ผลการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายต่อความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน

นัชชา แดงงาม และสุระ วุฒิพรหม*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail: wuttiprom@gmail.com

รับบทความ: 18 กุมภาพันธ์ 2557 ยอมรับตีพิมพ์: 4 พฤษภาคม 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดของนักเรียนโครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 30 คน การวิจัยเป็นแบบ one–group pretest–posttest เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบสาธิตร่วมกับเทคนิคการทำนาย–สังเกต–อธิบาย แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนแบบสองลำดับขั้น และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที และ normalized gain ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนสูงขึ้นหลังจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าโดยภาพรวมนักเรียนมีการพัฒนาความคิดรวบยอดรายชั้นอยู่ระดับปานกลางเท่ากับ 0.65

คำสำคัญ: นิสิตการเคลื่อนที่แบบหมุน โครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย

The Effect of Predict–Observe–Explain Teaching Technique with Simple Demonstration on the Students' Conceptual Understanding of Rotational Motion

Natcha Daengngam and Sura Wuttiprom*

Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
*E-mail: wuttiprom@gmail.com

Abstract

The purpose of this research was to study and compare the students' conceptions on rotational motion before and after participating with the predict–observe–explain technique incorporated with the simple demonstration sets. The participants were 30 science and mathematics gifted program students from grade 8 Kanlayanee sithammarat School, Nakhon Si Thammarat. The research was conducted in the second semester of academic year 2012. The one–group pretest–posttest design was employed in carrying out the study. The research tools consisted of lesson plans based on demonstration teaching method and predict–observe–explain technique, the two tier test about rotational motion concept and the semi-structured interview form. The data were analyzed into the average percentage, standard deviation, *t*-test and normalized gain. The finding indicated that there was statistically significant mean difference between the pre-test and post-test at significant level of 0.01. The class average normalized gain was in the medium gain $\langle g \rangle = 0.65$.

Keywords: Rotational motion, Science and mathematics gifted program, Predict–observe–explain technique

บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะประสบผลสัมฤทธิ์มากหรือน้อยนั้น ส่วนหนึ่งมาจากการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีควรพัฒนาทักษะการคิด การค้นคว้า การทดลอง สรุป และการอภิปราย รวมทั้งการสื่อสารความรู้อย่างเหมาะสม โดยผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะและอำนวยความสะดวก (วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2545; อุดม เชยกีวงศ์, 2545) การคิดเป็นทักษะขั้นพื้นฐานของบุคคล เนื่องจากเป็นทักษะที่ต้องนำไปใช้ต่อยอดในทักษะอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนและยากขึ้น ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ทักษะการคิดมีหลายระดับ ความคิดรวบยอด (conceptual understanding) เป็นทักษะการคิดที่ต้องอาศัยพื้นฐานด้านความเข้าใจ การอธิบาย การขยายความ และการสรุป (ทิศนา แขมณี, 2544)

มนุษย์ได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกธรรมชาติมาเป็นเวลาอันยาวนานอย่างต่อเนื่อง ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (scientific inquiry) ภายใต้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีการค้นพบข้อมูลใหม่ที่ดีกว่า ในเมื่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอด การสอนให้นักเรียนมีทักษะการคิด โดยเฉพาะความคิดรวบยอด จึงเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญเฉพาะองค์ความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (Predict–Observe–Explain, POE) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ซึ่งมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนของการทำนาย (predict, P) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำนายว่าการทดลองหรือสถานการณ์นั้น ๆ จะเกิดผลอย่างไร ทั้งนี้โดยอาศัยการสังเกต พื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าโดยอาศัยทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการพยากรณ์ ขั้นของการสังเกต (observe, O)

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องลงมือทดลอง พิสูจน์สังเกตหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการทดลอง การสังเกต การวัด และทักษะการพยากรณ์ และขั้นของการอธิบาย (explain, E) เป็นขั้นตอนที่เกิดการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำนายไว้กับผลการทดลอง ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลในการอธิบายให้ได้ว่า คำตอบที่ได้จากการทดลองนั้นเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะเหตุใด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะเกิดความขัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลอง ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ตามทฤษฎีจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง วิธีการจัดการเรียนรู้นี้เสนอโดย White and Gunstone (1992) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดโดยผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ (สถานการณ์ในที่นี้อาจจะหมายถึง การทดลอง การสาธิต หรือโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นต้น) และให้ผู้เรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นบนพื้นฐานความรู้เดิม (prior knowledge) หลังจากผู้เรียนทำนายผลแล้ว ผู้เรียนต้องสังเกต ลงมือทดลอง หรือหาวิธีพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายผู้เรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างผลที่ได้จากการทำนายและผลจากการสังเกตหรือผลการทดลอง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ POE นี้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ University of Pittsburgh และในตอนนั้นเรียกรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ว่า Demonstrate-Observe-Explain หรือ DOE (Champagne, Klopfer and Anderson, 1980)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงถึงการนำการจัดการเรียนรู้แบบ POE มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น Kearny, Treagust and Zadnik (2001) ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ POE ควบคู่ไปกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ POE ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ได้ดีขึ้น Mabout (2006) ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ POE ในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พบว่า นักศึกษามีความคิดรวบยอดถูกต้องมากขึ้น มีความสามารถในการออกแบบการทดลองและลงมือทำการทดลองเพิ่มขึ้น รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทดลองไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายเรื่องที่แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบ POE สามารถทำให้ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อต่าง ๆ เช่น แรงลอยตัว (สุระ วุฒิพรหม, 2556) งานและพลังงาน (รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ, 2555)

ผู้วิจัยเป็นผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ (Science Math Gifted Programs, SMGP) โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากข้อสอบวัดรายจุดประสงค์ตลอดระยะเวลา 2 ปี เรื่อง งาน พลังงาน โมเมนตัมและการชน และการเคลื่อนที่แบบหมุน พบว่า นักเรียนสอบเก็บคะแนนรายจุดประสงค์ด้วยข้อสอบอัตนัยประเภทความคิดรวบยอดในเรื่อง “การเคลื่อนที่แบบหมุน” ได้คะแนนน้อยที่สุด และที่น่าสนใจกว่านั้น คือ นักเรียนสามารถทำคะแนนสอบปลายภาคด้วยข้อสอบปรนัยประเภทการคำนวณได้ จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconception) ที่หลากหลาย เช่น (1) นักเรียนคิดว่าการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์จัดเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน (2) ไม่สามารถอธิบายได้ว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ต่างจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองอย่างไร และไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดโลกจึงหมุนรอบตัวเองด้วยคาบที่คงที่ (3) ไม่สามารถอธิบายการหมุนตัวด้วยอัตราเร็วในการหมุนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของนักสเก็ตน้ำแข็งเมื่อเปลี่ยนอิริยาบถของร่างกาย เมื่อครูลองให้นักเรียนทำนายผลจากการยกตัวอย่างสถานการณ์ต่าง ๆ พบว่า มากกว่าร้อยละ 70 ไม่สามารถทำนายผลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นอกจากนี้ผู้สอนยังค้นพบอีกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในตอนแรกเมื่อเรียนจบแล้วก็ยังยากที่จะแก้ไข รวมทั้งนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดของนักเรียนโครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบาย (POE) ร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย

สมมติฐานการวิจัย

ความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนโครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์–

คณิตศาสตร์ หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย จำนวน 4 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ดังนี้

แผนที่ 1 ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน ใช้การสาธิตอย่างง่าย ได้แก่ สถานการณ์ผลักประตูและประแจขันน็อต

แผนที่ 2 ทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย (แนวราบ) ใช้การสาธิตอย่างง่าย ได้แก่ สถานการณ์การหมุนของดุมล้อจักรยาน

แผนที่ 3 ทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย (แนวดิ่ง) ใช้การสาธิตอย่างง่าย ได้แก่ สถานการณ์ไม้เมตร 2 อัน A และ B วางพาดบนไม้ C ทำมุม θ กับแนวดิ่ง

แผนที่ 4 โมเมนตัมเชิงมุมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม ใช้การสาธิตอย่างง่าย ได้แก่ สถานการณ์คนนั่งเก้าอี้หมุน การหมุนของดาวเคราะห์ และคนถือดัมเบลล์หมุนตัว

ผู้สอนใช้การสาธิตอย่างง่ายสถานการณ์การเคลื่อนที่แบบหมุน จากนั้นให้นักเรียนได้ทำนาย–สังเกต–อธิบาย สถานการณ์นั้น ๆ โดยการใช้แบบบันทึกผลประกอบการสาธิตอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำนายผลจากสถานการณ์ ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนการทดลองหรือสืบค้นข้อมูลเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ และขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนอธิบายสิ่งที่ทำนายและผลที่ได้จากการสังเกตว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

2.2 แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน แบบสองลำดับขั้น (two tier conceptual test) ขั้นแรกเป็นคำถามประเภทตัวเลือก (multiple choice question, MCQ) ขั้นที่สองเป็นการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบในขั้นแรก จำนวน 5 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหา 5 หัวข้อ แต่ละหัวข้อสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตาราง 1 แต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนน 4 ระดับ (ตาราง 1)

ตาราง 1 การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ตามเกณฑ์ 4 ระดับ

คะแนน	ส่วนแรก (ปรนัย)	ส่วนที่สอง (อัตนัย)
3	ตอบถูก	เขียนอธิบายตรงตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง หรือมีเนื้อหาทั้งหมดอยู่ในประเด็น มีการแสดงที่มาของคำตอบด้วยสมการทางฟิสิกส์อย่างเป็นลำดับชัดเจน
2	ตอบถูก	เขียนอธิบายตรงตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง หรือมีเนื้อหาบางส่วนอยู่ในประเด็นไม่มีการแสดงที่มาของคำตอบด้วยสมการทางฟิสิกส์หรือแสดงสมการที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่เป็นลำดับ
1	ตอบถูก	เขียนอธิบายไม่ตรงตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง
0	ตอบผิด	ตอบผิด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบาย ร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย จากนั้นวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยใช้ค่าร้อยละและความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ย (average normalized gain) (Hake, 1998) เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ย average normalized gain ($\langle g \rangle$) คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ความก้าวหน้าทางการเรียน } \langle g \rangle = \frac{\%\text{posttest} - \%\text{pretest}}{100 - \%\text{pretest}}$$

โดยที่ %pretest = ร้อยละค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน

%posttest = ร้อยละค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน

ค่า <*g*> แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง (high gain) มีค่า <*g*> ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป (<*g*> $\geq$ 0.7) ระดับปานกลาง (medium gain) มีค่า <*g*> อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.7 (0.3 $\leq$ <*g*> $<$ 0.7) และระดับต่ำ (low gain) มีค่า <*g*> อยู่ต่ำกว่า 0.3 ลงไป (<*g*> < 0.3)

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียน ได้ผลดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที และระดับความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้วยการทดสอบทีแบบไม่อิสระ (independent sample *t*–test) เพื่อทดสอบว่าภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบายร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายแล้วนักเรียนมีความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนสูงขึ้นหรือไม่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (11.27 หรือ 75.13%) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.47 หรือ 29.78%) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าทีเท่ากับ 19.59 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายมีความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนสูงขึ้นจากก่อนเรียน และเมื่อพิจารณาภาพรวมว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ยที่ระดับใด จากการคำนวณค่า <*g*> พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายมีความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (<*g*> = 0.65) ซึ่งผลของคะแนนเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที และระดับความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ยแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที และระดับความก้าวทางการเรียนโดยเฉลี่ย การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ	N	ค่าเฉลี่ย	SD	การทดสอบค่า *t*	ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเฉลี่ย
ก่อนเรียน	30	29.78	1.59	19.59**	0.65 (medium gain)
หลังเรียน	30	75.13	1.72		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, $t_{29,\ 0.01}$=2.7564

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลจำแนกตามระดับความสามารถทางฟิสิกส์

เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลแยกตามระดับความสามารถทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้จำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามคะแนนสอบกลางภาควิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โดยผู้ที่ได้คะแนนในระดับ 3.50–4.00 จัดเป็นกลุ่มเก่งมีจำนวน 8 คน คะแนนระดับ 3.20–3.49 จัดเป็นกลุ่มปานกลางมีจำนวน 14 คน และคะแนนตั้งแต่ระดับ 3.20 ลงไปเป็นกลุ่มอ่อนมีจำนวน 8 คน และติดตามความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนแต่ละกลุ่มภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าง ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนในกลุ่มเก่งส่วนใหญ่ (จำนวน 6 ใน 8 คน หรือ 75.00%) มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง นักเรียนในกลุ่มปานกลางส่วนใหญ่ (จำนวน 7 ใน 14 คน หรือ 50.00%) มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนในกลุ่มอ่อนส่วนใหญ่ (จำนวน 4 ใน 8 คน หรือ 50.00%) มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบาย ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายสามารถทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ในทุกระดับความสามารถทางฟิสิกส์มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่มีความก้าวหน้าระดับปานกลางขึ้นไป ดังในตาราง 3

3. เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 4 ระดับ

ผู้วิจัยได้พิจารณาคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 4 ระดับเพื่อเปรียบเทียบว่าก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยวิธีทำนาย–สังเกต–อธิบาย ร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย เมื่อพิจารณาคะแนนก่อนการจัดการเรียนรู้ (pre-test) ทุกข้อ พบว่า เรื่องโมเมนตัมเชิงมุม และ โมเมนต์ความเฉื่อย นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนน 0 แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถตอบคำถามที่เป็นปรนัยได้ถูกต้อง เรื่องความสัมพันธ์ของกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมกับโมเมนต์ความ

เฉลี่ย นักเรียนส่วนใหญ่ได้ 1 คะแนน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถตอบถามที่เป็นปรนัยได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ ส่วนเรื่องความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย และกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนน 0 กับ 2 คะแนนในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันมาก มีเพียงเรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย เพียงข้อเดียวที่มีนักเรียนได้ 3 คะแนน สรุปโดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนจากแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ 0 คะแนน

ตาราง 3 คะแนนความก้าวหน้าทางความคิดรวบยอดโดยเฉลี่ย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน จำแนกตามกลุ่มของผู้เรียน

	กลุ่มเก่ง			**กลุ่มปานกลาง**			**กลุ่มอ่อน**		
	high	**medium**	**low**	**high**	**medium**	**low**	**high**	**medium**	**low**
	0.70	0.69	0.45	0.82	0.56	0.40	0.70	0.50	0.38
	0.82			0.82	0.58	0.38		0.58	0.45
	0.80			0.83	0.78			0.58	0.45
	0.86			0.80	0.62			0.50	
	0.89			0.75	0.62				
	0.91				0.58				
					0.58				
รวม (คน)	6	1	1	5	7	2	1	4	3
ร้อยละ	**75.00**	**12.50**	**12.50**	**35.71**	**50.00**	**14.29**	**12.50**	**50.00**	**37.50**

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนตามเกณฑ์ 4 ระดับจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อที่	เรื่อง	จำนวนนักเรียน (คน)							
		3 คะแนน		2 คะแนน		1 คะแนน		0 คะแนน	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	โมเมนตัมเชิงมุม	0	29	0	1	11	0	19	0
2	ความสัมพันธ์ของกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมกับโมเมนต์ความเฉื่อย	0	14	5	0	16	0	9	16
3	ความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย	0	0	12	29	7	1	11	0
4	โมเมนต์ความเฉื่อย	3	28	8	1	6	1	13	0
5	กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	0	6	13	19	5	5	12	0
เฉลี่ย		0.6	15.4	7.6	10	9	1.4	12.8	3.2

เมื่อวิเคราะห์ผลจากคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ (post-test) ร่วมกับการสัมภาษณ์ พบว่า

ข้อที่ 1 เรื่อง โมเมนตัมเชิงมุม พบว่า มีนักเรียนได้ 3 คะแนนเกือบร้อยละ 100 และไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ได้ 1 และ 0 คะแนน จากการสัมภาษณ์นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายนิยามของโมเมนตัมเชิงมุม พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ถูกต้อง ข้อมูลทั้งหมดนี้บ่งชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า หลังนักเรียนได้ทำกิจกรรมโดยใช้การสาธิต 3 สถานการณ์ ได้แก่ คนนั่งเก้าอี้หมุน การหมุนของดาวเคราะห์ และคนถือดัมเบลหมุนตัวช่วยให้นักเรียนสามารถตอบและให้เหตุผลประกอบได้อย่างถูกต้อง

ข้อที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ของกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมกับโมเมนต์ความเฉื่อย พบว่า มีนักเรียนได้ 3 คะแนน (ร้อยละ 46.67) กับ 0 คะแนน (ร้อยละ 53.33) เกือบเท่า ๆ กัน จากการสัมภาษณ์ทำให้ผู้วิจัยทราบสาเหตุที่นักเรียนตอบคำถามแบ่งเป็น 2 กลุ่มชัดเจน เนื่องจากนักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้บอกว่าเห็นการสาธิตไม่ชัดเจน จึงสรุปผลการสังเกตแตกต่างกันออกไป

ข้อที่ 3 เรื่อง ความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดได้ 3 คะแนน นักเรียนเกือบร้อยละ 100 ได้ 2 คะแนน ความยากของนักเรียนในการตอบคำถามข้อนี้ที่ได้จากการสัมภาษณ์คือไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อยได้

ข้อที่ 4 เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย พบว่า มีนักเรียน ร้อยละ 93.33 ได้ 3 คะแนน และไม่มีนักเรียนคนใดได้ 0 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบถูกและสามารถเขียนอธิบายตรงตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง หรือมีเนื้อหาทั้งหมดอยู่ในประเด็น มีการแสดงที่มาของคำตอบด้วยสมการทางฟิสิกส์อย่างเป็นลำดับชัดเจน

ข้อที่ 5 เรื่อง กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ คือ ร้อยละ 63.3 ได้ 2 คะแนน และไม่มีนักเรียนคนใดได้ 0 คะแนน ส่วนนักเรียนที่ได้ 3 และ 1 คะแนน มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายนิยามของกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมพร้อมยกตัวอย่างได้

โดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่หลังการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายมีความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนจากแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ 3 และ 2 คะแนน ซึ่งรวมกันแล้วคิดเป็นร้อยละ 85 ของนักเรียนทั้งหมด

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การจัดเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 30 คน โครงการพัฒนาความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ (SMGP) โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า นักเรียนมีความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนหลังเรียน (ร้อยละ 75.13) สูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 29.78) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียน (class average normalized gain) เท่ากับ 0.65 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน สามารถพัฒนาความคิดรวบยอดให้อยู่ในระดับสูง ปานกลาง และปานกลาง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายสามารถใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับความสามารถทางฟิสิกส์ เพราะแม้แต่นักเรียนในกลุ่มอ่อนยังสามารถพัฒนาความคิดรวบยอดได้ในระดับสูงได้ (ตาราง 4) เมื่อวิเคราะห์คะแนนหลังเรียนและก่อนเรียนตามเกณฑ์ 4 ระดับ พบว่า นักเรียนมีความคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนเพิ่มขึ้น ทั้งในแง่การทำนายปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและสามารถอธิบายผลที่เกิดด้วยข้อความ นิยาม สมการ หรือการวาดภาพ ซึ่งสังเกตได้จากนักเรียนได้คะแนน 3 และ 2 เพิ่มขึ้น และได้คะแนน 1 และ 0 ลดลง หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่าย (ตาราง 3) หัวข้อที่นักเรียนสามารถเพิ่มความคิดรวบยอดได้มากที่สุดไปหาน้อยที่สุดเรียงตามลำดับ ได้แก่ โมเมนตัมเชิงมุม โมเมนต์ความเฉื่อย ความสัมพันธ์ของกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมกับโมเมนต์ความเฉื่อยกฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม และความสัมพันธ์ของทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบ POE ร่วมกับการสาธิตอย่างง่ายช่วยเพิ่มความคิดรวบยอดเรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุนได้ เมื่อวิเคราะห์แยกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่

1. การจัดการเรียนรู้แบบ POE ตั้งอยู่บนทฤษฎีการสร้างความรู้จากประสบการณ์โดยมีปฏิสัมพันธ์ (interactive) กับสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ (learning environment) ที่หลากหลาย เช่น บุคคล เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ จากนั้นผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิด เพื่อขยายความหรือเปลี่ยนแปลงเป็นองค์ความรู้ของตนเอง (วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2556)

2. การจัดการเรียนรู้แบบ POE มีลำดับขั้นที่สามารถสร้างความสนใจให้ผู้เรียนจดจ่อ คิด และปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ตลอดเวลา เริ่มจากขั้นทำนาย ผู้เรียนใช้ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมในการคาดคะเนหรือทำนายเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น อีกทั้งผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะเกี่ยวกับการสื่อสาร การแสดงความคิดเห็นและอภิปรายกับผู้เรียนหรือผู้สอนในขั้นทำนายนี้ด้วย ต่อมาขั้นสังเกต เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น โดยผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการที่หลาก-

หลาย เช่น จากการทดลอง สืบค้นข้อมูล และขั้นสุดท้ายคือขั้นอธิบาย เป็นการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดจากขั้นสังเกตแล้วอธิบาย อภิปรายถึงความเหมือนหรือแตกต่างกับขั้นทำนาย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และนำไปสู่การมีความคิดรวบยอดต่อเรื่องที่กำลังศึกษา (รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ, 2555)

3. จากการสัมภาษณ์ พบว่า การใช้การสาธิตอย่างง่ายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และเห็นได้จริงในห้องเรียนทำให้ง่ายต่อการเชื่อมโยงไปสู่ทฤษฎีหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ด้วยตนเองโดยเทียบกับความเป็นจริงในธรรมชาติที่แสดงให้เห็นด้วยการสาธิตอย่างง่าย เพราะเป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรมนั่นเอง (กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์ และไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2555)

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์ และไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2555). การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การรักษาดุลยภาพของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict–Observe–Explain (POE). **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 35(2): 7-15.

ทิศนา แขมณี. (2544). **การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของโรงเรียน: การศึกษาพหุกรณี.** กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนา พันสนิท และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ. (2555). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบการทำนาย–สังเกต–การอธิบาย. **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย ขอนแก่น** 35(2): 87-92.

วิชัย ลาธิ และศักศรี สุภาษร. (2555). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี** 24(1): 29-52.

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2545). **การพัฒนาการเรียนการสอน**. มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุระ วุฒิพรหม. (2556). การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนระหว่างวีดีโอเทปกับการทดลองสาธิตเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแรงลอยตัว. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้** 4(1): 9-19.

อุดม เชยกีวงศ์. (2545). **หลักสูตรท้องถิ่นยุทธศาสตร์การปฏิรูปการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

Champagne, A., Klopfer, L., and Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. **American Journal of Physics** 48(12): 1074-1079.

Kearny, M., Treagust, D. F., Yeo, S., and Zadnik, M.G. (2001). Student and teacher perceptions of the use of multimedia support predict–observe–explain tasks to probe understanding. **Research in Science Education** 31: 589-615.

Mabout, S. (2006). **The Use of a Constructivist Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding of Motion in Tertiary Physics in Thailand**. Ph.D. Dissertation. Australia: Science Education, Curtin University of Technology.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics** 66(1): 64-72.

White, R., and Gunstone, R. (1992). **Probing Understanding**. London: The Falmer.