

ผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยาน
เชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ โดยใช้บทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับ
เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม

Effects on Developing Interpret Data and Evidence Scientifically Competency of Physics Teacher Students Using an Online Laboratory with High-Speed Video Analysis Technique on Collision and Momentum

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล¹, ชาญวิทย์ คำเจริญ², ณัฐนันท์ เรียบเรียง³, กมลพรรณ เมืองมา⁴
Jiraporn Poonyawatpornkul¹, Chanwit Kamcharean², Nathanan Reabreang³,
Kamonpun Mungma⁴

Received: 7 October 2022

Revised: 8 December 2022

Accepted: 29 December 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ จากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมืองานวิจัย ได้แก่ บทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม และแบบวัดสมรรถนะ การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง มีประสิทธิภาพของกระบวนการด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.67 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.56 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 75/75 และผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานของนักศึกษาครูฟิสิกส์ พบว่า หลังปฏิบัติการกิจกรรมนักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการปฏิบัติการ

คำสำคัญ: การชนและโมเมนตัม, วิดีโออัตราเร็วสูง, สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์, นักศึกษาครูฟิสิกส์, การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
E-mail: jiraporn_poo@cmru.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

³ นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
E-mail: nathanun_rea@g.cmru.ac.th

⁴ นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
E-mail: kamonpun_mun@g.cmru.ac.th

^{1,2} Assistant Professor, Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University

^{3,4} Scientist, Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop an online laboratory on collision and momentum with High-Speed video analysis technique to be the educational efficiency according to criteria 75/75, and 2) to develop the Interpret Data and Evidence Scientifically Competency of Physics teacher. The sample group was students in Bachelor of Education Program in Physics. They were selected by simple random sampling method. The research instruments were 1) an online laboratory on collision and momentum, and 2) the Interpret Data and Evidence Scientifically test. The results showed as follows: 1) The mean score of effectiveness of the learning management using the online laboratory on collision and momentum with High-Speed video analysis technique was 76.67, and the mean score of effectiveness of the learning management of productivity was 75.56. Both were higher than the criteria 75/75. 2) The result of developing Interpret data and evidence scientifically competency of physics teacher students was found. After doing the activity, most of the students had a score of interpret data and evidence scientifically competency higher than before doing the activity.

Keywords: Collision and momentum, high-speed video, online laboratory, physics teacher students, interpret data and evidence scientifically

บทนำ

เป้าหมายสำคัญของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) คือความสามารถในการเชื่อมโยงและใช้วิทยาศาสตร์ในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างเป็นเหตุเป็นผล จนนำไปสู่ความสุขในการใช้ชีวิต ซึ่งสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่บุคคลควรมี นั่นคือ สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถในการแปลความหมายข้อมูลเพื่อลงข้อสรุป สร้างคำกล่าวอ้าง หรือนำเสนอข้อมูลที่สมเหตุสมผลจากประจักษ์พยานข้อมูลที่เชื่อถือได้ (OECD, 2019) หากบุคคลขาดสมรรถนะด้านนี้จะส่งผลถึงความสามารถในการใช้เหตุผลในการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร รวมทั้งการนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูลที่ได้รับมาอย่างถูกต้อง (จารุพันธ์ พากักดี สุมาลี ชูกำแพง, 2563) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่บุคคลควรมีการพัฒนาสมรรถนะการ

แปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะนักศึกษาครูที่จะเป็นครูในอนาคต ซึ่งต้องมีการถ่ายทอดความรู้อย่างถูกต้องและเป็นเหตุเป็นผล ให้กับนักเรียน อีกทั้งในสถานการณ์ปัจจุบัน มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ต้องมีการรับข่าวสาร รวมทั้งการศึกษาผ่านระบบออนไลน์มากขึ้น ระบบการศึกษาจึงต้องมีการปรับตัวโดยจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ทั้งรายวิชาที่เป็นทฤษฎีและปฏิบัติการ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่คณาจารย์ผู้สอนต้องหาเทคนิคในการสอนและการปฏิบัติการทดลองให้นักศึกษาสามารถเข้าใจและเชื่อมโยงเข้ากับทฤษฎีที่ยากได้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบออนไลน์หรือออนไซต์ การนำเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทกับการเรียนการสอนช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพและช่วยสร้างรูปแบบการสอนเทคนิคการสอนใหม่ๆ ที่ทำให้นักเรียนสนใจได้อีกด้วย ดังการศึกษา

ของ Bao (2020) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนออนไลน์มหาวิทยาลัย Peking University ประเทศจีน พบว่าวิธีการสอนนี้เพิ่มความสนใจและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียนในการเรียนออนไลน์อย่างราบรื่นและบรรลุวัตถุประสงค์ของการสอนได้ นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่นๆ ที่ช่วยสนับสนุนกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้สามารถศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้นดังการศึกษาของ Poonyawatpornkul และ Wattanakasiwich (2013) ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ วิดีโออัตราเร็วสูงในการศึกษาการสั่นของวัตถุติดสปริงในกลีเซอรินพบว่าโปรแกรม Tracker ที่ใช้ในเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยแสดงข้อมูลเป็นตำแหน่งกับเวลา รวมทั้งเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ติดสปริงในกลีเซอรินที่อุณหภูมิต่างกัน โดยพบลักษณะสำคัญ คือ การสั่นแบบการหน่วงด้อย (underdamping) การหน่วงวิกฤต (critical damping) และการหน่วงเกิน (overdamping) เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีของตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยผลการประยุกต์เทคนิคนี้กับการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์สามารถศึกษา ได้จากงานวิจัยของจิราภรณ์ ปุณยวัจนพรกุล และวิไลพร ลักษณะมีวานิชย์ (2562) ที่ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ วิดีโออัตราเร็วสูงนี้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของวัตถุ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่เสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงสามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพิ่มขึ้นจากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69 มีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain, <g>) อยู่ระหว่าง 0.24

- 0.95 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ศึกษาอย่างอิสระนอกห้องเรียนที่พบความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.06 - 0.75 โดยค่าความก้าวหน้านี้เป็นค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงผลการเรียนหลังจากการผ่านกิจกรรมที่เทียบกับการเรียนก่อนการทำกิจกรรม จัดเป็นค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจริง (actual gain ซึ่งเท่ากับ % posttest - %pretest) เปรียบเทียบกับผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้สูงสุด (Maximum possible gain หรือ 100 - %pretest) ดังนั้นค่า <g> จึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 - 1.0 และสามารถบอกได้ว่าเพิ่มขึ้นมากน้อยระดับใด ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ นั่นคือผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับสูง (high gain) จะแสดงด้วยค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ระดับกลาง (medium gain) แสดงด้วยค่าระหว่าง 0.3 ถึง 0.7 และระดับต่ำ (low gain) แสดงด้วยค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 (อภิสิทธิ์ ชงไชย และคณะ, 2550)

จากที่กล่าวมาทำให้เห็นว่า สถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคตมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาครุควรได้รับการพัฒนาสมรรถนะ การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งเพื่อแก้ปัญหาด้านการปฏิบัติการออนไลน์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ ที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครุฟิสิกส์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักศึกษาสามารถรับรู้และเผยแพร่ข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติที่ได้ศึกษาจากการได้ลงมือปฏิบัติและเห็นภาพการเคลื่อนที่จริงกับทฤษฎีในเรื่องการชนและโมเมนตัม ผ่านการเรียนการสอนระบบออนไลน์ ซึ่งเป็นตัวอย่างการนำไปปรับใช้ในห้องเรียนให้กับนักศึกษาครุเพื่อจูงใจให้

ผู้เรียนสนใจเรียนรู้อิทธิพลของฟิสิกส์จนนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม ให้มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 75/75

2. พัฒนาศมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครุฟิสิกส์

วิธีการศึกษา

การศึกษาผลผลการพัฒนาสมรรถนะ การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครุฟิสิกส์ โดยใช้บทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม มีรายละเอียดดังนี้

1) ประชากร ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 2 และ 3 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ การศึกษา 2565 จำนวน 32 คน และเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 20 คน

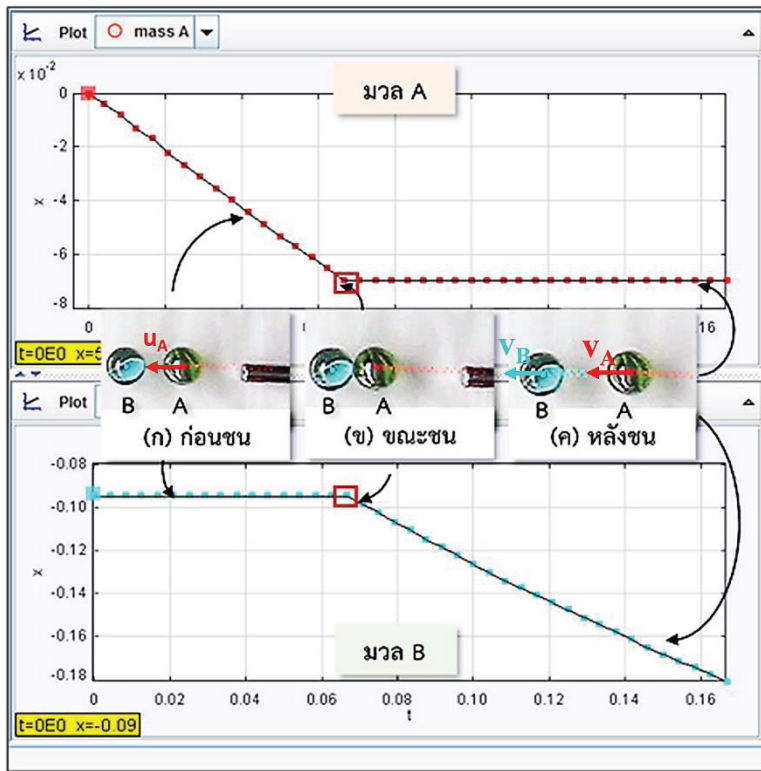
2) วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือการวิจัย

1. บทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม มีลักษณะเป็นการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน โดยผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ฝึกวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานที่ได้ปฏิบัติการทดลองแบบออนไลน์ โดยมีแนวทางในการปฏิบัติการอยู่ในคู่มือ การทดลองที่ได้รับ ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้และแก้ปัญหา บทปฏิบัติการนี้ ประกอบด้วยชุดกิจกรรม คู่มือของบทปฏิบัติการ ออนไลน์

และแบบบันทึกผลการทดลอง โดยชุดกิจกรรมประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม Tracker สำหรับวิเคราะห์การเคลื่อนที่ ไฟล์วิดีโออัตราเร็วสูง (อัตราการบันทึก 240 ภาพต่อวินาที ด้วยกล้อง Casio EX-FH100) ของการชนของวัตถุซึ่งแบ่งเป็นการชน 1 และ 2 มิติ ของวัตถุที่มีขนาดเท่ากันและต่างกัน ภาพตัวอย่างผลการวิเคราะห์การชนกันของวัตถุที่ได้จากการทำกิจกรรมแสดงดังภาพที่ 1 ในการทำการทดลอง วิเคราะห์ และค้นหาคำตอบจากบทปฏิบัติการ เป็นการฝึกและพัฒนาผู้เรียนเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลรูปแบบกราฟไปสู่ข้อมูลตัวเลข เช่น “การหาความเร็วของมวล A ที่ได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเวลา ด้วยโปรแกรม Tracker (ดังภาพที่ 1)” จากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล จนสามารถลงข้อสรุป ตามประจักษ์พยานที่พบเกี่ยวกับการชนกันของวัตถุ นอกจากนี้ผู้เรียนได้มีการเปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมก่อนและหลังการชนทั้งใน 1 และ 2 มิติ จากผลการทดลองกับทางทฤษฎี และให้เหตุผลถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่พบด้วยประจักษ์พยานจากการทดลองประกอบกับการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หรือวารสารที่น่าเชื่อถือ

เมื่อตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสมของกิจกรรมและใบกิจกรรม จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของ ทุกองค์ประกอบของบทปฏิบัติการมีค่า อยู่ระหว่าง 0.89 - 1.00 และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.95 แสดงให้เห็นว่าบทปฏิบัติการที่ได้พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับ “ดีมาก” หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้บทปฏิบัติการที่สมบูรณ์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การชนกันของมวล A และ B ในบทปฏิบัติการออนไลน์เรื่องการชนและโมเมนตัม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง

2. แบบวัดสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ประกอบด้วยข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ ครอบคลุมประเด็นต่างๆ ของตัวบ่งชี้ในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

ตัวบ่งชี้ 1 แปลงข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น

ตัวบ่งชี้ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป

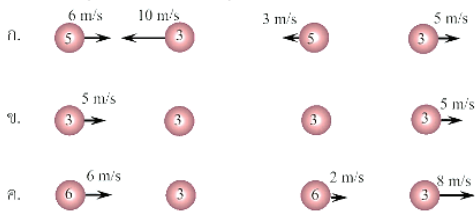
ตัวบ่งชี้ 3 ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ 4 แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการศึกษาจากสิ่งอื่น

ตัวบ่งชี้ 5 ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (เช่นหนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร)

คำถามในแบบวัดสมรรถนะฯ สอดคล้องกับสมรรถนะทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ดังนี้

ข้อที่ 1 รูป ก. ข. และ ค. แสดงการชนของวัตถุ 2 ก้อน ซึ่งมวลของวัตถุบอกด้วยตัวเลขในวงกลมและมีหน่วยกิโลกรัม รูปใดเป็นการชนแบบยืดหยุ่น เพราะเหตุใด (ตัวบ่งชี้ 1 และ 2)



ข้อที่ 2 วัตถุที่ตกแบบอิสระมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหรือไม่ อย่างไร (ตัวบ่งชี้ 2)

ข้อที่ 3 คำกล่าวที่ว่า “โมเมนตัมของวัตถุหนึ่ง มีการอนุรักษ์เสมอ” นักศึกษาคิดว่าถูกต้องหรือไม่อย่างไร (ตัวบ่งชี้ 3)

ข้อที่ 4 วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ชนกับอีวัตถุหนึ่งที่มีมวลมากกว่าและอยู่นิ่ง โมเมนตัมของระบบที่ประกอบด้วยวัตถุทั้งสองขึ้นมีการเปลี่ยนหรือไม่ อย่างไร (ตัวบ่งชี้ 4)

ข้อที่ 5 ถ้าวัตถุมวลมากชนวัตถุมวลน้อยกว่า ที่อยู่นิ่ง โมเมนตัมของวัตถุทั้งสองจะเปลี่ยนหรือไม่ อย่างไร (ตัวบ่งชี้ 4)

ข้อที่ 6 “การชนแบบไม่ยืดหยุ่น เป็นการชนของวัตถุสองก้อนที่วัตถุติดกันไปเท่านั้น” นักศึกษาคิดอย่างไรกับคำกล่าวนี้ (ตัวบ่งชี้ 5)

โดยเกณฑ์การประเมินให้คะแนน เป็นดังนี้

3 คะแนน หมายถึง เขียนอธิบายได้ถูกต้องอย่างชัดเจนและเข้าใจครบถ้วนทุกประเด็น

2 คะแนน หมายถึง เขียนอธิบายได้ถูกต้องอย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย แต่ขาด 1 ประเด็น

1 คะแนน หมายถึง เขียนอธิบายได้ถูกต้องอย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย แต่ขาดมากกว่า 1 ประเด็น

0 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถอธิบายได้หรือ อธิบายผิดประเด็น

3) การรวบรวมข้อมูล

3.1) นำแบบวัดสมรรถนะไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการทำการกิจกรรม

3.2) กลุ่มตัวอย่างทำการกิจกรรมในบทปฏิบัติการออนไลน์

3.3) ประเมินสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างหลังการทำการกิจกรรม

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1) การหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของการจัดกิจกรรมในบทปฏิบัติการออนไลน์ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ เป็น 75/75

4.2) การแสดงสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละและความก้าวหน้าทางสมรรถนะ $<g>$ ของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแสดงตามลำดับการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ได้จากความต้องการของการวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลการทดลอง รวมทั้งการตอบคำถามจากการทดลองการชนใน 1 และ 2 มิติ เช่น การหาความเร็วของมวลก่อนและหลังการชนจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเวลาได้อย่างถูกต้อง เป็นต้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.67 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.56 นั่นคือบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงเพื่อพัฒนาสมรรถนะมีประสิทธิภาพ 76.67/75.56 รายละเอียดของคะแนนแสดง ดังตารางที่ 1 จะเห็นว่า E_1 และ E_2 มีความใกล้เคียงกัน โดยค่า E_1 มากกว่าค่า E_2 เล็กน้อย เมื่อศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพและร้อยละความแตกต่างระหว่าง E_1 กับ E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

พบว่า E_1 และ E_2 ที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.22 และ 0.74 ตามลำดับ พบร้อยละ ความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าร้อยละ 2.5 จากค่าที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 75 แสดงว่ากิจกรรมมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 และ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง E_1 กับ E_2 พบร้อยละความแตกต่าง 0.75 ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 5 แสดงให้เห็นว่าผลคะแนนการทำงานกับผลการประเมินหลังทำกิจกรรมมีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หัตถ์วิดีโออัตราเร็วสูงเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์

รายการ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	ประสิทธิภาพ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	20.00	12.00	9.20	76.67	76.67/75.56
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	20.00	18.00	13.60	75.56	

2. ร้อยละทางสมรรถนะของตัวบ่งชี้

การแสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์รายตัวบ่งชี้ ที่กลุ่มตัวอย่างแสดงออกมาโดยการเขียนคำอธิบายคำตอบ พบว่าก่อนและหลังทำกิจกรรมกลุ่มตัวอย่าง ได้แสดงออกทั้ง 5 ตัวบ่งชี้ด้วยคำร้อยละและความก้าวหน้าทางสมรรถนะแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2 โดยพบว่าก่อนการทำกิจกรรมกลุ่มตัวอย่างแสดงสมรรถนะของตัวบ่งชี้ทั้ง 5 ข้อ ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ ด้วยคะแนนอยู่ระหว่างร้อยละ 21.67 - 26.67 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เขียนอธิบายคำตอบไม่ถูกต้อง ไม่ตรงประเด็น บางคำถามก็ไม่สามารถเขียนคำตอบได้ บางคำถามตอบถูกแต่ไม่ได้อธิบายเหตุผล เช่น คำถามว่า “วัตถุที่ตกแบบอิสระมี การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหรือไม่ อย่างไร” ตัวอย่างคำตอบ เช่น “ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ที่บอกว่าผลรวม ของโมเมนตัมไม่เปลี่ยนแปลง (พยายามอธิบายแต่เข้าใจคลาดเคลื่อน)” “เปลี่ยนแปลง (ไม่บอกเหตุผล)” เป็นต้น เมื่อ

สัมภาษณ์ถึงเหตุผล กลุ่มตัวอย่างที่ตอบถูกแต่ไม่ได้อธิบายถึงเหตุผล กลุ่มตัวอย่างตอบว่า “ไม่สามารถอธิบายได้ แต่น่าจะเป็นแบบนั้น” เป็นต้น

เมื่อผ่านการทำกิจกรรม พบว่าร้อยละของจำนวนกลุ่มตัวอย่างสามารถแสดงสมรรถนะผ่านทุกตัวบ่งชี้ โดยกลุ่มตัวอย่างได้แสดง ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการประเมินข้อโต้แย้ง ทางวิทยาศาสตร์ และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลายในระดับดีเยี่ยม คือ ร้อยละ 91.67 โดยนักศึกษาให้เหตุผลว่า “เข้าใจถึงการชนแบบไม่ยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อสังเกตจากผลที่ได้จากการทำกิจกรรม ซึ่งทำให้เห็นว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่จำเป็นต้องเป็นการชนที่วัตถุต้องติดกันไปเสมอ วัตถุที่ชนกันมีการสูญเสียพลังงานไปอาจไม่ติดกันก็ได้” รองลงมาอยู่ในระดับดีเยี่ยมเช่นเดียวกัน ด้วยคำร้อยละ 83.33 คือการระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ถัดมาอยู่ในระดับดีทั้งสามตัวบ่งชี้ คือการแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากพิจารณาจากสิ่งอื่น การวิเคราะห์และแปลความหมาย

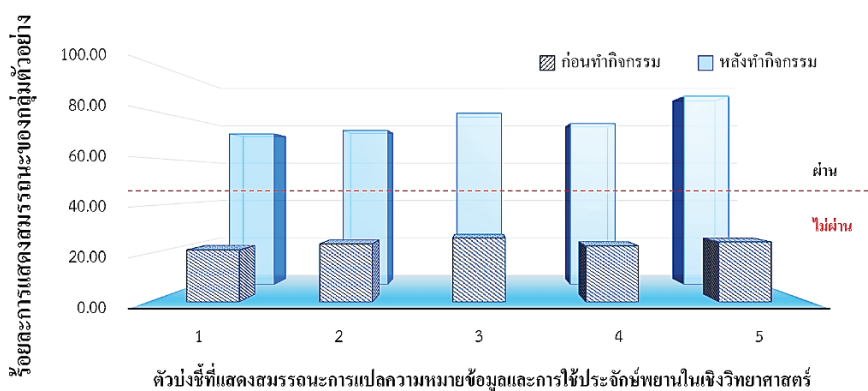
ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป และการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น ด้วยค่าร้อยละ 78.33 75.00 และ 73.33 ตามลำดับ

เมื่อนำเสนอการเปรียบเทียบร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่แสดงสมรรถนะรายตัวบ่งชี้ ก่อน

และหลังทำกิจกรรม ด้วยแผนภูมิแท่งทำให้เห็นภาพความแตกต่างที่ชัดเจนมากขึ้น ดังภาพที่ 2 จะเห็นว่าก่อนการทำกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เดิมเป็นฐานในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ และเมื่อผ่านการทำกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างสามารถพัฒนาสมรรถนะทุกตัวบ่งชี้เพิ่มขึ้นโดยผ่านเกณฑ์ทุกตัวบ่งชี้ (ตัวบ่งชี้ 1 ถึง 5)

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างและความก้าวหน้าทางสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ 5 ตัวบ่งชี้ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม

สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	ร้อยละของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง		<g>	ระดับความก้าวหน้า
	ก่อนทำกิจกรรม	หลังทำกิจกรรม		
1) การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น	21.67	73.33	0.70	ระดับสูง
2) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป	24.17	75.00	0.68	ระดับกลาง
3) การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	26.67	83.33	0.80	ระดับสูง
4) การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น	23.33	78.33	0.71	ระดับสูง
5) การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย	25.00	91.67	0.90	ระดับสูง



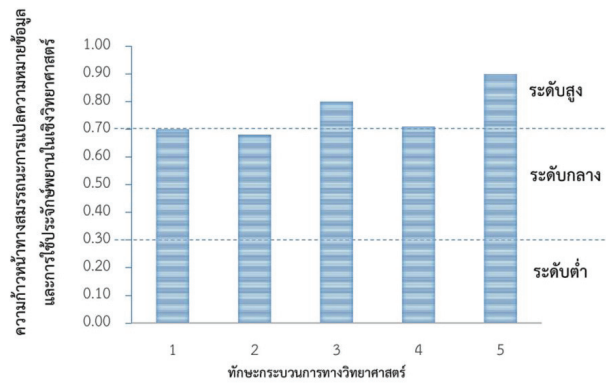
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่แสดงสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์รายตัวบ่งชี้ ก่อนและหลังปฏิบัติกิจกรรมออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง

3. ความก้าวหน้าทางสมรรถนะรายตัวบ่งชี้และรายบุคคล

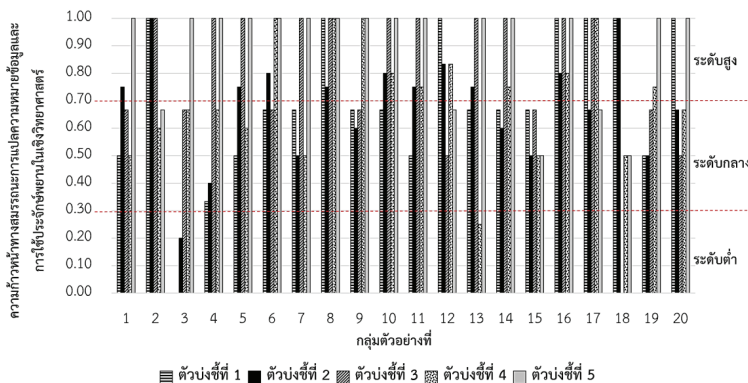
หลังจากที่ทำการกิจกรรมกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางสมรรถนะรายตัวบ่งชี้ อยู่ในระดับกลางและสูง แสดงดังภาพที่ 3 โดยมีความก้าวหน้าสำหรับตัวบ่งชี้ที่ 5 คือการประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย อยู่ในระดับสูงที่สุด ด้วยค่า 0.90 และความก้าวหน้าสำหรับตัวบ่งชี้ ที่ 3 1 และ 4 เพิ่มขึ้นโดยอยู่ในระดับสูงด้วยค่า 0.80 0.71 และ 0.70 ตามลำดับ และความก้าวหน้าสำหรับตัวบ่งชี้ที่ 2 คือการวิเคราะห์และ แปลความหมายข้อมูล

ทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุปอยู่ในระดับกลาง ด้วยค่า 0.68

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางสมรรถนะรายบุคคล โดยเปรียบเทียบเป็นแผนภูมิแท่ง ดังภาพที่ 4 จะเห็นว่าส่วนมากกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้า ๆ ของทุกตัวบ่งชี้ที่อยู่ในระดับกลางและสูง มีเพียงกลุ่มตัวอย่างที่ 3 เท่านั้นที่ไม่มีความก้าวหน้าฯ ในตัวบ่งชี้ที่ 1 และมีความก้าวหน้าฯ ระดับต่ำในตัวบ่งชี้ที่ 2 จึงสามารถบอกได้ว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนมาก มีการพัฒนาสมรรถนะทุกตัวบ่งชี้เมื่อได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองผ่านบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง



ภาพที่ 3 ความก้าวหน้าทางสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์รายตัวบ่งชี้ ของกลุ่มตัวอย่างเมื่อผ่านการทำกิจกรรม



ภาพที่ 4 ความก้าวหน้าทางสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคล เมื่อผ่านการทำกิจกรรม

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการพัฒนาบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนต์ ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์วิถีได้อัตราเร็วสูงเพื่อพัฒนาสมรรถนะ การแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนต์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีได้อัตราเร็วสูง มีค่าเท่ากับ $76.67/75.56$ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ $75/75$ จะเห็นว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่า E_1 สูงกว่า E_2 เนื่องจาก E_1 เป็นผลคะแนนจากการทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลขณะทำกิจกรรม แล้วนำมาเขียนอธิบายคำตอบ ส่วนค่า E_2 เป็นผลคะแนนการประเมินหลังทำกิจกรรม โดยต้องเขียนให้เหตุผลอย่างครบถ้วนทุกประเด็นจึงจะได้คะแนนเต็ม อีกทั้งนักศึกษาไม่สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมจากกิจกรรม ซึ่งเป็นการยากสำหรับนักศึกษาบางคนซึ่งอาจหลงลืมบางประเด็นได้ สอดคล้องกับการศึกษาของโสภามันเรือง และ จรินทร์ อุ่มไกร (2559) ที่พบ E_1 สูงกว่า E_2 เช่นกัน โดยให้เหตุผลว่าการทดสอบ E_1 ของผู้เรียนเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเรียนจบในแต่ละหัวข้อและทำการทดสอบทันที ส่วนแบบทดสอบ E_2 จะทดสอบหลังจากเรียนจบบทเรียนซึ่งเป็นเวลานานกว่าทำให้นักเรียน จำบทเรียนได้น้อยกว่า เมื่อตีความหมายของประสิทธิภาพตามการศึกษาของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ที่กำหนดไว้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพและร้อยละความแตกต่างระหว่าง E_1 และ E_2 ควรมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 2.50 และ 5.00 ตามลำดับ จากผลการหาประสิทธิภาพ

ของการจัดกิจกรรมนี้พบว่า E_1 และ E_2 ที่ได้มีค่า ความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.22 และ 0.74 ตามลำดับ จะเห็นว่าประสิทธิภาพทั้งสองมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 2.50 นั่นคือการจัดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง E_1 และ E_2 พบร้อยละความแตกต่างประมาณร้อยละ 0.75 ซึ่งต่างก็น้อยกว่าร้อยละ 5 แสดงให้เห็นว่าผลคะแนนจากการทำงานกับผลการประเมินหลัง ทำกิจกรรมมีความสมดุลกัน และเป็นที่ยืนยันว่าบทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนต์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิถีได้อัตราเร็วสูง ที่ได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและช่วยส่งเสริมให้กลุ่มตัวอย่างได้มีการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างแท้จริงไม่ใช่เพราะการคาดเดาอย่างไม่มีเหตุผล

2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ ที่แสดงออกมาภายหลังการลงมือปฏิบัติกิจกรรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างได้มีการพัฒนาสมรรถนะ จากก่อนการปฏิบัติกิจกรรม ได้คะแนนระหว่างร้อยละ 21.67 - 26.67 อยู่ในระดับ “ไม่ผ่านเกณฑ์” ภายหลังการทำกิจกรรมได้คะแนน ระหว่างร้อยละ 73.00 - 91.67 อยู่ในเกณฑ์ “ดี” ถึง “ดีเยี่ยม” และมีระดับความก้าวหน้าทางพัฒนาสมรรถนะ ทุกตัวบ่งชี้ ด้วยค่า 0.68 - 0.90 ซึ่งอยู่ในความก้าวหน้า “ระดับกลางถึงระดับสูง” สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน ที่พบว่าสมรรถนะของผู้เรียนสามารถพัฒนาขึ้นได้หากได้รับการลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างหลากหลาย เช่น การได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง การสำรวจข้อมูล การสืบค้น หรือ การบันทึกและวิจารณ์ผล เป็นต้น ดังการศึกษาของจากรุณันท์ พากักดี และสุมาลี

ชูกำแพง (2563) ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่
ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่าภายหลังการ
ปฏิบัติการกิจกรรม สามารถพัฒนาสมรรถนะด้านนี้
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยคะแนน
เฉลี่ยร้อยละ 76.47 จากการศึกษาของพีรภาส
ถุงเสน สกนธ์ชัย ชะนุพันธ์ และวิภารัตน์
เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ (2564) ได้ใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนทาง
วิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนมีผลการ
พัฒนาสมรรถนะด้านนี้ดีขึ้น จนสามารถลงข้อสรุป
และระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และ การให้
เหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้อง
และครบถ้วน

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1) ในการนำผลการวิจัยไปใช้ผู้ใช้ ควร
มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม
แทรกเกอร์

2) สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษา
ความพึงพอใจของผู้เรียนเกี่ยวกับ บทปฏิบัติการ
การออนไลน์ โดยเปรียบเทียบกับบทปฏิบัติการ
ทดลองในห้องปฏิบัติการทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาคีวิชาฟิสิกส์ และ
วิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้การ
สนับสนุน ขอขอบคุณนางสาวกานต์ธิดา ลิ่นฤๅษี
สำหรับข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

- จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษณะมีวาณิชย์. (2562). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิค
การวิเคราะห์หัตถ์ไอความเร็วสูงกรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์. *วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 30(1), 71 - 84.
- จารุพันธ์ พากักดี และสุมาลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูล และ
ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 7(10),
248 - 260.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์
วิจัย*, 5(1), 7-20.
- พีรภาส ถุงเสน สกนธ์ชัย ชะนุพันธ์ และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2564). การพัฒนาสมรรถนะ
การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์ พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิค
การเขียน ทางวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 15(2), 138 -
152.
- โสภามัน เรือง และจรินทร์ อุ่มไกร. (2559). A Development of Science Subject to Conquer Achievement
of Grade 5 Students by Using STEM Education Case Study of Suphannapoom School.
การประชุมวิชาการระดับชาติ การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2, 30-31 มีนาคม
2559. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

- อภิสิทธิ์ รัชไชย ขวัญ อารยะธนิตกุล เขิญโชค ศรขวัญ นฤมล เอมะรัตต์ และรัชภาคย์ จิตต์อารี. (2550). การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน. *วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิชาการ*, 11, 86 - 94.
- Bao, W. (2020). How to cite this article: Bao W. COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(2), 113-115.
- OECD. (2019). *How are PISA results related to adult life outcomes?*. OECD Publishing, Paris.
- Poonyawatpornkul,J., & Wattanakasiwich,P. (2013). High-speed video analysis of damped harmonic motion. *Physics Education*, 48(6), 782-789.