การวิเคราะห์ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แบบทดสอบปรนัย

ชาญวิทย์ คำเจริญ

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300
E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

รับบทความ: 5 กุมภาพันธ์ 2564 แก้ไขบทความ: 19 สิงหาคม 2564 ยอมรับตีพิมพ์: 18 กันยายน 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งสิ้น 668 คน โดยใช้แบบทดสอบปรนัยเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบ The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีมาตรฐานและได้รับการยอมรับในวงกว้างในงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษา โดยกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดเคยผ่านการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาแล้ว โดยวิเคราะห์ผลจากตัวเลือกของข้อคำถามที่นักเรียนตอบ โดยแบ่งกลุ่มคำถามออกเป็น 4 กลุ่มตามบริบทของเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง คือ 1) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง 2) พลังงานไฟฟ้า 3) กระแสไฟฟ้า และ 4) ความต่างศักย์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการต่อถ่านไฟฉายและหลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด (ร้อยละ 91.02) นักเรียนมีความสับสนเรื่องตัวแปรที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าและการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟฟ้า ผลจากการวิจัยสามารถนำไปใช้วางแผนปรับปรุง การจัดการเรียนการสอนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

คำสำคัญ: ความเข้าใจของนักเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสตรง แบบทดสอบปรนัย

Analyzing High School Students' Understandings of Direct Current Circuits by Using Multiple Choice Questions

Chanwit Kamcharean

Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300, Thailand
E-mail: chanwit_kam@cmru.ac.th

Received: 5 February 2021 Revised: 19 August 2021 Accepted: 18 September 2021

Abstract

This research aimed to study high school students 'understanding about direct current circuits. The participants were 668 high school students in Chiang Mai. The research instrument used in this study was multiple choice questions which were developed from The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT). DIRECT is standardized and widely accepted in Physics Education Research. The target group was students who had studied fundamental physics on the topic of direct current circuits. The data from the students' responses to questions on direct current circuits were categorized into groups as follows: 1) direct current circuits, 2) electrical energy, 3) electric current and 4) electric potential. The findings showed that the students had the highest misconception about batteries and bulbs superposition (91.02%). In addition, students still confused on the factor of power on resistors and electric current moving through bulbs. This research findings are able to use for planning and developing the teaching instructions of direct current circuits.

Keywords: Students' understanding, Direct current circuits, Multiple choice questions

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในสาระฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561 ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้า มีสาระการเรียนรู้ที่ระบุว่า ผู้เรียนสามารถทดลอง อธิบายการต่อวงจรไฟฟ้า ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าได้ (Office of the Basic Education Commission [OBEC], 2017) ซึ่งปัญหาที่พบมากในการจัดการเรียนการสอนวิชาไฟฟ้าโดยทั่วไปคือ ผู้เรียนส่วนใหญ่ใช้วิธีการท่องจำสูตรฟิสิกส์เพื่อแก้โจทย์ปัญหา ทำให้ขาดความเข้าใจเชิงลึกและขาดการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหา

(Hammer, 1994) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องไฟฟ้า ซึ่งเป็นเนื้อหาสำคัญของวิชาฟิสิกส์ที่มีความเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นภาพได้อย่างชัดเหมือนเนื้อหาอื่น ๆ เช่น กลศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนคิดว่า วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยากและไม่ดึงดูดใจให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งนำไปสู่ทัศนคติเชิงลบต่อวิชาฟิสิกส์ (Mbonyiryivuze *et al.*, 2019) การเข้าถึงความเข้าใจของผู้เรียนซึ่งรวมไปถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้ทราบถึง ปัญหาและอุปสรรคของผู้เรียนในการทำความเข้าใจบทเรียนที่มีความยาก มีส่วนช่วยให้ผู้สอนรับรู้ถึงความเข้าใจของผู้เรียนและสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น (Turgut *et al.*, 2011) ในงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษามีวิธีการที่จะได้มาซึ่งความเข้าใจของผู้เรียนในหลากหลายวิธี วิธีการใช้แบบทดสอบแบบปรนัยก็เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ เพราะมีความสะดวกรวดเร็ว ในการเก็บผลข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมาก ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเก็บข้อมูล เมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์ (Chandrasegaran *et al.*, 2007)

จากการศึกษาแบบทดสอบแบบปรนัยในวิชาฟิสิกส์ที่มีการใช้สำหรับสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าสามารถสรุปได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แบบทดสอบแบบปรนัยเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า

ลำดับ	ชื่อแบบทดสอบ	รายละเอียดของแบบทดสอบ	อ้างอิง
1	The Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)	มีจำนวน 32 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้เป็น แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทำให้ทราบถึงความยาก ปัญหาและอุปสรรคในการเรียนเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้าของผู้เรียน	Maloney *et al.* (2001)
2	The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT)	มีจำนวน 29 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง สามารถใช้เป็นแบบทดสอบเพื่อประเมินหลักสูตร หรือวิธีการสอน ทำให้ทราบถึงความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยว-กับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	Engelhardt and Beichner (2004)
3	The Interest–Experience Questionnaire About Electricity (IEQ)	มีจำนวน 15 ข้อ เป็นแบบสอบถามความสนใจในวิชาไฟฟ้า	Sencar and Eryilmaz (2004)
4	The Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA)	มีจำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาพื้นฐานเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถใช้ศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนในระดับฟิสิกส์พื้นฐานได้	Ding *et al.* (2006)
5	The Simple Electric Circuits Diagnostic Test (SECDT)	มีจำนวน 12 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิด 3 ทาง ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยว-กับวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	Peşman and Eryilmaz (2010)

ตาราง 1 แบบทดสอบแบบปรนัยเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อแบบทดสอบ	รายละเอียดของแบบทดสอบ	อ้างอิง
6	The Electric Current Concept Test (ECCT)	มีจำนวน 10 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง กระแสไฟฟ้า ทำให้ทราบถึงความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับกระแส ไฟฟ้า	Turgut *et al.* (2011)
7	The Parallel Circuit Conceptual Understanding Test (PCCUT)	ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 6 เรื่อง คือ การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบขนาน กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้า และแนวคิดเกี่ยว-กับวงจรไฟฟ้า ใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับสำรวจความเข้าใจของผู้เรียนก่อนเรียนในรายวิชาไฟฟ้าขั้นพื้นฐาน	Abdullaha and Limb (2013)
8	Magnetism Conceptual Survey (MCS)	มีจำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า	Li and Singh (2017)
9	The Electricity and Magnetism Conceptual Assessment (EMCA)	มีจำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าสถิต สนามไฟฟ้า วงจร ไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า และการเหนี่ยว-นำไฟฟ้า	McColgan *et al.* (2017)

จากตาราง 1 เห็นได้ว่า แบบทดสอบปรนัยเรื่องไฟฟ้า มีการสร้างและพัฒนาเพื่อใช้ในการสำรวจ ศึกษา ความเข้าใจของผู้เรียน ผู้วิจัยศึกษาลักษณะ รูปแบบ ตลอดจนเนื้อหาที่แบบทดสอบทั้ง 9 ชุด ใช้ในการสร้างคำถาม พบว่า แบบทดสอบ DIRECT ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ในงานทางฟิสิกส์ศึกษา เช่น Rosenthal and Henderson (2006) ใช้แบบทด-สอบ DIRECT ข้อ 6 7 15 16 และ 28 เป็นเครื่องมือในการทดสอบความเข้าใจของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของ Western Michigan University จำ-นวน 681 คน หลังจากที่นักศึกษาได้เรียนผ่านวิธีการสอนแนวใหม่เรื่องศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างจากวิธีการสอนแนวเดิม พบว่า แบบทดสอบ DIRECT สามารถแยกความแตกต่างของความเข้าใจของนักศึกษาสองกลุ่มที่ได้เรียนผ่านวิธีการสอนแนวใหม่กับวิธีการสอนแนวเดิม และวิธีการสอนแนวใหม่ช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักศึกษาในเรื่องความต่างศักย์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้ดีกว่าวิธีการสอนแนวเดิม

Baser (2006) ใช้แบบทดสอบ DIRECT เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อศึก-ษาความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกับนัก-ศึกษาครูฝึกสอน จำนวน 48 คนของ Abant Izzet Baysal University ที่ผ่านการเรียนด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเปรียบเทียบกับนักศึกษาครูฝึกสอนจำนวน 41 คนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบปกติ พบว่า ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักศึกษาครูทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเปลี่ยนความเข้าใจเป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง ทักษะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการใช้คอมพิวเตอร์ ของกลุ่มนักศึกษาครูที่ผ่านการเรียนด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือน

จริงนั้นดีกว่ากลุ่มนักศึกษาครูที่เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบปกติ และเมื่อเวลาผ่านไป 7 สัปดาห์ นักศึกษาทั้งสองกลุ่มได้ทำแบบทดสอบ DIRECT อีกครั้งพบว่า นักศึกษาครูกลุ่มที่เรียนด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีความเข้าใจในเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่ดีกว่ากลุ่มนักศึกษาครูที่เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบปกติ

Farrokhniaa and Esmailpoura (2010) ใช้แบบทดสอบ DIRECT เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อทดสอบความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ของนักศึกษาจำนวน 100 คนของ Shahid Rajaei Teacher Training University of Tehran โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ทดลองด้วยอุปกรณ์จริงจำนวน 30 คน กลุ่มที่ทดลองด้วยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจำนวน 35 คน และกลุ่มที่ทดลองด้วยอุปกรณ์จริงร่วมกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงจำนวน 35 คน พบว่า ผลจากการทำแบบทดสอบนักศึกษาทั้งสามกลุ่มมีผลคะแนนที่แตกต่างกัน โดยนักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองด้วยอุปกรณ์จริงร่วมกับการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงมีผลคะแนนดีกว่าสองกลุ่มแรกทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ในขณะที่ Peşman and Eryilmaz (2010) นำคำถามในแบบทดสอบ DIRECT มาพัฒนาเป็นแบบทดสอบชนิดสามทางคือ The Simple Electric Circuits Diagnostic Test (SECDT) จำนวน 12 ข้อ เพื่อนำไปศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยใช้ผลจากการทำแบบทดสอบ SECDT ร่วมกับผลจากการสัมภาษณ์นักเรียนของโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 124 คน

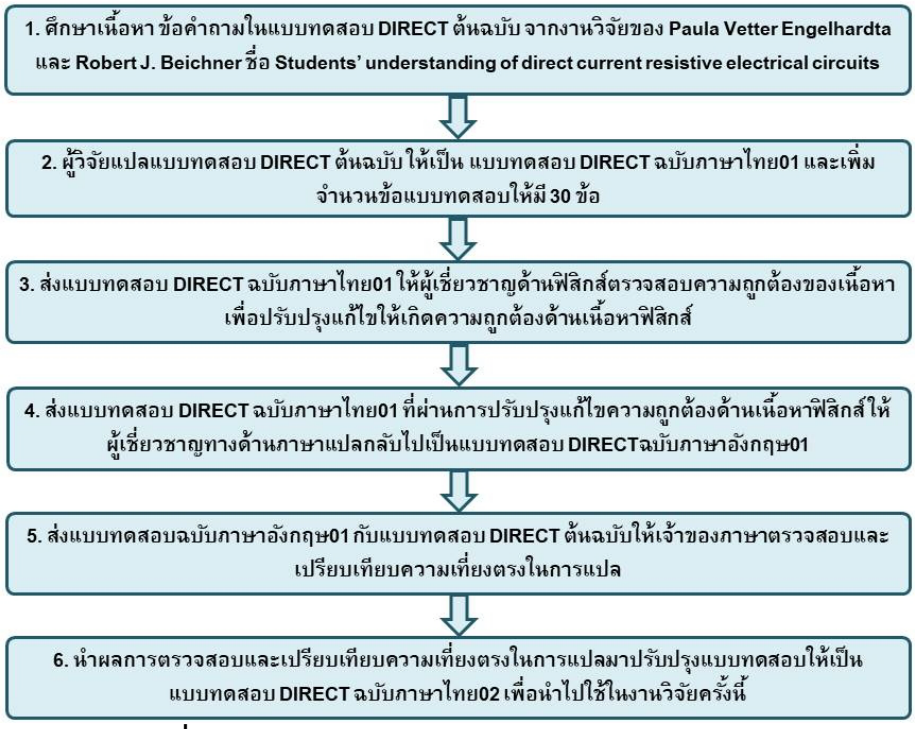
Smaill *et al.* (2012) ใช้แบบทดสอบ DIRECT ในการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบเพื่อสำรวจความเข้าใจและทักษะของนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 1 ของ University of Auckland โดยใช้ผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบ DIRECT มาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบแบบเติมคำตอบจำนวน 2 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก

จากงานวิจัยที่ได้นำเอาแบบทดสอบ DIRECT ไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ เช่น การใช้เป็นแบบสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหรือการใช้เป็นแบบทดสอบวัดความเข้าใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสอนที่แตกต่างกัน หรือการนำไปพัฒนาเป็นแบบทดสอบชนิดสามทาง แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบ DIRECT เป็นแบบทดสอบที่ได้รับความนิยมและมีมาตรฐาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเอาแบบทดสอบ DIRECT มาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาศึกษา ความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย เพราะผลจากการศึกษาเนื้อหาในแบบทดสอบ DIRECT พบว่ามีความสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561 (Office of the Basic Education Commission [OBEC], 2017)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบทดสอบปรนัยเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบ DIRECT

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 การปรับปรุงแบบทดสอบ DIRECT ให้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561 สรุปได้ดังภาพที่ 1

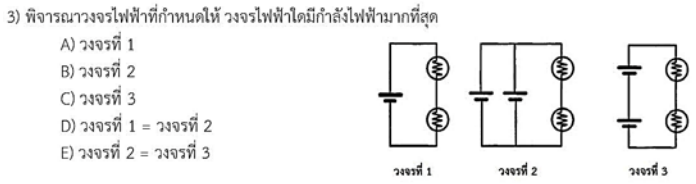


ภาพที่ 1 แผนผังแสดงกระบวนการปรับปรุงแบบทดสอบ DIRECT

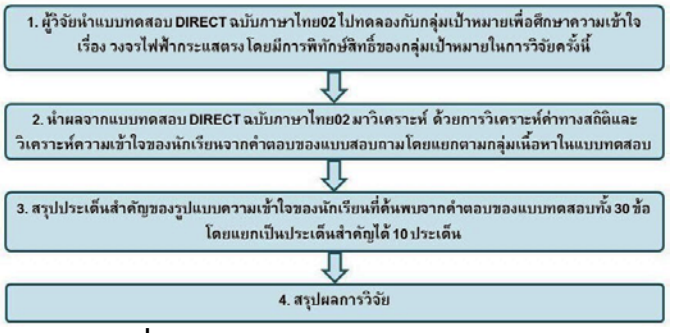
ผู้วิจัยเริ่มกระบวนการส่วนที่ 1 ปรับปรุงแบบทดสอบ DIRECT โดยทำการศึกษา เนื้อหาในข้อคำถามของแบบทดสอบ DIRECT จากงานวิจัยของ Engelhardt and Beichner (2004) ซึ่งแบบทดสอบ DIRECT ต้นฉบับ มีทั้งหมด 2 ฉบับ คือ ฉบับ1.0 และฉบับ1.1 วิเคราะห์เนื้อหาในแบบทดสอบพบว่าเนื้อหาในแบบทดสอบ DIRECT ครอบคลุมเนื้อหาของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561 ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงแปลแบบทดสอบ DIRECT ต้นฉบับเป็นแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย01 โดยทำการเพิ่มจำนวนข้อในแบบทดสอบให้มีจำนวน 30 ข้อแต่ละข้อมี 5 ตัวเลือกคือ A B C D และ E เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาในการทำแบบทดสอบสำหรับนักเรียนไทยคือ 50 นาที จากนั้นได้ส่งแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย 01 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นคณาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 5 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหาฟิสิกส์ (indexes of item–objective congruence: IOC) ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 แปลความหมายได้ว่า สามารถใช้ได้ แล้วจึงส่งแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย01 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนภาษาอังกฤษ ภาค

วิชาภาษาตะวันตก คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ แปลกลับไปเป็นแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาอังกฤษ 01 เพื่อนำแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาอังกฤษ01 กับแบบทดสอบ DIRECT ต้นฉบับมาตรวจสอบความเที่ยงตรงในการแปลโดยผู้เชี่ยวชาญเจ้าของภาษา ซึ่งเป็นอาจารย์ชาวต่างประเทศ จากนั้น นำผลการตรวจสอบและเปรียบเทียบความเที่ยงตรงในการแปลมาปรับปรุงแบบทดสอบให้เป็นแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างของข้อคำถามในแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 ดังในภาพที่ 2

การดำเนินงานวิจัยส่วนที่ 2 เป็นการนำแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 ไปใช้ในการศึกษาความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่โดยสรุปได้ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตัวอย่างของแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 ข้อ 3



ภาพที่ 3 แผนผังแสดงกระบวนการเก็บข้อมูลวิจัย

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 ไปทดลองเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้าเรียบร้อยแล้วจำนวน 668 คน โดยผู้วิจัยคำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มเป้าหมายโดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยต่อผู้อำนวยการสถานศึกษาที่เข้าไปเก็บข้อมูลวิจัย จากนั้นผู้วิจัยได้เข้าพบกลุ่มเป้าหมายก่อนการเก็บข้อมูลวิจัย โดยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทราบ พร้อมทั้งแจ้งกลุ่มเป้าหมายให้ทราบว่า ผลการวิจัยที่ได้จากกลุ่มเป้าหมายถือเป็นความลับและไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนของกลุ่มเป้าหมาย โดยผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น ผลการวิจัยจะไม่เปิดเผยชื่อของกลุ่มเป้าหมาย และข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายในระยะ

เวลา 1 ปี เมื่องานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์ผลโดยแยกเป็นการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากงานวิจัยของ Engelhardta and Beichner (2004) โดยหาค่าร้อยละของจำนวนผู้ตอบในแต่ละตัวเลือก ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น KR–20 การกระจายตัวของคะแนน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ และการวิเคราะห์ความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายจากตัวเลือกที่ตอบในแต่ละข้อ สรุปประเด็นสำคัญของรูปแบบความเข้าใจของนักเรียน โดยแบ่งกลุ่มเนื้อหาของแบบทดสอบ DIRECT ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังในตาราง 2

ตาราง 2 กลุ่มเนื้อหาของแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02

หัวข้อ	เนื้อหา	ข้อที่
1. ลักษณะทั่วไปของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1) เส้นทางเดินของกระแสจะไหลผ่านเส้นทางที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุดและเส้นทางที่มีการลัดวงจร	10, 19
	2) การต่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าต้องต่อ 2 ตำแหน่ง	8, 20, 26
	3) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องความต้านทานไฟฟ้าในวงจร เมื่อต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น และเมื่อต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบขนานค่าความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง	5, 12, 22
	4) ความเข้าใจรูปภาพกับแผนผังวงจรไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบ เช่น การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบขนานและการต่อแบบผสม	4, 14, 30
2. พลังงานไฟฟ้า	5) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องกำลังไฟฟ้า (พลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ในวงจรหลากหลายแบบ	2, 13
	6) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่อง การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า กฎของเคียร์ฮอฟฟ์ และ แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่)	3, 21, 27
3. กระแสไฟฟ้า	7) ความเข้าใจและประยุกต์ใช้ การอนุรักษ์กระแสไฟฟ้าในวงจรหลากหลายรูปแบบ	6, 18
	8) อธิบายแนวคิดจุลภาคของการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้าสถิตเช่น สนามไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และแรงประจุไฟฟ้า	1, 11, 17
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้า	9) การใช้ความรู้เรื่องปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแบตเตอรีและความต้านทานไฟฟ้าในวงจร	7, 16, 25
	10) การประยุกต์ใช้แนวคิดของความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรที่หลากหลายรวมไปถึงความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าแต่ละตัวส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ต่อแบบขนานจะมีค่าเท่ากัน	9, 15, 23, 24, 28, 29

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการตอบแบบทดสอบของกลุ่มเป้าหมายแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

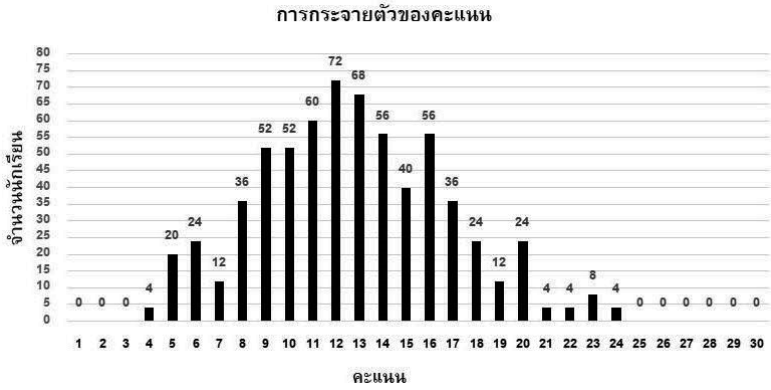
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ร้อยละของคำตอบของแต่ละตัวเลือก ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกในแต่ละข้อ ดังในตาราง 3 โดยตัวเลขแสดงร้อยละตัวหนาเอียงขีดเส้นใต้ คือ ตัวเลือกคำตอบที่ถูกต้องในแต่ละข้อ

ตาราง 3 ค่าร้อยละของคำตอบ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแต่ข้อคำถามของแบบทดสอบ DIRECT

ตัวเลือก	A	B	C	D	E	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก
ข้อ 1	21.56	2.99	45.51	***29.34***	0.60	0.29	0.04
ข้อ 2	28.74	***47.31***	23.95	0.00	0.00	0.47	0.15
ข้อ 3	7.19	7.19	***71.86***	3.58	10.18	0.72	0.31
ข้อ 4	5.39	5.99	22.75	***47.90***	17.97	0.48	0.21
ข้อ 5	8.98	***71.26***	10.78	7.18	1.80	0.71	0.27
ข้อ 6	34.12	2.40	***59.28***	2.40	1.80	0.59	0.06
ข้อ 7	***81.44***	8.98	3.59	4.79	1.20	0.81	0.26
ข้อ 8	36.53	7.19	5.99	***46.71***	3.58	0.47	0.48
ข้อ 9	13.17	4.79	19.16	17.97	***44.91***	0.45	0.20
ข้อ 10	2.99	2.40	62.28	5.98	***26.35***	0.26	0.12
ข้อ 11	***24.55***	16.77	3.59	52.69	2.40	0.25	0.23
ข้อ 12	31.14	***34.73***	31.14	2.99	0.00	0.35	0.07
ข้อ 13	32.93	29.35	13.77	***22.75***	1.20	0.23	0.29
ข้อ 14	***73.65***	17.37	3.59	3.59	1.80	0.74	0.37
ข้อ 15	34.13	19.76	***43.71***	1.80	0.60	0.44	0.13
ข้อ 16	23.95	35.33	***33.53***	4.79	2.40	0.34	0.21
ข้อ 17	8.38	14.98	53.29	***20.36***	2.99	0.20	0.21
ข้อ 18	10.78	22.16	16.77	***40.72***	9.57	0.41	0.40
ข้อ 19	24.56	13.17	***53.89***	5.39	2.99	0.54	0.14
ข้อ 20	2.99	7.78	***52.69***	29.95	6.59	0.53	0.24
ข้อ 21	7.19	4.19	21.56	***58.08***	8.98	0.58	0.27
ข้อ 22	30.54	10.18	***44.31***	14.37	0.60	0.44	0.07
ข้อ 23	38.92	10.78	37.13	***8.98***	4.19	0.09	0.06
ข้อ 24	54.49	5.99	6.59	***25.15***	7.78	0.25	0.26
ข้อ 25	***59.88***	10.18	23.95	4.79	1.20	0.60	0.19
ข้อ 26	27.54	***27.54***	32.34	7.19	5.39	0.28	0.29
ข้อ 27	22.75	***53.89***	10.18	5.99	7.19	0.54	0.36
ข้อ 28	***42.51***	7.78	24.56	20.96	4.19	0.43	0.32
ข้อ 29	46.11	13.77	11.38	***8.98***	19.76	0.09	0.08
ข้อ 30	5.99	***17.96***	20.36	8.38	47.31	0.18	0.07
					ค่าเฉลี่ย	0.42	0.21

จากผลการทำแบบทดสอบ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.74 คะแนนและสามารถแสดงการกระจายตัวของคะแนนของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 668 คน ดังในภาพที่ 4 จากค่าทางสถิติที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Engelhardt and Beichner (2004) แสดงดังในตาราง 4



ภาพที่ 4 การกระจายตัวของคะแนนของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 668 คน

ตาราง 4 ค่าทางสถิติของแบบทดสอบ DIRECT ต้นฉบับและแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02

ค่าทางสถิติ	แบบทดสอบ DIRECT		แบบทดสอบ DIRECT	ค่าที่ยอมรับในทางทฤษฎี
	ต้นฉบับ 1.0	ต้นฉบับ 1.1	ฉบับภาษาไทย02	
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	1135	692	668	
KR–20	0.71	0.70	0.73	$\geq$ 0.70
ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย	0.26	0.23	0.21	$\geq$ 0.30
ค่าความยากง่ายเฉลี่ย	0.49	0.41	0.42	0.40–0.60

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์รูปแบบความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อพิจารณาและวิเคราะห์คำตอบของกลุ่มเป้าหมาย สามารถสรุปรูปแบบความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมาย ที่สอดคล้องกับประเด็นกลุ่มเนื้อหาในแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 ดังในตาราง 2 ซึ่งแบ่งเนื้อหาไว้ทั้งหมด 10 เรื่อง ดังในดังตาราง 5

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้าใจเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แบบทดสอบปรนัย โดยผลการวิจัยค้นพบประเด็นสำคัญคือ 1) นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการต่อถ่านไฟฉายและหลอดไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีปัญหาในการมองจากรูปภาพสัญลักษณ์ไปเป็นแผนผังในวงจร นักเรียนไม่คุ้นเคยกับรูปถ่านไฟฉายที่แสดงขั้วบวกและขั้วลบทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่า เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าแล้วควรต่อขั้วบวกและขั้วลบของถ่านไฟฉายเข้ากับบริเวณไหนของหลอดไฟ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Engelhardt *et al.* (2004) ที่ระบุว่า ปัญหาที่นักเรียนไม่สามารถต่อวงจรไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วยถ่านไฟฉาย สายไฟ และหลอดไฟให้เป็นวงจรที่สมบูรณ์ได้คือ นักเรียนไม่

ตาราง 5 รูปแบบความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายแยกตามเนื้อหาของแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02

เนื้อหา	รูปแบบความเข้าใจ
1) เส้นทางเดินของกระแสจะไหลผ่านเส้นทางที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุดและเส้นทางที่มีการลัดวงจร	- นักเรียนไม่ได้พิจารณาสายไฟที่ต่อลัดวงจร - ถ้านักเรียนเข้าใจเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรจะสามารถตอบได้ว่า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟหลอดไหนบ้าง
2) การต่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าต้องต่อ 2 ตำแหน่ง	- นักเรียนไม่ได้พิจารณาสายไฟที่ต่อเชื่อมขั้วของหลอดไฟในวงจร - นักเรียนบางส่วนมองรูปถ่านไฟฉายไม่ออกว่า ด้านไหนเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบ - ถ้านักเรียนสามารถมองรูปสัญลักษณ์ของหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉายในวงจรและตีความหมายการต่ออุปกรณ์ในรูปสัญลักษณ์ได้ นักเรียนก็จะสามารถตอบข้อคำถามเกี่ยวกับการต่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องความต้านทานไฟฟ้าในวงจร เมื่อต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น และเมื่อต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบขนานค่าความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง	- นักเรียนยังมีความสับสนเกี่ยวกับการต่อตัวต้านทานแบบผสม - นักเรียนคิดว่า การเปิดสวิตช์จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟได้น้อยลง ทำให้หลอดไฟมีความต้านทานไฟฟ้ามากขึ้น โดยไม่ได้คำนึงว่าความต้านทานไฟฟ้าของหลอดไฟเป็นสมบัติเฉพาะตัว มีค่าคงตัวไม่ขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า
4) ความเข้าใจรูปภาพกับแผนผังวงจรไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบ เช่น การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบขนาน และการต่อแบบผสม	- นักเรียนยังสับสนกับรูปวงจรไฟฟ้าที่สลับตำแหน่งของหลอดไฟ 2 หลอดที่ต่อแบบขนานว่าเมื่อสลับตำแหน่งกันแล้วหลอดไฟที่ต่อแบบขนานจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมแตกต่างกัน - นักเรียนสับสนกับรูปหลอดไฟโดยมองไม่ออกว่าด้านไหนเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบ
5) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องกำลังไฟฟ้า (พลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ในวงจรหลากหลายแบบ	- นักเรียนคิดว่า ตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่ากันแล้วกำลังไฟฟ้าก็จะเท่ากันด้วย โดยไม่ได้คำนึงถึง การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมทำให้ความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าลดลง ถึงแม้ว่าจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่าเดิม
6) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่อง การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า กฎของเคียร์ฮอฟฟ์ และ แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี)	- นักเรียนเข้าใจถึงรูปแบบการต่อแบตเตอรีแบบอนุกรมจะให้ค่าความต่างศักย์รวมมากที่สุด ทำให้มีกำลังไฟฟ้ามากที่สุด - นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหลักการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า - นักเรียนมีความเข้าใจเรื่อง การตีความรูปภาพสัญลักษณ์เป็นรูปแผนผังวงจรไฟฟ้าสำหรับวงจรที่ไม่ซับซ้อน
7) ความเข้าใจและประยุกต์ใช้ การอนุรักษ์กระแสไฟฟ้าในวงจรหลากหลายรูปแบบ	- นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ กระแสไฟฟ้าเมื่อไหลผ่านหลอดไฟแล้วจะมีค่าลดลง ซึ่งไม่เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์กระแสไฟฟ้าในวงจร
8) อธิบายแนวคิดจุลภาคของการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้าสถิตเช่น สนามไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และแรงระหว่างประจุไฟฟ้า	- นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า - นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่แล้วในสายไฟฟ้าภายในบ้านซึ่งต่อแบบขนาน โดยไม่ได้คำนึงถึงการเรียงตัวของประจุไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า - นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าภายในไส้หลอดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ตาราง 5 รูปแบบความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายแยกตามเนื้อหาของแบบทดสอบ DIRECT ฉบับภาษาไทย02 (ต่อ)

เนื้อหา	รูปแบบความเข้าใจ
9) การใช้ความรู้เรื่องปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแบตเตอรีและความต้านทานไฟฟ้าในวงจร	- นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อเพิ่มจำนวนแบตเตอรีแล้วจะทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างมากขึ้น โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้านทานรวมที่ต่อแบบอนุกรมว่ามีค่ามากขึ้น ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมีค่าลดลง ซึ่งมีผลทำให้ความสว่างลดลงด้วย
10) การประยุกต์ใช้แนวคิดของความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรที่หลากหลายรวมไปถึงความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าแต่ละตัวส่วนความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ต่อแบบขนานจะมีค่าเท่ากัน	- นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต่ออนุกรมกันแล้วกระแสไฟฟ้าจะลดลงทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าตัวถัดมาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีค่าลดลง มีความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงด้วย - นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เมื่อนำเอาหลอดไฟที่ต่อแบบขนานออกจากวงจรหนึ่งหลอด วงจรจะมีความต่างศักย์เพิ่มขึ้นเพราะเข้าใจว่าเมื่อความต้านทานไฟฟ้าลดลง จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากขึ้น ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น - นักเรียนไม่ได้คำนึงถึง ความต่างศักย์ไฟฟ้าว่าเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแบตเตอรีแต่ละอัน ไม่มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี

เข้าใจส่วนประกอบภายในของหลอดไฟรวมไปถึงรูปภาพสัญลักษณ์ที่ใช้แทนหลอดไฟว่าบริเวณไหนเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบ ทำให้ไม่สามารถต่อหลอดไฟเข้าไปถ่านไฟฉายจนได้วงจรที่สมบูรณ์ได้ งานวิจัยนี้ได้แนะนำกิจกรรมจำนวน 3 กิจกรรมเพื่อเป็นแนวทางฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ส่วนประกอบภายในของหลอดไฟและฝึกการต่อวงจรไฟฟ้าให้เป็นวงจรที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สามารถนำไปใช้กับนักเรียนได้จริงในการเรียนเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 2) นักเรียนมีความสับสนในการพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต่อในวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ โดยพบว่า ถ้าเปลี่ยนตัวแปรในวงจรไฟฟ้าสองตัวแปรพร้อมกัน เช่นเปลี่ยนจำนวนแบตเตอรี (ความต่างศักย์ไฟฟ้า) หรือจำนวนหลอดไฟ (ความต้านทานไฟฟ้า) กลายเป็นวงจรไฟฟ้าที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ต้องพิจารณาตัวแปรความต้านทานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าไปพร้อมกันและไม่สามารถจะใช้กฎของโอห์มเพียงอย่างเดียวในการคำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ทำให้นักเรียนไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าได้ถูกต้อง นอกจากนี้แล้วนักเรียนยังไม่สามารถระบุปริมาณและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดไฟฟ้าที่มีการต่อแบบผสม ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (Periago and Bohgas (2005) ที่พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนคือ นักเรียนยังมีความเข้าใจผิดว่า แบตเตอรีเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและให้กระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เท่าเดิมตลอดไม่ว่าจะต่อกับวงจรไฟฟ้าในลักษณะไหน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าเมื่อต่อแบตเตอรีในรูปแบบที่แตกต่างกัน และการประยุกต์ใช้กฎของ

โอห์มไม่ถูกต้องโดยควรเขียนความสัมพันธ์เป็น $I = \frac{V}{R}$ เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นตัวแปรต้นที่มีผลกระทบต่อ I คือกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวแปรตาม แต่กฎของโอห์มมักถูกเขียนในรูปสมการที่คุ้นเคยกันคือ $V = IR$ ซึ่งไม่ได้เขียนตัวแปรตามว่าขึ้นอยู่กับตัวแปรต้น ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถระบุกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าในวงจรได้ถูกต้อง รวมไปถึงความเข้าใจผิดเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้าไปแล้วกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปจะมีปริมาณลดลง เพราะถูกใช้ไปในตัวต้านทานไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ผลการค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากงานวิจัยนี้ มีประโยชน์ในการนำมาวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือเปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง และยังช่วยให้ผู้สอนออกแบบวิธีการสอนตลอดจนใช้สื่อการสอนที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพได้เป็นรูปธรรมชัดเจนมากยิ่งขึ้นในเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Abdullaha, N., and Lim, B. K. (2013). Parallel circuit conceptual understanding test (PCCUT). **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 90: 431–440.

Baser, M. (2006). Effects of conceptual change and traditional confirmatory simulations on pre–service teachers' understanding of direct current circuits. **Journal of Science Education and Technology** 15(5): 367–381.

Chandrasegarana, A. L., Treagust, D. F., and Mocerino, M. (2007). The development of a two–tier multiple–choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. **Chemistry Education Research and Practice** 8(3): 293–307.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., and Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. **Physical Review Special Topics – Physics Education Research** 2(1): 010105.

Engelhardt, P. V., Gray, K. E., and Rebello, N. S. (2004). How many students does it take before we see the light? **The Physics Teacher** 42(4): 216–221.

Engelhardta, P. V., and Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics** 72(1): 98–115.

Farrokhniaa, M. R., and Esmailpour, A. (2010). PA study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric

circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 2: 5474–5482.

Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. **Cognition and Instruction** 12(2): 151–183.

Li, J., and Singh, C. (2017). Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. **European Journal of Physics** 38: 025702.

Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., and Heuvelen, A. V. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. **American Journal of Physics** 69(7): S12–S23.

Mbonyiryivuze, A., Yadav, L. L., and Amadalo, M. M. (2019). Students' conceptual understanding of electricity and magnetism and its implications: A review. **African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences** 15(2): 55–67.

McColgan, M. W., Finn, R. A., Broder, D. L., and Hassel, G. E. (2017). Assessing students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. **Physical Review Special Topics – Physics Education Research** 13(2): 020121.

Office of the Basic Education Commission: OBEC. (2017). **Indicator and Core Content in Science Learning (Revised B.E. 2017) in Accordance with the Core Curriculum of Basic Education B.E.2008.** Bangkok: Author. (in Thai)

Periago, M. C., Bohigas, X. (2005). A study of second–year engineering students' alternative conceptions about electric potential, current intensity and Ohm's law. **European Journal of Engineering Education** 30(1): 71–80.

Peşman, H., and Eryilmaz, A. (1994). Development of a three–tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. **The Journal of Educational Research** 103: 208–222.

Rosenthal, A. S., and Henderson, C. (2006). Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference. **American Journal of Physics** 74(4): 324–328.

Sencar, S., and Eryilmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth–grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits. **Journal of Research in Science Teaching** 41(6): 606–616.

Smaill, C. R., Rowe, G. B., Godfrey, E., and Paton, R. O. (2012). An investigation into the understanding and skills of first–year electrical engineering students. **IEEE Transactions on Education** 55(1): 29–35.

Turgut, Ü., Gürbüz, F., and Turgut, G. (2011). An investigation 10th grade students' misconceptions about electric current. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 15: 1965–1971.