

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
The Study of Archivement by STEM Education on Equilibrium and Elasticity
for Grade 11 Students

ผู้วิจัย กรวิทย์ เกื้อคลัง¹

Korawit Kuaklung¹

Korawit013@gmail.com

ประสงค์ เกษราธิคุณ²

Prasong Kessaratikoon²

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์³

Singha Prasitpong³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริง กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนพิชัยรัตนาคาร ปีการศึกษา 2561 จำนวนนักเรียน 10 คน เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การออกแบบสร้างหอคอยรับน้ำหนักผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 1 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความเชื่อมั่น

ผลวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละในแต่ละด้านตามลำดับ คือ ด้านความจำร้อยละ 75 ด้านความเข้าใจร้อยละ 75 ด้านการนำไปใช้ร้อยละ 75 ด้านการวิเคราะห์ร้อยละ 55 ด้านการสังเคราะห์ร้อยละ 50 และด้านการประเมินผลร้อยละ 50

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

¹นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

²ผศ.ดร. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

³ผศ.ดร. สาขาการการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Abstract

The objectives of this experimental one group study were 1) to compare student learning achievement on physics; before and after learning on equilibrium and elasticity of grade 11 students following STEM Education learning management 2) to study student achievement in physics on the equilibrium and elasticity based on actual assessment. The target student for the study was 10 high school students. The research tools include 1) a learning plan Engineering Design based on a STEM Education guideline on physics for the design of a weight-bearing tower 1 set 2) a test for learning physics on equilibrium and elasticity with multiple choice question 30 items. The statistics used in the research were percentage, mean, standard deviation and confidence interval. The result found that

1. the student achievement on Physics on equilibrium and elasticity of grade 11 students following STEM Education learning management found that the score after learning was significantly higher than before learning.

2. the student achievement on Physics on equilibrium and elasticity based on actual assessment following STEM Education learning management encourage learning behavior upper criteria 75% on the knowledge 75%, the comprehension 75%, the application 75%, the analysis 55%, the synthesis 50%, and the evaluation 50%.

Keywords: STEM Education, Achievement, Engineering Design

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุก ๆ คน ทั้งในด้านการดำเนินชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานหรือการประกอบอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตอื่น ๆ อีกมากมายที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้เข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติมากมายและยังทำให้คนได้ฝึกฝน และพัฒนาวิธีการคิดที่มีความเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณ์ญาณ ทำให้มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จะเห็นได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 62) โดยหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังได้กำหนดให้สถานศึกษาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และเข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการฝึกทักษะในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อความรู้ รวมทั้งการตั้งคำถามคิดหาคำ

ตอบหรือหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้ลงมือปฏิบัติจริง สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์ในการทำงาน และผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้ที่คอยควบคุมและอำนวยความสะดวก ในการเรียนรู้ของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 65)

ฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่ถูกบรรจุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื่องจากวิชาฟิสิกส์เป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาด้านวิศวกรรม และเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 1) และในระบบการศึกษาในประเทศไทยได้บรรจุวิชาฟิสิกส์ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสาระหนึ่งใน 8 สาระการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำไปใช้ไปแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ แต่สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนส่วนใหญ่ยังคงสอนในรูปแบบการสอนตามตำราที่เน้นการท่องจำผู้สอนไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการความคิด จึงทำให้ผู้เรียน

ขาดความเข้าใจในโมทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ นอกจากนั้น บุญรัตน์ จันทร (2558, น. 1) แนะนำว่าการจัดการเรียนรูปแบบของการบรรยายเพื่อสรุปใจความสำคัญให้กับนักเรียนโดยตรงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและสามารถสอบเข้าในระดับอุดมศึกษาได้ แต่การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดนอกกรอบและเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับอัครวิฐ นามะกันคา (2550, น. 1) ที่ได้กล่าวถึงการสอนฟิสิกส์ในปัจจุบันของครูผู้สอนที่ยังมีลักษณะครูเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้ โดยการเน้นบอกความรู้ ความเข้าใจในโมทัศน์ทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นแบบเดียวกับในอดีตที่มีการสอนแบบครูเป็นศูนย์กลางอยู่ซึ่ง แม็กเดอมอต (เกริก คัคดีสุภาพ, 2556, น. 2) ได้ให้ความเห็นไว้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบบอกความรู้แก่นักเรียนนี้ เป็นวิธีการสอนที่ไม่ได้ผลสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ นอกจากนั้น สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (เกริก คัคดีสุภาพ, 2556, น. 2) ยังได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้เพียงบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีปรากฏการณ์ต่าง ๆ และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาแบบประยุกต์ได้ และสังเวียน จรเกษ (2555, น. 2) ได้กล่าวว่าวิธีสอนมุ่งถ่ายทอดความรู้โดยการบรรยายเนื้อหาตามหนังสือแบบเรียนแล้ววัดผลจากความรู้ที่ให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เนื่องจากไม่สามารถจำความรู้ได้ทั้งหมดและยังขาดการคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนี้การสอนแบบเดิมครูให้ความรู้เฉพาะส่วนที่เป็นข้อเท็จจริง แต่ไม่ได้ให้ความรู้ที่เป็นกระบวนการคิดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการเรียนรู้และการดำรงชีวิต

สอดคล้องกับการที่ประเทศไทยได้เข้าโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) หรือ PISA ซึ่งได้มีการประเมินมาแล้ว 6 ครั้ง คะแนนภาพรวมของนักเรียนไทยด้านวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่ลดลงตั้งแต่เข้าร่วมครั้งแรกนั้นคือ PISA 2000 และลดลงต่ำสุดในการสอบครั้งสาม หรือ PISA 2006 โดยในครั้งที่สามมีวิทยาศาสตร์เป็นวิชาใช้ในการประเมินเป็นหลัก และต่อมาแนวโน้มคะแนนวิทยาศาสตร์ก็เพิ่มขึ้นในการสอบ PISA 2009 – PISA 2012 แต่กลับพบว่าในการสอบครั้งล่าสุด หรือ PISA 2015 ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นวิชาหลักของการประเมินกลับมีแนวโน้มของคะแนนลดลงอีกครั้ง ซึ่งลดลงต่ำเท่ากับคะแนน

การสอบ PISA 2006 ที่มีวิทยาศาสตร์เป็นวิชาหลักของการประเมินเหมือนกัน และในทุก ๆ ครั้งของการประเมินคะแนนของนักเรียนไทยยังไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2560, น. 4-7)

จากสภาพผลการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน และผลคะแนน PISA ข้างต้นที่ได้สะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในระดับที่ต่ำและยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรนัก กล่าวคือการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา หรือต่อยอดนั่นเอง ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลโดยตรงมาจากระบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั่นเอง ดังนั้นในการแก้ไขปัญหานี้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับนักเรียนให้เป็นไปในทางที่ดีขึ้นนั้นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนจึงควรมีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีการจัดสถานการณ์ หรือจำกัดบริบทของภารกิจในการเรียนรู้ โดยที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลัก การทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาจากหลักสูตรเพื่อนำมาใช้ ในการตอบคำถาม หรือการแก้ปัญหา ในเรื่องต่าง ๆ โดยใช้ วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา เช่น เกิดกับตัวเอง ครอบครัว เพื่อน ทั้งนี้อาจเป็นประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม สุขภาพ หรือชีวิตมนุษย์ หรือ ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข่าวในสื่อ หรือประเด็นที่มีผลกระทบสืบเนื่องถึงสังคมโลกปัจจุบันและโลกอนาคต เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีสถานการณ์ที่เป็นส่วนหนึ่งในโลกชีวิตจริงของนักเรียน และไม่จำกัดอยู่เฉพาะ สถานการณ์ในโรงเรียนเท่านั้น (สสวท, 2560, น. 13) ทั้งนี้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนนั้นสิ่งสำคัญคือต้องเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน John Dewey นักการศึกษาคนสำคัญได้แนะนำแนวคิดไว้ว่า “การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีจากการกระทำ” ซึ่งแนวคิดนี้ได้รับการยืนยันด้วยงานวิจัยจำนวนมากในระยะเวลาต่อมา ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรจะต้องจัดให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ที่ตัวนักเรียนมิใช่เป็นเพียงแต่ฝ่ายรับความรู้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องฝึกให้นักเรียนมีการแสดงบทบาทเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตัวเอง (ทิตินา แคมมณี, 2556, น. 4) สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข (2558, น. 5 - 21) ได้เสนอแนวคิดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ว่า ยังต้องจัดให้สอดคล้องกับแนวทางการปฏิรูปทางด้านการศึกษาของประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นไปตามอุดมการณ์และหลักการในการ

จัดการศึกษา เพื่อสร้างคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน ในฐานะพลเมืองและพลโลก โดยมีการจัดการศึกษาที่สร้าง ค่านิยมสังคมแห่งการเรียนรู้ ที่กำหนดให้การจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนเป็นไปในลักษณะที่เน้นการใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ ต่าง ๆ ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างความรู้ที่เกิดจากเรียนรู้ได้ด้วย ตัวเองได้ กล่าวคือให้ยึดที่ตัวนักเรียนเป็นจุดศูนย์กลางของการ จัดการเรียนรู้ขึ้นเอง ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้มุ่งเน้นที่การ เรียนรู้แบบกระบวนการ เพราะกระบวนการเท่านั้นที่นำไป ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง หรือการลงมือกระทำ ด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเลือกและตัดสินใจในการแก้ปัญหาเมื่อเผชิญสถานการณ์ ซึ่งเหล่านี้จะส่งผลต่อการนำไปสู่ทักษะการแก้ปัญหาใน ชีวิตจริง โดยที่จัดการเรียนรู้ตามความแตกต่างของนักเรียน เช่น ความสามารถต่างกัน ความสนใจหรือความถนัดที่แตก ต่างกัน ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ ตลอดจนใช้เทคนิคการสอนอย่างหลากหลาย

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในส่วนนี้ส่วนใหญ่ แล้วใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้งทำให้เกิดข้อจำกัดขึ้น และถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ไม่ทำให้นักเรียนสนใจ จะ ทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และยังถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ ในการจัดการเรียนรู้ มุ่งที่จะควบคุมพฤติกรรมของนักเรียน มากเกินไปจะทำให้เด็กนักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วย ตนเอง หรือนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชา ค่อนข้างยาก จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้ สำหรับนักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรง กระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะ พอดตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการ เรียนเท่าที่ควร และถ้าใช้การจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่เสมออาจ ทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง (นริศรา จันทะนาม, 2553, น. 26 ; อ้างอิงจาก ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) จึงทำให้ครูบางคนเลือกวิธีการสอนแบบบรรยายความรู้ให้กับนักเรียนแทน เพราะเป็นการที่ทำให้สอนรายละเอียด เนื้อหาได้ครบ ทำให้นักเรียนได้แค่ท่องจำความรู้แล้วนำไปสอบ ไม่สามารถแก้ปัญหาประยุกต์ได้ทำให้เกิดปัญหาเรื่องของ คณะแผนสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่น้อยดังที่ได้กล่าวข้างต้น

ในขณะเดียวกันแนวคิดการสอนแบบบูรณาการร่วมแบบ สหวิชา หรือที่เรียกว่า สะเต็มศึกษา (Science Technology

Engineering and Mathematics Education: STEM Education) คือ แนวคิดในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น โดย ไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือ สมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ นักเรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการ หาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนรู้จัก นำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิต จริง (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556 น. 16) เนื่องจากสะเต็มศึกษามี จุดเด่นในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกันต้องมีการบูรณา การพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความ สนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิด อย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้ หรือการทำงานแบบร่วมมือ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557, น. 4) โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อมุ่งให้นำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตและการประกอบ อาชีพ (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557, น. 37) ความท้าทาย หลักสำหรับครูผู้สอนในเรื่องเกี่ยวกับการสอนที่มุ่งเน้นสะเต็ม ศึกษาคือวิธีการรวมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ในลักษณะของแต่ละสาขาและการพึงพาระหว่าง สาขาวิชา เพื่อที่ช่วยเหลือ ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงการ แก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยวางพื้นฐานอยู่บนการเรียนรู้แบบ สืบเสาะความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็น ศูนย์กลางการเรียนรู้ และพึ่งพาตัวเองมากที่สุด นอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังใช้ฝึกฝนทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตใน ศตวรรษที่ 21 โดยแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยเลือกใช้ใน การวิจัยครั้งนี้จะเน้นทางด้านกระบวนการด้านการออกแบบ เชิงวิศวกรรมเป็นตัวหลัก 6 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) การวางแผนและดำเนินการ 5) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน และ 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยผลที่ได้จากกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมนั้นก็คือตัวชิ้นงาน หรือนวัตกรรมเทคโนโลยีที่เกิด ขึ้นจากการเรียนรู้ด้วยตัวตนเองนักเรียน

จากเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมา ผู้วิจัยเห็นว่า ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ ที่มุ่งให้นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำไปใช้ไปแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นวิชาที่ค่อนข้างยาก มีรูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนใช้วิธีบรรยายความรู้ โดยมีนักเรียนเป็นผู้รับความรู้เพียงอย่างเดียว ส่งผลกระทบต่อการเรียนของนักเรียนโดยตรงซึ่งได้แสดงออกมาในรูปแบบของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่อยู่ในระดับที่ต่ำ สาเหตุหลักเกิดเพราะนักเรียนมีความรู้แบบท่องจำ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง ถึงแม้ว่าในการจัดการเรียนการสอนที่แบบสืบเสาะความรู้ที่ได้เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเรียนรู้ จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในหลาย ๆ ข้ออยู่ จึงทำให้ไม่สามารถสร้างนักเรียนให้เป็นผู้สร้างความรู้ได้เองในบางครั้ง ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการนำแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้ามาบูรณาการร่วมเข้ากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจะช่วยเหลือปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบครูเป็นศูนย์กลางได้ ยังทั้งช่วยลดข้อจำกัดบางอย่างในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ด้วย เช่น เรื่องเวลา ความท้าทายของเนื้อหา ทำให้เป็นการเพิ่มแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาของนักเรียน สามารถเพิ่มแรงกระตุ้นให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น จนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองได้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบลักษณะกิจกรรมที่มีการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือสร้างรูปแบบลักษณะการคิดออกแบบสร้าง โดยจะเน้นในส่วนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นตัวหลักของชิ้นงานโดยที่นักเรียนต้องนำความรู้จากการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ ที่ได้จากห้องเรียนมาออกแบบ วิเคราะห์ สร้างสรรค์ชิ้นงาน ดังนั้นในระหว่างกิจกรรมการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนจะได้ฝึกทักษะการคิดผ่านการออกแบบการสร้างชิ้นงาน รูปแบบกระบวนการออกแบบสร้างชิ้นงาน การวิเคราะห์โครงสร้างต่าง ๆ ที่ต้องใช้ทั้งทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ ไปพร้อม ๆ กัน

การวิจัยครั้งนี้เกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ภายใต้หัวข้อ (Theme) เรื่อง การออกแบบสร้างหอคอยรับน้ำหนัก โดยออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในลักษณะของ

การให้นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุมในเนื้อหาของจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมดเรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อเป็นการช่วยและส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น นำไปสู่การสร้างความรู้ที่คงทนได้ด้วยตนเอง สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ และเพื่อนักเรียนมีความกระตือรือร้น สนุกสนาน มีการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ การฝึกการทำงานร่วมกัน การฝึกนำเสนอผลงาน ตลอดจนสมรรถนะที่สำคัญอื่น ๆ ตามการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งแทรกอยู่ในระหว่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ได้จัดให้กับนักเรียน เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุด และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะศึกษาหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อเป็นกำลังของประเทศชาติต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียน และหลังเรียนเรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนเรียน และหลังเรียนเรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมือง จันทบุรี ระนอง ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียน 10 คน
2. เครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือสำหรับ

การวิจัย ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบลักษณะการจัดกิจกรรม จัดให้มีการนำความรู้วิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น กับวิชาคณิตศาสตร์ มาบูรณาการใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ในการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน จำนวน 1 แผน ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 8 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหา และโครงสร้าง ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ กับ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และแบบประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง ตลอดจนวิธีการวัดและประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้ในการวัดทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความยากง่ายตั้งแต่ 0.25 – 0.75 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่นจากการใช้วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร KR-20 มีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พร้อมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามสภาพจริงระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะเต็มศึกษาตามสภาพจริงในพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ด้านมาประกอบรวบประเมิน ซึ่งสรุปกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 ชั่วโมง ได้ดังนี้

ชั่วโมงที่ 1 และ 2 เป็นการทบทวนและรวบรวมข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการสร้างหอคอย

ชั่วโมงที่ 3 และ 4 เป็นออกแบบและวางแผนการดำเนินงานในการสร้างหอคอย

ชั่วโมงที่ 5 และ 6 เป็นการดำเนินการสร้างหอคอย

ต้นแบบ

ชั่วโมงที่ 7 และ 8 เป็นการทดสอบและปรับปรุงหอคอยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.3 ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย

3.4 นำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะเต็มศึกษาตามสภาพจริงในพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ด้าน มาแยกวิเคราะห์ลักษณะการเกิดผลการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน โดยคิดแยกแต่ละด้านเป็นร้อยละเทียบกับจำนวนนักเรียนที่เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านนั้น ๆ

วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. นำผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ก่อนจัดการเรียนรู้ ไปเปรียบเทียบกับผลคะแนนหลังจัดการเรียนรู้โดยการหาค่าเฉลี่ย และนำไปทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบที (t-test dependent)

2. นำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะเต็มศึกษาตามสภาพจริงในพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ด้าน มาหาค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละคน

3. นำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะเต็มศึกษาตามสภาพจริงในพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ด้าน มาแยกวิเคราะห์ลักษณะการเกิดผลการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน โดยการคิดเป็นร้อยละแยกแต่ละด้าน เทียบกับจำนวนนักเรียนที่เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านนั้น ๆ

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มทดลอง	$\bar{X}$	SD	t	p
ก่อนเรียน	10.8	1.47	39.702	<0.001
หลังเรียน	24.1	1.66		

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลคะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องสภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามสภาพจริงในพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม 6 ด้าน ได้ผลดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น							
นักเรียนคนที่	จำ(10%)	เข้าใจ(10%)	นำไปใช้(20%)	วิเคราะห์(20%)	สังเคราะห์(20%)	ประเมินผล(20%)	รวม(100%)
1	7.5	7.5	15	10	10	10	60
2	7.5	7.5	15	10	10	10	60
3	7.5	7.5	15	10	10	10	60
4	7.5	7.5	15	10	10	10	60
5	7.5	7.5	15	10	10	10	60
6	7.5	7.5	15	15	10	10	65
7	7.5	7.5	15	15	10	10	65
8	7.5	7.5	15	10	10	10	60
9	7.5	7.5	15	10	10	10	60
10	7.5	7.5	15	10	10	10	60

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อคิดเป็นร้อยละแบบรายบุคคล พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีระดับคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ตั้งแต่ร้อยละ 60 - 65

ตารางที่ 3 ผลประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงของกลุ่มเป้าหมายในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์การผ่านร้อยละ 75

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิด	จำนวนนักเรียนที่ผ่านพฤติกรรม (คน)	คะแนนรวม (100%)
จำ	10	75
เข้าใจ	10	75
นำไปใช้	10	75
วิเคราะห์	0	55
สังเคราะห์	0	50
ประเมินผล	0	50

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าคะแนนผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงของกลุ่มเป้าหมายเมื่อคิดเป็นร้อยละ แต่ละด้านพฤติกรรมเทียบกับเกณฑ์การผ่านร้อยละ 75 พบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้มีระดับคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ตั้งแต่ร้อยละ 50 - 75 และคิดเป็นความถี่จำนวนนักเรียนที่ผ่านแต่ละด้านเป็นร้อยละ ดังนี้ พฤติกรรมด้านความจำ พฤติกรรมด้านความเข้าใจ และพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ มีจำนวนนักเรียนผ่านเท่ากัน คือ 10 คน ส่วนพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ พฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ และพฤติกรรมด้านการประเมินผล ไม่มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์

ผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และ สภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละในแต่ละด้านตามลำดับ คือ ด้านความจำร้อยละ 75 ด้านความเข้าใจร้อยละ 75 ด้านการนำไปใช้ร้อยละ 75 ด้านการวิเคราะห์ร้อยละ 55 ด้านการสังเคราะห์ร้อยละ 50 และด้านการประเมินผลร้อยละ 50

อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัย เรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการ

เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. จากการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้ก่อนเรียนเท่ากับ 10.8 และคะแนนเฉลี่ยที่ได้หลังเรียนเท่ากับ 24.1ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้มีการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้น อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ในลักษณะกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน โดยที่มีครูผู้สอน คอยให้คำแนะนำและปรึกษา ซึ่งตัวกิจกรรมนั้นมีการออกแบบให้ผู้เรียน ได้ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้มีการสอดแทรกพฤติกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ไว้ได้แก่การนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ไปเลือกใช้แก้ปัญหามหาหรือสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ผ่านการคิดรูปแบบแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และประเมินผล ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ตามแนวทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพียอร์เจต์ (Piaget) ซึ่งมีกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาที่สำคัญ 2 กระบวนการ

คือ 1) การจัดระบบโครงสร้างความรู้เป็นกระบวนการเรียบเรียงประสบการณ์และความคิดของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้นตอน 2) การปรับขยายโครงสร้างความรู้เพื่อปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมโดยใช้การดูดซับและปรับให้เหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้น เช่นเดียวกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หรือทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติของนักเรียนเพื่อสร้างประสบการณ์ใหม่ให้เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมด้วยกระบวนการดูดซึมและปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงยังสอดคล้องกับ นัสนรินทร์ ปือชา (2558, น. 59) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางคิดสะเต็มศึกษาแล้วพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และ วรณธนะ ปัดชา (2559, น. 837) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แนวทางสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละในแต่ละด้าน คือ ด้านความจำร้อยละ 75 ด้านความเข้าใจร้อยละ 75 ด้านการนำไปใช้ร้อยละ 75 ด้านการวิเคราะห์ร้อยละ 55 ด้านการสังเคราะห์ร้อยละ 50 และด้านการประเมินผลร้อยละ 50 ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้นั้นได้มีการออกแบบกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองทุกขั้นตอน ดังนั้นในการเรียนรู้ของนักเรียนพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความจำและความเข้าใจเป็นสิ่งที่แรกที่นักเรียนนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมในหัวข้อเรื่อง การออกแบบสร้างหอคอยจำลองโดยใช้กระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงาน และ 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการออกแบบด้วยกระบวนการทางวิศวกรรมนั้นมีความเชื่อมโยงกับพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน กล่าวคือ ในการระบุปัญหา หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้นักเรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจตัวปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา และสามารถเลือกความรู้ที่เกี่ยวกับหลักการทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ในขั้นตอนของการออกแบบนักเรียนจะต้องนำความรู้ความเข้าใจที่เรียนมาใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของปัญหาได้ เช่น โครงสร้างฐานหอคอย เสา ค้ำยัน การแบกรับน้ำหนัก เป็นต้น จากนั้นนักเรียนก็ต้องมีการสังเคราะห์ความรู้ขึ้นมาใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นเพื่อช่วยในการดำเนินการออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงาน เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จนักเรียนจะต้องประเมินผลการสร้างชิ้นงานอีกครั้งตั้งแต่ การระบุปัญหา การเลือกความรู้ที่นำมาใช้ ตลอดจนการออกแบบและลงมือสร้าง ได้แก่ ในการออกแบบสร้างนั้นนักเรียนได้สร้างชิ้นงานสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ได้มีการใช้หลักการทางฟิสิกส์หรือคณิตศาสตร์ในการอธิบายตรงจุดไหนบ้าง หลักการที่นำมาใช้นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ ชิ้นงานที่สร้างนั้นมีข้อดี ข้อด้อยหรือไม่ จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมหรือไม่ เป็นต้น จากนั้นก็จะเป็นกระบวนการนำเสนอวิธีการต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นปฏิบัติงานจนกระทั่งสิ้นสุดการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยาเกอ (Yager, R. 2015, P. 1 - 4) ที่ได้ศึกษา STEM ที่มุ่งเน้นการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนการเรียนการสอนและความสำเร็จของนักเรียน โดยให้ความสำคัญกับสิ่งที่นักเรียนมีคำถาม มีความสนใจของสถานการณ์ใหม่ๆ ให้นักเรียนได้เป็นนักคิด เป็นผู้กระทำและได้ใช้วิธีการวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบข้อเท็จจริงของโลกธรรมชาติที่เป็นประเด็น มาสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐาน สำหรับวัตถุ เหตุการณ์ที่พบและเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นไปที่โลกมนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งในอนาคตนักเรียนเหล่านี้จะสามารถเพิ่มผลผลิตทางเศรษฐกิจโดยการ

ใช้วิทยาศาสตร์ ความเข้าใจและทักษะการประกอบอาชีพได้ ดังนั้นอาจมองได้ว่าการจัดการเรียนในลักษณะกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือตัวชิ้นงานนั้น เป็นกิจกรรมที่มีความเหมาะสมอย่างยิ่งเพื่อช่วยกระตุ้น และท้าทายให้นักเรียนได้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังที่ พรทิพย์ ศิริภทราชัย (2556, น. 49-56) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้าง และพัฒนาความคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมาย และฟรีแมน (Freeman, S, 2014, น. 8410 - 8415) ได้ศึกษาการเรียนแบบมีส่วนร่วมที่เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของนักเรียนในวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วนักเรียนในหลักสูตรที่มีการจัดการเรียนการสอนในลักษณะการบรรยาย ประมาณ 1.5 เท่า จะมีแนวโน้มที่จะล้มเหลวมากกว่านักเรียนในหลักสูตรที่มีการจัดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม จึงทำให้การศึกษาควรจะเพิ่มสาขาวิชา STEM ให้เกิดขึ้นในทุกชั้นเรียน ทุกประเภทวิชาและทุกระดับชั้น ซึ่งการเรียนแบบมีส่วนร่วมจะเป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นเรียนขนาดเล็กและจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับแนวความคิด

จากผลการวิจัยพบว่า คะแนนในส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้าน การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล ซึ่งมีระดับคะแนนที่ค่อนข้างต่ำกว่าด้านอื่น ๆ อีกสองด้านทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากพฤติกรรมการเรียนรู้ด้าน การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล เป็นพฤติกรรมที่เข้าใจยาก และต้องใช้เวลาในการศึกษาหรือลงมือทำ ผู้วิจัยพบว่า เนื่องจากเวลาในการทำกิจกรรมมีจำกัดนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ หรือการสืบค้น และรวบรวมข้อมูล มาเลือกใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นในส่วนของการขั้นตอนการออกแบบจึงเป็นเรื่องที่ยากมากเพราะในการออกแบบจะต้องคำนึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อตัวชิ้นงาน อีกทั้งเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือมีปัญหา นักเรียนบางคนยังไม่กล้าถามหรือปรึกษาเพื่อขอคำชี้แนะ อาจส่งผลมีระดับ

คะแนนที่ไม่สูงมาก รวมถึงความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นักเรียนจะต้องมีความรู้หลาย ๆ ศาสตร์วิชามาประกอบร่วมกันในการแก้ปัญหา และรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังเป็นสิ่งที่แปลกใหม่สำหรับนักเรียน ประกอบกับระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการจัดกิจกรรมที่ไม่เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมในแต่ละคาบ คือระยะเวลาที่คาดการณ์ไว้ไม่สอดคล้องกับระยะเวลาในการจัดกิจกรรมจริง อีกทั้งช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดปัญหาในการสร้างชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งขัดแย้งกับการวิจัยของ ชิลด์ส (Shields (2006, P. 2-15) ที่ศึกษาผลของโครงการ Engineering is Elementary ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาของนิวเจอร์ซีย์ จำนวน 12 โรงเรียน โดยให้ครูจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ ลมและน้ำ ให้กับนักเรียนในระดับเกรด 3-5 จำนวน 450 คน พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรม ด้วยครูผู้สอนเกิดความเข้าใจและมีความสนใจที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และงานวิจัยของลาบอยรัช (Laboy - Rush, 2016, น. 2 -8) ที่ได้ศึกษา STEM แบบบูรณาการผ่านการเรียนรู้โครงงาน พบว่า สามารถเพิ่มความสนใจให้นักเรียนได้ นักเรียนเรียนรู้ที่จะสะท้อนให้เห็นถึงการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการวิจัย นักเรียนได้ถ่ายทอดหรือแลกเปลี่ยนความรู้และทักษะของนักเรียนในการแก้ปัญหาโลกแห่งความจริงและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีจินตนาการและความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นการเพิ่มแรงจูงใจที่จะเรียนรู้และสามารถปรับปรุงคะแนนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นครูผู้สอนอาจต้องแบ่งเนื้อหาการสอนให้ใช้เวลาที่น้อยลง ทำให้เนื้อหา มีความกระชับเข้าใจง่ายมากขึ้น เน้นการสอนโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมให้บ่อย และมากขึ้นทั้งในรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การสอนแก้โจทย์ปัญหา และคอยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณารุ่งลักษณะศิริ (2551, น. 62-76) ที่ได้ศึกษาผลการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

เชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ชั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมผสาน เฉลี่ยร้อยละ 75.58 และ 83.90 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ซึ่งหลังได้รับการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนักเรียนมีความสนใจเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มากขึ้น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองจากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวัน และช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ จากการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งสามารถช่วยนักเรียนในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ทั้งการทำโจทย์แบบฝึกหัดในชั้นเรียน การวางแผนสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงานต่าง ๆ และส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดี

ขึ้น ครูควรนำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปผสมผสานกับรูปแบบการสอนรูปแบบอื่น เพื่อสร้างความสนใจของนักเรียนได้ เพราะในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษานั้นไม่อาจหลีกเลี่ยงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ ซึ่งใช้อธิบายแทนกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้เปรียบเสมือนกับเป็นตัวแทนความคิดรวบยอดของการเรียนรู้ของนักเรียน อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่มีความสำคัญเพื่อนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ในระดับสูงต่อไปอีกด้วย

2. การจัดการเรียนรู้ในช่วงที่เน้นการฝึกปฏิบัติครูผู้สอนควรออกแบบให้กิจกรรมมีความครอบคลุมของเนื้อหาตลอดทั้งปีการศึกษาเพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เคยได้เรียนมาเลือกประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย และควรมีสื่อการสอนที่เป็นปัจจุบัน และสามารถมองเห็นได้ชัดเจนว่าสิ่งที่จะให้ให้นักเรียนปฏิบัตินั้นคืออะไร นักเรียนก็จะสามารถสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ของตนเองและสามารถประยุกต์เอาความรู้หรือทฤษฎีที่ได้เรียนมาฝึกปฏิบัติสร้างสรรค์เป็นชิ้นงานของตนเองได้

3. ในการจัดการเรียนรู้ควรที่จะเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ เช่น ช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรมีความต่อเนื่องกัน และควรเลือกช่วงในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน รวมทั้งช่วงเวลาในการจัดกิจกรรมไม่ควรจัดให้ห่างจากเนื้อหาหรือความรู้เดิมที่จะใช้เพื่อนำมาสร้างองค์ความรู้ใหม่เพราะอาจทำให้นักเรียนเกิดการลืมเนื้อหาหรือความรู้เดิม ซึ่งจะส่งผลต่อขั้นตอนในการ รวบรวมความรู้และออกแบบ

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.
- เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2555). *ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- กฤษฎดา ชูสินธุ์วุฒิ. (กันยายน-ตุลาคม 2557). รอบรู้เทคโนโลยี : กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร?, *สสวท.*, 42(190), 37
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560) *ประเด็นหลักและนัยทางการศึกษาจาก PISA 2015: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซลพัблиเคชั่น จำกัด

- ทิตนา แคมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมนเนจเม้นท์.
- ทิตนา แคมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 16) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นริศรา จันทะนาม. (2553) *การศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle)*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- นัสนรินทร์ ป้อชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- บุญรัตน์ จันท. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องสมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- พรทิพย์ ศิริภักธราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21, *วารสารนักบริหาร*, 2(2), 49-56.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียร ยินดีสุข. (2558). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- ภพ เลหาไหลบุญ. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี จุฬาวินท. (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors), *สสวท.*, 42(185), 14-18.
- วรรณ รุ่งลักษณะมีศรี. (2551). *ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการ แก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นใน โรงเรียนสาธิต*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- วรรณธนะ ปัดชา. (2559) *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับการจัดการ เรียนรู้แบบ สสวท เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดห้วยจรเข้วิทยา*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ซัพพลายส์
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การวัดและประเมินผล (1)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ
- สังเวียน จรเกษ (2555.) *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการใช้แบบโยนิโสมนสิการ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) ระดับ มัธยมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21, *สสวท.*, 42(186), 3-5.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). 21 *วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์อัครรัฐ
- นามะกันคำ. (2550). *การเปรียบเทียบความเข้าใจเชิงแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแส ตรงของนักเรียนสายสามัญกับสายอาชีพ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., OKoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. (2014, June). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*, *PNAS*, 29 (111), 8410-8415.
- Rush, L. D. (2016). *Integrated STEM Education through Project Based Learning*. Retrieved October 14, 2017 from <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx?itemId=16466975/>
- Shields, C. (2006). *Engineering our future New Jersey elementary school*. Retrieved October 14, 2017, from http://www.ciese.org/papers/2006/ASEE_paper_G.doc.
- Yager, R. (Jan-Mar 2015). STEM: A Focus for Current Science Education Reforms *K-12 STEM Education*, 1(1), 1-4.