

การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา

พัฒตวัน หนาใจแก้ว* และวรัญญา จีระวิบูลวรรณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เมือง อุดรธานี 41000

E-mail: tawannar@gmail.com

รับบทความ: 10 เมษายน 2557 ยอมรับตีพิมพ์: 23 พฤษภาคม 2557

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือครูที่สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษา จังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 คน ที่อาสาเข้าร่วมกิจกรรมในเดือนสิงหาคม 2556 การจัดกิจกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ (1) ทำนายความสว่างของหลอดไฟในสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นรายบุคคล (2) แลกเปลี่ยนและอภิปรายผลการทำนายกับเพื่อน (3) สังเกตความสว่างของหลอดไฟและบันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ในวงจร (4) อธิบายผลการค้นพบ (5) ทำนายความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรแบบผสมผสานแล้วสังเกตและอภิปรายผลอีกครั้ง (6) เปรียบเทียบการไหลของกระแสไฟฟ้ากับการไหลของลูกบอล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และทดสอบไคสแควร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ครูที่สอนตรงวุฒิกับไม่ตรงวุฒิหรือครูที่มีประสบการณ์สอนมากหรือน้อยมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่แตกต่างกัน มโนคติที่คลาดเคลื่อนของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า การใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายและการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยช่วยทำให้ครูมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงลดลง

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ การทำนาย-สังเกต-อธิบาย มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

Using Inquiry-based Learning Supplemented with Predict-Observe-Explain and Analogy Teaching Strategies Enhancing Electric DC Circuit Conceptions of Elementary School Teachers

Pattawan Narjaikaw* and Varanya Jeeravipoonvarn

Udon Thani Rajabhat University, Muang, Udon Thani 41000, Thailand

*E-mail: tawannar@gmail.com

Abstract

This research aimed to study the effect of the inquiry-based learning model supplemented with Predict-Observe-Explain (POE) and Analogy teaching strategies for enhancing electric DC circuit conceptions of elementary school teachers. Thirty elementary school teachers in Udon Thani province participated in this study in August, 2013. The activity using of the inquiry-based learning model supplemented with Predict-Observe-Explain (POE) and analogy teaching strategies consisted of 6 steps: (1) Predict the brightness of bulbs individually, (2) Share and discuss predicted answers with peers, (3) Observe the brightness of bulbs in hands-on experiments, (4) Explain and summarize the findings, (5) Predict and observe the brightness of bulbs in a new situation, and (6) Compare the flow of electricity in wires and bulbs with rolling balls down inclined planes. The data were analyzed using descriptive statistics and chi-square test. The results showed that there was no difference in the alternative conception of science and non-science, experienced and inexperienced teachers. The proportion of alternative conceptions before and after the intervention is statistically significantly different at a significance level of .05. This indicated changes between post-test and pre-test responses. These findings suggest that using inquiry-based learning model supplemented with POE and analogy teaching strategies can be used to decrease alternative conceptions of the electric DC circuits.

Keywords: Analogy, Inquiry-based Learning, Predict-Observe-Explain, Conceptions of Electric DC Circuits

บทนำ

ครูเป็นบุคคลที่มีบทบาทสำคัญในโรงเรียนและห้องเรียน อย่างไรก็ตามครูก็อาจเป็นบุคคลที่ขัดขวางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ หากครูมองเป้าหมายการสอนเป็นเพียงการส่งถ่ายเฉพาะความรู้ผู้เรียนด้วยการบรรยายหรือการบอกกล่าวเท่านั้น ซึ่งยังคงมีครูที่สอนในระดับประถมศึกษาจำนวนหนึ่งที่ยังคงมองว่าความรู้เป็นสิ่งที่คงอยู่ตลอดไปไม่เปลี่ยนแปลงและความรู้นั้นสามารถส่งถ่ายจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ด้วยการอธิบายเพียงความหมายหรือสาริตเท่านั้น ซึ่งเหล่านี้อาจไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ Loughran, Berry and Mulhall (2006) เสนอว่า ครูควรเปลี่ยนบทบาทจากการสอนด้วยการบอก (teaching as telling) มาเป็นการ

สอนเพื่อสร้างมโนคติ (teaching for understanding) เพราะการบอกไม่ใช่การสอนและการฟังไม่ใช่การเรียนรู้ Anderson and Bach (2005) เชื่อว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนนั้นขึ้นกับทั้งความรู้ในเนื้อหาที่จะสอนและความสามารถในการจัดการเรียนการสอนที่เฉพาะต่อเนื้อหาเหล่านั้น ๆ ดังนั้นการที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้นั้นผู้สอนต้องสามารถบูรณาการองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์ที่ผู้สอนจัดให้อย่างเหมาะสม

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในปัจจุบันและในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็น 1 ใน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการ

เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหา ความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริง อย่างหลากหลาย โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์ได้กำหนดสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ ในแต่ละมาตรฐานการเรียนรู้มีการ กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่มีความ เฉพาะเจาะจงในแต่ละระดับชั้นที่เป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้ ในการกำหนดเนื้อหา การจัดทำหน่วยการเรียนรู้ และเป็น เกณฑ์ในการวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งถือเป็น ศาสตร์สากลส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากต่างประเทศ (ชาติรี ฝายคำตา, 2553) ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (sci- ence literacy) อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาเปิดเผยว่า ผู้เรียนมีความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์มาก่อนที่ จะได้รับการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นความรู้ในแบบที่แตกต่างจาก ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ (Bagno, Eylon and Ganiel, 2000; Duit and Treagust, 1995) และจากการวิจัยยังพบ อีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปไม่สามารถเปลี่ยนแปลง แนวคิดเดิมของผู้เรียนได้ (Pfundt and Duit, 1991) มีการกำหนดคำนิยามความรู้ในลักษณะนี้ว่า “มโนคติไม่ถูก- ต้อง (misconception)” “มโนคติที่คลาดเคลื่อน (alternative conception)” (Clement, 1982; Hammer, 2000) ซึ่งมโนคติที่ คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเกี่ยวข้องกับทั้งสาระฟิสิกส์ โลกและ อวกาศ ชีววิทยา เคมี และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและยาก ต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเป็นแนวคิดที่ได้รับอิทธิพลมา จากสังคมและวัฒนธรรมที่ผู้เรียนเติบโตมา ดังนั้นการจัดการ เรียนการสอนที่มีกระบวนการที่เฉพาะต่อเนื้อหาที่ทำให้ผู้- เรียนยอมรับแนวคิดใหม่ในการอธิบายปรากฏการณ์รอบตัว ได้ (Wandersee, Mintzes and Novak, 1994)

จากการประเมินความสำเร็จของการจัดการศึกษา ภาคบังคับของประเทศสมาชิกทั่วโลก (Program for Inter- national Student Assessment, PISA) โดยองค์การพัฒนา และความร่วมมือทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development หรือ OECD) ประเทศไทย เริ่มให้นักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับเข้าร่วมทดสอบตั้ง- ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ที่จัดทดสอบทุก ๆ 3 ปี กรอบการประเมิน เน้นการนำความรู้และทักษะที่เรียนไปใช้ในชีวิตจริงได้เพียง- ใดซึ่งผลการประเทศภาพรวมของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับ

ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD และจากผลการทดสอบทางการ ศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (National Educational Test, O-NET) ที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของโรงเรียนใน สังเกตต่าง ๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำ กราฟคะแนน O-NET และผลคะแนนประเมิน PISA มาเทียบ กัน พบว่า จังหวัดได้มีผลคะแนนประเมิน PISA สูง คะแนน O-NET จะสูงตาม ซึ่งสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถม- ศึกษา อุดรธานี เขต 1 เป็นหน่วยงานหนึ่งซึ่งประสบปัญหา เกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตกต่ำ โดย- เฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บทบาทหน้าที่หนึ่ง ที่เป็นพันธกิจของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา อุดรธานี เขต 1 คือ การพัฒนาครูให้มีความสามารถในการจัด- การเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะเพื่อยกผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียน

สำนักงานเขตพื้นที่ได้ดำเนินการจัดโปรแกรมการ ฝึกอบรมในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ เพื่อหลีกเลี่ยงการ ต้องให้ครูออกจากห้องเรียน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในประเด็นระยะ เวลาและครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มี ทั้งที่สอนตรงวุฒิและไม่ตรงวุฒิ ดังนั้นโปรแกรมการฝึกอบรม ที่ครูเหล่านั้นต้องการคือการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับ เนื้อหาเฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเป็น อย่่างไร มีกระบวนการจัดประสบการณ์ในการเรียนรู้แก่ผู้- เรียน ตลอดจนการนำสื่อการเรียนรู้มาใช้ประกอบและการ วัดประเมินผลอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้เข้าไปมีส่วนร่วมในโปร- แกรมการพัฒนาครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อยก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตั้งแต่ปีการศึกษา 2552 เป็นต้นมา จากการสอบถามครูถึงลักษณะการจัดอบรมเพื่อ ส่งเสริมให้ครูสามารถพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบที่ครูต้อง- การ พบว่า ครูเหล่านั้นต้องการจัดกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมที่ เขาสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในชั้น- เรียนสำหรับเนื้อหาเฉพาะที่ครูต้องการมาก คือ สาระที่ 4 แรง และการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน สาระที่ 7 ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาเรื่องวงจร ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นเนื้อหาย่อยในสาระที่กล่าวมาและ เป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาในระดับสูงต่อ- ไป จากการศึกษางานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา

มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในหลายประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพราะความรู้ส่วนใหญ่ที่นำเสนอในชั้นเรียนเป็นหลักการที่ยากต่อมโนคติของผู้เรียน ทั้งนี้มีผลมาจากหลักการเหล่านี้สร้างขึ้นจากปรากฏการณ์ที่ผู้เรียนควรได้มีโอกาสรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตจากปรากฏการณ์ที่จัดขึ้นจริงและสามารถเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ เพื่อให้เกิดมโนคติไม่ใช่เป็นเพียงการพยายามท่องจำหลักการ และควรให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายตามเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (บัญญัติ ชำนาญกิจ, 2542)

ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ที่มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget) ที่มองว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการโครงสร้างทางปัญญาของบุคคล (individual cognitive structuring process) และจากแนวคิดของไวทสกี้ (Vygotsky) ที่มองว่าการเรียนรู้เป็นผลมาจากทางสังคม (social effects on learning) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) เป็นกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งครอบคลุมทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) มโนคติเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติและอธิบายปรากฏการณ์นั้น โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลต่าง ๆ จากรายงานการวิจัย พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด (Bybee, 1997; Odom and Kelly, 2001) เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Wolf and Fraser 2007) สสวท. เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้นำกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มาเป็นแนวทางให้ครูในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในการทำการศึกษาวิจัยในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนนอกจากการเลือกรูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาเฉพาะแล้ว ครูจำเป็นต้องนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการ

การเรียนรู้และยังเป็นการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น ไม่เบื่อหน่าย ทำให้การจัดเรียนการสอนครั้งนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลและวิธีการสอนที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain, POE) และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย (analogy) เนื่องจากวิธีการสอนแบบ POE มีกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นก่อนจะได้สังเกตปรากฏการณ์นั้นซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความรู้เดิมออกมา จากนั้นผู้เรียนจะได้สังเกตปรากฏการณ์เพื่อพิสูจน์สิ่งที่ได้ทำนายและแนวความรู้เดิมเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของผู้เรียนนั้นส่วนใหญ่ขัดแย้งกับปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกต (Shaffer and McDermott, 1992) จากนั้นผู้เรียนจะได้ร่วมกันอธิบายผลการสังเกต มีรายงานการวิจัยพบว่า การนำวิธีการสอนแบบ POE ไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยทำให้ผู้เรียนมีมโนคติวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนลดลง (Kearney et al., 2001; Kala, Yaman and Ayas, 2013) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Kibirige, Osodo and Tlala, 2014) ส่วนวิธีการสอนแบบเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยเป็นการนำสิ่งที่มีลักษณะเหมือนกันมาเปรียบเทียบกัน เพื่อช่วยให้เข้าใจสิ่งที่พูดถึงได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเน้นเหตุการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวันที่ย่อยต่อการเข้าใจเทียบเคียงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการที่ผู้เรียนได้เชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น (Duit, 1991)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย สำหรับเป็นแนวทางให้ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษาที่มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนรู้อัตโนมัติตลอดทั้งสร้างสื่อการเรียนรู้และการวัดประเมินผลได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูระหว่างก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างไร และมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

2. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒีก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

3. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกับประสบการณ์การสอนของครูก่อนเข้าร่วมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 จำนวน 30 คน มีครูที่สอนตรงวุฒิจำนวน 18 คน สอนไม่ตรงวุฒิจำนวน 12 คน จากจำนวน 46 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการอาสาสมัครเข้าร่วมกิจกรรมในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

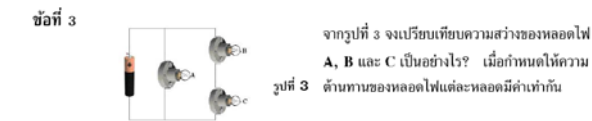
1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมย เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 6 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ทำนายความสว่างของหลอดไฟ ตัวอย่างสถานการณ์แสดงในภาพที่ 1



จากรูปที่ 2 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แหล่งจ่ายไฟของวงจรทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน

ตอบ.....
เพราะ.....



จากรูปที่ 3 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน

ตอบ.....
เพราะ.....



จากรูปที่ 6 และ 7 จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A และ B เป็นอย่างไร? เมื่อกำหนดให้ความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และ แบตเตอรี่แต่ละก้อนมีขนาดเท่ากันทุกประการ

ตอบ.....
เพราะ.....



ภาพที่ 1 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้ทำนายความสว่างของหลอดไฟ

1.2 แลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน

1.3 สังเกตความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรต่าง ๆ พร้อมวัดและบันทึกค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่และคร่อมหลอดไฟต่าง ๆ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่ สายไฟ หลอดไฟ มัลติมิเตอร์ ตัวอย่างกิจกรรมแสดงในภาพที่ 2

ตอนที่ 1 การต่อหลอดไฟในวงจรไฟฟ้า

1. วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

รูปที่ 1

1.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) คร่อมสายไฟโดยจะต่อวงจรV

รูปที่ 2

1.2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) คร่อมหลอดไฟ.....V

รูปที่ 3

1.3 ค่ากระแส (I) ที่ไหลผ่านตำแหน่ง (1).....A และค่ากระแส (I) ที่ไหลผ่านตำแหน่ง (2).....A

2. วัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรจากรูปภาพด้านล่าง

รูปที่ 4

2.1 ค่า V คร่อมสายไฟโดยจะต่อวงจร.....V
ค่า V คร่อมหลอดไฟ (1).....V และ (2).....V

รูปที่ 5

2.2 ค่า I ที่ไหลผ่าน (1).....A (2).....A และ (3).....A

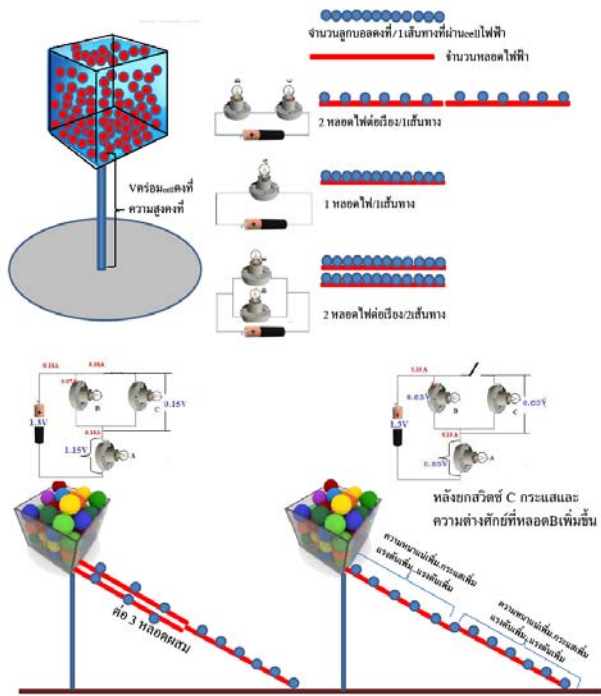
ภาพที่ 2 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้สังเกตความสว่างของหลอดไฟ

1.4 สรุปข้อค้นพบจากปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกตและหาความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดและสรุปเป็นหลักการ

1.5 ทำนายความสว่างของหลอดไฟที่ต่อในวงจรแบบผสมผสานแล้วทำการสังเกตและอภิปรายผลที่อีกครั้ง

1.6 เปรียบเทียบการทำงานของวงจรไฟฟ้าโดยใช้การไหลของลูกบอลจากกล่องลงสู่พื้น (ground) กล่องที่บรรจุลูกบอลเทียบได้กับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานแรงดันของแหล่งจ่ายเทียบกับความสูงของกล่องจากพื้น สายไฟแต่ละเส้นเทียบกับความยาวหนึ่งหน่วยของท่อ แรงดันคร่อมหลอดไฟและกระแสที่ผ่านแต่ละหลอด (แปรผกผันตรงกัน) เทียบกับความหนาแน่นของบอลต่อความยาวท่อใด ๆ

2. แบบวัดมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ (ปรับปรุงจาก the determining and interpreting resistive electric circuits concepts test (DIRECT) ที่พัฒนาขึ้นโดย Engelhardt and Beichner (2004)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้เปรียบเทียบอุปมาอุปไมยกับการทำงานวงจรไฟฟ้า

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

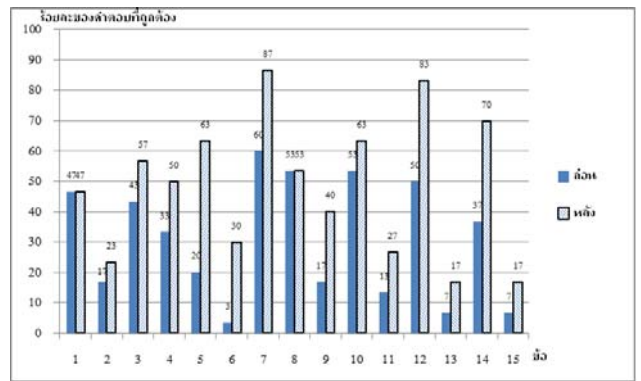
ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบวัดมโนคติเรื่องไฟฟ้า กระแสตรงของครูก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมมาตรวจสอบประมวลผลและวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ไคสแควร์ของเพียร์สัน (Pearson's chi-square) และไคสแควร์แบบแม็กนีมา (McNemar chi-square test)

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำมาหา-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยต่อมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าการกระแสดตรงของครูวิทยาศาสตร์ที่สอนระดับประถมศึกษา โดยนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้

1. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าการกระแสดตรงของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเป็นอย่างไร และหลังการเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อของครู โดยการนับจำนวนครูที่ตอบถูกในแต่ละข้อและนำเสนอเป็นร้อยละ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมแสดงดังรูปภาพที่ 4 โดยมีมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าการกระแสดตรงของครูโดยภาพรวม ดังนี้



ภาพที่ 4 ร้อยละของครูที่มีมโนคติที่ถูกต้องเรื่องวงจรไฟฟ้า กระแสตรงก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม

คำถามข้อ 2 7 และ 11 เกี่ยวกับการแปลความหมายจากแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน ผสม-ผสม ข้อสังเกต คือ ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 แต่ครูตอบคำถามข้อ 2 และข้อ 11 ถูกต้องค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาพบว่า จำนวนหลอดไฟในวงจรแตกต่างกัน กล่าวคือ จำนวนหลอดไฟข้อ 7 มี 2 หลอดและเป็นการต่อแบบอนุกรมและขนานที่พบบ่อยในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ แต่จำนวนหลอดไฟในข้อ 2 และข้อ 11 นั้นมีจำนวนมากกว่า 2 หลอด อาจทำให้ครูกลุ่มนี้แปลความหมายแผนภาพวงจรไม่ถูกต้องและแผนภาพเหล่านี้ไม่พบบ่อยในหนังสือเรียน (คำถามข้อ 2 และ 11 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 1 6 8 10 12 และ 13 เกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดต่อในวงจรอนุกรมและวงจรขนานและต่อกับแบตเตอรี่ 1 และ 2 ก่อนครูตอบคำถามข้อ 8 และ 10 ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 ทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม เมื่อพิจารณาตัวเลือกที่ครูนิยมซึ่งมีครูจำนวนหนึ่งเข้าใจว่าจำนวนแบตเตอรี่ที่มากกว่าทำให้หลอดไฟสว่างกว่าโดยไม่คำนึงถึงลักษณะการต่อกันของแบตเตอรี่ซึ่งเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมครูยังมีมโนคติที่ถูกต้องประเด็นนี้เพิ่มขึ้นไม่มากนักแม้จะได้สังเกตความสว่างของหลอดไฟจากกิจกรรมที่เป็นผลสอดคล้องกับการตอบคำถามข้อ 1 6 12 และ 13 นอกจากนี้ครูจำนวนมากยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าความสว่างของหลอดไฟขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจรโดยครูเข้าใจว่าหลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งได้รับพลังงานก่อนและพลังงานที่ถูกส่งไปยังหลอดไฟอีกหลอดหนึ่งจะลดลง เนื่องจากหลอดแรกใช้พลังงาน

ไปหมดก่อน (use up) แต่หลังการร่วมกิจกรรมมีโนมิตีคลาดเคลื่อนเหล่านี้ลดลง (คำถามข้อ 8 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 3 4 5 และ 9 เกี่ยวข้องกับสมบัติของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่) ก่อนเข้ารับการอบรมครูมีโนมิตีที่ต้องค่อนข้างน้อย ครูส่วนใหญ่มีโนมิตีที่คลาดเคลื่อนว่าแบตเตอรี่เป็นแหล่งที่จ่ายกระแสไฟที่คงแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่เปลี่ยนไปตามลักษณะการต่อ หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมครูมีโนมิตีที่ต้องเพิ่มขึ้นเนื่องจากในกิจกรรมครูได้วัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี่กับหลอดไฟที่ต่อในลักษณะต่างกัน พบว่า กระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนรูปแบบการต่อหลอดไฟแต่ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการต่อของหลอดไฟ (คำถามข้อ 9 แสดงในภาคผนวก)

คำถามข้อ 14 และ 15 เกี่ยวข้องกับความสว่างของหลอดไฟเมื่อลดหรือเพิ่มจำนวนหลอดไฟในวงจร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของปริมาณไฟฟ้า ครูตอบคำถามข้อ 14 ถูกต้องมากกว่าข้อ 15 ทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม เนื่องจากข้อ 14 มีหลอดไฟ 2 หลอดต่อแบบอนุกรมเมื่อเพิ่มหลอดไฟอีก 1 หลอด ความสว่างของหลอดไฟทั้ง 3 หลอดเท่ากันแต่ความสว่างลดลงกว่าเดิม แต่ครูจำนวนหนึ่งยังคงคิดว่าความสว่างของ 3 หลอดไม่เท่ากันขึ้นกับลำดับของหลอดไฟในวงจร ซึ่งเป็นมโนคติคลาดเคลื่อนคือหลอดหนึ่งใช้พลังงานไปก่อนทำให้หลอดส่วนที่เหลือได้รับพลังงานลดลง แต่หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมครูมีโนมิตีที่ต้องเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาการตอบคำถามข้อ 15 กลับพบว่าครูตอบคำถามข้อนี้ถูกต้องค่อนข้างน้อยทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม การเพิ่มหลอดไฟในวงจรอีก 1 หลอดโดยต่อคร่อมกับหลอดไฟ 2 หลอดที่ต่อแบบอนุกรม จากนั้นเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ 2 หลอดทั้งก่อนและหลังจากเพิ่มหลอดไฟเข้าไปอีก 1 หลอด ครูมีโนมิตีว่าการเพิ่มหลอดไฟเข้าไปไม่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟที่เชื่อมต่อทางเดียว แต่มีผลต่อความสว่างของหลอดไฟที่เชื่อมต่อทั้งสองทาง (คร่อม) ซึ่งครูพิจารณาที่จุดเชื่อมต่อเท่านั้นแต่ไม่ได้พิจารณาภาพรวมทั้งวงจร (คำถามข้อ 14 และ 15 แสดงในภาคผนวก)

เพื่อพิจารณาว่าครูที่เข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้มีมโนคติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนไปหรือไม่ จึงเปรียบเทียบสัดส่วนการสอบผ่านและไม่ผ่านระหว่างก่อนและหลังการเข้าอบรมด้วยสถิติไคสแควร์แบบ McNemar (ตาราง 1) พบว่าเมื่อพิจารณาค่า Sig. (= 0.002) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ

ที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าของครูหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ ครูมีมโนคติที่ต้องเพิ่มขึ้น

ตาราง 1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมโนคติวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างก่อนเรียนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม
หน่วย: คน

		ก่อนอบรม			Sig.
		ไม่ผ่าน	ผ่าน	รวม	
หลัง	ไม่ผ่าน	18	0	18	0.002
	ผ่าน	10	2	12	
รวม		28	2	30	

2. มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูทั้งสองกลุ่มมีมโนคติของเนื้อหา ก่อนเข้าร่วมกิจกรรมแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนรวมจากการตอบคำถาม 15 ข้อของครูแต่ละคนก่อนเข้าร่วมกิจกรรมมาเปรียบเทียบกัน หากมีคะแนนรวม 8 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แต่หากคะแนนรวมต่ำกว่า 8 คะแนน ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผลการศึกษา (ตาราง 2) พบว่า ครูที่สอนตรงวุฒิสอบไม่ผ่าน 17 คน และผ่าน 1 คน ส่วนครูที่สอนไม่ตรงวุฒิสอบสอบผ่าน 1 คน และไม่ผ่าน 11 คน จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยสถิติไคสแควร์ พบว่า ค่า Sig. เท่ากับ 0.765 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่ขึ้นกับวุฒิการศึกษา นั่นคือ ทั้งครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิมีมโนคติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงก่อนเข้าร่วมกิจกรรมไม่แตกต่างกัน

ตาราง 2 เปรียบเทียบมโนคติวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างครูที่สอนตรงวุฒิและสอนไม่ตรงวุฒิ

วุฒิการศึกษา	จำนวน (คน)			χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน	รวม		
ตรงวุฒิ	17	1	18	0.089	0.765
ไม่ตรงวุฒิ	11	1	12		
รวม	28	2	30		

3. มโนคติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงกับประสบการณ์การสอนของครูก่อนเข้าร่วมมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เพื่อพิจารณาว่าครูที่มีประสบการณ์การสอน วิชาวิทยาศาสตร์ต่างกันมีมโนคติเนื้อหาที่แตกต่างหรือไม่ ผลการทดสอบ (ตาราง 3) พบว่า เมื่อพิจารณาค่า Sig. เท่ากับ 0.599 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) สรุปได้ว่า มโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่ขึ้นกับประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์

ตาราง 3 เปรียบเทียบมโนคติวงจรไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างครูที่มีประสบการณ์สอนต่างกัน

ประสบการณ์สอน (ปี)	จำนวน (คน)			χ^2	Sig.
	ไม่ผ่าน	ผ่าน	รวม		
< 5	8	0	8	1.875	0.599
5 – 10	7	1	8		
11 – 15	6	0	6		
> 15	7	1	8		
รวม	28	2	30		

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาไม่ว่าจะสอนตรงจุดหรือไม่ตรงจุด และมีประสบการณ์สอนต่างกันมีมโนคติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วไปคือ หลอดไฟที่ต่อเรียงกันในวงจร หลอดไฟหลอดหนึ่งได้รับและใช้กระแสไฟไปหมดก่อน จึงสว่างกว่าหลอดไฟที่เหลือที่ได้รับในปริมาณที่เหลือน้อยกว่าหลอดแรก (ทำให้สว่างน้อยลง) แบตเตอรี่เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าคงที่ แต่ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ไม่คงที่ การนำอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งเข้าหรือออกไปจากวงจรไม่มีผลกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรทั้งหมดแต่มีผลเฉพาะต่อตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น ซึ่งผล การศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของนักศึกษาระดับมัธยมศึกษาของ Shaffer and McDermott (1992) และผลการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้าของครูวิทยาศาสตร์ของ Shipstone (1988)

การที่ครูที่สอนตรงจุดหรือไม่ตรงจุด ครูที่มีประสบการณ์สอนมากหรือน้อยมีมโนคติเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงไม่แตกต่างกันและมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยทั่วไปเหมือนกัน อาจเนื่องมาจากครูได้รับการสอนด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาโดยเฉพาะการท่องจำหลักการการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ขนาน และกฎของโอห์ม จากนั้นนำไปแก้โจทย์ ซึ่งการบอกไม่ใช้การสอนและการฟังอย่างเดียว

นั้นไม่ใช้การเรียนรู้ (Loughran, Berry and Mulhall, 2006) เมื่อครูได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เสริมด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และการเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยเรื่องวงจรกระแสไฟฟ้าแล้วพบว่าครูมีมโนคติเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญอาจเนื่องมาจากครูสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้ อีกทั้งครูยังได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำนายที่สะท้อนความรู้เดิมของตนเองแล้ว พิสูจน์ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งผลที่ออกมาต่างหรือเหมือนกับที่คาดการณ์ไว้ที่จะต้องอธิบายอย่างสมเหตุสมผล และอยู่บนข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivist learning theory) และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2553) และหลังจากที่ผู้เรียนค้นพบหลักการทั่วไปแล้ว การนำ การเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปไมยมาเสริมมีความสำคัญต่อการแนะนำและช่วยผู้เรียนสร้างมโนคติที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ไม่วุ่นวายให้เป็นรูปธรรม และเข้าใจง่ายขึ้น (Duit, 1991; Aubusson and Fogwill, 2006)

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

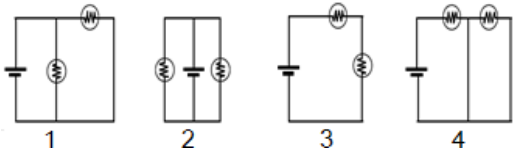
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2553). เอกสารประกอบการสอนวิชา **วิธีสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บัญญัติ ชำนาญกิจ. (2542). **กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**. นครสวรรค์: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- Aubusson, P. J., and Fogwill, S. (2006). Roleplay as analogical modelling in science. In Aubusson, P., Harrison, A., and Ritchie, S. (Eds.), **Metaphor and analogy in science education** (pp. 91-102). Dordrecht: Springer.

- Anderson, B., and Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. **Science Education** 89(2): 196-218.
- Bagno, E., Eylon, B.-S., and Ganiel, U. (2000). From fragmented knowledge to a knowledge structure: Linking the domains of mechanics and electromagnetism. **American Journal of Physics** 68(7): S16-S26.
- Bybee, G. (1997). **Achieving science literacy: From purposes to practices**. Portsmouth: Heinemann.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics** 50(1): 66-71.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education** 75: 649-672.
- Engelhardt, P. V., and Beichner, R. J. (2004). Teachers' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics** 72(1): 98-115.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. **American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement** 68(S1): S52-S59.
- Kala, N., Yaman, F., and Ayas, A. (2013). The Effectiveness of predict-observe-explain technique in probing students' understanding about acid-base chemistry: A case for the concepts of pH, pOH, and strength. **International Journal of Science and Mathematics** 11(3): 555-574.
- Kearney, M., Treagust, D., Shelley, Y., and Zadnik, M. (2001). Student and teacher perception of the use of multimedia supported predict-observe-explain task to probe understanding. **Research in Science Teaching** 31: 539-615.
- Kibirige, I., Osodo, J., and Tlala, K.M. (2014). The effect of predict-observe-explain strategy on learners' misconceptions about dissolved salts. **Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy** 5(4): 300-310.
- Loughran, J., Berry, A., and Mulhall, P., (2006). **Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. The Netherlands: Sense Publication.
- Odom, A. L., and Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. **Science Education** 85: 615-635.
- Pfundt, H., and Duit, R. (1991). Bibliography. **Students' alternative frameworks and science education**. 3rd ed. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Shaffer, P. S., and McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. **American Journal of Physics** 60(11): 1003-1013.
- Shipstone, D. M. (1988). A study of teachers' understanding of electricity in five European countries. **International Journal of Science Education** 10(3): 303-316.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., and Novak, J. D. 1994. Learning: Research on alternative conceptions. In Gabel, D. (Ed.), **Handbook of Research in Science Teaching and Learning** (pp. 177-210). National Science Teachers Association: MacMillan.
- Wolf, S. J., and Fraser, B.J., (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. **Research in Science Education** 38: 321-341.

ภาคผนวก

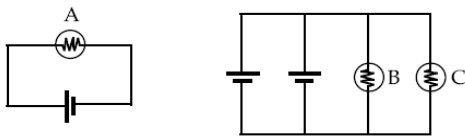
ตัวอย่างแบบวัดมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง พัฒนาโดย Paula V. Engelhardt และ Robert J. Beichner แห่ง North Carolina State University ในปี 1997

(2) วงจรไฟฟ้าใดแสดงการต่อหลอดไฟ 2 ดวงแบบขนานกับแบตเตอรี่



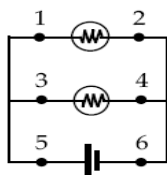
- A. วงจรที่ 1
- B. วงจรที่ 2
- C. วงจรที่ 3
- D. วงจรที่ 1 และ วงจรที่ 2
- E. วงจรที่ 1, 2 และ 4

(8) เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A กับ B หลอดไฟ A จะสว่าง _____ หลอดไฟ B



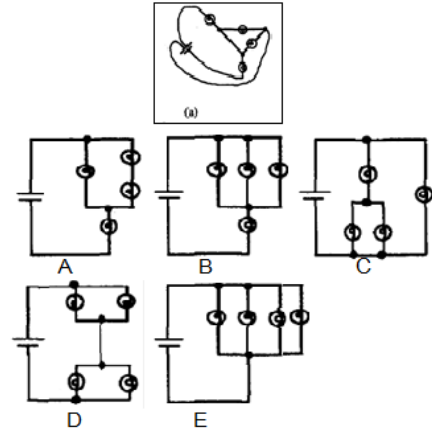
- A. เป็นสี่เท่าของ
- B. เป็นสองเท่าของ
- C. เท่ากันกับ
- D. เป็นครึ่งหนึ่งของ
- E. เป็นหนึ่งในสี่ของ

(9) จงเรียงลำดับค่าของกระแสไฟฟ้าที่จุด 1 2 3 4 5 และ 6 จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

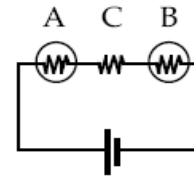


- A. 5, 3, 1, 2, 4, 6
- B. 5, 3, 1, 4, 2, 6
- C. 5 = 6, 3 = 4, 1 = 2
- D. 5 = 6, 1 = 2 = 3 = 4
- E. 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6

(11) วงจรไฟฟ้า (a) มีลักษณะเช่นเดียวกับวงจรในข้อใด

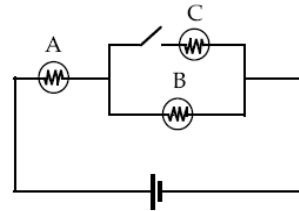


(14) ความสว่างของหลอดไฟ A และ หลอดไฟ B จะเป็นอย่างไร เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานของตัวต้านทาน C ในวงจรไฟฟ้างี้



- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
- B. A สว่างลดลง แต่ B สว่างเท่าเดิม
- C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
- D. A และ B สว่างลดลง
- E. A และ B สว่างเท่าเดิม

(15) ความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นอย่างไรเมื่อสับสวิตช์ลง



- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
- B. A สว่างเพิ่มขึ้น แต่ B สว่างลดลง
- C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
- D. A และ B สว่างลดลง
- E. A และ B สว่างเท่าเดิม