

Examining the Use of PhET Interactive Simulations for Teaching Direct Current

Chanwit Kamcharean

Ph.D. (Applied Physics), Lecturer

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

Kuanhathai Kuadnok

Ph.D. (Education), Lecturer

Department of Western Languages, Faculty of Humanities and Social Science
Chiang Mai Rajabhat University

Received: May 30, 2019/ Revised: May 15, 2020/ Accepted: June 30, 2020

Abstract

Physics Education Technology (PhET) consists of more than 50 simulations on <https://phet.colorado.edu>. The simulations include Physics, Biology, Chemistry, Earth Science and Mathematics. This article focuses on an activity for teaching direct current circuit by using Circuit Construction Kit (CCK) simulation. The CCK simulation offers an animation of direct current. It presents an animated connection with switches, batteries, resistors, wires, light bulbs, ammeters, and voltmeters.

The results of this study reveal that the students who engaged with CCK performed positive response for constructing direct current circuit. By using Evaluation Questionnaire for Computer Simulations (EQCS) to survey students' response to CCK, it is evident that the use of CCK can be effective in encouraging students learning of direct current circuit. Significantly, most of the students agree with the use of CCK in teaching and learning since the use of CCK can help them to construct a conceptual understanding of Physics, regarding the visibility and the use of analogy.

Keywords: PhET, Interactive Simulation, Direct Current Circuit, EQCS

การตรวจสอบการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สำหรับการสอนไฟฟ้ากระแสตรง

ชาญวิทย์ คำเจริญ

ปร.ด.(ฟิสิกส์ประยุกต์), อาจารย์

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ขวัญหทัย กวดนอก

ปร.ด.(การศึกษา), อาจารย์

ภาควิชาภาษาตะวันตก คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วันรับบทความ: 30 พฤษภาคม 2562/ วันแก้ไขบทความ: 15 พฤษภาคม 2563/ วันตอบรับบทความ: 30 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ

โครงการ Physics Education Technology (PhET) ประกอบด้วย แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมากกว่า 50 แบบจำลองซึ่งอยู่บน <https://phet.colorado.edu> แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงประกอบไปด้วยแบบจำลองในวิชา ฟิสิกส์ ชีววิทยา เคมี วิทยาศาสตร์โลก และคณิตศาสตร์ บทความวิจัยนี้มุ่งเน้นสำรวจความเข้าใจที่มีต่อกิจกรรมการสอนวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการสร้างวงจรไฟฟ้าให้รายละเอียดเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าเช่น สวิตช์ แบตเตอรี่ ตัวต้านทานไฟฟ้า สายไฟ หลอดไฟ แอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องการสร้างวงจรไฟฟ้าให้ผลตอบรับในเชิงบวกกับการสร้างวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยวิเคราะห์จากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลอย่างชัดเจนว่าการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาในเรื่องการสร้างวงจรไฟฟ้า นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการเรียนการสอน โดยระบุว่า ช่วยให้นักศึกษาสามารถสร้างมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ตลอดจนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสำคัญ: เทคโนโลยีฟิสิกส์ศึกษา, แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง, วงจรไฟฟ้ากระแสตรง, แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

บทนำ

โครงการ The Physics Education Technology (PhET) ได้ทำการสร้างแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงซึ่งสามารถใช้งานได้บนเว็บไซต์ <https://phet.colorado.edu/en/simulations> แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นสื่อการสอนที่สามารถจำลองสถานการณ์ทางฟิสิกส์ แสดงผลลัพธ์ในการทดลอง แสดงผลการคำนวณตัวแปรในทางฟิสิกส์สำหรับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีเนื้อหาที่ครอบคลุมในหลายหัวข้อ ในหลายระดับชั้นตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระดับฟิสิกส์พื้นฐานในมหาวิทยาลัยชั้นปีที่ 1 ไปจนถึงเนื้อหาในระดับสูง เช่น เลเซอร์ สารกึ่งตัวนำ ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ กัมมันตภาพรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์และการวิเคราะห์ฟูริเยร์ เป็นต้น โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 กลุ่มวิชา ดังนี้ 1) ฟิสิกส์ 2) เคมี 3) ชีววิทยา 4) วิทยาศาสตร์โลก และ 5) คณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายหลักของการสร้างแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมี 2 ประเด็น คือ เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนและส่งเสริม ปรับปรุงการเรียนการสอน (Perkins, Adams, Dubson, Finkelstein, Reid, Wieman & LeMaster, 2006) ผลการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจากหลายงานวิจัย พบว่าแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เป็นสื่อที่มีสมรรถภาพสูงกว่าสื่อแบบเก่าและเป็นการสะท้อนผลอย่างชัดเจนว่าผู้เรียนในยุคปัจจุบันที่มีการรับรู้ข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถเข้าถึงสื่อแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงได้อย่างสะดวก เพราะการใช้งานแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เปิดให้ใช้งานได้ฟรีและยังสามารถใช้งานผ่านทางโปรแกรมสำเร็จรูปที่ไม่ต้องใช้ในการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจึงมีความสะดวกและเข้าถึงผู้เรียนได้โดยง่าย (Wieman & Perkins, 2006; Wieman, Adams & Perkins, 2008) ด้วยความเหมาะสมของแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจึงทำให้เป็นสื่อที่มีความน่าสนใจและเหมาะกับการเรียนการสอนในยุคศตวรรษที่ 21

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำเอาแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาปรับใช้ในรายวิชา ฟิสิกส์ทั่วไป 2 (PHYS1103) สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งมีเนื้อหาส่วนใหญ่คือ ไฟฟ้าแม่เหล็ก โดยเลือกหัวข้อวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เข้าใจยาก และเป็นนามธรรม มองเห็นภาพไม่ชัดเจน โดยเฉพาะนักศึกษาบางสาขาที่ไม่ได้เรียนทางสายวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์มาโดยตรง แต่ต้องลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์เพื่อเป็นวิชาพื้นฐานในการเรียนระดับสูงต่อไป (Clark & Chamberlain, 2014) จากการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมาพบว่า นักศึกษาเกิดปัญหาในการเรียนวิชาไฟฟ้า โดยเฉพาะการสร้างวงจรไฟฟ้า การนำแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในเรื่องวงจรไฟฟ้ามาใช้นั้น ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบใบกิจกรรมประกอบการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง วิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนจากใบกิจกรรม ประเมินผลจากการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงด้วยการสัมภาษณ์นักศึกษาบางส่วนและใช้การตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Evaluation Questionnaire for Computer Simulations :EQCS) (Gok, 2011)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่มีผลต่อความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องวงจรไฟฟ้า
2. เพื่อสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนเรื่องวงจรไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเรื่องวงจรไฟฟ้า โดยใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้าจากเว็บไซต์ <https://phet.colorado.edu/en/simulation/>

circuit-construction-kit-dc-virtual-lab ซึ่งในแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจะมีรายละเอียดของ

เครื่องมือต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้า ให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้งานได้ดังแสดงในภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

ส่วนประกอบของแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง วงจรไฟฟ้า

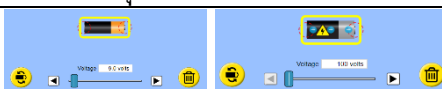
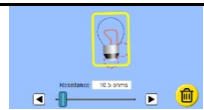
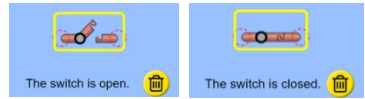
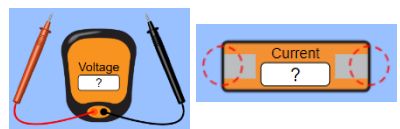


การใช้งานแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Tablet, I-pad และ Smart phone โดยใช้โปรแกรม Java และ Flash สำหรับการแสดงผลแบบจำลองโต้ตอบ

เสมือนจริง อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องไฟฟ้า มีรายละเอียดและข้อจำกัดในการใช้งานดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1

ส่วนประกอบและรายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง

ลำดับ	อุปกรณ์ / เครื่องมือ	รายละเอียด
1		แบตเตอรี่ สามารถปรับค่าความต่างศักย์ได้ตั้งแต่ 0 – 120 โวลต์ และ 100 – 100,000 โวลต์ สามารถสลับขั้ว บวก/ลบ ได้
2		ตัวต้านทานไฟฟ้า สามารถปรับค่าความต้านทานได้ตั้งแต่ 0 - 120 โอห์ม และ 100 – 10,000 โอห์ม และแถบสีเปลี่ยนตามค่าความต้านทานไฟฟ้า
3		หลอดไฟฟ้า สามารถปรับค่าความต้านทานได้ 0 - 120 โอห์ม
4		สวิตช์ไฟฟ้า สามารถ เปิด/ปิด ได้
5		โวลต์มิเตอร์ ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า แอมมิเตอร์ ใช้วัดกระแสไฟฟ้า
6		สายไฟ ใช้เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรมให้สอดคล้องกับแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องวงจรไฟฟ้า โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมทั้งหมด 2 ชั่วโมง กิจกรรมในแต่ละตอนสามารถสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนได้จากคำถามในใบกิจกรรมและคำถามจากการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและยืนยันคำตอบที่มาจากแนวคิดของผู้เรียนทำให้ทราบถึงความเข้าใจของผู้เรียนการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนโดยศึกษาจากคำตอบของผู้เรียนในใบกิจกรรมดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 2 และการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนโดยวิเคราะห์จากคำตอบของผู้เรียนในแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 3

2. การสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้งานแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องวงจรไฟฟ้า

ในการสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนผู้วิจัยได้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟฟ้าเกิดแสงสว่างในตอนแรกนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟสว่างได้และให้ผู้เรียนอธิบายถึงปัจจัยที่มีผลต่อการที่หลอดไฟจะสว่างหรือไม่สว่าง ตลอดจนปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟมีความสว่างมากขึ้นกว่าเดิม ตอนที่ 2 ศึกษาการต่อหลอดไฟฟ้า ในตอนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบคำถามเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าในการต่อหลอดไฟในแบบต่าง ๆ และลักษณะของการต่อหลอดไฟในแต่ละแบบมีผลต่อความสว่างของหลอดไฟอย่างไร และตอนที่ 3 ศึกษา

สมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุชนิดต่าง ๆ ในแต่ละตอน ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมและคำถามโดยใช้รูปแบบ POE (Predict-Observe-Explain) ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นรูปแบบที่มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนค้นหา จดจำ แก้ไขปัญหาด้วยการคิดแบบวิเคราะห์ และมี

ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Hsiao, Chen, J.C., Hong, Chen, P.H., Lu, Chen, S.Y, 2017) รายละเอียดของคำถามในแต่ละตอน แสดงในตาราง 2

ตาราง 2

คำถามในใบกิจกรรมประกอบแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง วงจรไฟฟ้า

ตอนที่	หัวข้อ	คำถาม	ขั้นตอน
1	ศึกษาปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟฟ้าเกิดความสว่าง	- ให้นักศึกษาร่วมกันออกแบบทางเดินของกระแสไฟฟ้าเพื่อให้หลอดไฟสว่าง โดยออกแบบและเขียนรายละเอียดลงในตาราง - ให้นักศึกษาตรวจสอบวงจรที่ทำให้หลอดไฟสว่างได้ โดยการสังเกตจากแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง - ให้นักศึกษาใช้ความเข้าใจของตนเองในการอธิบายว่า หลอดไฟสว่างได้อย่างไร (นักศึกษาสามารถเขียนหรือวาดรูปได้)	Predict Observe Explain
2	ศึกษาการต่อหลอดไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	- ให้นักศึกษาร่วมกันออกแบบวงจรไฟฟ้าตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ เพื่อให้หลอดไฟเกิดความสว่าง - ให้นักศึกษาสังเกตความสว่างของหลอดไฟในวงจรที่ออกแบบจากแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง - ให้นักศึกษาใช้ความเข้าใจของตนเองในการอธิบายว่า หลอดไฟในแต่ละแบบสว่างหรือไม่สว่างเพราะเหตุใด (นักศึกษาสามารถเขียนหรือวาดรูปได้)	Predict Observe Explain
3	ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุชนิดต่าง ๆ	- นักศึกษาคิดว่าวัตถุใดบ้างที่ใส่ต่อวงจรแล้วหลอดไฟสว่างหรือไม่ - นักศึกษาสังเกตความสว่างของหลอดไฟเมื่อต่อวัสดุชนิดต่าง ๆ ในวงจรจากแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง - ให้นักศึกษาใช้ความเข้าใจของตนเองในการอธิบายว่า เหตุใดวัตถุบางชนิดทำให้หลอดไฟสว่าง บางชนิดหลอดไฟไม่สว่าง	Predict Observe Explain

นอกเหนือจากการตอบคำถามในแต่ละตอน (1-3) ในใบกิจกรรมแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ โดยวิธีแบบสุ่มสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง นักศึกษาบางคนที่มีแนวคิดแตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้ส่วนใหญ่ จากคำตอบในใบกิจกรรม เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดทั้งหมดที่ได้จากการทำกิจกรรม (Mckagan, Perkins, Dubson, Malley, Reid, LeMaster & Wieman, 2008)

3. การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่อง วงจรไฟฟ้า

ในการสำรวจพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเรื่องวงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการ ใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง (Evaluation Questionnaire for Computer Simulations: EQCS) ซึ่งแบบประเมินนี้ (Gok, 2011) ประกอบไปด้วยคำถามทั้งหมด 29 ข้อ เป็นคำถามความพึงพอใจ

ในทางบวกจำนวน 22 ข้อ และคำถามความพึงพอใจ
ในทางลบจำนวน 7 ข้อ โดยมีระดับการประเมินค่า

ความพึงพอใจ 5 ระดับ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3

ระดับการประเมินค่าความพึงพอใจจากแบบประเมิน EQCS

ระดับความพึงพอใจ	เกณฑ์การให้คะแนนในแบบประเมินความพึงพอใจ	
	คำถามเชิงบวก	คำถามเชิงลบ
พึงพอใจมากที่สุด	5	1
พึงพอใจมาก	4	2
พึงพอใจปานกลาง	3	3
พึงพอใจน้อย	2	4
พึงพอใจน้อยที่สุด	1	5

โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัด
ระดับคะแนนเฉลี่ยในแต่ละช่วงคะแนน โดยมีช่วงห่าง

ของคะแนนเท่ากับ 0.8 ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4

แสดงความหมายของระดับการประเมินค่าความพึงพอใจจากคะแนนเฉลี่ย

การสรุปความหมาย	ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย	
	คำถามเชิงบวก	คำถามเชิงลบ
พึงพอใจมากที่สุด	4.21-5.00	1.00-1.80
พึงพอใจมาก	3.41-4.20	1.81-2.60
พึงพอใจปานกลาง	2.61-3.40	2.61-3.40
พึงพอใจน้อย	1.81-2.60	3.41-4.20
พึงพอใจน้อยที่สุด	1.00-1.80	4.21-5.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้จัดทำ
ขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้กลุ่ม
ตัวอย่างคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเคมี และ
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 38 คน
ที่ลงทะเบียนในรายวิชา ฟิสิกส์ทั่วไป 2 (PHYS1103)
โดยใช้เวลาในการทำกิจกรรม จำนวน 2 ชั่วโมงและ
ตอบแบบประเมินความพึงพอใจผ่าน Google Form
ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้เวลาทำ 30 นาที จากนั้นทำ
การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1
วิเคราะห์คำตอบจากใบกิจกรรมเพื่อนำมาทำการ

วิเคราะห์ผลเชิงปริมาณ จำนวนนักศึกษาที่ตอบผิด
และตอบถูกคิดเป็นร้อยละ และวิเคราะห์เชิง
คุณภาพโดยพิจารณาจากลักษณะของคำตอบและ
การให้เหตุผลในการตอบคำถามในแต่ละข้อ เพื่อ
ศึกษาการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่มีผล
ต่อความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้าและใช้ข้อมูลจากการ
สัมภาษณ์นำมาตรวจสอบและยืนยันคำตอบจากการ
ตอบคำถามในใบกิจกรรมให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น
และตอนที่ 2 วิเคราะห์คำตอบจากแบบประเมิน
ความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐาน

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ผลคำตอบจากใบกิจกรรม และตอนที่ 2 ผลจากคำตอบจากแบบประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ 1 ผลจากใบกิจกรรม

1. ศึกษาปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟฟ้าเกิด

ความสว่าง

ผลจากคำตอบในใบกิจกรรมพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถบอกปัจจัยหลักที่ทำให้หลอดไฟฟ้าเกิดความสว่างซึ่งได้แก่ แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (ถ่านไฟฉาย) ทางเดินกระแสไฟฟ้า (สายไฟ) และตัวรับกระแสไฟฟ้า (หลอดไฟ) ได้อย่างถูกต้อง จำนวน 6 คน (15.79%) นักศึกษาจำนวน

1 คน (2.63%) ตอบเพียงสองปัจจัยคือ ถ่านไฟฉาย และหลอดไฟ นักศึกษาจำนวน 1 คน (2.63%) ตอบว่าขึ้นอยู่กับขนาดของโวลต์มิเตอร์ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ผิด เพราะความสว่างของหลอดไฟไม่มีความเกี่ยวข้องกับขนาดของเครื่องมือวัด และนักศึกษาจำนวน 30 คน (78.95%) ตอบว่าขึ้นอยู่กับถ่านไฟฉายเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้คำนึงถึงอุปกรณ์เชื่อมต่อวงจรคือสายไฟ และอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงคือ หลอดไฟ

ผลจากการตอบคำถามและการออกแบบแก้ไขวงจรไฟฟ้า เพื่อให้หลอดไฟฟ้าเกิดความสว่างมากขึ้นกว่าเดิม สามารถสรุปคำตอบแยกเป็นประเด็นและจำนวนคนตอบดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5

คำถามและคำตอบตอนที่ 1 เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟฟ้าเกิดความสว่าง

คำถาม 1) ทำอย่างไรจะทำให้หลอดไฟสว่างขึ้น	
ประเด็นคำตอบ	จำนวนคนตอบ (ร้อยละ)
ทำได้โดยการเพิ่มถ่านไฟฉาย (ไม่ระบุวิธีการต่อ)	33 (86.84)
ทำได้โดยการเพิ่มถ่านไฟฉาย โดยต่อถ่านไฟฉายแบบอนุกรม	4 (10.53)
ทำได้โดยการเพิ่มถ่านไฟฉาย โดยต่อถ่านไฟฉายแบบขนาน	1 (2.63)
ผลการวิเคราะห์ นักศึกษาส่วนใหญ่ตอบถูกว่าต้องเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายเข้าไปในวงจรแต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าการเพิ่มถ่านไฟฉายเข้าไปนั้นใช้วิธีการต่อแบบใด มีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่ระบุได้ว่า เป็นต่อการแบบอนุกรมหรือการต่อแบบขนาน แสดงถึงความรู้เดิมที่เคยเรียนมาเรื่องการต่อแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้านั้นไม่คงอยู่	
คำถาม 2) เมื่อต้องการให้หลอดไฟสว่างเราจำเป็นต้องทำสิ่งใดที่สุด	
ประเด็นคำตอบ	จำนวนคนตอบ (ร้อยละ)
ต่อวงจรให้ถูกต้องและเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉาย	2 (5.26)
ต่อวงจรให้ถูกต้อง	20 (52.63)
เพิ่มจำนวนถ่านไฟฉาย	15 (39.48)
ต่อหลอดไฟเพิ่ม (แต่ไม่ระบุวิธีการต่อ)	1 (2.63)
ผลการวิเคราะห์ นักศึกษาส่วนใหญ่นึกถึงการเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉาย (เพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจร) หรือการต่อวงจรให้ถูกต้องแต่เพียงอย่างเดียวโดยละเลยการทำทั้งสองวิธี ซึ่งมีความสำคัญในการต่อวงจรไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งไปแล้ววงจรไฟฟ้าก็จะไม่สมบูรณ์และให้ความสว่างไม่มาก	
คำถาม 3) ส่วนประกอบใดที่ต้องมีในวงจรเพื่อให้หลอดไฟสว่าง	
ประเด็นคำตอบ	จำนวนคนตอบ (ร้อยละ)
ถ่านไฟฉาย/หลอดไฟ/สายไฟ	26 (68.43)
ถ่านไฟฉาย/สายไฟ	9 (23.68)
ถ่านไฟฉาย/หลอดไฟ	3 (7.89)

ตาราง 5 (ต่อ)

ประเด็นคำตอบ	
ผลการวิเคราะห์ นักศึกษาส่วนใหญ่ตอบถูก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะได้ทำการต่อในแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงมาหลายครั้งแล้ว นักศึกษามีความคุ้นเคยกับการต่อวงจรที่ต้องมีองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ และสายไฟ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีของแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงเพราะความต่างศักย์ไฟฟ้าของถ่านไฟฉายมีค่าเท่าเดิมตลอดการต่อ ต่างจากของจริงที่ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อใช้งานถ่านไฟฉายไปเรื่อย ๆ ทำให้นักศึกษาเห็นภาพได้ชัดเจนว่าการต่อวงจรที่ถูกต้องต้องอาศัยองค์ประกอบทั้งสามส่วน	

2. ศึกษาการต่อหลอดไฟฟ้าแบบต่าง ๆ

ผลจากการออกแบบวงจรในการต่อวงจรแบบอนุกรมและขนานของหลอดไฟ 2 หลอด แนวคิดที่

นักศึกษาแสดงออกมาสามารถแยกได้ 3 ประเด็นดังผลที่แสดงในตาราง 6

ตาราง 6

แนวคิดที่แสดงต่อการออกแบบวงจรในการต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนานของหลอดไฟ 2 หลอด

แนวคิดที่แสดง	จำนวนคน (ร้อยละ)
นักศึกษาสามารถต่อวงจรได้ถูกต้องและแยกได้ว่าเป็น 2 แบบที่แตกต่างกัน	16 (42.10)
นักศึกษาสามารถต่อวงจรได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็น 2 แบบที่ต่างกันเพราะ	18 (47.37)
นักศึกษาต่อวงจรแบบเดียวกันคือ แบบอนุกรม	
นักศึกษาสามารถต่อวงจรได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็น 2 แบบที่ต่างกันเพราะ	4 (10.53)
นักศึกษาต่อวงจรแบบเดียวกันคือ แบบขนาน	

ผลการวิเคราะห์ พบว่าการใช้แบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงหลาย ๆ ครั้ง ทำให้นักศึกษามีทักษะในการต่อวงจรสามารถต่อวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง แต่เนื่องด้วยรูปแบบสายไฟในแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงไม่สามารถบิดโค้งงอได้เหมือนสายไฟจริง ทำให้นักศึกษาไม่สามารถแยกแยะได้ถึงความแตกต่างของวงจรอนุกรมและวงจรขนาน เมื่อนักศึกษาต่อวงจรไฟฟ้าจึงไม่สามารถระบุความแตกต่างของรูปแบบวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน

3. ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุชนิด

ต่าง ๆ ผลจากการตอบคำถาม “ลักษณะพื้นฐานของ

วัตถุที่ต่อแล้วทำให้หลอดไฟสว่างคืออะไร” ได้แนวคิดของนักศึกษาซึ่งแสดงผลในตาราง 7

ตาราง 7

แนวคิดที่แสดงต่อคำถาม เกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานของวัตถุที่ต่อแล้วทำให้หลอดไฟสว่าง

แนวคิดที่แสดง	จำนวนคน (ร้อยละ)
เป็นโลหะ/มีโลหะเป็นส่วนประกอบ	11 (28.95)
เป็นโลหะและมีสมบัติในการนำไฟฟ้า	9 (23.68)
ทำมาจากเหล็กหรือโลหะและสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนได้สะดวก	2 (5.26)
สามารถนำไฟฟ้าได้	8 (21.05)

ตาราง 7 (ต่อ)

แนวคิดที่แสดง	จำนวนคน (ร้อยละ)
วัตถุมีอิเล็กทรอนิกส์และสามารถนำไฟฟ้าได้	4 (10.53)
มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ/ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้	4 (10.53)

ผลการวิเคราะห์ พบว่า นักศึกษามีความเข้าใจสมบัติของสารที่เป็นตัวนำไฟฟ้าอยู่ในระดับดี มีแนวคิดที่แสดงถึงสมบัติของตัวนำเช่น เป็นโลหะและมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ

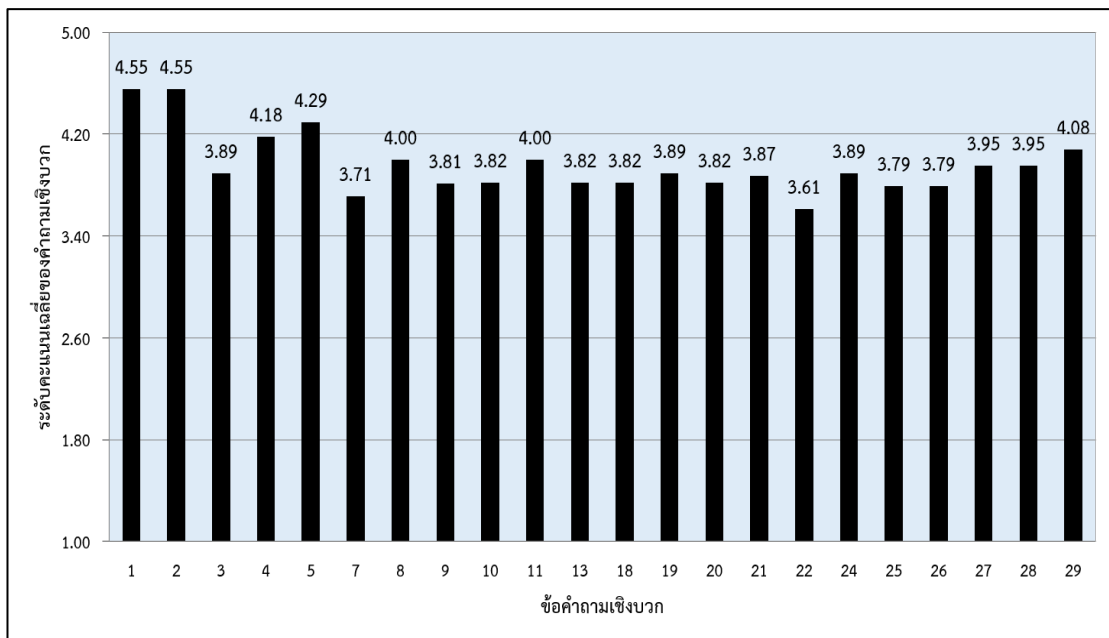
ตอนที่ 2 ผลจากคำตอบจากแบบประเมิน ความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจ EQCS ประกอบด้วย
คำถามทั้งหมด 29 ข้อ โดยนำคะแนนจากการประเมิน

มาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงผลการประเมินความพึงพอใจ
ต่อคำถามเชิงบวกจำนวน 22 ข้อในภาพประกอบ 2
และแสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อคำถาม
เชิงลบจำนวน 7 ข้อ ในภาพประกอบ 3

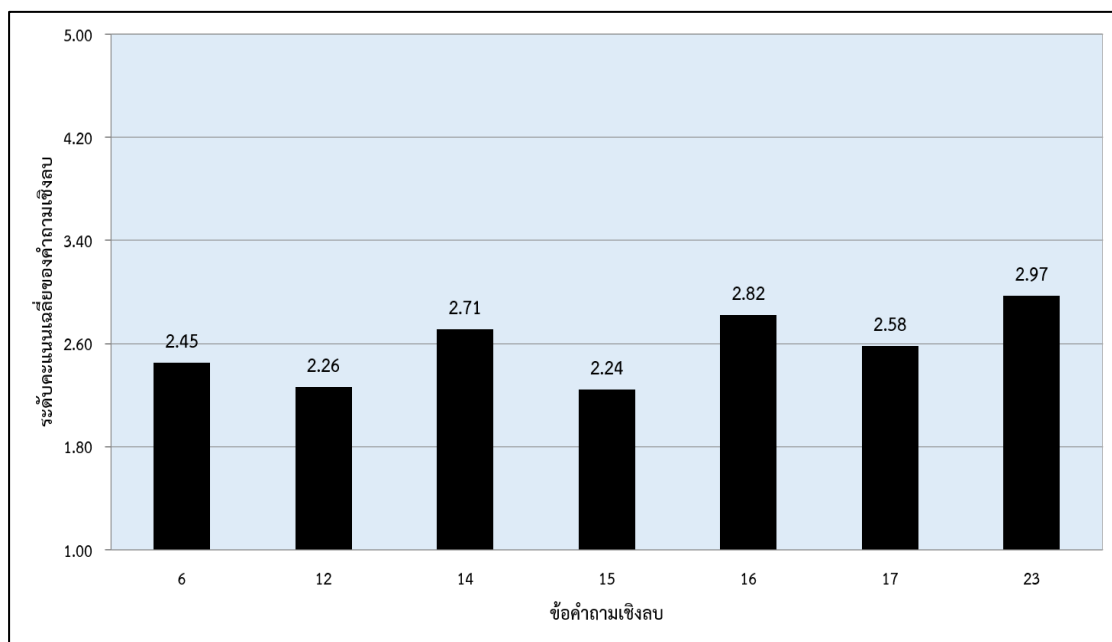
ภาพประกอบ 2

แสดงระดับคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาที่มีต่อความพึงพอใจในเชิงบวกจำนวน 22 ข้อ



ภาพประกอบ 3

แสดงระดับคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาที่มีต่อความพึงพอใจในเชิงลบจำนวน 7 ข้อ



จากคะแนนเฉลี่ยของการประเมินความพึงพอใจต่อคำถามเชิงบวกและคำถามเชิงลบ โดยคะแนนอยู่ในระดับพึงพอใจมากถึงพึงพอใจมากที่สุด ส่วนความคิดเห็นอื่น ๆ ของนักศึกษาที่มีต่อการใช้แบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงในทางบวก เช่น แบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงเรื่องการสร้างวงจรไฟฟ้ามีความปลอดภัยกว่าการสร้างวงจรไฟฟ้าของจริงและมีความสะดวกกว่าการต่อวงจรไฟฟ้าของจริง อีกทั้งไม่เสียเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์เพราะใช้เฉพาะคอมพิวเตอร์ก็สามารถสร้างวงจรไฟฟ้าได้ ส่วนความคิดเห็นที่มีต่อการใช้แบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงในทางลบ อุปกรณ์บางชิ้น เช่น สายไฟฟ้าในแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงไม่สามารถปิดวงจรได้เหมือนสายไฟจริงทำให้การต่อวงจรต้องใช้สายไฟฟ้าหลายเส้น เกิดความยุ่งยากในการออกแบบวงจร หน้าจอของแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงไม่สามารถปรับขนาดให้ขยายใหญ่ขึ้นได้ทำให้เกิดค่าจากการวัดได้ไม่ชัดเจน

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยตอนที่ 1 ผลจากการทำใบกิจกรรมพบว่า ผู้เรียนสามารถตอบคำถามออกแบบและแก้ไขวงจรไฟฟ้าเพื่อให้หลอดไฟสว่างมากขึ้นกว่าเดิมได้ โดยผู้เรียนสามารถใช้อุปกรณ์ในแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริง สร้างวงจรเพื่อแสดงผลเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟเกิดความสว่าง และผู้เรียนสามารถทำการทดลองปรับเปลี่ยนแก้ไขวงจรไฟฟ้าเพื่อทดสอบวงจรไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจนทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างของวงจรไฟฟ้าได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเห็นภาพวงจรไฟฟ้าได้ชัดเจนขึ้น มีผู้เรียนเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ยังไม่สามารถแก้ไขวงจรไฟฟ้าเพื่อให้หลอดไฟสว่างได้มากขึ้น ซึ่งเกิดจากความสับสนในการใช้เครื่องมือบนแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริง นอกจากนี้แล้วผู้เรียนยังสามารถสรุปลักษณะพื้นฐานของวัตถุที่ต่อกับวงจรแล้วทำให้หลอดไฟสว่างได้โดยสามารถเลือกใช้วัสดุตัวอย่างในแบบจำลองได้ตอบเสมือนจริงซึ่งมีความหลากหลายมาทดลองต่อในวงจรไฟฟ้าได้ ทำให้ผู้เรียนเกิด

แนวคิดที่สามารถแยกแยะสมบัติของสารที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้

การเรียนรู้ผ่านแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง ทำให้ผู้เรียนเข้าใจและมองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ช่วยประหยัดเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองจริง ได้ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี ประหยัดงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์จริง สามารถลดอันตรายจากการต่อวงจรไฟฟ้าของจริงได้ และยังช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Baltzis & Koukias (2009) ที่กล่าวถึงผลจากการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงในการจัดการเรียนการสอนร่วมกับการทดลองจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า ซึ่งผลที่ได้พบว่า แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพ และผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผลการวิจัยตอนที่ 2 ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้

สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ ออกแบบใบกิจกรรมในหัวข้ออื่น ๆ ที่สามารถใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมาประกอบการจัดการเรียนการสอนได้ (Azar & Sengulec, 2011)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ศฟ.) สำนักพัฒนานับพันศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Azar, A., & Sengulec, Ö. A. (2011). Computer-Assisted and Laboratory-Assisted Teaching Methods in Physics Teaching: The effect on Student Physics Achievement and Attitude towards Physics. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*. 1 (Special Issue), 43-50.
- 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.
- Clark, 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.
- Gok, T. (2011). The effect of the computer simulations on students' learning in physics education. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*. 2(2), 104-115.
- Hsiao, H.S., Chen, J.C., Hong, J.C., Chen, P.H., Lu, C.C, Chen S.Y. (2017). A five-stage Prediction-observation-explanation inquiry-based Learning Model to improve Students' Learning Performance in Science Courses. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*. 13(7), 3393-3416.

- Mckagan, S.B., Perkins K.K., Dubson M., Malley C., Reid S., LeMaster R., Wieman, C.E. (2008). Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics. *American Journal of Physics*. 76(4), 406-417.
- Perkins, K.K., Adams, W., Dubson M., Finkelstein N., Reid S., Wieman C.E., LeMaster R. (2006). PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*. 44(1), 18-23.
- Wieman, C.E, Adams, W., S.B., Perkins, K.K. (2008). PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*. 322(5902), 682-683.
- Wieman, C.E. & Perkins, K.K. (2006). A powerful tool for teaching science. *Nature Physics* 2(5), 290-292.