

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานทดแทนเพื่อ ยกระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี Development of Stem Education Activity Packages on Renewable Energy to Enhance Analytical Thinking Ability of Undergraduate Students

น้ำอ้อย ปัญญา^{1*}, ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด¹ และพิทักษ์ อยู่มี¹

Namooy Panya^{1*}, Nattawut Khaosaad¹, and Pitak Yoomee¹

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างที่เลือกแบบเจาะจงจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนนิเทศศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 35 คน ในภาคเรียนที่ 1/2562 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, dependent t – test และ ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสม และสอดคล้องโดยรวมอยู่ในระดับมาก 2) นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ร้อยละ 81.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 75) 4) นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษามีความสามารถทางการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับมาก

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

¹ สาขาวิชานิเทศศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Program in Science Education, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*Corresponding author; email: aoy_panya@yahoo.com

(Received: 25 February 2020; Revised: 8 April 2020; Accepted: 5 May 2020)

Abstract

The objectives of the research (one-group pretest - posttest design) were to develop learning activity packages on renewable energy using stem education and to find out effectiveness of learning activity packages. A purposive sample was thirty-five undergraduate students who studied “Science and Technology” in the 1st semester of 2019. The data were collected by using learning activity packages through STEM Education approach, test of academic achievement, test of analytical thinking ability and questionnaires for survey of students’ satisfaction and analyzed by using mean, standard deviation, dependent t-test and one sample t-test. The results found that 1) learning activity packages on Renewable Energy by using STEM Education were consistent and appropriate at a high level, 2) undergraduate students achieved in renewable energy learning after using STEM Education approach higher than before using STEM Education approach with statistically significant difference at .05, 3) the mean scores of the learning achievement of the undergraduate students after using STEM Education approach were 81.03 %, passing the level of criterion (percent 75), 4) the analytical thinking ability in the post-test of undergraduate students was higher than analytical thinking ability in the pre-test with statistically significant difference at .05, 5) undergraduate students’ satisfaction in learning management through STEM Education approach was at a high level.

Keywords: STEM Education, Construction of STEM education activity packages, Analytical thinking ability

บทนำ

รัฐบาลประเทศไทยได้กำหนดให้การยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศเป็นวาระแห่งชาติที่ทุกภาคส่วนจะต้องตระหนักถึงความสำคัญ เพราะในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนและจากรายงานของ World Economic Forum (WEF) ที่มีชื่อว่า The Global Competitiveness Report 2015-2016 ประเทศไทยได้ถูกจัดอันดับอยู่ที่ 32 ซึ่งลดลงจากปีก่อน (World Economic Forum, 2015) จากการสำรวจความต้องการของตลาดแรงงานพบว่าผู้ที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์น้อยลง ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงาน (Executive Office of the President, 2010) ทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ได้ออกมาร่วมกันหารือและออกนโยบายทางการศึกษาเพื่อยกระดับการศึกษาให้มีคุณภาพ สำหรับประเทศไทยจากรายงานของ World Economic Forum (WEF) 2014-2015 ได้ชี้ถึงคุณภาพการศึกษาของไทยในระดับอุดมศึกษาอยู่อันดับ 78 ของโลกและอันดับ 8 ของอาเซียน (World Economic Forum, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาโดยสถาบันเพื่อการพัฒนาการจัดการ (Institute for Management Development : IMD) ในปี 2015 พบว่าประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 48 จาก 61 ประเทศ (IMD, 2015) จาก

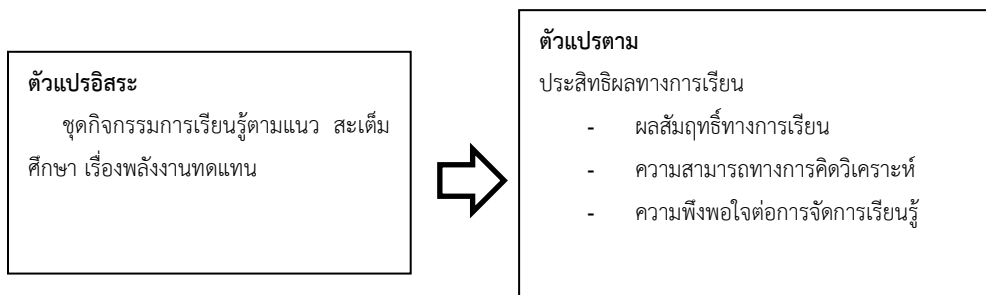
ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแรงงานที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงาน จึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเร่งด่วน

การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาของประเทศไทยในช่วงก่อนปี 2557 ส่วนใหญ่ยังเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบเดิม (Teacher – Centered Approach) ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่บทบาทของผู้เรียนส่วนใหญ่เป็นการรับฟัง โดยมีผู้สอนเป็นผู้กำหนดบทบาท เป็นผู้ควบคุมกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งหมด เกิดการเรียนรู้เป็นรายบุคคล เน้นการเรียนรู้เนื้อหาสาระในรายวิชานั้น ๆ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ (เรณูมาศ มาอุ่น, 2559) ปัจจุบันได้เกิดแนวความคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดการบูรณาการ ซึ่งรูปแบบหนึ่งของการบูรณาการที่ได้รับการกล่าวถึงเป็นอย่างมากทั้งในประเทศและต่างประเทศก็คือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการสหวิทยาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน การเรียนรู้แบบ STEM จึงมักใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning ; PBL) ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการแลกเปลี่ยนความรู้ของผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้และวิถีคิดที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และแก้ปัญหาได้ (เดียนงาม นามเมือง, 2552) ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะแนวคิดขั้นสูง (Higher order Thinking) ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom’s Taxonomy of Learning) (วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์ และอาทร นกแก้ว, 2559) ตลอดจนพัฒนาทักษะที่จำเป็นโดยมุ่งเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ผูกทักษะการเชื่อมโยง (Link and Connect) ระหว่างศาสตร์และสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม เน้นการสร้างหรือหาคำตอบ (Creation) แบบสืบเสาะ (Inquiry Based Approach) รวมถึงการทำงานเป็นทีม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบัน ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ในระดับปริญญาตรีส่วนใหญ่ ยังไม่ค่อยนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ เนื่องจากเนื้อหาวิชาส่วนใหญ่จะมีความเฉพาะด้าน และไม่เชื่อมโยงกัน (ปัจฉา ฉัตรารณณ์ และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตามสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วารินทร์พร พันเฟื่องฟู, 2560; ธิรัตน์ เสือคง, 2561) โดยการสร้างกลุ่ม PLC (Professional Learning Community) ขึ้นมาเพื่อร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้และออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้เหมาะสม จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2559 ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี พบว่าคะแนนการทดสอบในระดับวิเคราะห์ของนักศึกษายังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติน้อยจนไม่เกิดทักษะหรือการขาดความเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับการนำไปใช้ ดังนั้นเพื่อพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM ในส่วนของหัวข้อ “พลังงานทดแทน” เนื่องจากเนื้อหาในหัวข้อนี้น่าสนใจให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทั้งยังสามารถบูรณาการความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนา และหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่อง พลังงานทดแทน
2. เพื่อหาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่อง พลังงานทดแทน สำหรับ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มเดียวทดลองก่อนหลัง (One Group Pretest – Posttest Design) โดยขั้นตอนการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) การพัฒนา และการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม 2) การหาประสิทธิผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่ลงเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 29 คน

1.1. การพัฒนา และหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา โดยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์พื้นฐานในเรื่องพลังงานทดแทน เก็บข้อมูลในการสอนนำมาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านในด้านความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence; IOC) ซึ่งประเมินจากค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำชุดกิจกรรมมาใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E1/E2)

1.2 การพัฒนา และหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานทดแทนที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยพิจารณาจากค่า IOC ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

1.3 การพัฒนา และหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์เรื่องพลังงานทดแทนที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยพิจารณาจากค่า IOC ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

1.4 การพัฒนา และหาคุณภาพภาพของแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert (Likert Scale) โดยพิจารณาจากค่า IOC และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เกณฑ์แสดงคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยที่ใช้ คือ ความเหมาะสมและความสอดคล้อง ($IOC \geq 0.6$) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (75/75) ค่าอำนาจจำแนก ($B \geq 0.2$) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ($\alpha > 0.7$)

ระยะที่ 2 การหาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจ โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ลงเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 35 คน และมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4 ชนิด ดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 4 กิจกรรม รวมเวลา 9 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทน (แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก) จำนวน 30 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ (แบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก) จำนวน 25 ข้อ 4) แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ) จำนวน 20 ข้อ และใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดลองก่อนหลัง (One Group Pretest – Posttest Design)

2.1 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายบทบาทหน้าที่ของนักศึกษาและผู้วิจัย โดยการประเมินผลกิจกรรมและผลงานจะประเมินโดยผู้สอนและนักศึกษากลุ่มในกลุ่มตัวอย่าง และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้มีความเป็นกันเองให้มีลักษณะผ่อนคลาย ไม่เคร่งเครียด จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ เกิดความกล้าแสดงออก และให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรม

2.2 เก็บข้อมูลคะแนนก่อนการทดลองใช้ชุดกิจกรรมโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานทดแทน จำนวน 30 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที และแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ จำนวน 25 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

2.3 จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน กับกลุ่มตัวอย่าง และเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม ความสนใจ การกล้าแสดงออก (โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม) และเชิงปริมาณ

2.4 ทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานทดแทน จำนวน 30 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที ทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ จำนวน 25 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที และทำแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ

2.5 นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ และแบบสอบถามความพึงพอใจมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติ เพื่อหาประสิทธิภาพและเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยวิเคราะห์ตามสูตร E1/E2 ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. วิเคราะห์หาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย
 - 2.1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทน โดยใช้สถิติ Dependent t - test และ One sample t - test
 - 2.2 ผลการศึกษาความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สถิติ Dependent t - test
 - 2.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) โดยมีเกณฑ์ประเมินระดับความพึงพอใจดังนี้ ระดับมากที่สุด (4.51 - 5.00) ระดับมาก (3.51 - 4.50) ระดับปานกลาง (2.51 - 3.50) ระดับน้อย (1.51 - 2.50) และระดับน้อยที่สุด (1.00 - 1.50) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

1.1. ผลการสร้างและการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน ตามแนวสะเต็มศึกษา จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 และมีค่า E1/E2 เท่ากับ 78.97/75.98 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก

1.2 ผลการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานทดแทน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ มีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 - 1.00 และเมื่อนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.70 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.75 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.761

1.3 ผลการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 - 1.00 และเมื่อนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.59 - 0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27 - 0.44 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.834

1.4 สร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความสอดคล้องที่ 1.00 และเมื่อนำแบบสอบถามไปใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 29 คน พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.831

ระยะที่ 2 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

2.1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทน

2.1.1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทน ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แสดงผลดังตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทน ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	n	df	$\bar{x}$	S.D.	t-test	P
ก่อนเรียน	35	34	13.31	1.76	29.82**	.00
หลังเรียน	35	34	24.31	1.97		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานทดแทน ของกลุ่มตัวอย่างก่อนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.76 และหลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.97 เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ด้วย Dependent t-test พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทนหลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.1.2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติ one sample t - test แสดงดังตาราง 2 โดยพบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษาเท่ากับ 81.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

ตาราง 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 75)

การทดสอบ	N	df	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ	t	P
หลังเรียน	35	34	24.31	1.97	81.03	5.43**	.00

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการศึกษาความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ จากการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็ม

ศึกษา ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.64 หลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.69 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษา พบว่าความสามารถทางการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	n	df	$\bar{x}$	S.D.	t-test	P
ก่อนเรียน	35	34	9.00	1.64	36.89**	.00
หลังเรียน	35	34	20.89	1.69		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา จากการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังจากใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน ตามแนวสะเต็มศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.27$, S.D. = 0.5) สำหรับระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ภาพรวมด้านเนื้อหาเฉลี่ย	4.23	0.56	มาก
ภาพรวมด้านกิจกรรมการเรียนรู้เฉลี่ย	4.49	0.50	มาก
ภาพรวมด้านสื่อการเรียนรู้เฉลี่ย	4.26	0.54	มาก
ภาพรวมด้านการวัดและประเมินผลเฉลี่ย	4.11	0.43	มาก
ภาพรวมความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ย	4.27	0.50	มาก

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.27$, S.D. = 0.5) ซึ่งเมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่าด้านเนื้อหาความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x} = 4.23$, S.D. = 0.56) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x} = 4.49$, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างได้แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ด้านสื่อการเรียนรู้มีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x} = 4.26$, S.D. = 0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ สื่อ

และแหล่งการเรียนรู้สำหรับกิจกรรมมีความหลากหลาย และด้านการวัดและประเมินผลมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x} = 4.11$, S.D. = 0.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ มีการวัดผลและประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลายและเหมาะสมกับการเรียนรู้

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ คือ มีความเหมาะสมและสอดคล้องอยู่ในระดับมาก อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดกิจกรรมตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นศึกษาเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) ขั้นการออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน 3) ขั้นการทดลองใช้และหาประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3) และกิจกรรมที่สอดคล้องกับหัวเรื่อง และนำแนวทางของการจัดการเรียนรู้แบบการสร้างกลุ่มในการทำกิจกรรมเช่น การร่วมเสนอปัญหาและความต้องการการจัดกลุ่มปัญหา การเสนอกิจกรรมแก้ปัญหา เป็นต้น ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้หลายแง่มุมและมีความลึกซึ้ง ทำให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนและสอดคล้องกับเนื้อหา ส่งผลให้การประเมินองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา

2.1 ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานทดแทนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เชื่อมโยงเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชาที่เข้ากับเรื่องพลังงานทดแทน ซึ่งข้อดีของการบูรณาการรูปแบบนี้เป็น การนำประเด็นใกล้ตัวของผู้เรียนมาเป็นหัวข้อในการบูรณาการสำหรับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยมีการบูรณาการดังนี้ 1) การบูรณาการด้านเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องหรือหัวข้อนั้น มาผสมผสานกัน เชื่อมโยงกันเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะตามที่ต้องการ 2) การบูรณาการด้านกระบวนการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทำให้การเรียนรู้เป็นแบบมีส่วนร่วม คือ การที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557: 3) ซึ่งสอดคล้องกับธิดารัตน์ เสือคง (2561: 230) ซึ่งกล่าวว่าการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม มีการคิดแก้ปัญหา การบูรณาการการเรียนรู้ให้เข้ากับชีวิตประจำวัน ซึ่งการบูรณาการดังกล่าวทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องเดียวในหลายแง่มุม สามารถเรียนรู้ในหลายวิชาในเวลาที่จำกัดได้ นอกจากนี้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยจะพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพผ่านประสบการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหา

เป็นฐาน (Problem-Based Learning) ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะด้านความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีอย่างนั้น การฝึกประสบการณ์ให้กับนักศึกษาวิชาชีพครู เพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาในโรงเรียนได้ (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559)

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน ตามแนวสะเต็มศึกษามีความสามารถทางการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งอาจเนื่องจาก 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีการสอดแทรกกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับเรื่องพลังงานทดแทน เป็นการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ มีการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ มีการนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) 2) ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่เกิดจากบูรณาการ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบสิ่งต่าง ๆ ตามสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนุรอารีกัน สาและ (2560: 49-51) ที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.67 หลังการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ย 33.24 ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ แก้ปัญหาในรูปแบบวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นการแลกเปลี่ยนความรู้ของผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้และวิธีคิดที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการแลกเปลี่ยนความรู้ของผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้และวิธีคิดที่แตกต่างกัน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และแก้ปัญหาได้ (เดือนงาม นามเมือง, 2552)

2.3 นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทน ตามแนวสะเต็มศึกษา หลังจากการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก อาจเป็นเพราะความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา อีกทั้งการจัดบรรยากาศภายในห้องเรียนให้มีลักษณะผ่อนคลาย ไม่เคร่งเครียด จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ เกิดความกล้าแสดงออก และให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรม (สุรางค์ ไคว่ตระกูล, 2556) การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งทำให้นักศึกษามีความรู้สึกรู้สึกพอใจในการเรียนเรื่องพลังงานทดแทนที่มีกิจกรรมการเรียนรู้แบบแลกเปลี่ยนเรียนรู้การทำงานเป็นทีม การลงมือปฏิบัติจริง รวมถึงการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จึงทำให้นักศึกษามีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในนำผลการวิจัยไปใช้

1. ก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งในด้านขอบเขตของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้อัตลักษณ์และประเมินผล ตลอดจนเอกสารประกอบการสอน เพื่อให้ผู้สอนสามารถนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้และเกิดประโยชน์สูงสุด
2. ในการนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ควรคำนึงถึงบริบทของสถานศึกษาเช่นเป็นสถานศึกษาที่จัดการศึกษาระดับใด ทั้งระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับการศึกษา และแหล่งเรียนรู้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม
3. ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนต้องสร้างบรรยากาศในห้องเรียนให้มีความผ่อนคลาย เป็นกันเอง เพื่อส่งเสริมการคิด การแสดงออกทางความคิด และการให้ความสำคัญกับความคิดของผู้เรียนทุกคน

เอกสารอ้างอิง

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334-348.
- จิราณี เมืองจันทร์. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสาน เรื่อง คำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- เดือนงาม นามเมือง. (2552). Problem-based Learning (PBL) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารวิชาการ*, 12(2), 34-36.
- จิตรัตน์ เสือคง. (2561). การเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับอาชีวศึกษา. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 13(2), 223-242.
- นุรอาซีกัน สาและ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 4(1), 42-53.
- ปัจฉา ฉัตรภรณ์, นฤมล สุวรรณจันทร์ และบุรินทร์ อัครพิภพ. (2551). เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). *วารสารฟิสิกส์ไทย*, 25(3), 19-24.
- เรณูมาศ มาอุ่น. (2559). การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*, 9(2), 169-176.
- วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์ และอาทร นกแก้ว. (2559). *STEM (ตอน 1: อะไรและทำไม)*. สืบค้น 15 กันยายน 2559, จาก [http://www.ilearnsci.com/2_STEM\(1\)](http://www.ilearnsci.com/2_STEM(1))

- วารินทร์พร ฟันเฟื่องฟู. (2560). สะเต็มศึกษากับการศึกษาไทย Stem Education and Thailand Education. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 7(2), 13-23.
- วิทยากร เชียงกุล. (2559). *สภาวะการศึกษาไทยปี 2557/2558 “จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.
- ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา. (2547). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่อง ร่างกายมนุษย์ (วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา (STEM Education)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. (2548). *การพัฒนาแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการผลิตรายการโทรทัศน์ (วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุรางค์ ไคว่ตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 11)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- Executive Office of the President. (2010). *Report to the President: Prepare and Inspire: K12*. Retrieved April 24, 2016, from <http://www.whitehouse.gov/ost/pcast>.
- Institute for Management Development. (2015). *World Competitiveness Yearbook 2015*. Retrieved April 30, 2016, from <http://www.imd.org/new/IMD-releases-its-2015-World-competitiveness-Ranking.cfm>.
- Lardizabal, A. S., & others. (1970). *Methods and Principles of Teaching*. Quezon City: A Lerner – Phoenix.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas*. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- World Economic Forum. (2015). *The Global Competitiveness Report 2014-2015*. Retrieved October 15, 2016, from <http://www.weforum.org>.