การพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานด้วยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง[1]

Development of Fundamental Physics Laboratory by using Interactive Simulations

ชาญวิทย์ คำเจริญ (Chanwit Kamcharean)[2]
ขวัญหทัย กวดนอก (Kuanhathai Kuadnok)[3]

Received: 2023-10-06
Revised: 2023-12-12
Accepted: 2023-12-22

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์ด้วยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยใช้สื่อจากโครงการ Physics Education Technology (PhET) ซึ่งประกอบด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมากกว่า 50 สื่อจำลอง บนเว็บไซต์ www.phet.colorado.edu สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงประกอบด้วยสื่อจำลองในวิชา ฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี วิทยาศาสตร์โลก และ คณิตศาสตร์ บทความวิจัยนี้ได้นำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาทำการออกแบบและจัดทำแบบบันทึกผลการทดลองเพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานจำนวน 4 ปฏิบัติการประกอบด้วย 1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย 3) กฎของโอห์ม และ4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน ผลจากการศึกษาพบว่า นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้น และมีค่าเฉลี่ย Normalize gain อยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 0.43 นักศึกษาที่เรียนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานให้ผลตอบรับในเชิงบวก ซึ่งส่งผลอย่างชัดเจนว่าการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาในเรื่องการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ ช่วยให้นักศึกษาสามารถสร้างมโนมติทางฟิสิกส์ มองเห็นภาพได้ชัดเจนและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสำคัญ: เทคโนโลยีฟิสิกส์ศึกษา สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ปฏิบัติการฟิสิกส์

---

[1]งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานด้วยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2566; The research on Development of Fundamental Physics Laboratory by using Interactive Simulations was supported by the Subsidy of Thailand Science Research and Innovation (TSRI) through Chiang Mai Rajabhat University fiscal year 2023

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่; Assistant Professor, Department of Physics and General science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

[3]อาจารย์ สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่; Lecturer, Business English Program, Faculty of Humanities and Social Sciences, Chiang Mai Rajabhat University, E-mail: Kuanhathai_kua@cmru.ac.th

Abstract

This research reported the development of Fundamental Physics Laboratory by using Interactive Simulation. Physics Education Technology (PhET) consists of more than 50 simulations on https://phet.colorado.edu, including Physics, Biology, Chemistry, Earth Science and Mathematics. This article focuses on applying the simulations for the design and record of experiments for teaching Fundamental Physics Laboratory. There are four activities; 1) Motion with acceleration 2) Simple Harmonic Motion 3) Ohm's law and 4) Electromotive Force and Internal Resistance. The results of this study reveal that the class posttest score was higher and average normalized gain was in medium gain <g> = 0.43. The students who engaged with simulations performed positive responses for using simulations in Physics labs. By using Satisfaction survey questionnaires to survey students' responses to Interactive simulations, it is evident that the use of simulations can be effective in encouraging students' learning of Physics concepts. Significantly, most of the students agree with the use of simulations in teaching and learning since it can help them to construct a conceptual understanding of Physics, regarding the visibility and the use of analogy.

Keyword: PhET, Interactive Simulation, Physics Laboratory

บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้เข้ามามีอิทธิพลในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก และมีบทบาทในหลากหลายสาขา เช่น การวิจัย การตลาด การธนาคาร การบริหารจัดการ รวมถึงการศึกษาด้วย เพราะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในการเรียนมากขึ้น ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนให้กับผู้สอน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาซอต์ฟแวร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Interactive Simulation) ที่สามารถจำลองสถานการณ์จริงให้ผู้เรียนสามารถจำลองสถานการณ์ซ้ำๆ ได้หลายๆ ครั้ง สามารถสังเกตปรากฏการณ์ได้อย่างละเอียด บันทึกค่าตัวแปรที่แสดงในการทดลองได้อย่างสะดวก ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนและประสบผลสำเร็จทางการเรียนมากขึ้น โครงการ The Physics Education Technology (PhET) ได้ทำการสร้างสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ซึ่งสามารถใช้งานได้บนเว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/en/simulations สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นสื่อการสอนที่สามารถจำลองสถานการณ์ทางฟิสิกส์ แสดงผลลัพธ์ในการทดลอง แสดงผลการคำนวณตัวแปรในทางฟิสิกส์สำหรับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET มีเนื้อหาที่ครอบคลุมในหลายหัวข้อ หลายระดับชั้น โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 กลุ่มวิชา ดังนี้ 1) ฟิสิกส์ 2) เคมี 3) ชีววิทยา 4) วิทยาศาสตร์โลก และ 5) คณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายหลักของการสร้างแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมี 2 ประเด็น คือ เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน และส่งเสริม ปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น (Perkins et al., 2006)

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพเน้นการทดลองเพื่อค้นหาองค์ความรู้ใหม่ๆ นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีสื่อประกอบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนและสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย เช่น Ted M. Clarkt และ Julia M. Chamberlain ได้นำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของไฮโดรเจนอะตอม จากโครงการ Physics Education Technology (PhET) ไปใช้เป็นกิจกรรมประกอบการสอนในวิชาปฏิบัติการสำหรับรายวิชาเคมีทั่วไป พบว่าสื่อจำลองแบบโต้ตอบเสมือนจริง ทำให้นักศึกษาได้เปรียบเทียบและ

วิเคราะห์แบบจำลองอะตอม สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้แสดงให้เห็นถึงแนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจน ที่ทำให้นักศึกษาเห็นเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน และส่งเสริมให้นักศึกษามีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักศึกษามีการตอบรับในทางบวกกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการเรียนการสอนสำหรับปฏิบัติการในรายวิชาเคมีทั่วไป (Clakt & Chamberlain, 2014) Benjamin K Wood และ Benjamin K Blevins ได้จัดการเรียนรู้ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 วิธี เปรียบเทียบกันระหว่างการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และการใช้อุปกรณ์ในการทดลองจริง ผลที่ได้จากการทดสอบหลังเรียนซึ่งวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพบว่า ผู้เรียนทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ทำให้สรุปได้ว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงเรียนที่ขาดอุปกรณ์ในการทำการทดลอง (Wood & Blevin, 2019) Nadia Rehman, Wanlan Zhang, Amir Mahmood และ Faiz Alam ได้ศึกษาการนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากโครงการ PhET ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่อง มวล และน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้รับความสนใจจากผู้เรียนในการใช้อธิบายเนื้อหาฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อน และช่วยให้นักเรียนลดการจดจำเนื้อหาลงไปได้เป็นอย่างมาก (Rehman et al., 2021) Ayodele Abosede Ogegbo และ Umesh Ramnarain ได้นำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต ผลการวิเคราะห์จากคะแนนหลังเรียนพบว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีระดับคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ และจากผลการสัมภาษณ์ผู้เรียนพบว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่นำมาใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่มีความยากในวิชาฟิสิกส์ได้ดีขึ้น (Ogegbo & Ramnarain, 2022) Herbert James Banda และ Joseph Nzabahimana ได้ศึกษาการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากโครงการ PhET ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่อง การสั่น และคลื่น ผลการศึกษาจากคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่จากการศึกษาด้วยแบบทดสอบการสร้างแรงจูงใจในผู้เรียนทางด้านการรับรู้ถึงความสามารถของตนเอง กลยุทธ์การเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้เนื้อหาฟิสิกส์ สิ่งแวดล้อมที่กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และเจตคติต่อการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนรู้ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากโครงการ PhET มีส่วนช่วยพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรื่อง การสั่น และคลื่น ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนเป็นรูปธรรม และช่วยใช้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น จึงมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน (Banda & Nzabahimana, 2023)

สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างหลากหลายเช่น นินนาท์ จันทร์สูรย์ และนวศิษฏ์ รักษ์บำรุง ได้ยกตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีที่ใช้กรอบแนวคิดความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ผลจากการศึกษาพบว่าสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ส่งผลต่อการเรียนรู้เป็นอย่างดีต่อความเข้าใจมโนมติของผู้เรียน PhET มีประสิทธิภาพต่อการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย กิจกรรมในชั้นเรียน ปฏิบัติการทดลอง และการบ้าน นอกจากนี้สถานการณ์จำลองถูกออกแบบให้นำเสนอในลักษณะที่เป็นตัวอักษรให้น้อยลง ทำให้ผู้สอนสามารถที่จะนำไปใช้บูรณาการร่วมเพื่องานปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนได้โดยง่ายขึ้น (Jansoon & Rakbamrung, 2018) นันทวัน พัวพัน สิรินภา กิจเกื้อกูล และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ได้พัฒนารายวิชาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาสามารถเลือกใช้โปรแกรม PhET ได้เหมาะกับเนื้อหาและออกแบบวิธีสอนได้เหมาะสมกับบริบท โดยนักศึกษาให้ความเห็นว่า โปรแกรม PhET มีสถานการณ์จำลองด้านฟิสิกส์ให้นักเรียนได้ทดลองและเห็นการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของวัตถุ เข้าใจได้ง่ายกว่าการที่ต้องจินตนาการเอง (Phuaphan et al, 2020) อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร ได้วิเคราะห์วิธีการใช้เทคนิคการสอนออนไลน์ที่นิสิตครูฟิสิกส์ก่อนประจำการเลือกใช้ ภายใต้บริบทการสอนแบบออนไลน์ พบว่า การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงถูกเลือกใช้มากที่สุดในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน (Thanetweeraphat, 2022) พิชญ์สินี ไสยสิทธิ์ และ

พิมพ์ปวีณ์ สุวรรณโณ ได้ศึกษาสภาพและความต้องการพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูประจำการ พบว่า ครูส่วนใหญ่มีความต้องการด้านเทคโนโลยีที่นำมาสนับสนุนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสำคัญควรส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะด้านทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับครูผู้สอนในศตวรรษที่ 21 (Saiyasit & Suwanno, 2021)

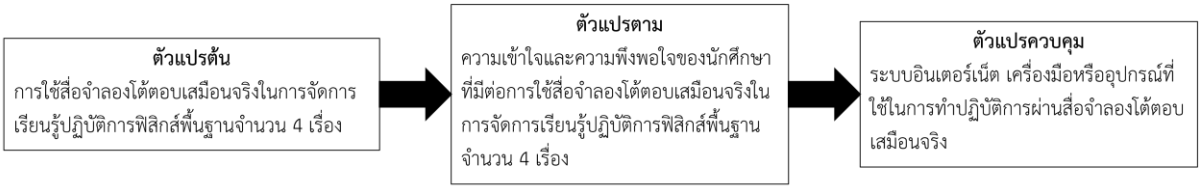
จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นว่าการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย พบว่าผู้สอนใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในหลายๆ จุดประสงค์ ผู้สอนมีการออกแบบวิธีการสอนโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละรูปแบบ ส่งเสริมให้เกิดการเรียนการสอนแบบเชิงรุก มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ผู้สอนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจที่สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยสนใจนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ในการพัฒนาปฏิบัติการในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบใบกิจกรรมประกอบการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง การวิเคราะห์ความเข้าใจของผู้เรียนจากคำตอบในใบกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน และศึกษาวิธีการประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง
2. เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานด้วยการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สำหรับนักศึกษานักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา: ความเข้าใจที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้เสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานจำนวน 4 ปฏิบัติการโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ได้แก่ (1) ปฏิบัติการที่ 1 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (2)

ปฏิบัติการที่ 2 การเคลื่อนแบบสั่นแกว่งอย่างง่าย (3) ปฏิบัติการที่ 4 กฎของโอห์ม และ(4) ปฏิบัติการที่ 4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายในเซลล์

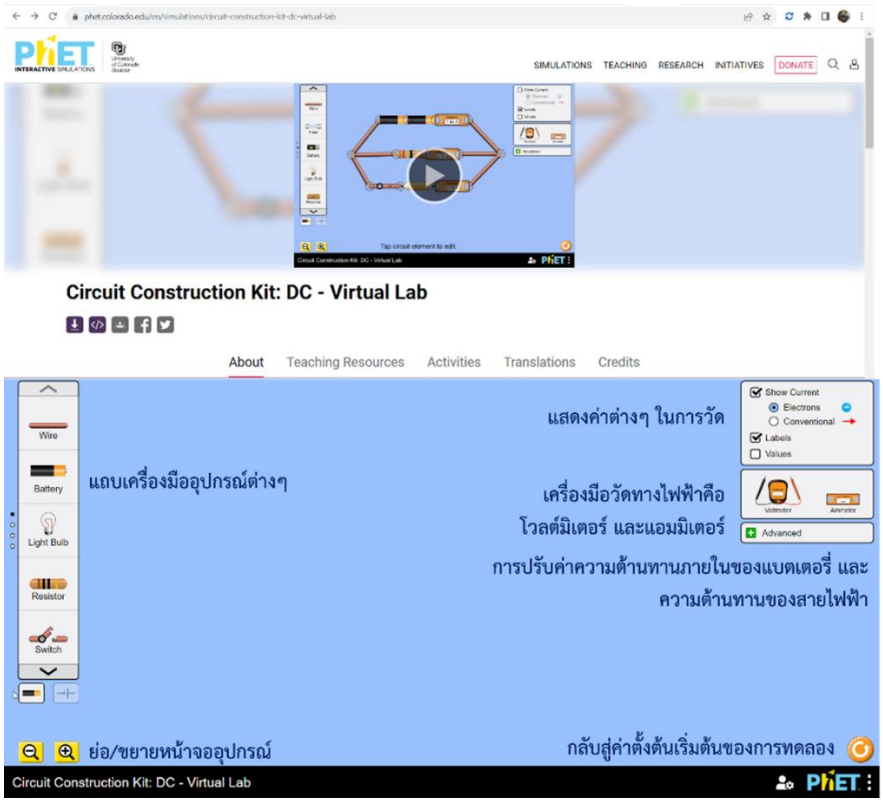
2. ขอบเขตของประชากร: นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ของภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

3. ขอบเขตของกลุ่มตัวอย่าง: นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การพัฒนาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานโดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการใช้งานของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET บนเว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/en/ โดยศึกษารายละเอียดของเครื่องมือที่อยู่บนสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ข้อจำกัดของเครื่องมือ การใช้งานของเครื่องมือแต่ละประเภท เพื่อนำมาออกแบบวิธีการทำการทดลองในแต่ละปฏิบัติการ ระบุหน้าที่และข้อจำกัดของเครื่องมือในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ต้องใช้ในการทำปฏิบัติการในแต่ละปฏิบัติงาน ดังแสดงตัวอย่างของเครื่องมือดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ส่วนประกอบของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ใช้ในการออกแบบปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ออกแบบคู่มือการทำปฏิบัติการให้สอดคล้องกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ใช้ในแต่ละปฏิบัติการ ซึ่งประกอบไปด้วย จุดประสงค์การทดลอง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิธีทำการทดลอง แบบบันทึกผลการทดลอง และคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจท้ายการทดลอง ซึ่งมีการตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของคู่มือปฏิบัติการกับสื่อจำลอง

โต้ตอบเสมือนจริง ด้วยการให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 5 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสม (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ผลการประเมินดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมของคู่มือปฏิบัติการกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

การทดลองที่	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	0.6	สามารถใช้ได้
2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย	0.8	สามารถใช้ได้
3) กฎของโอห์ม	0.8	สามารถใช้ได้
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน	0.6	สามารถใช้ได้

2) การศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนจากผลการตอบแบบบันทึกผลการทดลอง และผลการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการทำปฏิบัติการ ออกเป็น 4 ตอนคือ ตอนที่ 1 ศึกษาความเข้าใจจากการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล และการบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้าใจจากการวิเคราะห์ผลการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้าใจจากการตอบคำถามท้ายการทดลอง ซึ่งในแต่ละตอนมีการตรวจให้คะแนนตอนละ 10 คะแนน วิเคราะห์ผลโดยใช้คะแนนเฉลี่ย คะแนนมากที่สุด คะแนนน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนตอนที่ 4 ศึกษาความเข้าใจจากผลการทดสอบก่อนทำปฏิบัติการ และหลังทำปฏิบัติการด้วยการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain: <g>) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$Normalized\ gain < g >= \frac{Posttest - Pretest}{Total - Pretest} \quad (1)$$

โดยแบ่งระดับความก้าวหน้าเป็น 3 ระดับคือ ระดับสูง ค่า <g> มากกว่า 0.70 ระดับปานกลาง 0.30 ค่า <g> อยู่ระหว่าง 0.30 – 0.70 และระดับต่ำ ค่า <g> น้อยกว่า 0.30 (Chuaon, 2011)

3) การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยมีการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินด้วยผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสม (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 แปลความหมายได้ว่า สามารถใช้ได้ ซึ่งแบบประเมินนี้ประกอบไปด้วยคำถามทั้งหมด 30 ข้อ เป็นคำถามความพึงพอใจในทางบวกจำนวน 22 ข้อ และคำถามความพึงพอใจในทางลบจำนวน 8 ข้อ แบ่งคำถามทั้งหมดออกเป็น 4 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1 ประเมินประโยชน์ของการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง จำนวน 6 ข้อ ด้านที่ 2 ประเมินแนวคิดของนักศึกษาที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง จำนวน 11 ข้อ ด้านที่ 3 ประเมินผลกระทบของการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงต่อเนื้อหาความรู้ จำนวน 8 ข้อ และด้านที่ 4 ประเมินผลกระทบของการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงต่อทักษะการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ มีระดับการประเมินค่าความพึงพอใจ 5 ระดับ และมีเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยผลความพึงพอใจในแต่ละช่วงคะแนน โดยมีช่วงห่างของระดับคะแนนเท่ากับ 0.80 ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ระดับการประเมินค่าความพึงพอใจจากแบบประเมิน

ระดับความพึงพอใจ	เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม		การแปลความหมายความพึงพอใจ	ระดับคะแนนเฉลี่ย	
	เชิงบวก	เชิงลบ		คำถามเชิงบวก	คำถามเชิงลบ
มากที่สุด	5	1	ความพึงพอใจมากที่สุด	4.21-5.00	1.00-1.80
มาก	4	2	มีความพึงพอใจมาก	3.41-4.20	1.81-2.60
ปานกลาง	3	3	มีความพึงพอใจปานกลาง	2.61-3.40	2.61-3.40
น้อย	2	4	มีความพึงพอใจน้อย	1.81-2.60	3.41-4.20
น้อยที่สุด	1	5	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด	1.00-1.80	4.21-5.00

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน นำเสนอได้ดังนี้

1) ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน พิจารณาคะแนนการบันทึกผลการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังรายละเอียดในตาราง 3 และพิจารณาผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนการทำปฏิบัติการ และหลังการทำปฏิบัติการ แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน คะแนนเฉลี่ยก่อนการทำปฏิบัติการ คะแนนเฉลี่ยหลังทำปฏิบัติการ ในตาราง 4

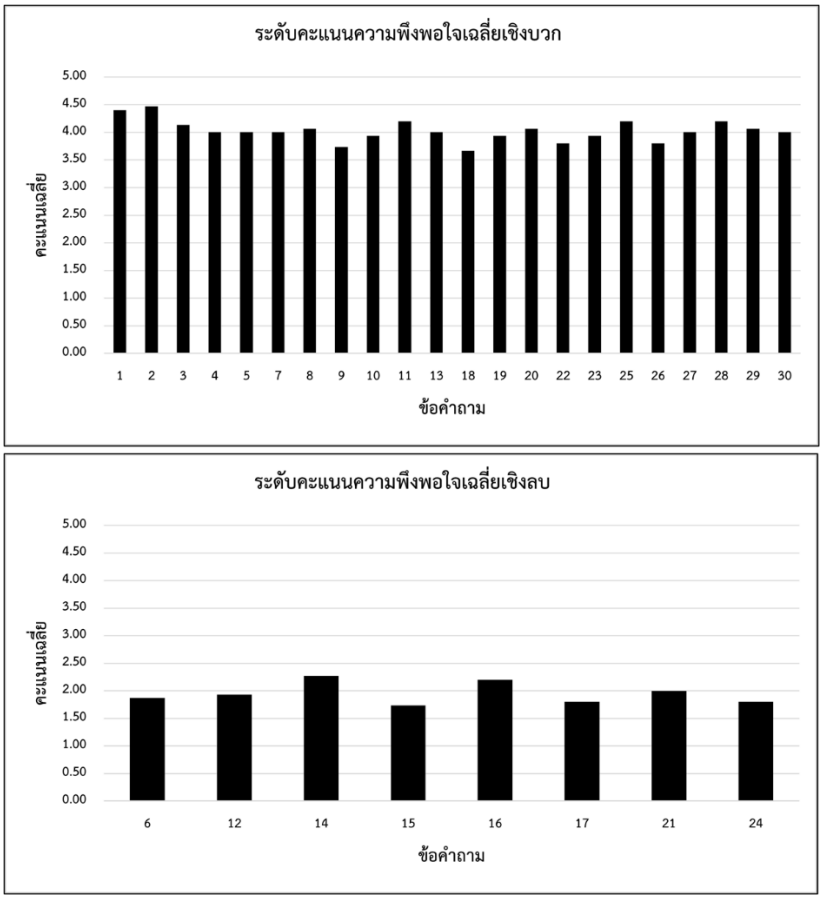
ตาราง 3 ผลคะแนนจากแบบบันทึกผลการทดลอง

ผลการศึกษา ตอนที่ 1 การออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล และการบันทึกผลการทดลอง				
การทดลองที่	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนมากที่สุด	คะแนนน้อยที่สุด	SD
1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	7.89	9.00	7.00	0.58
2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย	7.75	8.00	7.00	0.37
3) กฎของโอห์ม	7.89	9.00	7.00	0.72
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน	7.89	9.00	6.00	0.89
ผลการศึกษา ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง				
การทดลองที่	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนมากที่สุด	คะแนนน้อยที่สุด	SD
1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	7.68	9.00	6.00	1.14
2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย	8.98	9.00	8.00	0.15
3) กฎของโอห์ม	7.68	9.00	5.00	1.16
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน	7.93	9.00	7.00	0.66
ผลการศึกษา ตอนที่ 3 การตอบคำถามท้ายการทดลอง				
การทดลองที่	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนมากที่สุด	คะแนนน้อยที่สุด	SD
1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	8.16	9.00	7.00	0.78
2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย	7.43	9.00	7.00	0.59
3) กฎของโอห์ม	7.89	9.00	6.00	0.89
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน	7.93	9.00	7.00	0.66

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

การทดลองที่	คะแนนเฉลี่ย		ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน	การแปลผล
	ก่อน	หลัง	<g>	
1) การเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง	3.70	6.70	0.47	ระดับปานกลาง
2) การเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่าย	3.09	5.91	0.40	ระดับปานกลาง
3) กฎของโอห์ม	3.30	6.11	0.42	ระดับปานกลาง
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทานภายใน	2.93	6.20	0.43	ระดับปานกลาง
รวมทั้ง 4 ปฏิบัติการ	3.16	6.23	0.43	ระดับปานกลาง

2) ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ความพึงพอใจเชิงบวกจำนวน 22 ข้อ และความพึงพอใจเชิงลบจำนวน 8 ข้อ ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในแต่ละข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยเชิงบวกจำนวน 22 ข้อเชิงลบ 8 ข้อ

จากระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยเชิงบวกจำนวน 22 ข้อ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 แปลความหมายได้ว่า มีความพึงพอใจมาก และระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยเชิงลบจำนวน 8 ข้อ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.95 แปลความหมายได้ว่า มีความพึงพอใจมาก เช่นกัน ความคิดเห็นอื่น ๆ ของนักศึกษาที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในทางบวก เช่น การเรียนรู้

ผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงช่วยเพิ่มความเข้าใจในทฤษฎีสามารถทำให้อธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้ ช่วยเพิ่มความสนใจในทฤษฎีและแนวคิดทางฟิสิกส์มากขึ้น ไม่น่าเบื่อ สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเหมาะสำหรับการสอนฟิสิกส์ ส่วนความคิดเห็นที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในทางลบ เช่น การลงมือปฏิบัติจริงก็สามารถช่วยให้มีความเข้าใจและเป็นรูปธรรมมากขึ้นเหมือนกัน แต่ชอบการลงมือปฏิบัติจริงมากกว่า อุปกรณ์บางชิ้นในสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เช่น สายไฟฟ้าไม่สามารถบิดงอให้โค้งได้เหมือนสายไฟจริง ทำให้การต่อวงจรต้องใช้สายไฟฟ้าหลายเส้น เกิดความยุ่งยากในการออกแบบวงจร หน้าจอของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงไม่สามารถปรับขนาดให้ขยายใหญ่ขึ้นได้ ทำให้สังเกตค่าจากการวัดได้ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ ระบบอินเตอร์เน็ตที่เสถียรก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการทำปฏิบัติการมีความรวดเร็ว และเสร็จทันตามกำหนดเวลา

สรุปผลการวิจัย

การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์ ช่วยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) มากขึ้นผ่านใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนเข้าใจและมองเห็นภาพได้ชัดเจนกว่าการเรียนแบบดั้งเดิม (Traditional Learning) อีกทั้งยังแสดงให้เห็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเกี่ยวกับการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปวางแผนปรับปรุงการจัดการเรียนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง โดยค่าเฉลี่ยในเชิงบวกและเชิงลบมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีความเหมาะสมที่จะนำมาออกแบบการทำปฏิบัติการ สามารถขยายการออกแบบการเรียนรู้ การออกแบบใบกิจกรรมในหัวข้ออื่นๆ ที่สามารถใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง มาประกอบการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถตอบคำถาม ออกแบบ และทำการทดลองผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้ นอกจากนี้ยังได้แบบบันทึกผลการทดลองที่ใช้กับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงแทนการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง ผลจากการนำเอาสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีประโยชน์ในการนำมาวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือ เปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนให้เป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง และยังช่วยให้ผู้สอนออกแบบวิธีการสอนตลอดจนใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงประกอบการสอนช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพได้เป็นรูปธรรมชัดเจนมากยิ่งขึ้น ช่วยประหยัดเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองจริง ได้ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี ประหยัดงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์จริง สามารถลดอันตรายจากการต่อวงจรไฟฟ้าของจริงได้ และยังช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Baltzis, K.B. และ Koukias K.D. ค้นพบว่า ผลจากการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนร่วมกับการทดลองจริงเรื่องวงจรไฟฟ้าพบว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น (Baltzis & Koukias, 2009)

นอกจากนี้ ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากถึงระดับมากที่สุด ข้อที่นักศึกษามีความพึงพอใจในระดับน้อยคือ ข้อ “18) เมื่อเปรียบเทียบการเรียนผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงกับการเรียนแบบปกติ การเรียนผ่านสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงทำให้เครียดมาก” ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่อุปกรณ์ของผู้เรียนไม่สามารถจะเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเครียดและวิตกกังวลว่าจะไม่สามารถทำปฏิบัติการด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้ ซึ่งทางผู้วิจัยได้แก้ไขด้วยการนำไฟล์ของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงส่งให้กับ

นักศึกษาใช้ในระบบออฟไลน์แทน ซึ่งนักศึกษาก็สามารถทำปฏิบัติการทดลองได้ทัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ ออกแบบใบกิจกรรมในหัวข้ออื่น ๆ ที่สามารถใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง มาประกอบการจัดการเรียนการสอนได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1) ควรมีการปรับแบบบันทึกผลการทดลองให้เหมาะสมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ในบางครั้งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ยังไม่สามารถแสดงรายละเอียดและค่าในการคำนวณ

2) ควรย้ำกับผู้เรียนเสมอว่า ปรากฏการณ์ที่สังเกตได้จากสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง มีความแตกต่างกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพราะไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองเหมือนการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง และเน้นให้ผู้เรียนสังเกตความแตกต่างนั้น นำมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อสร้างข้อสรุป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการสำรวจความพร้อมด้านอุปกรณ์ของผู้เรียนก่อนนำสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาใช้ในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ และควรมีการเตรียมสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเพื่อใช้ในการเรียนแบบออฟไลน์ ในกรณีที่สัญญาณอินเตอร์เน็ตมีปัญหา

2) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการทำปฏิบัติการกับการทำปฏิบัติการด้วยบอุปกรณ์จริง ว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไร และข้อจำกัดของการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการทำปฏิบัติการฟิสิกส์

อ้างอิง

Baltzis, K.B., & Koukias, K.D. (2009). Using Laboratory Experiments and Circuit Simulation IT Tools in an Undergraduate Course in Analog Electronics. *Journal of Science Education and Technology*, 18(6), 546-555.

Banda, H.J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(4), 127-141.

Chuaon, S. (2011). Effectiveness of laboratory group investigation model in science classroom. *Veridian E-Journal SU*, 4(1), 645-651. (In Thai)

Clarkt, T.M., & Chamberlain, J.M. (2014). Use of a PhET interactive simulation in general chemistry laboratory: Models of the hydrogen atom. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1198-1202.

Jansoon, N., & Rakbamrung, N. (2018). TPACK in chemistry classroom using PhET interactive simulations. *Journal of Science and Science Education*, 1(1), 109-121. (In Thai)

Ogegbo, A.A., & Ramnarain, U. (2022). Teaching and learning Physics using interactive simulation: A guided inquiry practice. *South African Journal of Education*, 42(1), 1-9.

Perkins, K., Adama, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher,* 44(18), 18-23.

Phuaphan, N., Kijkuakul, S., & Chanunan, S. (2020). Development of an innovative methods course supporting pre-service science teachers'tecchnological pedagogical and content knowledge: A critical participatory action research. *Journal of Education Naresuan University*, 24(2), 159-169, (In Thai)

Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A.K., & Alam, F. (2021). Teaching Physics with interactive computer simulation at secondary level. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, 14(1), 127-141.

Saiyasit, P., & Suwanno, P. (2021). Assessment of the current state and needs related to development of information and communication technology skills in 21st century learning management for municipal school teachers, The local administrative organization, Yala Province. *Journal of Library and Information Science Srinakharinwirot University*, 14(2), 24-34. (In Thai)

Thanetweeraphat, A. (2022). Teaching techniques for designing physics learning activities during the COVID-19 pandemic: Analysis of pre-service teachers' lesson plans. *Journal of Education Study*, 50(4), 2-13. (In Thai)

Wood, B.K., & Blevins, B.K. (2019). Substituting the practical teaching of physics with simulations for the assessment of practical skills: an experimental study. *Physics Education*, 54(3), 035004.