการประเมินในปี พ.ศ. 2558 นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 456 คะแนน อยู่ในระดับต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย และต่ำกว่าคะแนนมาตรฐานที่ 500 คะแนน การประเมินสะท้อนถึงความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นสมรรถนะหนึ่งในการประเมิน (OECD, 2013) เช่นเดียวกันการประเมินในโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS) ที่ประเมินความสามารถในการใช้แบบจำลองเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดความสามารถการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผลคะแนนการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยระหว่างปี พ.ศ. 2542 2550 2555 และ 2558 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่มีความสามารถในวิชาวิทยาศาสตร์หรือมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย หรือมีความรู้ระดับพื้นฐานเท่านั้น และเมื่อวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียน พบว่า นักเรียนทำข้อสอบแบบเขียนตอบได้ไม่ชัดเจน เขียนไม่ครบถ้วนและไม่สามารถเขียนคำอธิบายได้ (IPST, 2016) ดังนั้นความสามารถในการสร้างหรือเขียนคำอธิบายของนักเรียนจึงควรได้รับการพัฒนา

การที่ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้กฎ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สามารถสร้างตัวแทนของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ มีการเชื่อมโยงของมโนทัศน์ที่เกี่ยวของกับปรากฏการณ์ และใช้ตัวแทนหรือการเชื่อมโยงนั้นในการอธิบายปรากฏการณ์

นั่นก็คือผู้เรียนต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก (deep conceptual understanding) ซึ่งการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก ทำได้โดยการใช้การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสร้างแบบจำลองอย่างต่อเนื่อง (Shwartz et al., 2007) กระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นลักษณะสำคัญและเป็นขั้นตอนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning; MBL) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญได้แก่ การพัฒนา การใช้ และการประเมินแบบจำลอง (Gobert and Buckley, 2000) การให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายจากการทดลอง ประสบการณ์หรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการและข้อจำกัดต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง (Chase et al., 2010) ผู้เรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือทำความเข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น เมื่อผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองของปัญหาที่เคยได้พบเจอ ผ่านการเชื่อมโยงมโนทัศน์และแบบจำลอง ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้ด้วยวิธีการที่เรียบง่ายและรวดเร็วขึ้น (Bybee, 2011)

แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ (three-dimensional learning approach) เป็นแนวคิดการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สหรัฐอเมริกานำมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษา แนวคิดการเรียนรู้นี้สนับสนุนนักเรียนใน 3 ด้าน ได้แก่ (1) การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (science and engineering practices, SEs) (2) มโนทัศน์การเชื่อมโยง (crosscutting concepts, CCs) และ (3) ความคิดหลักตามสาขาวิชา (disciplinary core ideas, DCIs) โดยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิตินั้น กิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลอง (build models) ออกแบบการตรวจสอบ (design investigation) แลกเปลี่ยนความคิด (share ideas) พัฒนาคำอธิบาย (develop explanation) และโต้แย้งโดยใช้หลักฐาน (argue using evidence) (Campbell, 2015; Krajcik, 2015) ซึ่งลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียน

นอกจากนี้การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียน ยังสามารถทำได้โดยการให้ผู้เรียนได้ใช้แผนภาพที่แสดงการเชื่อมโยงระหว่างลักษณะทางกายภาพ กระบวนการ และแบบจำลอง หรือแผนภาพ SPM (stage process and model diagram; SPM diagram) แผนภาพ SPM นั้นอยู่ภายใต้กรอบแนวคิดการสร้างแบบจำลองที่ปรับเปลี่ยนได้ (transformative modelling framework) กรอบแนวคิดนี้อธิบายกระบวนการในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ของผู้เรียนผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง กล่าวคือ นักเรียนพัฒนา ใช้ และประเมินแบบจำลองเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Shen et al., 2017) แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นต้องสามารถส่งต่อหรือปรับเปลี่ยนไปในรูปแบบอื่นได้ เช่น จากรูปวาดเป็นคำอธิบาย หรือตัวแทนอื่น ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน กระบวนการดังกล่าวมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติที่มีการใช้แผนภาพลักษณะทางกายภาพ กระบวนการ และแบบจำลอง เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้

และสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ผ่านกระบวนการสร้าง พัฒนา ปรับปรุง และนำแบบจำลองไปใช้ ร่วมกับการลงมือปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม พัฒนาและใช้ความคิดหลักตามสาขาวิชาที่เรียน และมีมุมมองหรือมโนทัศน์การเชื่อมโยงความคิดหลักตามสาขาวิชาที่เรียนกับการปฏิบัติ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของกลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ

2. เปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง (quasi–experimental designs) แบบศึกษาสองกลุ่มวัดหนึ่งครั้ง (two-Group posttest only) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) ประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่เรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ จำนวน 35 คน และกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวิธีทั่วไป จำนวน 49 คน ทดสอบความรู้เดิมหรือความสามารถทางการเรียนโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในการสอบกลางภาคเรียนที่ 1 วิชาฟิสิกส์ 1 ของทั้ง 2 กลุ่ม ใช้สถิติทดสอบที (*t*–test) กำหนดระดับนัยสำคัญ .05 ผลการทดสอบพบว่าทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 1.218$, $p = .227$) จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากในการกำหนดกลุ่มเปรียบเทียบและกลุ่มทดลอง และวัดตัวแปรตามหลังจากทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ ประกอบด้วยขั้นตอนการสอนดังนี้ (1) ขั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับความคิดหลักตามสาขาวิชา นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ ทบทวนความรู้เดิมหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ดังกล่าว (2) ขั้นสร้างแบบจำลองขั้นต้น นักเรียนสร้างแบบจำลองของตนเองเป็นรายบุคคล แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นแบบจำลองขั้นต้นที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ครูได้นำเสนอในขั้นตอนที่ 1 จากนั้นนำเสนอแบบจำลองแก่สมาชิกในกลุ่มแล้วอภิปรายร่วมกัน เพื่อเลือกแบบจำลองขั้นต้นที่เป็นตัวแทนทางความคิดของกลุ่ม และนักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแผนภาพ SPM ที่ใช้อธิบายแบบจำลองขั้นต้นของกลุ่ม ตัวแทนแต่ละกลุ่ม

นำเสนอแบบจำลองขั้นต้นและแผนภาพ SPM หน้าชั้นเรียน (3) ขั้นสำรวจตรวจสอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการทดสอบหรือตรวจสอบแบบจำลองขั้นต้นและแผนภาพ SPM ที่สร้างขึ้น จากนั้นลงมือสำรวจตรวจสอบ หรือทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล เพื่อระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลอง (4) ขั้นปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง โดยระบุข้อมูลที่เพิ่มเติม และเหตุผลที่ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง จากนั้นตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองและแผนภาพ SPM หน้าชั้นเรียนและ (5) ขั้นสร้างคำอธิบาย ครูอธิบายความรู้และคำศัพท์เฉพาะเพิ่มเติม แล้วให้นักเรียนสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ โดยเชื่อมโยงคำอธิบายกับแบบจำลองและแผนภาพ SPM เพื่อใช้อธิบายและใช้ทำนายสถานการณ์อื่น

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปสำหรับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบสอบ ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นนำ ครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับความคิดหลักของบทเรียน นักเรียนสังเกตการปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ ทบทวนหรือตรวจสอบความรู้เดิมสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ (2) ขั้นกิจกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นตอนที่ 1 ทดสอบแบบจำลองดังกล่าวตามที่แนวทางที่ครูจัดเตรียมไว้ เพื่อระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาอภิปรายร่วมกัน แล้วหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ (3) ขั้นสรุป ครูอธิบายความรู้และคำศัพท์เฉพาะเพิ่มเติม ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำอธิบายปรากฏการณ์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์อื่น ๆ ให้นักเรียนใช้แบบจำลองของตนเองอธิบายและทำนายสถานการณ์นั้น ๆ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ประกอบด้วยการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย เป็นแบบวัดอัตนัยที่กำหนดสถานการณ์ จำนวน 3 ปรากฏการณ์ คะแนนเต็ม 75 คะแนน เวลา 90 นาที มีขั้นตอนการสร้างดังนี้ (1) ศึกษาโครงสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก ตามแนวคิดของ Shen et al. (2017) จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างของแบบวัดประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม สถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดมีลักษณะเฉพาะ คือ สถานการณ์ต้องแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องเมื่อเวลาเปลี่ยนไป (2) กำหนดโครงสร้างแบบวัดและขอบเขตเนื้อหาบทเรียนที่ต้องการวัด และให้ครอบคลุมการสร้างตัวแทนความคิดและการใช้แบบจำลองอธิบายสถานการณ์ทั้ง 3 ลักษณะ ประกอบด้วย เชื่อมโยงสถานะทางกายภาพและกระบวนการด้วยแบบจำลอง เชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ และใช้แบบจำลองอธิบายสถานการณ์ (3) ศึกษาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ การวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ตรวจให้คะแนนการตอบคำถามของนักเรียนเป็นแบบรูบริกดัดแปลงจาก Shen et al. (2011, 2017) แบ่งประเด็นการพิจารณาให้คะแนนตามลักษณะการแสดงตัวแทนความคิดและการใช้แบบจำลอง ทั้ง 3 ลักษณะ ๆ ละ 5 คะแนน (4) สร้างแบบวัดให้ครอบคลุมเนื้อหา

บทเรียนทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ แบบวัดมี 3 สถานการณ์ที่สอดคล้องกับบทเรียน ประกอบด้วย รถบรรทุกผลแตงโม เครื่องคัดแยกความเร็ว และเครื่องเล่นเรือไวกิงส์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อมูลสถานการณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องเมื่อเวลาเปลี่ยนไป และข้อคำถาม (5) เสนอแบบวัดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำแบบวัดและเกณฑ์ตรวจให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา พบว่า มีดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกสถานการณ์ จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือจากการทดลองใช้กับนักเรียนพบว่าแบบวัดมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33–0.55 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.59–0.80 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.81

การดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ 1 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ 3 มิติให้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง และใช้แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบทั่วไปให้กับกลุ่มเปรียบเทียบ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้เวลากลุ่มละ 18 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที รวมเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์เท่ากัน ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2560 หลังจากดำเนินการสอนเสร็จสิ้นทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินเก็บข้อมูลความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มโดยใช้แบบความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลา 90 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียน โดยใช้คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ระดับของความเข้าใจโนทัศเชิงลึกทางฟิสิกส์ระดับ 4 โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ กำหนดระดับของความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์เป็น 6 ระดับ คือ ระดับ 0–5 ดังในตาราง 1 ทั้งนี้นักเรียนที่มีความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ระดับ 4 แสดงว่านักเรียนสามารถอธิบายสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องและมีความหมาย และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองเรียน กับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่ศึกษาที่เป็นอิสระต่อกัน (independent samples *t*–test)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ

1. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ระดับความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกระดับ 4 โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (ตาราง 2) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เท่ากับ 27.31 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 36.39 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ความเข้าใจโนทัศน์เชิงลึกระดับ 4

ตาราง 1 ระดับของความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์และคำอธิบายของแต่ละระดับ

ระดับ	ร้อยละช่วงคะแนน	คำอธิบาย
0	0	ไม่แสดงการอธิบาย หรือคำอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์
1	1–20	ข้อมูลใหม่ที่เพิ่มไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ หรือการอธิบายขัดแย้งกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์
2	21–40	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ได้บางส่วน แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีความหมาย หรือขัดแย้งกับข้อเท็จจริง
3	41–60	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ได้ถูกต้อง คำอธิบายอาจมีส่วนที่ขัดแย้งกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์บ้างแต่มีความเกี่ยวข้องสถานการณ์
4	61–80	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ได้ถูกต้อง มีการเชื่อมโยงเข้ากับบริบทของคำถามได้อย่างมีความหมาย
5	81–100	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ได้ถูกต้องและมีความหมาย มีการเชื่อมโยงความรู้ตั้งแต่ 2 ความรู้ขึ้นไปได้

ตาราง 2 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และค่าทีเทียบกับเกณฑ์

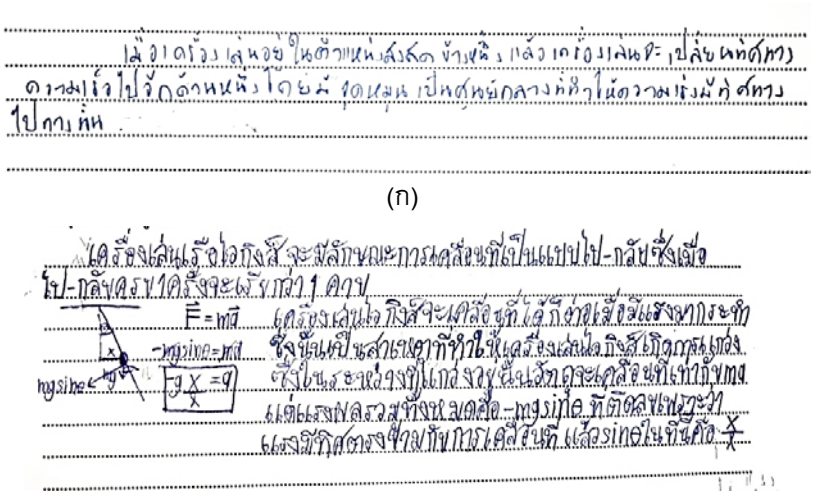
เรื่อง	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	SD	คะแนนร้อยละระดับ 4	*t*
1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	45	15.06	33.47	8.60	>60	–8.21*
2. การเคลื่อนที่แบบวงกลม	15	6.00	40.00	3.66	>60	–4.85*
3. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	15	6.26	41.73	3.74	>60	–4.34*
รวมทั้ง 3 เรื่อง	75	27.31	36.39	13.34	>60	–7.95*

*$p < .05$

2. การวิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึก พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับ 4 ขึ้นไปจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.43 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองส่วนใหญ่จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 57.26 มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์อยู่ในระดับ 2

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ระดับ 2 และระดับ 5 เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จากสถานการณ์การอธิบายสถานการณ์เครื่องเล่นเรือไวกิงส์ (ภาพที่ 1) โดยมีข้อคำถามคือ “จง *อธิบายการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นเรือไวกิงส์ และอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เครื่องเล่นอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุดของที่ปลายด้านหนึ่งของการแกว่ง จนเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งต่ำสุดและไปอยู่ที่ปลายอีกด้านของการแกว่ง*”

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ระดับ 2



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างคำตอบเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จากการอธิบายสถานการณ์ เครื่องเล่นเรือไวกิงส์ของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ (ก) ระดับ 2 และ (ข) ระดับ 5

(ภาพที่ 1ก) อธิบายการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นเรือไวกิงส์มีลักษณะเป็นอย่างไรได้ แต่นักเรียนไม่ได้แสดงการเปลี่ยนของตัวแปรที่เกี่ยวข้องระหว่างที่เครื่องเล่นมีการเคลื่อนที่ และการอธิบายของนักเรียนนั้นมีความขัดแย้งกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ในการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นเรือไวกิงส์นั้น ความเร่งต้องมีทิศทางอยู่ในแนวเดียวกันกับแรงที่ทำให้เครื่องเล่นมีการเคลื่อนที่ การอธิบายของนักเรียนอาจแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร่งในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในขณะที่นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ระดับ 5 (ภาพที่ 1ข) นักเรียนสามารถอธิบายทุกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเครื่องเล่นเรือไวกิงส์ได้อย่างครบถ้วน มีการเชื่อมโยงระหว่างการเคลื่อนที่แบบแกว่งของเครื่องเล่น และการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เล่นได้อย่างมีความหมาย และนักเรียนอธิบายผลของแรงที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นเรือไวกิงส์ ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของแรงและทิศทางของการเคลื่อนที่ นักเรียนเขียนรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวของกับสถานการณ์ประกอบการอธิบาย

ผลเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

1. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบทีระหว่างสองกลุ่มที่ศึกษาที่เป็นอิสระต่อกัน (ตาราง 3) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เท่ากับ 27.31 และ 33.69 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าทีระหว่างสองกลุ่มพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์น้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ และค่าทีของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบที่เป็นอิสระต่อกันของความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	SD	ระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์	*t*
กลุ่มทดลอง (n=35)	27.31	36.39	13.34	2	–2.027*
กลุ่มเปรียบเทียบ (n=49)	33.69	44.92	15.11	3	

*$p < .05$

ทางสถิติ ($t = –2.027$, $p = .046$)

2. เปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกในแต่ละระดับระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า จำนวนร้อยละของนักเรียนของกลุ่มทดลองในแต่ละระดับของความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกมีน้อยกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบทุกระดับ แต่มีจำนวนร้อยละของนักเรียนกลุ่มทดลองมากกว่าในระดับ 1 และนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกในระดับ 5 จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 6.12 ในขณะที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกในระดับ 5 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.86 เมื่อพิจารณาระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ที่มีจำนวนนักเรียนมากที่สุดจากแต่ละระดับ (ตาราง 4) พบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ มีจำนวนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 จำนวน 19 และ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 54.29 และ 40.82 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามลำดับ

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกในแต่ละระดับของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

ระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์	นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ในแต่ละระดับ			
	กลุ่มทดลอง (n=35)		กลุ่มเปรียบเทียบ (n=49)	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
5	1	2.86	3	6.12
4	3	8.57	9	18.37
3	8	22.86	15	30.61
2	19	54.29	20	40.82
1	4	11.43	2	4.082
0	0	0.00	0	0.00

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์หลังเรียนต่ำกว่าระดับ 4 และ (2) นักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติ มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์หลังเรียนต่ำกว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อภิปรายได้ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนไม่แม่นยำในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานของบทเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง ผลของแรงต่อการเคลื่อนที่ และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน นักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองแบบแยกส่วน ทำให้ไม่สามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ทั้งหมด ทำให้เมื่อเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เพื่ออธิบายสถานการณ์ การเชื่อมโยงนั้นจึงมีความขัดแย้งกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์หรือไม่สามารถอธิบายสถานกาณ์ได้อย่างมีความหมาย ลักษณะดังกล่าวของนักเรียนสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Shen et al. (2017) ที่ใช้กรอบแนวคิดการสร้างแบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงได้ในการพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกเรื่อง กลศาสตร์นิวตันและความหนาแน่น เพื่อใช้อธิบายเรื่องแรงลอยตัว กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 26 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามุ่งเน้นอธิบายสถานการณ์จากส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ละเลยการอธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้น และนักศึกษามีแนวโน้มที่จะใช้แบบจำลองเพียง 1 แบบในการอธิบายสถานการณ์ แม้ว่านักศึกษาได้ผ่านการเรียนโดยใช้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ 2 แบบจำลองขึ้นไปก็ตาม

2. นักเรียนมีข้อจำกัดในการเขียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางฟิสิกส์กับสถานการณ์ การมีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ นอกจากนี้นักเรียนต้องมีความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนแล้ว ยังต้องมีความสามารถในการเขียนข้อความหรือตัวแทนที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้อย่างถูกต้องด้วย จากการตรวจแบบวัดของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกต่ำกว่าระดับ 4 พบว่านักเรียนไม่เขียนข้อความแสดงการเชื่อมโยงเพื่ออธิบายสถานการณ์ทางฟิสิกส์ ข้อจำกัดในการเขียนเชื่อมโยงของนักเรียนในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับคำอธิบายของ Meltzer (2002) ที่ได้แสดงปัญหาของการเขียนอธิบายทางฟิสิกส์ คือ นักเรียนมีปัญหาในการเขียนเชื่อมโยงระหว่างคำศัพท์เฉพาะหรือคำจำกัดความในวิชาฟิสิกส์ที่ถูกต้องกับสถานการณ์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การเขียนคำตอบของนักเรียนไทยในการสอบ TIMSS ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (IPST, 2016) ที่พบว่าลักษณะการทำข้อสอบแบบเขียนตอบของนักเรียนไทยมักจะตอบได้ไม่ชัดเจน ไม่ครบถ้วน และไม่สามารถเขียนคำอธิบายได้

3. นักเรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง และความสำคัญของการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่ช่วยกันสร้างและพัฒนานั้นไม่มีความสำคัญกับการดำรงชีวิตของนักเรียน หรือไม่ได้ใช้ในการทำข้อสอบ สังเกตได้จาก กิจกรรมการอธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอล ในแผนการเรียนรู้หน่วยที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นักเรียนมักมีคำถามว่า “*ทำไมต้องคำนวณหาวิถีโค้งของลูกบาส ตอนเล่นบาสก็ยิงตามความเคยชินอยู่ดี*” หรือ “*การซ้อมยิงลูกบาสน่าจะสำคัญกว่าการคำนวณได้นะครับ*” พฤติกรรมเช่นนี้ ส่งผลให้นักเรียนไม่พยายามที่จะสร้างแบบจำลองและพัฒนาคำอธิบายได้ดีเท่าที่ควร

4. ความซับซ้อนของการใช้แผนภาพ SPM แผนภาพ SPM นี้มีความซับซ้อนและเป็น

เรื่องใหม่สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง การใช้แผนภาพ SPM เป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสถานการณ์กับความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ และนักเรียนกลุ่มทดลองยังต้องเชื่อมโยงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายสถานการณ์ อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนระหว่างแผนภาพ SPM และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และส่งผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองไม่ได้ฝึกการคิดเชื่อมโยงระหว่างลักษณะทางกายภาพและกระบวนการได้ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ของทั้งสองกลุ่มยังมีความคล้ายคลึงกัน นักเรียนทั้งสองกลุ่มได้เรียนรู้มโนทัศน์ฟิสิกส์ผ่านกระบวนการพัฒนาใช้ และประเมินแบบจำลอง กระบวนการดังกล่าวเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญที่พัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ (Chase et al., 2010; Schwartz et al., 2017) การใช้แผนภาพ SPM และขั้นตอนการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นอาจไม่ส่งผลอย่างชัดเจนต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกในช่วงเวลาที่ทำการวิจัย นักเรียนทั้งสองกลุ่มจึงมีการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ จากความซับซ้อนของการใช้แผนภาพ SPM และกิจกรรมการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกันของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางฟิสิกส์ต่ำกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมเนื้อหาสำหรับการนำแนวคิดการเรียนรู้แบบ 3 มิติมาใช้ เนื้อหาที่ใช้ต้องพิจารณาถึงความต่อเนื่องและเชื่อมโยงกัน ดังนั้นครูผู้สอนต้องวิเคราะห์มโนทัศน์ว่ามโนทัศน์ของบทเรียนใดบ้างสามารถทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องได้ รวมทั้งพิจารณาว่าตัวชี้วัดของบทเรียนต้องสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ (1) การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (2) มโนทัศน์การเชื่อมโยง และ (3) ความคิดหลักตามสาขาวิชา

2. การเตรียมปรากฏการณ์ที่จะใช้แผนภาพ SPM ปรากฏการณ์ที่ใช้ต้องมีความซับซ้อนและมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรหลาย ๆ ตัวแปรในบทเรียน ครูผู้สอนต้องวิเคราะห์มโนทัศน์ของบทเรียนว่ามีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงใดบ้าง และปรากฏการณ์ต้องสามารถให้นักเรียนได้แสดงการเชื่อมโยงระหว่างลักษณะทางกายภาพ กระบวนการ และแบบจำลองได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ปรากฏการณ์ควรต้องมีความเกี่ยวข้องกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงประโยชน์ที่จะได้รับหากอธิบายปรากฏการณ์ได้ด้วยตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการศึกษาจากโครงการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

เอกสารอ้างอิง

Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K–12 classrooms. **Science Teacher** 78(9): 34–40.

Campbell, T. (2015). The importance of epistemic framing and practices in the next generation science standards: Explaining phenomena, solving problems, and modeling as an anchoring science practice.

Proceedings of the Korean Association for Science Education (KASE). Busan, South Korea.

Chase, C. C., Shemwell, J. T., and Schwartz, D. L. (2010). Explaining across contrasting cases for deep understanding in science: An example using interactive simulations. **Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences-Volume 1.**

Gobert, J. D., and Buckley, B. C. (2000). Introduction to model–based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education** 22(9): 891–894.

IPST. (2010). **Teacher's Guide; Physics Volume 1 for Grade 10 – 12 students**. Bangkok: Author. (in Thai).

IPST. (2016). **TIMSS 2015 Report**. Retrieved from http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports, May 18, 2017. (in Thai)

Jewtt, J. W., and Serway, R. A. (2010). **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. 8th ed. Canada: Brooks/Cole.

Krajcik, J. (2015). Three–dimensional instruction. **The Science Teacher** 82(8): 50.

Meltzer, D. (2002). Student learning of physics concepts: efficacy of verbal and written forms of expression in comparison to other representational modes. **In Conference on Ontological, Epistemological, Linguistic and Pedagogical Considerations of Language and Science Literacy: Empowering Research and Informing Instruction**. Victoria, British Columbia, Canada.

OECD. (2013). **PISA 2015 Draft Science Framework**. Retrieved from https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf, April 17, 2016.

Pratontep, S. (2012). **How to Be Good at Physics**. Retrieved from http://physics.ipst.ac.th/?p=2228, March 6, 2016. (in Thai)

Shen, J., and Linn, M. C. (2011). A Technology–enhanced unit of modeling static electricity: Integrating scientific explanations and everyday observations. **International Journal of Science Education** 33(12): 1597–1623.

Shen, J., Liu, O. L., and Chang, H.–Y. (2017). Assessing students' deep conceptual understanding in physical sciences: An example on sinking and floating. **International Journal of Science and Mathematics Education** 15(1): 57–70.

Shwartz, Y., Rogat, A., Merritt, J., and Krajcik, J. (2007). The effect of classroom practice on students understanding of models. **The Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching**. New Orleans, LA.