

## Development of Scientific Understanding using High Speed Video Analysis Technique : Case study on Projectile Motion

**Jiraporn Poonyawatpornkul**

Ph.D. (Physics), Lecturer

Department of Physics and General Science,  
Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

**Vilaiporn Luksameevanish**

Ph.D.(Rubber and Polymer Technology), Associate Professor

Department of Physics and General Science,  
Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

---

Received : May 22, 2018 / Revised : October 3, 2018 / Accepted : October 9, 2018

### Abstract

Three main purposes of this research were (1) to improve the effectiveness of learning using activity - based tutorials (ABT) on projectile motion with high - speed video technique, (2) to investigate the scientific understanding and (3) to evaluate the progress of normalized gain  $\langle g \rangle$  of Physics and General Science students, Chiang Mai Rajabhat University. Eighty students were divided into 2 groups of experimental and control groups using purposive sampling. Research tools consisted of scientific understanding subjective test on projectile motion, activity - based tutorials with high speed video technique for experimental group, and independent study for the control group. Mean, percentage, and normalized gain were used for statistical analysis. The scientific understanding of the experimental group increased from about 12% to 69%, after studying the topic via a high speed video technique. Higher normalized gain values,  $\langle g \rangle$ , ranging from 0.24 to 0.95 of this sample group than those of the control group, ranging from 0.06 to 0.75 was found.

**Keywords:** Scientific Understanding, Activity-Based Tutorials, Projectile Motion, High Speed Technique, Normalized Gain

## การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูง กรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล

Ph.D. (Physics), อาจารย์

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิไลพร ลักขมวิภาณิชย์

Ph.D. (Physics), รองศาสตราจารย์

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วันรับบทความ : 22 พฤษภาคม 2561 / วันแก้ไขบทความ : 3 ตุลาคม 2561 /

วันตอบรับบทความ : 9 ตุลาคม 2561

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมเสริมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูง และสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain,  $\langle g \rangle$ ) ของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่เลือกแบบเจาะจงจำนวน 80 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมเสริมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงสำหรับกลุ่มทดลอง และกิจกรรมการศึกษาย่างอิสระสำหรับกลุ่มควบคุม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองที่เสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงสามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.24-0.95 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ศึกษาย่างอิสระนอกห้องเรียนที่พบความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.06-0.75

**คำสำคัญ:** แนวคิดทางวิทยาศาสตร์, กิจกรรมเสริมการเรียนรู้, การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์, เทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูง, ความก้าวหน้าทางการเรียน

## บทนำ

จุดประสงค์หนึ่งที่สำคัญในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์คือ “การมุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี” (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ม.ป.ป.) นั้นหมายความว่า หากผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ต้องสามารถแสดงหรืออธิบายแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและชัดเจนอย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาที่สำรวจผู้เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาพบว่า ผู้เรียนที่เรียนวิชานี้สามารถแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์สมมติขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ไม่สามารถแสดงออกด้านแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงหรืออธิบายความสัมพันธ์ของหลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่ได้เรียนมากับสถานการณ์นั้น ๆ ได้ (พรรัตน์ วัฒนกสิวิช, 2550) นับเป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ และอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลผู้เรียนไม่ให้ความสำคัญและทำให้คิดว่าการเรียนรายวิชานี้เป็นเรื่องที่น่าเบื่อและยากต่อการทำความเข้าใจ

การเรียนวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นเริ่มจากการอธิบายเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่สามารถพิจารณาแบบพื้นฐาน (Fundamental) เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วหรือความเร่งคงตัว แล้วพัฒนาไปยังการเคลื่อนที่แบบสองมิติ เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ หรือการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย หากผู้เรียนมีความเข้าใจหลักการเบื้องต้นของการเคลื่อนที่เหล่านี้ ย่อมส่งผลไปยังการศึกษากลศาสตร์ขั้นสูงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ที่จัดเป็นการเคลื่อนที่พบเห็นทั่วไปในชีวิตประจำวัน ตลอดจนต้องการสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แต่จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ค้นพบว่าผู้เรียนบางคนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เช่น เมื่อยิงวัตถุด้วยมุมเงยค่าหนึ่ง ส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการยิงแล้วจึงตกสู่พื้นในแนวตั้งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (McCloskey, 1983) หรือวัตถุที่ถูกปล่อยจากพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่จะตกลงสู่พื้นในแนวตั้ง (Millar & Kragh, 1994) หรือขณะที่วัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ต้องมีแรงหนึ่งแรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางการเคลื่อนที่นั้น

เสมอ (Tao & Gunstone, 1999) หรือ ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของระยะทาง ความเร็ว หรือ ความเร่งในแนวระดับกับแนวตั้งได้ (Hecht & Bertamini, 2000) นอกจากนี้ Prescott & Mitchelmore (2005) ยังค้นพบว่า นักเรียนระดับมัธยมในซิดนีย์มีโมโนมิติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการขวางวัตถุด้วยความเร็วต่างกัน (ทั้งทิศและขนาด) ภายใต้สนามแรงโน้มถ่วงของโลกที่เคลื่อนที่จากหน้าผาหรือจากเครื่องบิน ทั้งๆ ที่เคยเรียนคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่กับทฤษฎีฟิสิกส์มาแล้ว หรือ Chick & Vincent (2005) ค้นพบความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เมื่อยกตัวอย่างสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 ก้อนที่มีความสูงระดับเดียวกัน วัตถุแรกปล่อยให้ตกลงมาในแนวตั้ง วัตถุที่สองถูกยิงให้มีความเร็วต้นในแนวระดับก่อนเคลื่อนที่ตกสู่พื้น เช่น ยิงจากพื้นราบบนโต๊ะ ผลการสำรวจพบว่าผู้เรียนจำนวนร้อยละ 71 ทำนายว่าวัตถุก้อนแรกจะเคลื่อนที่ถึงพื้นก่อนวัตถุก้อนที่สอง ทั้งที่วัตถุทั้งสองควรตกถึงพื้นพร้อมกัน เมื่อเริ่มพ้นขอบโต๊ะหรือปล่อยในเวลาเดียวกัน

จากตัวอย่างงานวิจัยที่พบความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นี้ ทำให้เห็นได้ว่า ผู้เรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทางธรรมชาติกับทฤษฎีได้ชัดเจนและถูกต้อง สาเหตุอาจเป็นเพราะขาดสื่อการสอนหรือกิจกรรมที่เหมาะสมที่ทำหน้าเชื่อมโยงหลักการทางทฤษฎีกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเข้าด้วยกัน จึงมีนักวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาได้หาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเช่น Heck & Uylings (2006) เริ่มนำเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงมาใช้ในงานวิจัย โดยใช้กล้อง Casio EXILIM Pro EX - F1 ด้วยความเร็วในการถ่าย 300 เฟรมต่อวินาที ศึกษาการตกอิสระของลูกขนไก่ที่ปล่อยจากที่สูง 4.5 เมตร แล้วนำภาพวิดีโอไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม The Coach 6 Video Tool ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนสามารถบันทึกภาพวิดีโอและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุได้อย่างถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีในตำราเรียน จัดเป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้เทคนิคการถ่ายภาพวิดีโอความเร็วสูงยังช่วยให้ประหยัดเวลาในการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองของ Prommarach, Wattanakasiwich and Johnston (2012)

ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิถีโอความเร็วสูงในการศึกษา การกลิ้งของทรงกระบอกตันและกลวงเพื่อใช้ประกอบการ เรียนการสอนในชั้นเรียนและช่วยอธิบายผลของ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของทรง กระบอกทั้งสองลักษณะ ส่งผลให้สามารถหามุมวิกฤตที่ ทำให้ทรงกระบอกทั้งสองกลิ้งโดยไม่ไถลได้ โดยค่าจาก การคำนวณทางทฤษฎีของมุมวิกฤตมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าที่ได้จากการทดลอง ผลจากการวิจัยนี้ได้ถูกนำไป อธิบายประกอบการสัมภาษณ์นักศึกษาระดับชั้นปีที่ 1 คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และพบว่านักศึกษា ส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย บทบาทของแรงเสียดทานที่มีต่อ การกลิ้ง งานในการกลิ้ง รวมถึงความเร่งของจุดศูนย์กลาง มวลของทรงกระบอกแบบต่าง ๆ เป็นต้น การศึกษาอีก ด้านหนึ่งของงานวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ไปออกแบบชุดอุปกรณ์สาธิตการเคลื่อนที่แบบกลิ้ง วิถีโอ การสาธิตและใบกิจกรรม เพื่อประกอบการบรรยายเชิง มีปฏิสัมพันธ์ ผลจากการวิจัยพบว่าการสอนโดยใช้สื่อ สาธิตประกอบการบรรยายมีประสิทธิภาพมากกว่าการ สอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว Poonyawatpornkul and Wattanakasiwich (2013) ได้ใช้เทคนิคการ วิเคราะห์วิถีโอความเร็วสูง ในการศึกษาการเคลื่อนที่ แบบเส้นของวัตถุติดสปริงในกลีเซอร์ริน พบว่าเทคนิคนี้ สามารถทำให้เห็นภาพการสั่นของวัตถุติดสปริงใน กลีเซอร์รินที่อุณหภูมิต่างกัน มีสามลักษณะสำคัญคือ การ เคลื่อนที่แบบการหน่วงด้อย (Underdamping) การ หน่วงวิกฤต (Critical damping) และการหน่วงเกิน (Overdamping) นอกจากนี้เมื่อนำผลการทดลองมา เปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีของตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย อีกทั้งสามารถเชื่อมโยง หลักการทางทฤษฎีกับสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียน สามารถมองเห็นภาพการเคลื่อนที่ที่เป็นนามธรรมได้ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่แสดงถึงการสำรวจ และพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เช่น ไอนิง เจ๊ะเหลาะ อนุมัติ เดชนะ และสรณ เสนาสวัสดิ์ (2558) ได้ศึกษา มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่าระดับความ

เข้าใจมโนมติของผู้เรียนสามารถพัฒนาไปถึงระดับที่มี ความเข้าใจที่สมบูรณ์ได้ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ ธณัฐธา คงทน บุญนาค สุขุมเมฆ และชาติรี ฝ่ายคำตา (2559) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบ จำลองเป็นฐาน และพัฒนาแนวคิดของผู้เรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ และพบว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ซึ่งกันและกัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติได้จริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน และการใช้สื่อการ เรียนรู้ที่หลากหลายทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณ ร้อยละ 46 สามารถพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) และมี แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) ประมาณร้อยละ 9 อัฉฉรีย์ สังข์รักษ์ สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และสิทธิชัย วิชัยดิษฐ (2560) ได้พัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับ ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของพืชและพบว่า การดำเนินการดังกล่าวสามารถพัฒนา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียนได้ดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาทำให้เห็นว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสามารถพัฒนาได้ หากมี การจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง หรือเห็นภาพจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งพัฒนาแนวคิด วิทยาศาสตร์ โดยสร้างกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ (Activity - based tutorial) นอกห้องเรียน ด้วยการให้ นักศึกษากลุ่มทดลองวิเคราะห์ภาพถ่ายวิถีโอความเร็วสูง ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ด้วยโปรแกรม Tracker แล้วทดสอบและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการ ทำแบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อสำรวจแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ของกลุ่มนักศึกษาดังกล่าว ความสำเร็จของ การศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยเทคนิควิธีการวิจัยนี้ จัดเป็นรากฐานของการนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริง เพื่อจูงใจให้ผู้เรียนรัก และใฝ่ใจเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ต่อไป

## วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรม เสริมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิถีโอความเร็วสูง

2. เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังทำกิจกรรมเสริมนอกห้องเรียนของนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

3. เพื่อศึกษาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนรายวิชา กลศาสตร์เบื้องต้น หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

## วิธีการศึกษา

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาสังกัดภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ประกอบด้วยนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์ และหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ผ่านการเรียนรายวิชา กลศาสตร์เบื้องต้น จำนวน 80 คน แล้วแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจำนวน 40 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 40 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงให้แต่ละกลุ่มมีจำนวนนักศึกษาที่มีระดับผลการเรียนรายวิชา กลศาสตร์แต่ละระดับเท่ากัน ได้แก่ นักศึกษาที่มีผลการเรียนระดับ A B C+ C D+ และ D กลุ่มละ 5 คน และผลการเรียนระดับ +B กลุ่มละ 10 คน รวมเป็นกลุ่มละ 40 คน

### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ระดับมหาวิทยาลัย

### ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการศึกษาโดยใช้กิจกรรมเสริมนอกห้องเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงและการศึกษาอย่างอิสระ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบที่ 1 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ให้กลุ่มตัวอย่างเขียนทำนายคำตอบก่อนการศึกษากา

เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงสำหรับกลุ่มทดลอง และการศึกษาอย่างอิสระประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จำนวน 8 ข้อ

2. วิดีโอภาพการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ และโปรแกรม Tracker ที่ใช้วิเคราะห์ภาพถ่ายจากวิดีโอความเร็วสูง (ใช้สำหรับกลุ่มทดลอง)

3. เว็บไซต์ ตำรา หนังสือเรียน หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อีกเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ใช้สำหรับกลุ่มควบคุม)

4. แบบทดสอบที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่มีคำถามเช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ 1 แต่เป็นการให้กลุ่มตัวอย่างเขียนอธิบายหลังจากทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้

### วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินงานเก็บข้อมูลโดยใช้กิจกรรมเสริมการเรียนรู้นอกห้องเรียนเพื่อให้นักศึกษามีความรู้และสามารถแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นกว่าการเรียนในห้องเรียน กิจกรรมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1-2 จัดขึ้นในวันแรกของการเก็บข้อมูล ขั้นตอนที่ 3-4 จัดขึ้นในวันที่สองของการเก็บข้อมูล กิจกรรมและเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมแสดงดัง ตาราง 1

รายละเอียดของการทำกิจกรรม มีดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** กลุ่มตัวอย่างทั้งสองทำกิจกรรมด้วยรูปแบบการทำงานร่วมกันเป็นคู่ (Cooperative Learning) ใช้เวลา 2 ชั่วโมง เพื่อได้รับคำแนะนำสำหรับการทำกิจกรรมเสริมเพื่อศึกษากาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ใช้เวลา 1 ชั่วโมง) และทำแบบทดสอบที่ 1 ที่เป็นการทำนายแนวคำตอบของสถานการณ์ก่อนทำกิจกรรม (ใช้ 1 ชั่วโมง)

**ขั้นตอนที่ 2** ผู้วิจัยแยกกลุ่มตัวอย่างทั้งสองเพื่อดำเนินกิจกรรมที่กำหนดไว้ดังนี้

2.1 กิจกรรมของกลุ่มทดลอง เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงและการติดตั้งโปรแกรม Tracker ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมให้ และกำหนดให้ใช้เวลาศึกษา 2 ชั่วโมง

2.2 กิจกรรมของกลุ่มควบคุม เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์อย่างอิสระ เช่น ศึกษาจากหนังสือ จากเว็บไซต์ หรือใน YouTube โดยกำหนดให้ใช้เวลาในการศึกษา 2 ชั่วโมง

**ขั้นตอนที่ 3** เป็นขั้นตอนหลังจากกลุ่มตัวอย่าง ทั้งสองกลุ่มทำกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 เสร็จ ในวันถัดมา กลุ่มตัวอย่างทั้งสองรวมกลุ่มกันเพื่อทำแบบทดสอบที่ 2 (เป็นการตอบคำถามของสถานการณ์ในแบบทดสอบที่ 1

อีกครั้งหลังทำกิจกรรม) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

**ขั้นตอนที่ 4** กลุ่มตัวอย่างนำเสนอและร่วมกัน อภิปรายผลการศึกษารื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ตาราง 1 ขั้นตอน กิจกรรมและรายละเอียด เวลา และกลุ่มตัวอย่างสำหรับการจัดกิจกรรมเสริมนอกห้องเรียน

ขั้นตอนที่	กิจกรรมและรายละเอียด	เวลา (ชั่วโมง)	กลุ่มตัวอย่าง
1.	แนะนำกิจกรรมศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และแบบทดสอบที่ 1	2	กลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม
2.	2.1 ศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์วิถีไอความเร็วสูงและการติดตั้งโปรแกรม Tracker โดยใช้การเรียนรู้แบบการทำงานร่วมกันเป็นคู่ (Cooperative Learning) 2.2 อธิบายและแนะนำการศึกษาอย่างอิสระสำหรับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เช่นศึกษาจากหนังสือเรียน และ/หรือจากอินเทอร์เน็ต	2	กลุ่มทดลอง  กลุ่มควบคุม
3.	ทำแบบทดสอบที่ 2	1	กลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม
4.	นำเสนอผลการศึกษากิจกรรม	2	กลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม

จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำคำตอบของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดจากขั้นตอนที่ 1 และ 3 มาตรวจวิเคราะห์ และ ประเมินผลการเรียนรู้ตามเกณฑ์ โดยจำแนกเป็น 5 ประเภท ตามหลักการของ Haidar (1997) ที่ได้ให้นิยามความ แตกต่างของแนวคิดทั้ง 5 ประเภท ดังนี้

**1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์** (scientific understanding : SU) หมายถึง คำตอบที่สามารถ อธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง สมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ ตามความสำคัญของคำถามแต่ละข้อ สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่ยอมรับโดยทั่วไป

**2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน** (partial understanding : PU) หมายถึง คำตอบที่สอดคล้องกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ที่กำหนดใน SU) บางส่วน และอธิบายบางส่วนนั้นได้ถูกต้อง

**3) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและ แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน** (partial understanding and misconception : PU & MU) หมายถึง คำตอบที่ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (คลาดเคลื่อน อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ) และอธิบายบางส่วนนั้น ไม่ถูกต้อง

**4) แนวคิดคลาดเคลื่อน** (misconception, specific misconception : SM) หมายถึง คำตอบที่ อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องตามแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์

**5) ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม** (without answer, no conception, no understanding : NU) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม หรือ ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม หรือทวนคำถามหรือไม่ได้อธิบายเหตุผล

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain, <math>\langle g \rangle</math>)<sup>1</sup> ของกลุ่มตัวอย่างที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นต่อแบบทดสอบแต่ละข้อ ประเภทความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อ (Single test item normalized gain) (Bao, 2006 และ

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, ม.ป.ป.) จากความสัมพันธ์ของร้อยละของจำนวนคำตอบก่อนเรียน (% pre - test) ที่แสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบ SU และร้อยละของจำนวนคำตอบหลังเรียน (% post - test) ที่มีแนวคิดแบบ SU เช่นกัน ดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{(\% \text{ post - test}) - (\% \text{ pre - test})}{100 - (\% \text{ pre - test})}$$

ความก้าวหน้าทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่แสดงผ่านการตอบแบบทดสอบ สามารถแบ่งระดับความก้าวหน้าได้เป็น 3 ระดับ คือระดับสูง (High gain) ระดับกลาง (Medium gain) และ ระดับต่ำ (Low gain) ตามค่า <math>\langle g \rangle</math> ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ระหว่าง 0.3 ถึง 0.7 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 ตามลำดับ

### ผลการศึกษาและอภิปรายผล

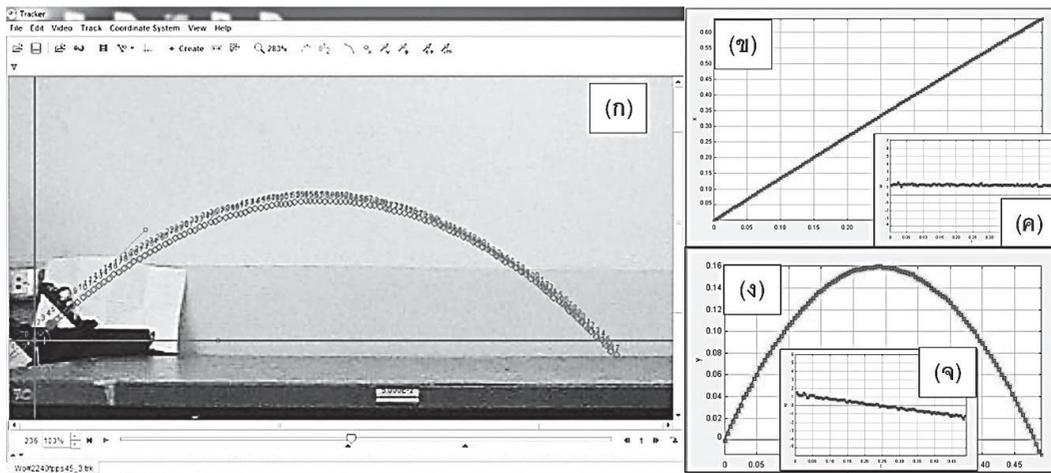
การจัดกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างแบบการทำงานร่วมกันเป็นคู่ของกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างจำนวนกลุ่มละ 40 คน ทำให้แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มละ 20 คู่ (หรือ 20 กลุ่มย่อย) ดังแสดงในภาพประกอบ 1 นักศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 ทั้ง 20 คู่ ร่วมกันศึกษาโปรแกรม Tracker ที่คณะผู้วิจัยจัดเตรียมไว้อย่างอิสระ โดยโปรแกรม Tracker ดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากวิดีโอความเร็วสูงของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกลมไม้ ซึ่งจัดเป็นสถานการณ์จริงที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่เคยศึกษามาได้ แสดงดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 เป็นตัวอย่างการใช้โปรแกรม Tracker วิเคราะห์ภาพวิดีโอความเร็วสูง (อัตรา 240 เฟรมต่อวินาที) ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกลมไม้ที่ถูกยิงจากเครื่องยิงด้วยมุม 45 องศา แล้วตกลงถึงพื้นที่ระดับเดียวกับตำแหน่งยิง ภาพประกอบ 2 (ก) แสดงการติดตามตำแหน่งของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงจากเริ่มยิงจนกระทั่งตกลงถึงพื้น ภาพประกอบ 2 (ข) เป็นกราฟแสดงตำแหน่งตามแนวแกน x ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา t ซึ่งพบว่าค่า x เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลา t ภาพประกอบ 2 (ค) แสดงผลการวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงความเร็วตามแนวแกน x ( $V_x$ ) กับเวลา พบว่า  $V_x$  มีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่ ส่วนภาพประกอบ 2 (ง) และ (จ) แสดงตำแหน่งของวัตถุตามแนวแกน y และความเร็วตามแนวแกน y ( $V_y$ ) ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา ตามลำดับ โดยค่า y เปลี่ยนแปลงแบบพาราโบลากับเวลา t ส่วนค่า  $V_y$  ก่อนถึงจุดสูงสุดมีค่าเป็นบวกและลดลงแบบเชิงเส้น และเมื่อผ่านจุดสูงสุดค่าที่ได้มีทิศทางตรงกันข้าม



**ภาพประกอบ 1** ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นคู่ของกลุ่มทดลองขณะศึกษาและวิเคราะห์ภาพวิดีโอการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ผ่านโปรแกรม Tracker

<sup>1</sup> normalized เป็นค่าที่มาจากค่าศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ หมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 ดังนั้นความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain, <math>\langle g \rangle</math>) จึงหมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียน (Actual gain หรือ (%post-test) - (%pre-test)) มีค่าเป็นกึ่งหนึ่งของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain หรือ (100%) - (%pre-test)) ดังนั้นค่า <math>\langle g \rangle</math> จึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0-1.0



**ภาพประกอบ 2** ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกลมไม้ที่ถูกยิงด้วยมุมเงย  $45^\circ$  ด้วยโปรแกรม Tracker แสดง (ก) ตำแหน่งของวัตถุตลอดการเคลื่อนที่ (ข) กราฟแสดงตำแหน่งตามแนวแกน  $x$  กับเวลา  $t$  (ค) กราฟแสดงความเร็วตามแนวแกน  $x$  ( $V_x$ ) กับเวลา  $t$  (ง) กราฟแสดงตำแหน่งตามแนวแกน  $y$  กับเวลา  $t$  และ (จ) กราฟแสดงความเร็วเชิงแนวแกน  $y$  ( $V_y$ ) กับเวลา  $t$

จากขั้นตอนการทำกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง ที่แสดงในตาราง 1 นักศึกษาแต่ละกลุ่มย่อยได้ร่วมกันทำแบบทดสอบที่ 1 และ 2 ก่อนและหลังการทำกิจกรรมเสริม ในขั้นตอนที่ 1 และ 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำคำตอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกคำตอบดังกล่าวออกเป็น 5 ประเภทตามระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่แสดงในคำตอบนั้น ๆ ว่าอยู่ในระดับใด ได้แก่ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SU) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU & MU) แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) จำนวนข้อมูลจำนวนกลุ่มย่อยที่แสดงแนวคิดในแต่ละระดับถูกนำมาหาค่าร้อยละดังแสดงด้วยข้อมูลตาราง 2

ประเด็นคำถามในแบบทดสอบ แยกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ (1) ความเข้าใจต่อคุณลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวราบ (2) ความเข้าใจต่อคุณลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (3) ความเข้าใจต่อความเร็วของวัตถุที่ตำแหน่งสูงสุด และ (4) ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของวัตถุกับมุมยิง รายละเอียดและผลการวิเคราะห์คำตอบของกลุ่มตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

คำถามข้อที่ 1 คือ ให้นักศึกษาเขียนกราฟและอธิบายองค์ประกอบตามแนวระดับของตำแหน่ง ( $s_x$ )

ความเร็ว ( $v_x$ ) และความเร่งของวัตถุ ( $a_x$ ) ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา ( $t$ ) ผลการวิจัยพบว่าก่อนทำกิจกรรม นักศึกษากลุ่มทดลองเฉลี่ยประมาณร้อยละ 37 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากสามารถเขียนกราฟและอธิบายของตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งตามแนวระดับที่เปลี่ยนแปลงกับเวลาได้แต่ไม่ครบองค์ประกอบ เช่น นักศึกษาไม่ได้เขียนกราฟและอธิบายการเคลื่อนที่หลังจากวัตถุผ่านจุดสูงสุด ในขณะที่นักศึกษากลุ่มควบคุมส่วนมาก (เฉลี่ยประมาณร้อยละ 30) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากไม่สามารถเขียนกราฟและอธิบายคุณลักษณะดังกล่าวได้ และเมื่อผ่านการทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้แล้ว พบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มแสดงการมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น นักศึกษากลุ่มทดลองมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงเป็นร้อยละ 63 โดยสามารถเขียนกราฟและอธิบายคุณสมบัติตามแนวระดับที่เปลี่ยนแปลงกับเวลาได้ครบทุกองค์ประกอบ ส่วนนักศึกษากลุ่มควบคุมส่วนมาก (ประมาณร้อยละ 57) แสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากสามารถเขียนกราฟและอธิบายตำแหน่งความเร็วและความเร่งของวัตถุตามแนวระดับกับเวลาได้แต่ไม่ครบองค์ประกอบ ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับก่อนทำกิจกรรม

คำถามข้อที่ 2 คือ ให้นักศึกษาเขียนกราฟและอธิบายองค์ประกอบตามแนวตั้งของตำแหน่ง ( $s_y$ ) ความเร็ว ( $v_y$ ) และความเร่ง ( $a_y$ ) ของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงกับเวลา ( $t$ )

ผลการวิจัยพบว่าก่อนทำกิจกรรม นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มส่วนมาก (เฉลี่ยร้อยละ 45 และ 35 สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามลำดับ) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากสามารถเขียนกราฟและอธิบายตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของวัตถุตามแนวตั้งกับที่เปลี่ยนเวลาได้ แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับการตอบคำถามข้อที่ 1 นั่นคือนักศึกษาไม่ได้เขียนกราฟและอธิบายการเคลื่อนที่ในแนวตั้งหลังจากวัตถุผ่านจุดสูงสุด และเมื่อผ่านการทำกิจกรรมแล้วพบว่านักศึกษากลุ่มทั้งสองมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ดีขึ้น โดยนักศึกษากลุ่มทดลองส่วนมาก (เฉลี่ยประมาณร้อยละ 67) แสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์เนื่องจากสามารถเขียนกราฟและอธิบายคุณสมบัติของการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งได้ครบทุกองค์ประกอบ ส่วน

นักศึกษากลุ่มควบคุมส่วนมาก (เฉลี่ยประมาณร้อยละ 45) แสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับก่อนทำกิจกรรม

จากการวิเคราะห์คำตอบประเด็นข้อที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าก่อนทำกิจกรรม นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนไม่สามารถเขียนกราฟหรืออธิบายลักษณะการเคลื่อนที่หลังจากวัตถุทิ้งในแนวราบและแนวตั้งเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดสูงสุดได้ แต่เมื่อได้ทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงแล้ว กลับทำให้นักศึกษากลุ่มทดลองสามารถแก้ไขและทำความเข้าใจการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ตามแนวระดับและแนวตั้งได้ครบองค์ประกอบและตลอดการเคลื่อนที่

**ตาราง 2** ผลการจำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (กลุ่ม 1 คือกลุ่มทดลอง และ กลุ่ม 2 คือ กลุ่มควบคุม)

ประเด็น	กลุ่มตัวอย่าง	ร้อยละของคำตอบจำแนกตามแนวคิด									
		ก่อนทำกิจกรรม					หลังทำกิจกรรม				
		SU	PU	PU&MU	SM	NU	SU	PU	PU&MU	SM	NU
<b>1. กราฟองค์ประกอบแนวระนาบ</b>											
1.1 ตำแหน่งของวัตถุ (sx) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	0	65	20	15	0	95	5	0	0	0
	กลุ่ม 2	0	40	30	10	20	60	35	5	0	0
1.2 ความเร็วของวัตถุ (vx) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	10	15	30	45	0	60	30	0	10	0
	กลุ่ม 2	10	20	30	40	0	25	65	5	5	0
1.3 ความเร่งของวัตถุ (ax) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	15	30	15	40	0	35	65	0	0	0
	กลุ่ม 2	20	20	20	40	0	25	70	0	5	0
<b>เฉลี่ย (ประเด็นข้อที่ 1)</b>	กลุ่ม 1	8.33	36.67	21.67	33.33	0	63.33	33.33	0	3.33	0
	กลุ่ม 2	10.00	26.67	26.67	30	6.67	36.67	56.67	3.33	3.33	0
<b>2. กราฟองค์ประกอบแนวตั้ง</b>											
2.1 ตำแหน่งของวัตถุ (sy) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	15	40	20	10	15	75	20	5	0	0
	กลุ่ม 2	5	40	30	25	0	20	60	20	0	0
2.2 ความเร็วของวัตถุ (vy) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	20	15	0	50	15	75	25	0	0	0
	กลุ่ม 2	25	15	30	30	0	50	25	15	10	0
2.3 ความเร่งของวัตถุ (ay) กับเวลา (t)	กลุ่ม 1	0	80	20	0	0	50	50	0	0	0
	กลุ่ม 2	5	50	35	10	0	20	50	30	0	0

ตาราง 2 (ต่อ)

ประเด็น	กลุ่มตัวอย่าง	ร้อยละของคำตอบจำแนกตามแนวคิด									
		ก่อนทำกิจกรรม					หลังทำกิจกรรม				
		SU	PU	PU& MU	SM	NU	SU	PU	PU& MU	SM	NU
เฉลี่ย (ประเด็นข้อที่ 2)	กลุ่ม 1	11.67	45.00	13.33	20.00	10.00	66.67	31.67	1.67	0	0
	กลุ่ม 2	11.67	35.00	31.67	21.67	0	30	45	21.67	3.33	0
3. ความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุด	กลุ่ม 1	15	45	30	10	0	85	15	0	0	0
	กลุ่ม 2	35	40	0	25	0	50	25	20	5	0
4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของวัตถุกับมุมยิง เมื่อยิงวัตถุที่มุมยิงต่างกัน	กลุ่ม 1	20	25	15	20	20	80	20	0	0	0
	กลุ่ม 2	20	20	25	35	0	80	10	10	0	0
ค่าร้อยละเฉลี่ยจากข้อ 1.1 - ข้อ 4	กลุ่ม 1	11.88	39.38	18.75	23.75	6.25	69.38	28.75	0.63	1.25	0
	กลุ่ม 2	15.00	30.63	25.00	26.88	2.50	41.25	42.50	13.13	3.13	0

หมายเหตุ : เช่นกรณีแนวคิด SU เท่ากับร้อยละ 5 หมายถึงมีคำตอบ SU จำนวน 1 คำตอบจากจำนวนทั้งหมด 20 คำตอบ

คำถามข้อที่ 3 คือ ให้นักศึกษาอธิบายความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า ก่อนทำกิจกรรมเสริม นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนมากในอัตราร้อยละ 45 และ 40 ตามลำดับ มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน เนื่องจากมีการอธิบายความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุดได้ แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบ นั่นคือขาดการอธิบายด้วยกราฟความเร็วตามแนวระดับและความเร็วตามแนวตั้งของวัตถุ และเมื่อผ่านการทำกิจกรรมเสริม พบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85 และ 50 สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าการใช้กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิธีโอความเร็วสูง ทำให้นักศึกษามีความเข้าใจและแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในประเด็นความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุดได้ดีกว่าการศึกษาอย่างอิสระ

คำถามข้อที่ 4 คือ ให้นักศึกษาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของวัตถุกับมุมยิง เมื่อยิงวัตถุที่มุมยิงต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนทำกิจกรรม นักศึกษากลุ่มทดลองร้อยละ 25 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

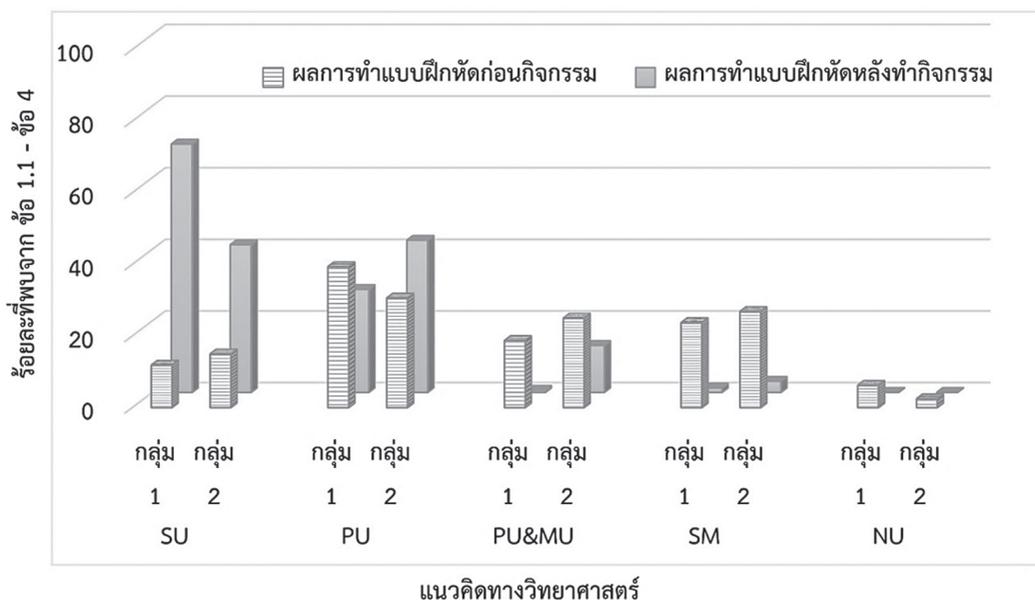
บางส่วน เนื่องจากสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของวัตถุกับมุมยิง เมื่อยิงวัตถุที่มุมยิงต่างกันได้ แต่ไม่ครบองค์ประกอบ โดยนักศึกษาไม่อธิบายความสัมพันธ์ของมุมยิงสองมุมที่รวมกันเป็น 90 องศา เช่นที่มุม 30 องศา และ 60 องศา ที่ส่งผลให้วัตถุตก ณ ตำแหน่งเดียวกัน ส่วนนักศึกษากลุ่มควบคุมร้อยละ 35 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากอธิบายประเด็นนี้ว่า เมื่อยิงวัตถุด้วยมุมเริ่มต้นมากขึ้น ทำให้ระยะตกห่างจากตำแหน่งยิงมากเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อผ่านการทำกิจกรรมเสริม พบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนมาก (ร้อยละ 80 เท่ากัน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แสดงว่าการใช้กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิธีโอความเร็วสูงและการศึกษาอย่างอิสระ ทำให้นักศึกษาเข้าใจและแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ในประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของวัตถุกับมุมยิง

จากค่าร้อยละเฉลี่ยของการสำรวจข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบก่อนและหลังทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง

และกลุ่มควบคุม ที่แสดงในตาราง 2 พบว่าค่าร้อยละของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบทั้ง 5 ลักษณะ มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ก่อนการทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง กลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1) ส่วนใหญ่จำนวนรวมประมาณร้อยละ 80 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) และแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) ส่วนผู้ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) และผู้ที่ไม่มีความคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NU) มีจำนวนเพียงประมาณร้อยละ 12 และร้อยละ 6 ตามลำดับ แต่ภายหลังจากการทำกิจกรรมเสริมกลับพบว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาแนวคิดให้เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ได้สูงถึงประมาณร้อยละ 69 (จากเดิมร้อยละ 12) ส่วนจำนวนผู้ที่มีแนวคิดแบบอื่น ๆ มีจำนวนลดลงอย่างชัดเจน และไม่ปรากฏผู้ที่ไม่มีความคิดหรือไม่ตอบคำถาม สำหรับกลุ่มที่ 2 หรือกลุ่มควบคุม พบว่าก่อนการทำกิจกรรมเสริมด้วยการศึกษาอย่างอิสระ พบผลการสำรวจในลักษณะเดียวกันกับกลุ่มที่ 1 นั่นคือ กลุ่มควบคุมจำนวนร้อยละ 15 มีแนวคิดแบบ

วิทยาศาสตร์ (SU) และมีเพียงประมาณร้อยละ 3 ที่ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม แต่ภายหลังจากการทำกิจกรรมเสริมพบว่า จำนวนผู้ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 42 ใกล้เคียงกับร้อยละของผู้ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และไม่ปรากฏผู้ที่ไม่มีความคิดหรือไม่ตอบคำถาม (เช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1)

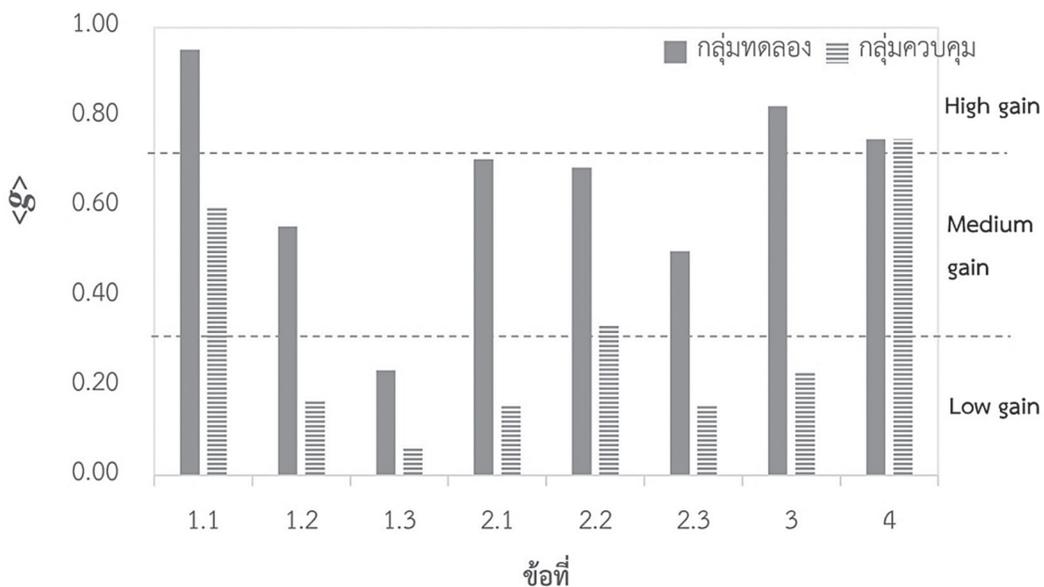
เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลร้อยละของการตอบคำถาม (ข้อที่ 1.1 ถึงข้อ 4 รวม 8 ข้อ) มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาเขียนเป็นแผนภูมิแท่ง (แยกตามผลก่อนและหลังการทำกิจกรรม) จำแนกตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประเภท ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (กลุ่ม 1) และกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 2) แสดงในภาพประกอบ 3 ที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อผ่านการทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยการศึกษาผ่านโปรแกรม Tracker ของภาพถ่ายวิดีโอความเร็วสูง กลุ่มที่ทดลองความเข้าใจ สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69



ภาพประกอบ 3 การเปรียบเทียบร้อยละที่พบ (จากข้อ 1.1 – ข้อ 4) กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังทำกิจกรรมเสริมนอกห้องเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่ม 1 (กลุ่มทดลอง) และกลุ่ม 2 (กลุ่มควบคุม)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแนวคิดเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ของกลุ่มทดลองที่ศึกษาในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป พบว่าก่อนการจัดกิจกรรมเสริมนักศึกษาทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน หรือระบุได้ว่า ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ครอบคลุมหรือลึกซึ้ง ส่งผลให้ตอบคำถามไม่ครบถ้วน เช่น สามารถอธิบายองค์ประกอบและลักษณะการเคลื่อนที่ได้แต่ขาดการอธิบายด้วยกราฟ เป็นต้น ภายหลังจากทำกิจกรรมเสริมจึงทำให้สามารถตอบคำถามด้วยแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ถูกต้องครอบคลุมทุกองค์ประกอบ ดังแสดงได้จากจำนวนเฉลี่ยผู้ที่มีแนวคิด SU เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69 แต่สำหรับกลุ่มควบคุมถึงแม้พบการตอบคำถามด้วยแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากก่อนทำกิจกรรมค้นคว้าอิสระ แต่ยังไม่พบแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนที่ไม่ครอบคลุมทุกองค์ประกอบเพิ่มมากขึ้นกว่ากรณีที่ยังไม่ได้ทำกิจกรรมเสริมแบบอิสระ นั่นอาจหมายความว่า การเสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีโอความเร็วสูงทำให้ผู้เรียนสนใจมากกว่า เพราะได้เห็นภาพการเคลื่อนที่จริงเป็นรูปธรรม ส่งผลถึงการให้ความเข้าใจและเหตุผลในการตอบคำถามอย่างครอบคลุมลึกซึ้งกว่าเดิม

เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มแสดงในภาพประกอบ 4 เพื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนจำแนกตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่เพิ่มขึ้นของนักศึกษาต่อข้อสอบในแต่ละข้อ พบว่ากลุ่มทดลองที่ศึกษานอกห้องเรียนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีโอความเร็วสูงจะให้ความก้าวหน้าทางการเรียนที่แสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มากกว่าด้วยค่า  $\langle g \rangle$  ที่อยู่ในช่วงระดับสูง จำนวน 3 ข้อ คือข้อ 1.1 ข้อ 3 และข้อ 4 (เป็นแบบทดสอบข้อที่แสดงความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นมา) ช่วงระดับกลาง จำนวน 4 ข้อ คือข้อ 1.2 และข้อ 2.1 – 2.3 (เป็นแบบทดสอบข้อที่แสดงความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นไปปานกลาง) และช่วงระดับต่ำ จำนวนเพียง 1 ข้อ คือข้อ 1.3 (เป็นแบบทดสอบข้อที่แสดงความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นไปเล็กน้อย) แสดงให้เห็นว่านักศึกษากลุ่มทดลองส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นไปอยู่ในช่วงระดับกลาง ส่วนกลุ่มควบคุมที่ศึกษานอกห้องเรียนด้วยวิธีอิสระมีค่า  $\langle g \rangle$  อยู่ในช่วงระดับสูง จำนวนเพียง 1 ข้อ คือข้อ 4 ช่วงระดับกลาง จำนวน 2 ข้อ คือข้อ 1.1 และข้อ 2.2 และช่วงระดับต่ำ จำนวน 5 ข้อ คือข้อ 1.2 ข้อ 1.3 ข้อ 2.1 ข้อ 2.3 และ ข้อ 3 แสดงให้เห็นว่านักศึกษากลุ่มทดลองส่วนใหญ่ร้อยละ 62.5 มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นไปในช่วงระดับต่ำ



ภาพประกอบ 4 ค่า  $\langle g \rangle$  เฉลี่ยรายข้อ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากกราฟการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยด้วยค่า <math>\langle g \rangle</math> ของนักศึกษา จะเห็นว่า นักศึกษาที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ วิดีโอความเร็วสูงเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับสูงนั้นคือนักศึกษามีความเข้าใจและแสดงออกทางแนวคิดวิทยาศาสตร์ ในประเด็นเนื้อหาเรื่องการเขียนและอธิบายกราฟตำแหน่งของวัตถุ ( $s_x$ ) กับเวลา ( $t$ ) แนวระดับ ความเร็วของวัตถุ ตำแหน่งสูงสุด และความสัมพันธ์ระหว่างระยะ กระจัดของวัตถุกับมุมยิง มากขึ้นกว่าก่อนทำกิจกรรม

### สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ในห้องเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนที่จำแนกตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง พบว่าการศึกษานอกห้องเรียนด้วยวิธีที่ต่างกัน ส่งผลถึงการตอบคำถามหรืออธิบายเหตุผลด้วยแนวคิดวิทยาศาสตร์และให้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนที่ต่างกัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการศึกษานอกห้องเรียนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง ทำให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (SU) เพิ่มขึ้น และลดแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (SM) หรือไม่เขียนแสดงแนวคิด (NU) นอกจากนี้ยังพบค่าความก้าวหน้า

ทางการเรียนหรือค่า <math>\langle g \rangle</math> ของกลุ่มทดลองที่เสริมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าการศึกษานอกห้องเรียนด้วยวิธีอิสระของกลุ่มควบคุม นั้นหมายความว่า การศึกษานอกห้องเรียนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงทำให้ผู้เรียนเห็นภาพการเคลื่อนที่จริงของวัตถุและสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีที่เรียนมาในห้องเรียนกับสถานการณ์การเคลื่อนที่จริงได้ ส่งผลให้สามารถตอบคำถามและอธิบายโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ดังนั้นผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีประกอบกับการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่มีใจความว่า “การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวผู้เรียนเอง” โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างสรรค์ความรู้ (Construct) จากการเชื่อมโยงเหตุการณ์ หรือความสัมพันธ์จากสิ่งที่พบเห็นเป็นรูปธรรมกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม แล้วนำมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและเกิดแนวคิดหลักที่ถูกต้องได้ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Gilakjani, Leong and Ismail (2013) ที่กล่าวถึงผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีและทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกัน ช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อีกขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- ธัญญา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2559). วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 7 (1), 62 – 76.
- พรรัตน์ วัฒนกสิวิษซ์. (2550). ประสบการณ์จากการเข้าร่วม ALOP workshop. วารสารฟิลิกส์ไทย. 24 (1), 14-16.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). จุดประสงค์การสอนวิชาฟิลิกส์. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2560, จาก [http://physics.ipst.ac.th/?page\\_id=2310](http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2310)
- อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะธนิตกุล, เชิญโชค ศรขวัญ, นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี. (ม.ป.ป.). การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน. สถาบันนวัตกรรม และ พัฒนาระบบการเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2560, จาก [http://penthai.sc.mahidol.ac.th/html/articles/normalized\\_gain.pdf](http://penthai.sc.mahidol.ac.th/html/articles/normalized_gain.pdf)

- อัจฉรีย์ สังข์รักษ์, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และสิทธิชัย วิชัยดิษฐ์. (2560). *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. 28 (3), 59-71.
- ไอนิง เจ๊ะเหลาะ, อนุมัติ เดชนะ และสธน เสนาสวัสดิ์. (2558). การศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. 2 (1), 1-11.
- Bao, L. 2006. Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. *American Journal of Physics*. 74 (10), 917-922.
- Chick, H. L., & Vincent, J. L. (Eds.). (2005). *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol.4, pp. 97-104. Melbourne : PME.
- Gilakjani, A. P., Leong, L.M., & Ismail, H. N. 2013. Teachers' use of technology and constructivism. *Modern Education and Computer Science*. 4, 49-63.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*. 34, 181-197.
- Hecht, H., & Bertamini, M. (2000). Understanding projectile acceleration. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*. 26, 730-746
- Heck, A., & Uylings, P. (2006). Capturing the real world in the classroom. *International Journal for Technology in Mathematics Education*. 13 (3), 107-116.
- McCloskey, M. (1983). *Intuitive physics*. *Scientific American*, 248 (4), 114-122.
- Millar, R., & Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context - specific reasoning? Children's ideas about the motion of projectiles. *School Science Review*. 75 (272), 27-34.
- Phommarach, S., Wattanakasiwich, P. & Johnston, I. D. S. (2012). Video analysis of rolling cylinders. *Physics Education*. 47 (2), 189-196.
- Prescott, A., & Mitchelmore, M. (2005). Student misconceptions about projectile motion. In P. Clarkson, A. Downton, A. McDonough, R. Pierce, A. Roche, M. Horne, & D. Gronn (Eds.), *MERGA 28 Building Connections : Theory, Research and Practice*. Vol. 1, pp. 633-640. Melbourne : Mathematics Education Research Group of Australasia.
- Poonyawatpornkul, J., & Wattanakasiwich, P. (2013). High - speed video analysis of damped harmonic motion. *Physics Education*. 48 (6), 782-789.
- Tao, P. K., & Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer - supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*. 36, 859-882.