การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

Development of Innovation of Integrated STEM Education with Problem Based Learning Model for Engineering Education

ธนิต บุญใส

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคนิคศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ธนิต บุญใส

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคนิคศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์	การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา Development of Innovation of Integrated STEM Education with Problem Based Learning Model for Engineering Education
ชื่อ – นามสกุล	นายธนิต บุญใส
สาขาวิชา	เทคนิคศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริลักษณ์ หาญวัฒนานุกูล, ค.อ.ด.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์เสถียร ธัญญศรีรัตน์, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์คำรณ สิระธนกุล, Ed.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์โกศล โอฬารไพโรจน์, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์อัคครัตน์ พูลกระจ่าง, ค.อ.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริลักษณ์ หาญวัฒนานุกูล, ค.อ.ด.)

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อานนท์ นิยมผล, ค.อ.ม.)
วันที่ 29 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์ การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา
ชื่อ – นามสกุล นายธนิต บุญใส
สาขาวิชา เทคนิคศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริลักษณ์ หาญวัฒนานุกูล, ค.อ.ด.
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรม และหาประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้การวิจัยและพัฒนา

ผู้เชี่ยวชาญการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบฯ และความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศึกษาและการศึกษา 8 คน ตัวอย่างประชากรวิจัยของการทดลองหาประสิทธิภาพ เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม รวมทั้งวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 25 คน ที่ได้การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม จากประชากรวิจัย 65 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบประเมินความเหมาะสม 5 ระดับต่อนวัตกรรมรูปแบบฯ แบบประเมินความสอดคล้อง 3 ระดับต่อแผนจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรม (PIP-MASE Model) 7 ขั้นตอนมีประสิทธิผลตามสมมติฐานการวิจัย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่านวัตกรรมรูปแบบฯ มีความเหมาะสมระดับมาก ($\overline{x}$ =4.290, S.D.= 0.40) โดยมีระดับความเหมาะสมของแต่ละด้านเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ การออกแบบองค์ประกอบหลักของรูปแบบ และกิจกรรมการสอน รวมทั้งแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบฯ มีความสอดคล้อง (IOC=0.976) นอกจากนี้นวัตกรรมรูปแบบฯมีประสิทธิภาพ โดยพบว่าผู้เรียนมีคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังทดลองมากกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลองในระดับพึงพอใจระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ =4.590, S.D.= 0.49)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน บูรณาการเรียนรู้ วิศวกรรมศึกษา

Dissertation Title	Development of Innovation of Integrated STEM Education with Problem Based Learning Model for Engineering Education
Name - Surname	Mr. Tanit Boonsai
Program	Technical Education
Dissertation Advisor	Assistant Professor Sirilak Hanvatananukul, Tech.Ed.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop Innovation of Integrated STEM education with problem-based learning model for engineering education and to examine the efficiency of the model by applying research and development methodology.

The experts who evaluated suitability of the model and congruence of the learning management plans, were eight experts in engineering education and education. Samples of the research population for examining efficiency of the model were twenty-five first year students drawn by applied cluster sampling from the population of sixty-five who were in the field of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications Engineering, and Computer Engineering in the Faculty of Technical Education at Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Four research instruments composing of five rating scales towards suitability, three scales towards congruence, achievement test and five scales questionnaire towards satisfaction, were conducted to collect data which were analyzed by percentage, mean, standard deviation and T-test.

Results of the research revealed that PIP-MASE model innovation of integrated STEM education with problem based learning for engineering education being effective and retained hypothesis with the most suitability ($\overline{x}$ =4.290, SD=0.40) by experts' evaluations ranked from most to least in order of design, key components and learning activities as well as the congruence (IOC=0.975) of the learning management plan. The efficiency of the model retained the hypothesis with post-test average score being more than pre-test average scores with statistical significance at 0.01 and the average satisfaction scores after the experiment at the highest level of satisfaction ($\overline{x}$ =4.590, SD=0.49)

Keywords: STEM education, problem-based learning, integrated learning, engineering education

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จากความกรุณา การให้คำปรึกษา และการแนะนำอย่างดียิ่ง จาก ผศ.ดร.สิริลักษณ์ หาญวัฒนานุกูล อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ และ รศ.ดร.อัคครัตน์ พูลกระจ่าง ประธานหลักสูตรปริญญาเอกสาขาวิชาเทคนิคศึกษา ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างมาก ทั้งหลักการ ทฤษฎี แนวคิด และให้คำปรึกษาด้านข้อปฏิบัติต่างๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนดุษฎีนิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ และถูกต้องที่สุด อันเป็นประโยชน์ต่อการทำดุษฎีนิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอบพระคุณ รศ.ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์ ที่เป็นประธานกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ขอบพระคุณ รศ.ดร.คำรณ สิระธนกุล และ รศ.ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์ ที่ร่วมเป็นคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาช่วยเหลือในการตรวจประเมินความเหมาะสมสอดคล้อง และคุณภาพของเครื่องมือ เพื่อให้งานวิจัยมีความตรงเชิงคุณภาพมากขึ้น และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาตนเอง รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะสั่งสอน ครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจ เพื่อนร่วมงานและเพื่อนร่วมรุ่นปริญญาเอกที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา จนทำให้ดุษฎีนิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันใดที่พึงจะเกิดจากดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตาแก่บิดา มารดา ตลอดจนครอบครัวและบูรพาจารย์ของผู้วิจัยและผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนิต บุญใส

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (4)
กิตติกรรมประกาศ (5)
สารบัญ (6)
สารบัญตาราง (8)
สารบัญภาพ (9)
บทที่ 1 บทนำ 10
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 10
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 14
1.3 สมมุติฐานการวิจัย 14
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 15
1.5 นิยามศัพท์ 16
1.6 กรอบแนวคิดในงานวิจัย 17
1.7 ประโยชน์ของการวิจัย 19
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
2.1 การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 20
2.2 การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน 30
2.3 การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศึกษา 38
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 47
3.1 ผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัย 47
3.2 ขั้นตอนการวิจัย 48
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 57
3.6 การทดสอบสมมุติฐานการวิจัย 59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
4.1 ผลการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 60
4.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 67
4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย 70

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 71
5.1 สรุปผลการวิจัย 72
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 74
5.3 ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 82
ภาคผนวก 86
ภาคผนวก ก 87
ภาคผนวก ข 92
ภาคผนวก ค 97
ภาคผนวก ง 164
ภาคผนวก จ 179
ประวัติผู้เขียน 181

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ 24

ตารางที่ 2.2 สังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 34

ตารางที่ 4.1 ค่าความเหมาะสมของรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับวิศวกรรมศึกษาประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 63

ตารางที่ 4.2 ค่าความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 65

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเรียนตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้โดยใช้สถิติที 67

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 68

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 18

ภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 26

ภาพที่ 2.2 ระดับการบูรณาการ 27

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 48

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนดำเนินการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 49

ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 52

ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 54

ภาพที่ 3.5 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 56

ภาพที่ 4.1 รูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โมเดล PIP-MASE เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรม 61

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยกำหนดยุทธศาสตร์ชาติที่สำคัญ เพื่อการพัฒนาประเทศ ให้ ก้าวพ้นกับดักรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) และในขณะเดียวกันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุทำให้มีสัดส่วนประชากรวัยทำงานลดลง ซึ่งส่งผลต่อการสร้างกำลังคนหรือการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education) นอกจากนี้การพัฒนาเศรษฐกิจการก้าวออกจากกับดักรายได้ปานกลาง นั่นคือการเพิ่มรายได้ต่อหัวประชาชาติด้วยจำนวนแรงงานที่ลดลง ซึ่งส่งผลอย่างมีนัยสำคัญให้ประเทศไทย จำเป็นต้องเพิ่มทักษะและคุณภาพของแรงงาน จากข้อมูลของผลการสำรวจวิเคราะห์ ความสามารถในการแข่งขันของ IMD (The International Institute for Management Development) สำหรับปี ค.ศ. 2015 ความสามารถทางการแข่งขันของประเทศไทยตกอันดับจากอันดับที่ 29 ไปเป็นอันดับที่ 30 ถึงแม้จะมีการขยับขึ้นทางด้านโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) จากลำดับที่ 48 ไปอยู่ในลำดับที่ 45 แต่พบว่าตัวชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี (Technical Infrastructure) ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Infrastructure) และด้านการศึกษา (Education Infrastructure) นั้น มีอันดับลดลงจากปี ค.ศ. 2014 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความอ่อนแอทางด้านปัจจัยพื้นฐาน เช่น คุณภาพการศึกษา ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการพัฒนากำลังคนและเศรษฐกิจของประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559)

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพการศึกษาพบว่า ประเทศไทยประสบปัญหาด้านคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ต่ำ ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศที่อยู่ในกลุ่ม OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) ทั้งนี้อาจเนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจบทเรียนอย่างแท้จริง เรียนแบบท่องจำทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมต่อความรู้เป็นภาพใหญ่ได้ และไม่สามารถนำบทเรียนนั้นไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559) และโลกของการศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้มีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากแหล่งต่างๆ มากมาย และตลอดเวลาที่ต้องการทำให้ห้องเรียนมีความแปลกตาไปจากที่เป็นอยู่ ภาพของการที่นักเรียนหรือนิสิต นักศึกษาจะมีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) แท็บเล็ต (Tablet) ไอแพด (iPad) หรือสมาร์ทโฟน(Smart Phone) เป็นอุปกรณ์การเรียนจึงเป็นเรื่องปกติ ดังนั้นหน้าที่ของครูอาจารย์ในการสอนจึงเปลี่ยนแปลงไปจากการยืนหน้าชั้นมาเป็นการกระตุ้นและอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด ด้วยกระบวนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เกิดแนวความคิดต่อการจัดการศึกษานั้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย (พรทิพย ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49-56)

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ 4 ศาสตร์ ประกอบด้วย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ร่วมด้วยกัน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการเรียนการสอนให้มีกิจกรรม โดยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ที่พบในชีวิตประจำวัน จากการประยุกต์ใช้ความรู้จากทักษะ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาผ่านกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้ชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิต นวัตกรรมใหม่ ที่มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจะต้องมีทักษะหลักๆ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ทักษะชีวิตและการทำงาน 2) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และ 3) ทักษะด้านสารสนเทศ การสื่อสารและเทคโนโลยี (พินิจ เนื่องภิรมย์, มานัส สุนัน, กนกวรรณ เรืองศิริ, สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ และ สมศักดิ์ อรรคทิมากูล, 2559, น. 74-79) โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ 2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด 3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (Active Learning) ของผู้เรียน 4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ 5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต ดังนั้นการจัดการศึกษาแบบบูรณาการ จึงเน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษา ที่ตอบสนองต่อการเตรียมรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดี และมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่งคั่งของประเทศได้

นอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่นๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่างๆ ในโลก การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูล เครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียน ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่ง อนาคตได้อย่างแท้จริง (เทอดชัย บัวผาย, วิญญู อุตระ, ฐิติมา ผ่องแผ้ว, และ ปรปภา อารีราษฎร์, 2560, น. 174-183) แนวคิดในการจัดการศึกษาของไทยเปลี่ยนแปลงหลายๆ ด้านทั้งเชิงคุณภาพ และปริมาณกล่าวคือ มีการเน้นคุณภาพ ความสามารถของผู้สอน ลดปริมาณความซ้ำซ้อนของ เนื้อหามีการนำผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ด้านสมอง และจิตวิทยาการเรียนรู้ของมนุษย์มาปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการศึกษาทุกระดับทั้งในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน และอุดมศึกษามีการ

ศึกษาวิจัยและนำผลการวิจัยมาปรับเปลี่ยนการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพมากขึ้น มีการจัดการประชุมเชิงวิชาการจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อกระตุ้นให้นักการศึกษาได้เห็นความสำคัญและนำไปใช้เพื่อขับเคลื่อนนโยบายทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในส่วนของผู้ปฏิบัติการ เช่น ครู อาจารย์ ก็มีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนให้ความสำคัญและให้ผู้เรียนมีบทบาทมากขึ้น มีการใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบต่างๆ มาใช้เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการคิด เช่น การจัดการสอนแบบบรูณาการ การสอนโดยใช้โครงงาน การสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน จากการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ ในการจัดการศึกษาของไทยดังตัวอย่างที่กล่าวข้างต้นนี้ ย่อมแสดงให้เห็นถึงความพร้อมของไทยในการนำสะเต็มศึกษามาสู่กระบวนการจัดการศึกษา (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49-56)

สะเต็มศึกษาเปนนวัตกรรมการเรียนรูรูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เขาดวยกัน ใหผูเรียนนำความรูไปใชแกปญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เปนประโยชน์ตอการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรูแบบโครงงานเปนฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรูแบบใชปญหาเปนฐาน (Problem-Based Learning) (กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2557) การเรียนรู้โดยใช้ปญหาเปนฐาน (Problem-Based Learning: PBL) นับเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจและคาดว่าน่าจะแก้ปัญหาในหลายๆ ประเด็นที่กล่าวมาในตอนตนได ทั้งนี้เนื่องจาก 1) เป็นการสร้างองค์ความรู้อย่างมีรูปแบบ เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปญหาเปนฐานมีการจำลองภาพของงานในอนาคตใหผูเรียนไดศึกษา เมื่อผูเรียนตองออกไปประกอบอาชีพหรือเผชิญกับปัญหาจะทำใหมีการกระตุนความจำ และความสามารถในการนำข้อมูลมาปรับใชทั้งจากความรู้พื้นฐาน และความรู้ภาคปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาในอนาคตได 2) เปนการพัฒนากระบวนการความคิดที่มีเหตุผล การเรียนที่ผู้เรียนตองฝกการแกปัญหาตลอดเวลา จะสอนใหผูเรียนรู้จักคิดอยางมีเหตุผล โดยผ่านการทำซ้ำๆ และไดรับข้อมูลย้อนกลับเพื่อย้ำในสิ่งที่ถูก และแก้ไขในสิ่งที่ผิด เป็นการฝกทักษะของการสร้างข้อสมมติฐาน ข้อสงสัยต่างๆ หัดวิเคราะห์ขอมูล สังเคราะห์ปญหา และฝึกการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู 3) เปนการพัฒนาทักษะในการแสวงหาความรู้ดวยตนเองอยางเสรี การฝึกใหผูเรียนรู้จักประเมินตนเองและมีอิสระในการแสวงหา ความรู ทำใหผู้เรียนทราบความตองการของตนเองหรือความสนใจของผู้เรียนไมใช่มีผูใดผู้หนึ่งมา กำหนดใหตลอดเวลาและทราบว่าตนเองต้องการเรียนรู้อะไร จะไปหาแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมไดจากที่ไหน และ 4) เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการเรียน การไดฝกเรียนโดยการแก้ปัญหาฝึกคิด ซึ่งเป็นการท้าทายให้ผู้เรียนอยากเรียนรู เปนการสร้างแรงกระตุนให้ผูเรียนอยากรู้ตอไปเรื่อยๆ เพราะพื้นฐานมนุษยมีความอยากรู้อยากเห็นอยูแลว ถาสามารถเพิ่มแรงจูงใจให้ผูเรียน นับว่าเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ใหมากขึ้นไปอีก เคียรียาห์ และคณะ, ดอรีส และคณะ (Khairiyah et al., Doris R. et al.) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พรจิต ประทุมสุวรรณ, 2553)

การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมนั้น ลักษณะเนื้อหารายวิชาส่วนมากนั้น ลักษณะรายวิชามีเนื้อหาที่มุ่งเน้นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการออกแบบ แม้ปรากฏว่าผู้สอนจะจัดการเรียนรู้ได้ตามแผนการเรียนรู้ แต่ผลการเรียนของผู้เรียนยังมีความแตกต่างกันอยู่มาก ในทุกๆ การเรียนการสอน

ยังคงมีผู้เรียนที่เรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่า ผู้สอนได้จัดการเรียนรู้อย่างเหมาะสมแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถที่จะคอยตรวจปรับผู้เรียนได้ทั้งชั้น ตลอดทั้งเนื้อหา เพราะถูกจำกัดด้วยปริมาณเนื้อหาและเวลาในแต่ละคาบ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้สอนควรจะมีเครื่องมือหรือรูปแบบการเรียนการสอนที่จะใช้ช่วยในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถที่จะคิดคำนวณ ได้ตามที่ผู้สอนวางเป้าประสงค์เอาไว้ แต่การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมนั้น พบว่าวิธีสอนที่อาจารย์ใช้สอน ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยาย รูปแบบกิจกรรมของผู้เรียนเป็นแบบถามตอบคำถาม (พินิจ เนื่องภิรมย์และคณะ, 2559, น. 74-79) ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการคิด การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการเรียนรู้ร่วมกันมากกว่าการเรียนรู้แบบรายบุคคล (Individual Learning) เพราะการเรียนรู้ในแบบใหม่ต้องเป็นการเรียนรู้ที่แบ่งปันกัน ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน การเรียนในปัจจุบันควรให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติพร้อมเรียนทฤษฎีไปพร้อมๆ กันไม่ใช่แยกส่วนกันเรียน ห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 ควรเปลี่ยนจาก ห้องเรียนธรรมดา (Class Room) เป็นสตูดิโอ (Studio) เป็นที่ทำงานเป็นกลุ่มๆ ซึ่งหมายความว่า การเรียนจะเปลี่ยนจาก Lecture Based เป็น Problem-Based Learning เป็นการเปลี่ยนผู้เรียนจาก “ผู้รับการกระทำหรือ กรรม” จากเดิมเป็นผู้เรียนเป็น “ผู้ปฏิบัติหรือประธาน” และเป็น “ปฏิบัติด้วยตนเองหรือกริยา” ด้วยพร้อมกัน คือเป็นผู้ลงมือทำ ดังนั้นในศตวรรษที่ 21 ทักษะที่อยากให้เกิดกับผู้เรียน คือ 3R x 7C และต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะชีวิต 3 อย่างที่ควรจะมี ได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีรวมทั้งยังส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) กระบวนการเรียนรู้จาก ปมปัญหาสู่ปัญญา และพัฒนาครูผู้สอนผ่านกระบวนการแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ (Professional Learning Community) เพราะการศึกษาเป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้คน เกิดทักษะต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเตรียมประชากรให้พร้อมที่จะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลง เพื่อที่จะดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข การศึกษา คือสร้างพลัง ปัญญาแก่ประชากร เพื่อพร้อมรับกับปัญหาต่างๆ ทั้งในเรื่องเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ดังนั้นการศึกษาจึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับพัฒนาประชากร เพื่อเตรียมความพร้อมในยุค ศตวรรษปัจจุบัน แต่ทั้งนี้การศึกษาจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณค่าที่แท้จริง ในความเป็นมนุษย์ใน ฐานะเป็นหลักความคิดเชิงคุณภาพ การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานจะแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มจะมี ผู้เรียนประมาณ 5-8 คนและมีครูผู้สอน 1 คน หรืออาจจะมากกว่าทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นสนับสนุนและ ช่วยเหลือให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ซึ่งจะเรียกผู้สอนในระบบนี้ว่าผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) กระบวนการจะเริ่มต้นด้วยการให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาที่สำคัญ ซึ่งคล้ายคลึงกับปัญหาที่จะต้องไปประสบจริงทางวิชาชีพของตนในอนาคต โดยที่ผู้เรียนมิได้มีการเตรียมตัวล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหานี้มาก่อน โดยทีมผู้สอนจะนำปัญหาดังกล่าวมาเขียนเป็นสถานการณ์ (Scenario) หรือโจทย์ปัญหา (Problem) เป็นการสร้างเหตุการณ์จำลอง เพื่อใช้เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดการคิดไตร่ตรอง หาเหตุผลมาอธิบาย และพยายามแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยใช้ความรู้พื้นฐานเดิมที่แต่ละคนมีอยู่มาร่วมกัน ตั้งเป็นสมติฐาน พร้อมกับพิจารณาและตั้งวัตถุประสงค์ในการไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่จำเป็นเพิ่มเติม เพื่อนำมาช่วยในการพิสูจน์สมมติฐาน จากนั้นกลุ่มผู้เรียนก็จะแยกย้ายกันไปศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ช่วยกันตั้งไว้แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมมาใหม่กลับมา

ช่วยกันสรุปสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงต่อไป (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2560, น. 179-172)

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนมีทักษะการทำงานทางด้านปฏิบัติและการเรียนทฤษฎีได้ดียิ่งขึ้น และเกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนทางด้านเทคโนโลยี วิศวกรรม และศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมศึกษาทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเต็มตามศักยภาพของแต่ละบุคคล อันจะส่งผลต่อการเรียนทั้งด้านวิศวกรรมพื้นฐานและด้านวิศวกรรมประยุกต์ อันเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญอย่างยิ่งในการประกอบอาชีพด้านวิศวกรรม

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยย่อย ดังนี้

1.2.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 สมมติฐานการวิจัยหลัก

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีประสิทธิผลก็ต่อเมื่อ มีการยอมรับ (Retain) สมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ หรือค่าดัชนีความสอดคล้องและประสิทธิภาพรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ข้อ 1.3.2

1.3.2 สมมติฐานการวิจัยย่อย

1.3.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาทั้งรายข้อและทั้งฉบับ ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป

1.3.2.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย

1) คะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2) คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลองอยู่ในระดับมาก หรือมีค่ามากกว่า 3.40

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขต ดังนี้

1.4.1 ด้านเนื้อหา

โดยเนื้อหาที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1.4.1.1 เนื้อหาด้านการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยความหมาย แนวคิด องค์ประกอบ การออกแบบเชิงวิศวกรรม แนวทางการจัดการเรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

1.4.1.2 เนื้อหาด้านการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยศึกษาในเรื่องความหมายของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และบทบาทของผู้สอน

1.4.1.3 เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการทดลองคือ วิชาในกลุ่มวิศวกรรมศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ประกอบด้วยกิจกรรมเกี่ยวกับความรู้ และหลักการในการสอนศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษา เนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2559 เนื่องจากเป็นวิชาทฤษฎีพื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้กับวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าอื่นๆ

1.4.2 ผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัยเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่ร่างขึ้น โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนทางวิศวกรรมหรือวิศวกรรมศึกษาและทางด้านการศึกษา มีที่วุฒิการศึกษาด้านระดับปริญญาโทขึ้นไป มีประสบการณ์การสอนวิชาด้านวิศวกรรมและด้านการศึกษาไม่น้อยกว่า 10 ปี ในระดับอุดมศึกษา จำนวน 8 ท่าน

กลุ่มที่ 2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ประชากรวิจัย คือ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม และสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 65 คน โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรวิจัย ได้จากการเลือกวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ในขั้นตอนการทดลองใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1.4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1.4.3.1 ตัวแปรตน (Independent Variable)

1) นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1.4.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

1) ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่ประกอบด้วยผลการประเมินคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาด้านวิศวกรรม

2) คะแนนความพึงพอใจตอนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1.4.4 ระยะเวลาที่ใชในการวิจัย

มิถุนายน 2562 ถึง พฤษภาคม 2563

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาดัดแปลงมาจากการบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน สำหรับการเรียนการสอนวิชาด้านวิศวกรรมให้ทันสมัยและใช้ได้ผลดียิ่งขึ้น ช่วยให้การเรียนการสอนได้ผลดีมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงกว่าเดิม โดยมีตัวแปรทดลองที่เป็นรูปแบบขบวนการการเรียนรู้เชิงระบบที่ปัจจัยนำเข้าได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัย แนวคิดสะเต็มศึกษา และการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เพื่อนำมาสร้างตัวแปรทดลองที่ประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้ สื่อ และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวอย่างประชากรวิจัย และประเมินความสอดคล้องของตัวแปรทดลอง และประสิทธิภาพของตัวแปรทดลองจากตัวแปรตามจำนวนสองตัว ได้แก่ คะแนนผลสัมฤทธิ์ และความพึงพอใจ

1.5.2 สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบรูณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะการ สอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แล้วนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการแสวงหาข้อมูล เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะรวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือกัน

1.5.3 การเรียนรูโดยใชปญหาเปนฐาน (Problem-Based Learning) หมายถึง วิธีการเรียนการ สอนที่ใช “ปญหา” เปนเครื่องกระตุนใหผูเรียนเกิดความตองการที่จะแสวงหาความรู ความเขาใจ ทักษะ และเจตคติจากสถานการณที่ไมคุนเคยมากอน โดยนำการเรียนรูมาประยุกตใชกับ สถานการณนั้นๆ กระบวนการนี้จะไดรับการจัดไวอยางเหมาะสมเพื่อกระตุนใหเกิดการเรียนรู โดยเนนใหผูเรียนเป็นผูตัดสินใจในสิ่งที่ตองการแสวงหา และรูจักการทำงานรวมกันเปนทีมภายในกลุมผูเรียน

1.5.4 วิศวกรรมศึกษา หมายถึงการจัดการศึกษาและหลักการการสอนศาสตร์ด้านวิศวกรรมเกี่ยวกับความรู้ทางทฤษฎีและทักษะปฏิบัติ ในสาขาวิชาต่างๆ เช่นวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ทางคำนวณ การออกแบบ การใช้เทคโนโลยี

1.5.5 ประสิทธิผลนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา หมายถึงมีการยอมรับ (Retain) สมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ หรือค่าดัชนีความสอดคล้อง และประสิทธิภาพรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ข้อ 1.3.2 หน้า 14

1.5.6 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา หมายถึงค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จาก การประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(Index of Consistency: IOC) ของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน และใช้แบบประเมินความสอดคล้องที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและเชิงโครงสร้าง รวมทั้งวิเคราะหหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.0 ต้องเป็นค่าดัชนีที่มีความสอดคล้องสามารถใช้ได้ ส่วนข้อคำถามที่มีค่าดัขนีต่ำกว่า 0.5 ต้องทำการปรับปรุง ทั้งรายข้อและทั้งฉบับ ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป

1.5.7 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา หมายถึงคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากแบบทดสอบหลังและก่อนการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากขอบเขตด้านเนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ที่มีค่าคุณภาพข้อสอบรายข้อประกอบด้วย ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกไม่น้อยกว่า 0.20 และมีค่าเชื่อมั่นจากการคำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ไม่น้อยกว่า 0.8) ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ทั้งนี้คะแนนความพึงพอใจได้จากแบบประเมินความพึงพอใจที่เป็นมาตราส่วน 5 สเกล ของลิเคิรต ที่หาความสอดคล้องโดยใช้ IOC แลวนำมาปรับปรุงแกไขเมื่อปรับปรุงแกไขเรียบรอยแลว นำแบบประเมินความพึงพอใจนั้นไป ทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชานี้มาแลว เพื่อหาคาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร Cronbach Alpha โดยต้องมีค่าความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 0.70 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจหลังการทดลองต้องมีค่ามากกว่า 3.40 ขึ้นไป

1.6 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วนำขั้นตอนกิจกรรมของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมาแก้ปัญหา โดยจัดการเรียนรู้บูรณาการกับสะเต็มศึกษา ซึ่งสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนใน

การปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยง ความรู้ และทักษะที่เรียนรู้จาก วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้เหล่านั้นในการแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) จึงเป็นกลยุทธในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางการบูรณาการนี้ (สสวท., 2557)

การวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ตามภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

1.7 ประโยชนของการวิจัย

1.7.1 ได้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา และแผนจัดการเรียนรู้ เนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้า กลุมวิชาชีพบังคับ ตามหลักสูตรคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ประกอบดวยเนื้อหา ใบกิจกรรม แบบฝกหัด แบบทดสอบ ซึ่งผูสอนสามารถนำไปใชปฏิบัติการสอนได

1.7.2 ไดแผนจัดการเรียนรู้ที่นำไปใชเปนแนวทางในการดำเนินการสอนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา กับวิชาเนื้อหาอื่นๆ ทางด้านวิศวกรรม

1.7.3 กิจกรรมการเรียนรูโดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา สงเสริมใหผูเรียนพัฒนาความสามารถในการ ทำงานเป็นกลุม การใชภาษาในการติดตอสื่อสารและการนำเสนอผลงาน การแสดงความคิดเห็นและยอมรับในความคิดเห็นของผูอื่น

1.7.4 เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการพัฒนานักศึกษาให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวงจรไฟฟ้าสูงกวาการสอนแบบเดิม ทำใหไดผลการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้า ผานเกณฑ ไมเสียเวลาและงบประมาณในการลงทะเบียนเรียนใหม

1.7.5 เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาในการนำผลการวิจัย ไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

1.7.6 นักศึกษาสามารถนำแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ไปใช้ในการศึกษาด้วยตนเอง

1.7.7 นักศึกษามีการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในการสืบค้นข้อมูลเพื่อตอบโจทย์ และแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และพัฒนาไปในวิชาวิศวกรรมศึกษาอื่น

1.7.8 ผู้บริหารการศึกษาสามารถนำนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาและแผนจัดการเรียนรู้ ไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาวิศวกรรมศึกษาในสาขาอื่นๆ

1.7.9 ผู้บริหารการศึกษาสามารถนำนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มาพัฒนากระบวนการเรียนรู้และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีความยั่งยืน ต่อการเรียนการสอน

1.7.10 ครูฝึกในสถานประกอบการสามารถนำนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาและแผนจัดการเรียนรู้ ไปใช้ในการฝึกอบรมพนักงาน

1.7.11 ผู้สอนสามารถนำแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ไปประยุกต์ใช้ในการทำแผนจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสำหรับการเรียนรายวิชาด้านวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตำราเอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2.2 การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
2.3 การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศึกษา
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2559) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า หมายถึง “เป็นแนวทางการจัดการศึกษาโดยใช้แนวคิดสะเต็ม ในการเรียนรู้และบูรณาการเนื้อหาของรายวิชาสะเต็มผ่านโครงงานหรือกิจกรรมเรียนรู้ต่างๆ ที่เน้นการสร้างชุดทักษะ (Skill Set) และสมรรถนะ (Competency) ของผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง การเรียนรู้ ตลอดชีวิต ตลอดจนการสรรสร้างสิ่งใหม่ๆ ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม ประเทศ และมนุษยชาติ และสะเต็มศึกษาจึงเป็นกรอบการพัฒนามนุษย์ในทุกระดับตั้งแต่ปฐมวัย ประถมศึกษา มัธยมศึกษา อาชีวศึกษา อุดมศึกษา และการศึกษาตลอดชีวิต (Life-Long Learning) ”

มนตรี จุฬาวัฒนฑล (2556, น. 14-18) ไดใหความหมายของสะเต็มศึกษาไววาคือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร เทคโนโลยี และคณิตศาสตรในทุกระดับชั้น ตั้งแตอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไมเนนเพียงการทองจำสูตรเพียงอย่างเดียว แตสะเต็มศึกษาจะฝกใหผูเรียนรูจักคิด การตั้งคำถาม แกปญหาและสรางทักษะการหาขอมูล และการวิเคราะห์ขอคนพบใหมๆ ทำใหผูเรียนรูจักนำองคความรูจากวิทยาศาสตรและคณิตศาสตร สาขาต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุงแกปญหาสำคัญๆ ที่พบในชีวิต

พรทิพย ศิริภัทราชัย (2556, น. 49-56) ไดใหความหมายของสะเต็มศึกษาไววา คือ การสอนแบบบูรณาการขามกลุมสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหวางศาสตรสาขาตางๆ ไดแก วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเดนของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแตละสาขาวิชามาผสมผสานกันอยางลงตัว เพื่อใหผูเรียนนำความรูทุกแขนงมาใชใน การแกปญหา การค้นควา และการพัฒนาสิ่งตางๆ ในสถานการณโลกปจจุบัน

จากความหมายของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปไดวา สะเต็มศึกษาคือ การจัดการเรียนรูที่มีการบูรณาการศาสตรเนื้อหาความรูวิทยาศาสตร เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยผานกระบวนการเชิงวิศวกรรมศาสตร โดยเนนใหผูเรียนนำความรูในภาคทฤษฎีมาใชแกปญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น ทำให้ผูเรียนรูจักคิด การตั้งคำถาม แกปญหา และสรางทักษะการหาขอมูล และการวิเคราะหข้อคนพบใหม่ๆ ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอันเปนสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้ และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพ และพัฒนาประเทศในอนาคต

2.1.2 แนวคิดของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด และลักษณะ ดังนี้ เดจาเนเต้, เวย์เน่, เบรนเนอร์ และคณะ (Dejarnette, Wayne, Breiner, et al.) ธวัชชิต ตระการ, รักษพล ธนานุวงศ์ และ อภิสิทธิ์ ธงไชยและคณะ ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49-56)

2.1.2.1 เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือ เป็นการ บูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามา ผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้ วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทาย และเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนักศึกษา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่าง และคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิด หรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสอื่สาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า

ใหญ่กว่า ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็ก หรือการทำกิจกรรมในชีวิติประจำวัน

2.1.2.2 เป็นการบรูณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา ให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Design-Based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

นอกจาก STEM Education จะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขา ดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังเป็นการบรูณาการด้านบรบิท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ และสามารถนำไป ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงานการเพิ่มมลูค่า และสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้

2.1.2.3 เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากแนวคิดข้างต้นนักการศึกษาก็ยังได้มีบูรณาการศาสตร์อื่นประกอบเพื่อให้การจัดการศึกษา STEM Education นั้นครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน เช่น การจัดการศึกษา STEAM Education ที่มีการบูรณาการ ศิลปะ (A) ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอด หรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์ และมีจินตนาการยิ่งขึ้น ผู้เรียนยังสามารถสื่อสารความคดิของตนเอง ในรูปแบบของดนตรี และการเคลอื่นไหว การสื่อสารด้วยภาษา ท่าทาง หรือการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลองทำให้ชิ้นงานนั้นๆ มีองค์ประกอบด้านความสุนทรีย์ และความสวยงาม เพิ่มขึ้นเกิดเป็นชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งาน และความสวยงาม ยศวีร์ สายฟ้า ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49-56) การจัดการศึกษา STEAM Education ที่เน้นเพิ่มเติมให้ผู้เรียนตระหนักเกี่ยวกับ คุณธรรม จริยธรรม (Ethics:E2) ที่เป็นองค์ประกอบส่วนสำคัญประการหนึ่งที่จะทำให้เป็นคนดี

จากแนวคิดของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา โดยนำวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว ทำการสอนได้ในทุกระดับชั้น โดยใช้วิธีสอนแบบ Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Design-Based Learning เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการสอนที่ทำใหผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 และยังสามารถบูรณาการกับศาสตร์อื่น เพื่อให้ครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน

2.1.3 องค์ประกอบ 4 วิชา ของสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียน ให้เป็นผู้รู้ในวิทยาศาสตร์ (Science Literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (Math Literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (Technology Literate) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย

2.1.3.1 เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทีกษะในการคิดเป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2.1.3.2 เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

2.1.3.3 เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถใน การใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

2.1.3.4 เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในการออกแบบและสร้างเทคโนโลยี โดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

2.1.4 การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

การนำแนวคดิการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบรูณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่นๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 4 ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council : NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการให้เหตุผล

ที่มา : คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2559)

จากตารางที่ 2.1 แนวปฏิบัติ (Practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบ และลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ต้องการความรู้ ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ทั้งนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด ซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ หรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ 1) ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์ พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจ และต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และ 2) ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์ คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

2.1.5 สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการ หรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ตามภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

2.1.5.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2.1.5.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง และ 2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิด เหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขต ของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.1.5.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมินตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

2.1.5.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและ กำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

2.1.5.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาผลที่ได้จากการทดสอบและประเมิน อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา

ผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

2.1.5.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ (สสวท., 2558)

ภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1.6 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

จุดเด่นอีกข้อหนึ่งของการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาคือ การบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียน สร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans Disciplinary Integration) ตามภาพที่ 2.2 ระดับการบูรณาการ

2.1.6.1 การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2.1.6.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมี

หัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

2.1.6.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอน ในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหา หรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใน รายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัด

2.1.6.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้ และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงโดยให้นักเรียนประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่ เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม ความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน (สสทว., 2558) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือโครงงานเป็นฐาน (Problem/Project-Based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางการบูรณาการแบบนี้ สสวท. ได้ศึกษา (อ้างถึงใน กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559, น. 179-192)

ที่มา : http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481

ภาพที่ 2.2 ระดับการบูรณาการ

2.1.7 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.1.7.1 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นพื้นฐาน

2.1.7.2 ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

2.1.7.3 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา

2.1.7.4 หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา

2.1.7.5 สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

2.1.8 การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะ แห่งศตวรรษที่ 21 ตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานในการเรียนรู้ (21st Century Standards) ประกอบด้วย ทักษะในการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์/แก้ปัญหา ทักษะการพัฒนานวัตกรรม ทักษะการใช้ชีวิตที่มีค่า โดยมีวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ได้แก่ 1) เพื่อส่งเสริมทักษะด้านความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีให้กับนักศึกษา 2) เพื่อให้นักศึกษาเรียนรู้หลักการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการและกิจกรรม (Process and Content) และ 3) เพื่อปรับบทบาทครูจากการเป็นผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา (Coaching and Mentoring)

โอนีล และคณะ ได้ศึกษา (อ้างถึงใน ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม, 2559) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาและแก้ปัญหาจากสภาพจริงโดยคำนึงถึงบริบทแวดล้อมที่สัมพันธ์กับความเป็นจริง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อนักเรียน ครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

2.1.8.1 จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากครูไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2.1.8.2 จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นการจัดการ เรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนด เรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกันโดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลง มือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน และนำเสนอต่อ สาธารณชน และนำผลงานเละประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

2.1.8.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยน เรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยครูมีบทบาท ดังนี้

1) จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อ ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3) จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ

4) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยีโดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6) เป็นผู้ฝึก (Coach)

7) เป็นพี่เลี้ยง (Mentor)

8) ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด

9) ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

จากที่กล่าวมาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่าการ บูรณาการสะเต็มศึกษามีทั้ง การบูรณาการภายในวิชา บูรณาการกับหลายๆ วิชา บูรณาการข้ามสาขาวิชาซึ่งการบูรณาการอย่างหลังนี้จะเป็นการเชื่อมโยงความรู้ และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือโครงงานเป็นฐาน (Problem/Project-Based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะในการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์/แก้ปัญหา ทักษะการพัฒนานวัตกรรม และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความ ต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้ผลผลิตจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยปรับบทบาทครูจากการเป็นผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา

2.2 การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เป็นไปตามแนวทางของนักคอนสตรัคติวิสต์ บนพื้นฐานของการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ รอบตัวและไกลตัวโดยเฉพาะในบริบทของโลกที่เป็นจริง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนค้นพบและสร้างความรู้ประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวปรากฏในหลายรูปแบบวิธี วิธีที่ยอมรับและได้รับการสนับสนุนให้นำไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อปฏิรูปการเรียนรู้ คือ การเรียนด้วยโครงงาน (Project-Based Learning) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) การเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ (Inquiry-Based Learning) และการเรียนรู้ด้วยความร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นต้น ทั้งนี้ประสบการณ์การเรียนรู้จะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อมีการนำไอซีทีมาใช้ช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนดังกล่าว

ในการจัดการเรียนการสอน ถ้าเราจัดการสอนแล้วผู้เรียนเกิดความรู้สึกกระหายอยากรู้ในสิ่งที่ยังไม่รู้ อยากศึกษาให้ลึกซึ้งถึงองค์ความรู้นั้นขึ้นมาเอง แสดงว่าผู้สอนสามารถท้าทาย (Challenge) ให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการฝึกผู้เรียนให้มีความสามารถในการเรียนรู้ นับได้ว่าผู้สอนประสบความสำเร็จไปขั้นหนึ่งแล้ว กลยุทธ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการท้าทายการศึกษาของผู้เรียน แม้ว่ามีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่จะกล่าวถึง ณ ที่นี้ คือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือ Problem-Baesd Learning (PBL) (พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์, 2557)

2.2.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553) ได้ใช้ความหมายของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานไว้ คือ กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน สาเหตุ และกลไกของการเกิดปัญหานั้น ค้นคว้าความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อจะนำไปสู่การแก้ปัญหาต่อไป โดยผู้เรียนอาจจะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ มาก่อน แต่อาจใช้ความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่เดิมหรือเคยเรียนมา

ปรียานุช พรหมภาสิต (2557) ได้ใช้ความหมายของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานไว้ คือวิธีการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหา (Key Problem) เป็นแรงขับเคลื่อนให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการการเรียนรู้ (Cognitive Process) ปัญหาต่างๆ จะเป็นจุดตั้งต้นและเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ เพื่อกำหนดกลยุทธ์ และหาแนวทางแก้ไขปัญหา ผ่านการเรียนรู้จากประสบการณ์ กรณีศึกษา สถานการณ์จำลอง สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง หรือจากบริบทอื่นๆ เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจทฤษฎีผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง พร้อมกับพัฒนาทักษะการคิดแก้ไขปัญหา (Problem Solving Skills)

กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น โดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน และมีความสำคัญต่อผู้เรียน ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล และการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของตัวปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบนี้มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองซึ่งผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายต่อผู้เรียน

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ต่างจากการสอนโดยปกติที่มุ่งเน้นให้องค์ความรู้ก่อน และจากนั้นเมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยผู้เรียนจะพยายามหาหนทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนจะจัดทำเป็นกลุ่มใหญ่ในลักษณะห้องเรียนบรรยาย แต่การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะเน้นการศึกษาถึงประเด็นปัญหาที่อยู่สถานการณ์ที่ผู้สอนจัดขึ้นเป็นฉากเหตุการณ์จริง เมื่อพิจารณาเหตุการณ์หรือปัญหาดังกล่าว ผู้เรียนจะค้นหาความรู้เพื่อที่จะอธิบายและแก้ไขปัญหาหรือเหตุการณ์นั้นๆ โดยกำหนดหัวข้อที่สนใจเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผลลัพธ์คือการเรียนรู้เพื่ออธิบายเหตุการณ์ แต่ไม่ใช่การตัดสินใจว่าสิ่งใดถูกสิ่งใดผิดในลักษณะการแก้ปัญหาโจทย์ (Problem Solving) เสียทีเดียว แต่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงว่าในสถานการณ์เดียวกันอาจไม่ได้คำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว แหล่งเรียนรู้ไม่ได้มีเพียงแหล่งเดียวผู้เรียนจะค้นหาความรู้ตามสภาพความเป็นจริงได้มากที่สุด

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเอง ร่วมกับการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการกลุ่มย่อย มาใช้ในการศึกษา อภิปรายปัญหา หาแนวทางแก้ไขปัญหา และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้

2.2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

สำนักมาตราฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหา ที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

ขั้นตอนการจัดการจัดเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สุวรรณน้อย, มากมี และ เลขะกุล (Suwannoi, Makmee and Lekakul ได้ศึกษา (อ้างถึงใน ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์, 2561, น. 208-224) มีดังนี้

ขั้นที่ 1 จัดกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย

ขั้นที่ 2 กลุ่มผู้เรียนศึกษาโจทย์ปัญหา ทำความเข้าใจโจทย์รวมทั้งคำศัพท์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 กลุ่มผู้เรียนช่วยกันระบุปัญหาในโจทย์ที่ให้

ขั้นที่ 4 กลุ่มผู้เรียนระดมสมอง วิเคราะห์แยกแยะ ปัญหาเป็นประเด็นต่างๆ แล้วนำมาอภิปรายหาสาเหตุ ที่มาของปัญหาโดยใช้ความรู้เดิม

ขั้นที่ 5 กลุ่มผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและตั้งสมมติฐาน เพื่อใช้แก้ปัญหานั้น รวมทั้งจัดลำดับของสมมติฐานโดยใช้ความรู้เดิม

ขั้นที่ 6 กลุ่มผู้เรียนร่วมกันกำหนดประเด็นหรือ วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ จะประเมินว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องค้นคว้าเพิ่ม

ขั้นที่ 7 ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจาก แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ต่างๆ

ขั้นที่ 8 ผู้เรียนนำข้อมูลที่ค้นคว้ามาอภิปรายร่วมกัน วิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน และสรุปเป็นแนวคิดหรือองค์ความรู้ต่อไป

โมนิก้า เซวิลลา (Monica Sevilla) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน ปรียานุช พรหมภาสิต, 2557) กล่าวว่า เป็นวิธีการสอนที่ใช้เหตุผลและตรรกะในการสร้างความท้าทายด้วย “คำถาม” หรือ “กรณีปัญหา” เพื่อให้ผู้เรียนได้หาหนทางแก้ไขด้วยตัวเอง ไม่ว่าจะด้วยวิธีการค้นคว้าหาความรู้การวิจัย หรือการร่วมมือกันหาคำตอบ เน้นไปที่การช่วยกันทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการฝึกและพัฒนาทักษะด้านการวิพากษ์ของผู้เรียน กระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธี Problem-Based Learning มีอยู่ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) เริ่มจากการระบุปัญหา 2) ตั้งสมมติฐานการแก้ปัญหาจากสิ่งที่รู้อยู่ 3) การรวบรวมข้อมูลต่างๆ 4) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล 5) ประเมินทางเลือกสุดท้าย และ 6) สรุปทางเลือก และยังได้แนะนำเทคนิคการจัดการกระบวนการสอน ดังนี้ 1) ปัญหาและคำถาม ควรเกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาการเรียน 2) ให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อได้ถกประเด็นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 3) อนุญาตให้ผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือสื่อสารในการค้นคว้าหาคำตอบ 4) ต้องให้มีการทำผลงานเพื่อนำเสนอข้อสรุปในรูปแบบใดก็ได้ เช่น เขียนรายงาน ทำเป็น e-Book ทำเป็นหนังสือการ์ตูนนำเสนอด้วย Multimedia หรือทำเป็นภาพยนตร์ และ 5) ควรเก็บผลงานตัวอย่างเอาไว้ให้ผู้เรียนอื่นได้ดู หรือเผยแพร่ ด้งนั้น แนวคิดที่ได้จาก Problem-Based Learning คือ การใช้ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นการเรียนรู้ ฝึกกระบวนการคิดหาหนทางแก้ปัญหา ใช้กระบวนการกลุ่ม ช่วยกันหาทางออก การใช้เครื่องมือสื่อสารเป็นเครื่องมือการเรียน และต้องมีผลงานเชิงประจักษ์

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์ ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์, 2557) กล่าวว่า การเรียนรู้ด้วยปัญหาประกอบด้วยขั้นต่างๆ เริ่มต้นด้วยปัญหา (Problem) แล้วพิจารณาประเด็นปัญหาให้ชัดเจน โดยผู้เรียนแยกข้อเท็จจริงที่รู้แล้วออกจากประเด็นที่ยังไม่รู้ เขียนโจทย์ปัญหา (Problem Statement) หรือคำถามที่ต้องการทราบคำตอบ (Research Question) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลหลังการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์หลายรอบ คำตอบที่น่าจะเป็นไปได้จะเริ่มปรากฏขึ้น ตรวจสอบคำตอบที่มีทางเป็นไปได้จากหลักฐานที่เก็บรวบรวม และเลือกคำตอบที่ตอบชัดเจน การประเมินผลคำตอบนี้อาจเป็นอย่างทางการหรือไม่เป็นทางการ จากการประเมินตนเอง หรือประเมินโดยเพื่อน หรือประเมินโดยผู้สอน และอาจประเมินด้วยข้อเขียนหรือวาจา ลำดับขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้ด้วยปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้ 1) ปัญหา (The Problem) 2) การแยกแยะสิ่งที่รู้แล้วและยังไม่รู้ (Separation of Known Facts from Unknown Facts) 3) แบ่งกันศึกษา (Individual Research) 4) วิเคราะห์กลุ่ม (Group Analysis) 5) การหาคำตอบ (Solution Generation) 6) การนำเสนอคำตอบ (Solution Presentation) และ 7) ประเมินผล (Evaluation)

ดัช (Duch) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์, 2557) กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ประกอบด้วย ขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 นำเสนอด้วยปัญหา ปัญหาอาจจะมาจากกรณีตัวอย่าง เทปโทรทัศน์ รายงานการค้นคว้า ให้ผู้เรียนในกลุ่มรวบรวมแนวคิดและความรู้เดิมเกี่ยวกับปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 สร้างประเด็นการเรียนในระหว่างการอภิปรายภายในกลุ่ม ประเด็นการเรียนเป็นการระบุว่า สิ่งใดที่พวกเขารู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ คำถามอะไรที่ควรไปหาความรู้มาเพิ่มเติม

ขั้นที่ 3 จัดลำดับความสำคัญของประเด็นการเรียนและให้ผู้เรียนมอบหมายงานให้ศึกษาเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล

ขั้นที่ 4 สรุปความรู้ที่ได้เรียนหลังจากการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม โดยความรู้ใหม่ที่ได้รวบรวมมาจะถูกนำเสนอ และผสมผสานกับความรู้เดิมที่มีอยู่เพื่อนำไปแก้ปัญหาและสรุปความรู้ที่ได้เป็นความรู้ใหม่ ผู้เรียนอาจจะต้องระบุประเด็นปัญหาใหม่และหาข้อมูลครบถ้วนต่อการแก้ปัญหา

เดลิสเล่ (Delisle) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์, 2557) ได้กำหนดขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกล่าวโดยสรุปได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงปัญหา (Connecting with the Problem) ครูเลือกหรือออกแบบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน เพื่อทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบแผน (Setting Up the Structure) ประกอบด้วย แนวคิดของปัญหา (Ideas) ข้อมูลจากปัญหา (Facts) ประเด็นการเรียนรู้ (Learning Issues) และแผนปฏิบัติงาน (Action Plan)

ขั้นที่ 3 ขั้นพบปัญหา (Visiting the Problem) ผู้เรียนจะร่วมกันเสนอความคิดภายในกลุ่มตามหัวข้อนขั้นที่ 2 เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา โดยสมาชิกในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายถึงข้อมูลจากปัญหาที่กำหนดมาให้ แล้วกำหนดประเด็นการเรียนรู้ที่ต้องศึกษาเพิ่ม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาแล้วกำหนดแหล่งข้อมูล แล้วบันทึกลงในตาราง เมื่อกำหนดทุกหัวข้อเสร็จแล้วสมาชิกทุกคนไปค้นคว้าตามที่ได้รับมอบหมายในแผนปฏิบัติงาน ครูคอยสังเกตและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

ขั้นที่ 4 ขั้นพบกับปัญหาอีกครั้ง (Revisiting the Problem) เมื่อได้ศึกษาความรู้ตามแผนปฏิบัติงานแล้ว กลุ่มก็จะร่วมกันพิจารณาความรู้ที่ได้มานั้นว่าเพียงพอที่จะแก้ปัญหานั้นหรือไม่ ถ้าความรู้ที่ได้มานั้นไม่เพียงพอกลุ่มก็จะกำหนดประเด็นการเรียนรู้ที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมและแผนปฏิบัติ

งานอีกครั้ง แล้วทำตามแผนจนกว่าจะแก้ปัญหาได้ ในขั้นนี้จะทำให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร และการวิเคราะห์

ขั้นที่ 5 ขั้นแก้ปัญหาและสร้างผลงาน (Producing a Performance and the Problem) ผู้เรียนจะใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาแก้ปัญหาหรือสร้างผลงาน แล้วนำเสนอผลงานในชั้นเรียน

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผลงานและการแก้ปัญหา (Evaluating Performance and the Problem) จะร่วมกันประเมินทั้งครูและผู้เรียนด้วยการประเมินด้านความรู้ ทักษะได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้

2.2.3 การสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ตารางที่ 2.2 สังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	**สถาการศึกษา (2550)**	**บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์ (2551)**	**Monica Sevilla (2005)**	**Suwannoi (2015)**	**Duch (1995)**	**Delisle (1997)**	**ผู้วิจัย**
1. กำหนดปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. ทำความเข้าใจกับปัญหา	✓	✓	✓	✓		✓	✓
3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.สังเคราะห์ความรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. นำเสนอและประเมินผลงาน	✓	✓	✓	✓		✓	✓

จากขั้นตอนการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า มีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา
ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา
ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า
ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้
ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ
ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน

ดังนั้น แนวคิดที่ได้จาก Problem-Based Learning คือ การใช้ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นการเรียนรู้ ฝึกกระบวนการคิดหาหนทางแก้ปัญหา ใช้กระบวนการกลุ่ม ช่วยกันหาทางออก การใช้เครื่องมือสื่อสารเป็นเครื่องมือการเรียน และต้องมีผลงานเชิงประจักษ์

2.2.4 บทบาทของผู้สอน

ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้เทคนิค PBL หรือ Problem-Based Learning นี้ ผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นเพียง Facilitator คือ เป็นที่ปรึกษา จะไม่บอกคำตอบหรือสอนทฤษฎีโดยตรงให้ทันที แต่มีบทบาทกระตุ้นการคิดของผู้เรียนผ่าน Guiding Question เช่น คำถามปลายเปิด หรือคำถามชี้นำเพื่อแนะให้แก่ผู้เรียน รวมถึงสังเกตการณ์ ซักถามหรือตั้งประเด็นต่างๆ และสรุปบทเรียนในตอนท้ายเพื่อแตกประเด็นปัญหาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

สุมนา อัศวปยุกต์กุล (2538, น. 51-54) กล่าวว่าบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1) ควบคุมการเรียนการสอนในกลุ่มย่อย
2) กำกับการเรียนของกลุ่มย่อยจากบทเรียน
3) กระตุ้นด้วยคำถาม ชี้นำแนวทางในการเรียน
4) ทบทวนสรุปงานกลุ่ม
5) ให้ข้อมูลย้อนกลับ ประเมินผล
6) แนะนำแหล่งค้นคว้า
7) สร้างสถานการณ์เพื่อสะท้อนแนวคิด
8) เลือกข้อมูลที่สำคัญอย่างต่อเนื่อง
9) ใช้ภาษาที่ดีในการเขียนคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียน
10) เลือก สร้าง และดำเนินการประเมินผลการเรียน

วัลลี สัตยาสัย (2547) กล่าวว่า บทบาทของครูในกระบวนการเรียนแบบ PBL คือ บทบาทในการกระตุ้นและสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ (Facilitator) ได้แก่

1) ครูต้องช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิด Met Cognitive Skill หรือที่ ศ.นพ.ทองจันทร์ หงศ์ลดารมภ์ ได้ใช้คำเป็นภาษาไทยว่า โยนิโสมนสิการ ซึ่งมีความหมายว่า การคิด ใคร่ครวญ และตรึกตรองอย่างแยบคายในการแก้ปัญหา และความสามารถในการสร้างสมมุติฐานและตัดสินใจว่าควรสังเกต ไต่ถาม ค้นคว้าเพิ่มเติมในสิ่งใด เมื่อได้ข้อมูลข่าวสารใหม่มาแล้ว ก็ต้องรู้จักพิจารณาว่าเป็นข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งคิดถึงแหล่งข่าวสารอื่นๆ ที่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ ตลอดจนสามารถ ทบทวนความรู้ใหม่ที่ได้มา และเรียนรู้ว่าควรจะทำอะไรต่อไปในการที่จะเข้าใจปัญหา หรือตัดสินใจเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหา และการแก้ปัญหาจะมีการต้องการข้อมูลข่าวสารเพิ่มเติม ซึ่งส่วนหนึ่งจะมาจากภายใน คือ ความรู้เดิม หรือความทรงจำของผู้แก้ปัญหานั้นและอีกส่วนหนึ่ง จะมาจากภายนอก คือได้จากการสืบสวน การสังเกต การถามคำถาม การค้นคว้าต่างๆ ข้อมูลที่ได้ จากภายในส่วนหนึ่งจะต้องอาศัยการคิดใคร่ครวญและตรึกตรองอย่างแยบคาย จึงจะผุดขึ้น ส่วนข้อมูลภายนอกที่ได้มาใหม่ ก็อาจทำให้ปัญหาที่คิดแก้ไขสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้มาก และยังอาจทำให้เกิดความคิดแตกแขนงออกไปได้อีก จึงทำให้ต้องอาศัยการคิด ใคร่ครวญ และตรึกตรองอย่างแยบคาย

ด้วย นอกจากนี้แล้วบ่อยครั้งที่ข้อมูลข่าวสารทั้งภายใน และภายนอกที่ได้มามากมาย อาจจะทำให้เกิดความสับสน ขัดแย้งกันเอง ไม่ชัดเจนพอ หรือขาดสิ่งที่จะเป็นตัวสำคัญในการแก้ปัญหา แต่ขณะเดียวกันผู้แก้ปัญหาก็อาจมีความจำเป็นต้องตัดสินใจกระทำ การแก้ปัญหาทั้งที่ข้อมูลข่าวสารไม่เพียงพอแต่อาศัยความเป็นไปได้ (Probability) หรือการคาดคะเน (Intuition) ซึ่งก็ต้องการคิดใคร่ครวญและตรึกตรองอย่างแยบคายเช่นกัน เพื่อให้มี ความสามารถในการใช้เหตุผลแก้ปัญหาของชีวิต และปัญหาทางวิชาชีพ สามารถรู้จักตนเองว่ามี ความรู้ความสามารถเพียงใด และสามารถเรียนรู้วิชาการต่างๆ อย่างต่อเนื่องด้วยตนเองไปได้ตลอดชีวิต การที่ครูจะช่วยส่งเสริมให้เกิดทักษะนี้ในนักเรียนได้ ครูเองก็จะต้องมีความเข้าใจ และทักษะดังกล่าวด้วยเช่นกัน ซึ่งในการนี้ครูจะต้องไม่เป็นผู้ให้ข้อมูลข่าวสารหรือถ่ายทอดความรู้โดยตรงให้แก่นักเรียน แต่จะต้องใช้วิธีการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดและตรึกตรองอย่างแยบคาย และในการอภิปรายกลุ่ม ครูไม่ควรปล่อยให้นักเรียนอภิปรายกับเรื่องที่ไม่เกิดประโยชน์มากเกินไป และควรพยายามช่วยให้นักเรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์การศึกษา ตามที่หลักสูตรกำหนดไว้ แต่ต้องใช้วิธีการตั้งคำถามให้นักเรียนดำเนินการอภิปรายโดยไม่รู้ตัวว่าถูกครูชี้นำ

2) ครูต้องจัดให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปตามอย่างไม่หยุดยั้ง โดยให้นักเรียนผ่านขั้นตอนของการเรียนรู้ทีละขั้นตอน ไม่เรียนลัด และทุกขั้นตอนได้ดำเนินไปตามลำดับที่ถูกต้อง เช่น ในการแก้ปัญหาได้มีการกล่าวถึงสมมุติฐาน หรือได้อธิบายถึงสาเหตุของปัญหาจนหมดแล้ว ก่อนที่จะดำเนินการขั้นต่อไปในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อนำมาพิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าว และเมื่อนักเรียนเริ่มลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา จะต้องให้นักเรียนคิดหาหนทางแก้ปัญหานั้นๆ หลายๆ ทาง ทั้งทางบวกและทางลบก่อนที่จะลงมือแก้ไขจริง

3) ครูต้องช่วยให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้งและพยายามดึงความรู้ หรือความคิดที่ฝังซ่อนอยู่ในใจของนักเรียนออกมาให้ได้ เมื่อนักเรียนอภิปราย วิพากษ์ วิจารณ์เรื่องใดก็ตาม ครูต้องพยายามให้นักศึกษาอธิบายถึงเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังการอภิปรายด้วย

4) ครูต้องช่วยให้นักเรียนในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในกระบวนการกลุ่ม การตัดสินใจใดๆ ก็ตาม ต้องเป็นการตัดสินใจร่วมของกลุ่ม ต้องป้องกันไม่ให้นักเรียนที่ค่อนข้างพูดมากทำตัวเด่นในกลุ่มมากเกินไป หรือปล่อยให้นักเรียนที่ไม่ช่างพูดถอนตัวออกจากกลุ่ม

5) ครูต้องคอยดูแลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคนในกลุ่ม ต้องพยายามทำให้นักเรียนคิด และรู้จักตนเองว่ากำลังเรียนรู้อยู่ในระดับใด รวมทั้งยอมรับในจุดอ่อนของตนเอง เพื่อเห็นนักเรียนที่มีปัญหาทางการเรียนได้ง่ายและรวดเร็ว จึงต้องพยายามสังเกต และวิเคราะห์ให้ได้แต่เนิ่นๆ ว่านักเรียนผู้ใดมีปัญหาทางการเรียน ไม่เข้าใจ หรือตามเรื่องที่เพื่อนๆ อภิปรายไม่ทัน ไม่สามารถใช้เหตุผลมาอธิบายให้เพื่อนๆ เข้าใจได้ หรือไม่สามารถไปค้นคว้าหา ความรู้ด้วยตนเองได้ เมื่อพบสิ่งต่างๆ เหล่านี้ ครูต้องพยายามช่วยให้เกิดการแก้ไข โดยพยายามดึงให้เพื่อนช่วยกันเองเป็นส่วนใหญ่ และอาจให้นักเรียนคนอื่นๆ ช่วยวิจารณ์เหตุผลด้วยบ้าง หรือในกรณีที่นักเรียนอภิปรายให้ความรู้กับเพื่อนๆ หลังการศึกษาด้วยตนเอง (Self-Directed Learning) มาแล้วไม่ดีพอ มีการขาดตกบกพร่อง ครูอาจค่อยๆ ถามถึงความรู้ที่ไปเรียนมาเพื่อสังเกตความตื้นลึกของเรื่องที่ไปศึกษา การแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนดังกล่าว ต้องอย่าทิ้งไว้นานให้รีบหาทางแก้ไข เพราะถ้านักเรียนยังเรียนเรื่องเดิมไม่รู้เรื่อง แล้วไปขึ้นเรื่องใหม่ต่อก็จะยิงทำให้ไม่รู้เรื่องมากขึ้น เพราะการเรียนความรู้ใหม่จะต้องอาศัยความรู้

เก่าเป็นบันไดก้าวขึ้นไปทีละขั้น ดังนั้นนักเรียนที่เรียนอ่อนตามไม่ทันเพื่อนจะเกิดความเครียด และมีความกังวล หรือบางคนก็อาจจะทอดทิ้งการเรียนไปกลางคัน กรณีทีพบว่านักเรียนไม่พูด ไม่โต้เถียง ครูจะไม่สามารถรู้ความก้าวหน้าของนักเรียนผู้นั้นได้ ดังนั้นครูต้องพยายามดึงให้นักเรียนผู้นั้นตอบคำถามของครูโดยตรงบ่อยๆ ในระยะแรก อย่าละเลย หรือทอดทิ้งนักเรียนที่ไม่ช่างพูดเหล่านี้ไป เพราะครูจะต้องเป็นผ้วินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนทุก คนตลอดเวลาในกระบวนการกลุ่ม

6) ครูพยายามปรับเปลี่ยนสภาพของงาน หรือปัญหาให้เหมาะสมที่จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ อย่างมีความสุข ปัญหาหรืองานบางอย่างที่ง่ายเกินไป จะไม่ท้าทายความสามารถของนักเรียน ทำให้เกิดความเบือหน่าย ไม่อยากเรียน ถ้าปัญหาหรืองานยากเกินไป ก็อาจจะทำให้หมดกำลังใจที่จะแก้ปัญหาได้

7) ครูต้องรู้จักกลุ่มอย่างดี และต้องช่วยให้สมาชิกในกลุ่มจัดการกับปัญหาการ ไม่ลงรอยกันที่เกิดขึ้นระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้ เพราะปัญหาที่เกิดจากพฤติกรรมกลุ่มสามารถทำให้ การเรียนรู้ไม่ประสบผลสำเร็จได้ แต่ทั้งนี้ ครูจะต้องไม่ทำตัวเป็นผู้รับผิดชอบแก้ไขปัญหานี้โดยตรง แต่จะต้องให้กลุ่มรู้ถึงปัญหา และแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยความสามารถของกลุ่มเอง เพื่อไม่ทำให้นักเรียนต้องพึ่งพาครูอยู่ตลอดเวลา และไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้เมื่อขาดครู

จะเห็นว่าบทบาทของครูดังกล่าวข้างต้น สิ่งสำคัญที่ครูต้อง คือ ความสามารถตั้งคำถามในกลุ่มเพื่อให้นักเรียนคิด ดังนี้ คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีเหตุผล คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมุติฐาน หรือถามว่าเหตุใดจึง ตั้งสมมติฐานเช่นนั้น หรือพยายามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินค่าของสมมติฐานที่ตนเองตั้งขึ้นมา คำถามเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงความเชื่อมโยงของเรื่องต่างๆ คำถามที่ช่วยให้การอภิปรายเป็นไปอย่างต่อเนื่องและตรงเป้าหมาย โดยการตั้งคำถามให้มีการสรุปเรื่องให้มีการประเมินค่าสิ่งที่ได้อภิปรายกันมาแล้ว และให้เห็นแนวทางที่จะอภิปรายกันต่อไป คำถามที่เน้นกลไกและสาเหตุของปัญหา คำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายและให้คำจำกัดความของศัพท์บางคำทีใช้ เมื่อนักเรียนถามคำถาม ครูควรใช้คำถามย้อนถามกลุ่มของนักเรียนต่อ คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงการเสนอรายงาน และทำให้รายงานมีคุณค่ายิ่งขึ้นในการตั้งคำถามต่างๆ ดังกล่าว ครูควรเน้นคำถามปลายเปิด (Open-ended) เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปราย มากกว่าการใช้คำถามชนิดใช่หรือไม่ และต้องหลีกเลี่ยงไม่ใช้คำถาม ที่ไม่เกียวข้องการอภิปราย

ดังนั้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้เทคนิค PBL หรือ Problem-Based Learning นี้ ผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นเพียง Facilitator คือ เป็นผู้อำนวยความสะดวก บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1) ใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ไม่เป็นผู้ป้อนข้อมูลความรู้ต่างๆ ให้นักเรียนโดยตรง หลีกเลี่ยงการให้ความเห็นต่อการอภิปรายของนักเรียนว่าผิดหรือถูก

2) ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้โดยผ่านขั้นตอนของการเรียนรู้ทีละขั้นตอน ไม่เรียนลัด

3) ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องราวที่เรียนได้อย่างลึกซึ้ง และสามารถดึงความรู้หรือความคิดที่ซ่อนอยู่ในใจของนักเรียนออกมาได้

4) กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายโต้ตอบ วิจารณ์ แลกเปลี่ยนความเห็นระหว่างกันและกัน โดยครูจะต้องไม่ทำตัวเป็นศูนย์กลางของการโต้ตอบ

5) ช่วยปรับเปลี่ยนสภาพการเรียนการสอนไม่ให้นักเรียนเกิดการเบื่อหน่าย

6) ดูแลความก้าวหน้าของนักเรียนทุกคนในกลุ่ม พยายามทำให้นักเรียนรู้จักประเมินตนเอง และพยายามให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันเองเป็นส่วนใหญ่เมื่อมีปัญหาในการเรียนรู้เกิดขึ้น

7) ทำความรู้จักกับกลุ่มเป็นอย่างดี เมื่อเกิดปัญหาพฤติกรรมกลุ่มทำให้งานไม่ก้าวหน้า และการเรียนรู้ไม่ดีขึ้น ครูต้องทราบและพยายามทำให้เกิดการแก้ไข โดยทำให้กลุ่มได้ตระหนักถึง ปัญหาและแก้ไขปัญหาด้วยความสามารถของกลุ่มเอง

2.3 การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศึกษา

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นสาขาความรู้และวิชาชีพเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี, วิทยาศาสตร์และความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อการใช้ประโยชน์จากกฎทางธรรมชาติและทรัพยากรทางกายภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด, เพื่อช่วยในการออกแบบและประยุกต์ใช้ วัสดุ, โครงสร้าง, เครื่องจักร, เครื่องมือ, ระบบ และ กระบวนการ เพื่อการตอบสนองต่อจุดประสงค์ที่ต้องการได้อย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้ American Engineers' Council for Professional Development (ECPD, ซึ่งต่อมาคือ ABET) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์เอาไว้ดังนี้

“วิศวกรรมศาสตร์คือการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาโครงสร้าง, เครื่องจักร, เครื่องมือ, หรือกระบวนการผลิต หรืองานเพื่อการใช้ประโยชน์สิ่งเหล่านี้โดดๆหรือประยุกต์เข้าด้วยกัน หรือเพื่อการสร้างหรือใช้งานสิ่งเหล่านั้นด้วยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ใช้งานอย่างหมดจด หรือเพื่อการพยากรณ์พฤติกรรมของสิ่งเหล่านั้นภายใต้สภาวะที่เจาะจง สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จักต้องคำนึงถึงความมุ่งหมายในการใช้งาน, ความคุ้มค่าในการปฏิบัติการ และความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพยสินด้วย”

การศึกษาทางด้านวิศวกรรม (Engineering Education) เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงในยุคโลกาภิวัตน์ จำเป็นต้องปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่ถือเป็นความท้าทาย โดยปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ 1) เศรษฐกิจฐานความรู้ (The Knowledge Economy) ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศและการติดต่อสื่อสารถูกให้ความสำคัญแทนการขนส่งที่เคยถูกให้ความสำคัญในทศวรรษที่ผ่านมา เศรษฐกิจที่พึ่งพาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มากขึ้น ความรู้เป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการพัฒนาและความเจริญรุ่งเรือง 2) กระแสโลกาภิวัตน์ (Globalization) ที่เกี่ยวข้องกับความเจริญ ความปลอดภัย เศรษฐกิจที่เป็นสากลพึ่งพาซึ่งกันและกัน โลกาภิวัตน์ส่งผลให้วิธีการทำงานของวิศวกรต้องเปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษาทางด้านวิศวกรรมต้องพิจารณาถึงบริบทใหม่ เนื้อหาใหม่ การแข่งขันและความท้าทายด้านวิศวกรรม เวสท์ (Vest) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน อาคม ลักษณะสกุล, 2556) 3) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี (Technology change) ทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ ไบโอเทคโนโลยี และนาโนเทคโนโลยี 4) นวัตกรรมเทคโนโลยี (Technology innovation) ที่เกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และ 5) ความท้าทายเกี่ยวกับประชากร (Demographics) ที่เกี่ยวกับจำนวนคนในวัยทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป การย้ายถิ่นของประชากร และความหลากหลายทางวัฒนธรรม เหล่านี้ถือเป็นความท้าทายและส่งผลต่อการศึกษาทางด้านวิศวกรรม ความเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างรวดเร็วมีอิทธิพลโดยตรงต่อการศึกษาและฝึกอบรมทุกด้าน ซึ่งการศึกษาทางด้านวิศวกรรม

ต้องตอบสนองการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ด้านความสามารถของผู้สำเร็จการศึกษาทางด้านวิศวกรรมในปัจจุบันถูกคาดหวังให้เป็นผู้ที่สามารถประยุกต์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม การออกแบบทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทำงานได้หลายหน้าที่ เข้าใจความรับผิดชอบด้านอาชีพและจริยธรรม สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เข้าใจผลกระทบของการแก้ปัญหาทางวศิวกรรมทั้งในบริบทของโลกและสังคมเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิต สนใจประเด็นปัญหาร่วมสมัย ใช้เทคนิค ทักษะ และเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ทันสมัยสำหรับการปฏิบัติงานวิศวกรรม มีทักษะการคิดแก้ปัญหาและคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความตระหนักรู้ทางสังคม (Social Awareness) เห็นคุณค่าของนวัตกรรม รวมถึงการให้ความสำคัญกับทักษะและเจตคติของผู้เรียน การจัดการศึกษาด้านวิศวกรรมเพื่อผลิตผู้สำเร็จการศึกษาเป็นวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ต้องมีการปรับตัว การเรียนการสอนที่ใช้ห้องเรียนเป็นหลัก ซึ่งการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมยังคงใช้ การบรรยาย (Chalk and Talk) แม้ว่ามีงานวิจัยด้านการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความไม่มีประสิทธิภาพ หน่วยงานที่รับผิดชอบจึงมีการให้เปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม โดยใช้การเรียนรู้แบบปัญหาและโครงงานเป็นฐาน มิลส์ และ เทรกัสท์ (Mills., J.E., & Treagust. D.F., 2003) ซึ่งในปัจจุบันควรเปลี่ยนเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือทำ (Active) ที่ส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาและการสร้างทีม ดูเดอส์ทาด์ท์, ออล-แซมมาค, ออล เซฮาบิ, แคลนซี่, ควินน์, มิลเลอร์, ดีคอย, โมแฮน ออลรีกิป และคณะ และ คราวเลย์ (Duderstadt, Al-Sammak, Al-Shehabi, Clancy, Quinn, Miller, De Coi, Mohan, AlRegib, et al. and Crawley) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน อาคม ลักษณะสกุล, 2556) สอดคล้องกับที่อธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ เวสท์ (Vest) ได้ศึกษา (อ้างถึงใน อาคม ลักษณะสกุล, 2556) กล่าวว่า “จะทำอย่างไรให้ผู้เรียนมีความตื่นตัว รู้หน้าที่ มีทักษะการเขียนและการสื่อสารที่ดี เข้าใจกระบวนการของธุรกิจ คำนึงถึงจริยธรรมของอาชีพและความรับผิดชอบต่อสังคม นักการศึกษาทางด้านวิศวกรรมที่มุ่งพัฒนาวิศวกรให้เป็นผู้ขับเคลื่อนเทคโนโลยีต้องไม่ลืมว่าวิศวกรเหล่านั้นต้องทำงานในบริบทของการเมือง เศรษฐกิจ และสังคม ที่กำลังพัฒนา ในระยะยาวการพัฒนาการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมควรเน้นให้มีความน่าตื่นเต้น สร้างสรรค์ ท้าทาย เข็มงวด เป็นที่ต้องการ และมีศักยภาพมากกว่าการให้ความสำคัญกับการะบุรายละเอียดการเรียนการสอนลงในหลักสูตร”

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน สะเต็มศึกษาและวิศวกรรมศึกษา เพื่อยืนยันผลการวิจัย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจของผู้เรียน รวมทั้งกระบวนการขั้นตอนต่างๆที่สำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสำหรับการเรียนรายวิชาด้านวิศวกรรม ประกอบด้วยงานวิจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

อชินี พลสวัสดิ์ และ ธิติพร ชาญศิริวัฒน์ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยีพีแอลซี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ใน การสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยีพีแอลซี 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถ ในการ

แก้ปัญหาจากการทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test) และหลังเรียน (Post-Test) ของผู้เรียนจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และ 3) ประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ จำนวน 16 คน

ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 8 ขั้นตอน คือ 1) แบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อย 2) อาจารย์ส่งปัญหาให้นักศึกษา 3) นักศึกษาตั้งสมมติฐาน 4) นักศึกษาแยกแยะปัญหา 5) สร้างการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ขยายฐานของปัญหาจากความรู้ใหม่ 6) แก้ปัญหา 7) สรุปผล/นำเสนอ และ 8) ประเมิน นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยรวมสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม PBL ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย มาก ($\overline{X}$ =4.20) ความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับการวิจารณ์ปัญหา ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ =4.21) และความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับการประเมินตนเอง ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ =4.24)

พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดการสอนการควบคุมไฮดรอลิกไฟฟาแบบ ฟัซซี: วิธีการเรียนรูโดยใชปญหาเปนฐาน มีจุดมุงหมายคือ 1) เพื่อพัฒนาและทดสอบชุดการสอนการควบคุมไฮดรอลิก ไฟฟาแบบฟซซีที่สอนโดยวิธีปกติ 2) เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนการ ควบคุมไฮดรอลิกไฟฟาแบบฟซซีที่สอนโดยใชปญหาเปนฐาน 3) เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝกอบรมผูชวยสอนในกระบวนการการเรียนการสอนโดยใชปญหาเปนฐาน 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผูเรียนที่เรียนโดยใชปญหาเปนฐานกับผูเรียนที่เรียน โดยวิธีปกติ 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผูเรียนที่เรียนโดยใชปญหาเปนฐาน ทดลองกับกลุ่มตัวอยางนักศึกษาแมคคาทรอนิกสชั้นปที่ 4 ภาควิชาครุศาสตรเครื่องกล จำนวน 20 คน

ผลของการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของชุดการสอนการควบคุมไฮดรอลิกไฟฟา แบบฟซซีที่สอนโดยวิธีปกติมีประสิทธิภาพ 1.49 สูงกวาเกณฑการหาคุณภาพของเมกุยแกนส 2) ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สอนโดยใชปญหาเปนฐานมีประสิทธิภาพ 1.02 สูงกวาเกณฑ การหาคุณภาพของเมกุยแกนส 3) ประสิทธิภาพของชุดฝกอบรมผูชวยสอนในกระบวนการการ เรียนการสอนโดยใชปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพ (E1/E2) 81.91/80.50 เปนไปตามเกณฑที่กำหนด 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหวางกลุมผูเรียนที่เรียนโดยใชปญหาเปนฐานต่ำกวากลุมผูเรียนที่เรียนโดยวิธีปกติที่อยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับระดับ .05 และ 5) ความพึงพอใจของผูเรียนที่เรียนโดยใชปญหาเปนฐานอยูในระดับพึงพอใจมาก

ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง รูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในยุคไทยแลนด์ 4.0 2) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 และ 3) ศึกษาพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสนับสนุนการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 39 คน

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 ประกอบด้วย ขั้นตอนคือ การจัดกลุ่มเรียน การศึกษาโจทย์ปัญหา การระบุปัญหา การวิคราะห์ปัญหา การตั้งสมมติฐาน การกำหนดประเด็นการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้า และการสังเคราะห์เพื่อสรุปองค์ความรู้ในแต่ละขั้นตอนได้เลือกใช้เทคโนโลยี ดิจิทัลเข้ามาช่วย เช่น Moodle, Google document, Social media เป็นต้น ผลการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียน ด้วยรูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก สำหรับพฤติกรรมและความต้องการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล สนับสนุนการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 มี 5 ด้าน คือ 1) ด้านการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลพบว่า เรียนรู้จาก การค้นหาข้อมลูด้วย Search engine มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.49 2) ด้านเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้พบว่า การใช้ ระบบ LMS/CMS มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.42 3) ด้านรูปแบบข้อมูลที่นิยมใช้ในการเรียนรู้พบว่า ไฟล์ประเภท PDF มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.59 4) ด้านประเภทของเว็บไซต์ที่เข้าไปเรียนรู้พบว่า เว็บไซต์ของหนว่ยงานภาครัฐมีค่าเฉลี่ย มากที่สุดคือ 4.67 และ 5) ด้านอุปกรณ์หรือฮาร์ดแวร์ที่นิยมใช้พบว่า โทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.74

สุรพล บุญลือ (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใชหองเรียนเสมือนจริงแบบใชปัญหาเปนหลักในระดับอุดมศึกษา มีจุดมุงหมาย คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนโดยใชหองเรียนเสมือนจริง แบบใชปญหาเปนหลักในระดับอุดมศึกษา 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ เรียนแบบใชปญหาเปนหลักในหองเรียนเสมือนจริงกับนักศึกษาที่เรียนแบบใชปญหาเป็นหลักในหองเรียนปกติ 3) เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรูของนักศึกษาที่นักศึกษาที่เรียนแบบใชปัญหาเปนหลักในหองเรียนเสมือนจริง และ 4)เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนแบบใชปัญหาเปนหลักในหองเรียนเสมือนจริง กลุมตัวอยางไดแกนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปที่ 3 คณะครุศาสตรอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จำนวน 220 คน

ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ การพัฒนารูปแบบการสอน โดยใชหองเรียนเสมือนจริง แบบใชปัญหาเปนหลักในระดับอุดมศึกษา ไดขั้นตอนรูปแบบจำนวน 13 ขั้นตอนประกอบดวย 1) การกำหนดเปาหมายในการเรียน การสอน 2) การวิเคราะหผูเรียน 3) การออกแบบเนื้อหาบทเรียน 4) การกำหนดกิจกรรมการเรียน การสอน ตามแนวการเรียนรูโดยใชปญหาเปนหลัก 5) การเตรียมความพรอมดานสภาพแวดลอมทางการเรียน 6) การกำหนดบทบาทผูสอน 7) การสรางแรงจูงใจในการเรียน 8) การดำเนินการเรียน การสอน 9) กิจกรรมเสริมทักษะ 10) ควบคุมกระบวนการเรียนการสอนตามแนวการเรียนรูโดยใชปญหาเปนหลักใช FILA Model 11) กำหนดชวงเวลาทดสอบ 12) การประเมินผลการเรียน (การประเมิน ตามสภาพจริง) และ 13) ขอมูลปอนกลับเพื่อปรับปรุง ซึ่งผานการประเมินจากผูเชี่ยวชาญอยูในเกณฑเหมาะสมมาก และผลการหาประสิทธิภาพของ หองเรียนเสมือนจริงที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) 83.15/81.17 เปนไปตามเกณฑที่กำหนด ผลของการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจากหองเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเปนหลักพบวามีผลการเรียน สูงกว่านักศึกษาที่เรียนจากหองเรียนปกติโดยใชปญหาเป็นหลักอยางมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .01 นักศึกษาที่เรียนผานหองเรียนเสมือนจริงแบบใชปญหาเปนหลักในระดับอุดมศึกษา มีความคงทนในการเรียนรู ไมแตกตางกัน นักศึกษาที่เรียนผานหองเรียนเสมือนจริง มีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนดวย หองเรียนเสมือนจริงแบบใชปญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษาอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบสอบเพื่อเสริมสร้างความคาดหวังวิชาฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบสอบ 2) ศึกษาผลการใช้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนารูปแบบการเรียรการสอน จำนวน 12 คน นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 71 คน

ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนฯ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลักคือ 1) ผู้สอน 2) ผู้เรียน 3) เนื้อหา 4) ปัญหาสถานการณ์ 5) สภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนแบบผสมผสาน และ 6) การประเมินผล ขั้นตอนประกอบด้วย 1) ขั้นเตรียมความพร้อม 2) ขั้นการเรียนการสอนแบบผสมผสาน มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบบรรยายดั้งเดิม และขั้นตอนออนไลน์ 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นนำเสนอปัญหา 2) ขั้นแยกแยะสิ่งที่รู้และยังไม่รู้ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา 4) ขั้นการอธิบาย 5) ขั้นการหาคำตอบ 6) ขั้นการขยายความรู้ 7) ขั้นการประเมินผล ขั้นประเมินผล ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนฯ พบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วย รูปแบบการเรียนการสอนฯ มีความคาดหวังวิชาฟิสิกส์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการใช้รูปแบบการเรียนการสอนฯ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ปรเมศวร วงศ์ชาชม (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาแผนกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตาม เกณฑ์ 75/75 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ ได้รับการเรียนรู้โดยแผนกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 3) เพื่อพัฒนาการ คิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 4) เพื่อศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ 5) เพื่อศึกษาเจตคติต่อกิจกรรมการ เรียนรู้ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.93/44.55 และ 98.14/80.00 ตามลำดับ 2) ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 3) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีพัฒนาการที่ดีขึ้นตามลำดับ 5) นักเรียนมีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 อยู่ในระดับมากและวงรอบปฏิบัติการที่ 2 อยู่ในระดับมากที่สุด

เทอดชัย บัวผาย และคณะ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการสู่การเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชาสัมมนาด้านการจัดการเทคโนโลยี 2) ศึกษาผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับผู้เรียน รายวิชา สัมมนาด้านการจัดการเทคโนโลยี และ 3) ศึกษาการยอมรับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในรายวิชา สัมมนาด้านการจัดการเทคโนโลยีของครูและบุคลากรทางการศึกษา กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักศึกษาสาขาวิชาการ จัดการเทคโนโลยี หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต จำนวน 17 คน

ผลการวิจัย พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาสัมมนาด้านการจัดการเทคโนโลยี ได้สอดแทรกการเรียน การสอนและกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษา 4 ครั้ง จำนวน 16 ชั่วโมง โดยสอดแทรกการบรรยายหลักการและแนวคิด ของสะเต็มศึกษา 1 และปฏิบัติการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ การศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education ในเรื่องการพับจรวด โดยจัดทำเป็นหลักสูตรอบรม ผลการศึกษากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การพับจรวด ที่มีองค์ประกอบของหลักสูตร ได้แก่ หลักการ เหตุผล จุดมุ่งหมายของหลักสูตร โครงสร้างเนื้อหาหลักสูตร ระยะเวลา กิจกรรมในการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และ การวัดและประเมินผล 2) ผู้วิจัยได้การบูรณากาผลการวิจัยสู่การเรียนการสอน ในรายวิชา สัมมนาด้านการจัดการ เทคโนโลยี-1 โดยการปรับปรุงรายละเอียดแผนการสอนหรือ มคอ.3 รายวิชา 7090103 สัมมนาด้านการจัดการเทคโนโลยี-1 กำหนดประเด็นหัวข้อการเผยแพร่กระบวนการการเรียนรู้แบบ STEM Education ไว้ในสัปดาห์ที่ 9-10 และ 3) จากผลการรับฟังการบรรยายผลการวิจัย เรื่อง รูปแบบ STEM Education ส่งผลให้นักศึกษา จำนวน 2 คน ได้วิจัยเรื่องเกี่ยวกับ รูปแบบ STEM Education จำนวน 2 คน ได้แก่ นางสาวกาญจนา ดงสงคราม ชื่อเรื่อง รูปแบบการใช้เทคโนโลยี RMU MOOC โดยประยุกต์ใช้ STEM Education และ นายเกียรติศักดิ์ โคกลือชา ชื่อ เรื่อง รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ โดยประยุกต์ใช้ STEM Education สำหรับการเรียนการสอน รายวิชาไฟฟ้า

นัสรินทร บือซา (2558) ได้ศึกษาเรื่อง ผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีตอ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกอนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ ไดรับการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 2) เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการ (Gain Score) ของนักเรียนที่ไดรับการจัดการ

เรียนรู ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก ปัญหากอนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนที่ไดรับการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูของนักเรียนที่ไดรับการจัดการ เรียนรู ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) กลุมตัวอยางในการวิจัยเปนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร อำเภอ เมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1หองเรียน นักเรียน 39 คน เครื่องมือที่ใชในการวิจัย ประกอบดวย แผนการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มี ขั้นตอนการเรียนรูแบบสืบเสาะหาความรู เรื่อง การ สืบพันธุของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัด ความสามารถในการแกปญหา แบบวัดความ พึงพอใจตอการจัดการเรียนรูแบบบันทึกภาคสนามและ แบบสัมภาษณ ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุม ทดลองหนึ่งกลุม วัดผลกอนและหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห ขอมูลโดยหาคาเฉลี่ย สวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการ ทดสอบคาทีชนิดกลุ่มตัวอยางไมเปนอิสระตอกัน (T-Test Dependent Group)

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ไดรับการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษามีคะแนน พัฒนาการ รอยละ 41.03 อยูในระดับตนรอยละ 30.77 อยูในระดับปานกลาง รอยละ 20.51 อยูใน ระดับสูง และรอยละ 7.69 อยูในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถ ในการแกปัญหาหลังเรียนสูงกวากอนเรียนอยางมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึง พอใจต่อการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยูในระดับ มาก

พินิจ เนื่องภิรมย์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ SMILE โดยใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นฐาน สำหรับการศึกษาทางด้านนวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพรูปแบบการเรียนการสอนแบบ SMILE 2) เพื่อ สำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการ เรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น สำหรับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนวิชา วงจรไฟฟ้าและอิเลก็ทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยจิตรลดาจำนวน 46 คน

ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบเรียนการสอนสไมล์ผ่านการ ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับ มาก 2) คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยอยู่ในระดับมาก 3) ประสิทธิภาพของรูปแบบการ เรียนการ สอนสไมล์มีประสิทธิภาพ (1.08) สูงกว่าเกณฑ์การหาคุณภาพของเมกุยแกนส์ และ 4) ความพึงพอใจ ของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รูปแบบ การเรียนการสอนแบบสไมล์สามารถใช้ในการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมศึกษาและที่เกี่ยวข้องได้

บีนอยท์ กาแลนด์ และคณะ (Benoit Galand et al., 2012) ได้ศึกษาเรื่อง ประสิทธิผลของ การเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐานในการศึกษาทางวิศวกรรม: การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างความรู้สาม ระดับ มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดของหลักการและประยุกต์ใช้ความรู้ในกลุ่ม นักศึกษาวิศวกรรมก่อนและหลังการใช้การเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานและโครงงานเป็นฐาน (PBL) โดยใช้ นักศึกษา 4 คน (N=385) นักศึกษา 2 คนเรียนรู้ตามหลักสูตรแบบบรรยายและนักศึกษาอีก 2 คนเรียน ตามหลักสูตร PBL

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาจากหลักสูตร PBL มีประสิทธิภาพสูงกว่านักศึกษาที่เรียนในหลักสูตรปกติทั่วไป โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ความรู้ สรุปแล้วผลลัพธ์บ่งชี้ว่า การเรียนรู้แบบ PBL มีประสิทธิภาพในการศึกษาด้านวิศวกรรม

เรมลี่ มัสตาปา และคณะ (Remlee Mustapha et al., 2014) ได้ศึกษาเรื่อง การสำรวจปัญหาของนักศึกษาโรงเรียนเทคนิคในหลักสูตรการเรียนวิชาด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจปัญหาที่นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่กำลังศึกษาหัวข้อเรื่องทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นเนื้อหาการเรียนที่มีความยาก เพื่อต้องการทราบทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐาน (PBL) การเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน สามารถเสริมสร้างความเข้าใจและทำให้การเรียนรู้ของนักศึกษามีมากขึ้น กรอบการวิจัยของการศึกษานี้ใช้แบบจำลองของ Kemmis และ Mc Taggart วิธีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยใช้เทคนิค Jigsaw ในรอบแรกและรอบสองของการศึกษา ในรอบสุดท้ายใช้วิธีการสนทนา ในการออกแบบเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 30 คนจาก 5 ชั้นเรียนในโรงเรียนเทคนิคที่เลือก โดยใช้การเรียนแบบ PBL ในการเรียนการสอนเป็นเวลา 9 สัปดาห์ รวบรวมข้อมูลจากการประเมินด้วยการสังเกต และทดสอบก่อนหลังการเรียนรู้ โดยใช้ค่าความถี่เชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีการซักถามกันมากขึ้น ผลการทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อ PBL สูง และ PBL ยังช่วยเสริมทักษะในการทำงานร่วมกัน และช่วยเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา

เอเลียส บิน มาเสค และ สุไลมาน ยามิน (Alias Bin Masek & Sulaiman Yamin, 2012) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบเดิมที่มีต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ และขั้นตอนในวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า (ET101) โดยแบ่งนักศึกษาเป็นสองกลุ่ม กลุ่มทดลองใช้การสอนแบบ PBL กลุ่มควบคุมใช้การสอนแบบดั่งเดิม ในการเรียนการสอนเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังการทดสอบเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย

ผลการวิจัยชี้ชัดว่านักศึกษากลุ่ม PBL มีประสิทธิภาพเหนือกว่ากลุ่มควบคุม ในการรับรู้เกี่ยวกับหลักการและขั้นตอน อย่างไรก็ตามนักศึกษาที่ใช้วิธีแบบเดิมทำได้ดีกว่าในด้านความรู้กี่ยวกับแนวคิด

ซิลว่า และคณะ (Silva et al., 2018) ได้ศึกษาเรื่อง การเรียนรู้ด้วยปัญหา: ข้อเสนอสำหรับการจัดทำ PBL และความหมายของการเรียนรู้ในหมู่นักศึกษาในโปรแกรมการจัดการระดับปริญญาตรี มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอข้อเสนอสำหรับการจัดโครงสร้างการใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (PBL) เป็นกลยุทธ์การสอนที่ใช้งานอยู่และประเมินผลกระทบของ PBL สำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในโปรแกรมการจัดการระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยรัฐบาลกลาง PBL สามารถเปลี่ยนนักเรียนเป็นวิชาที่กระตือรือร้นในการเรียนรู้ของตนเองและส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการตัดสินใจผ่านการระบุและการวิเคราะห์ปัญหาจริง การศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยเชิงคุณภาพและใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ข้อมูลถูกรวบรวมผ่านรายงานที่สะท้อน (ข้อความที่เขียนโดยนักศึกษาอธิบาย

ประสบการณ์ในหลักสูตร) และผ่านการสัมภาษณ์ วัสดุที่รวบรวมเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์และการอภิปรายผลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่ากลยุทธ์การสอนแบบ PBL มีผลกระทบเชิงบวกต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา ซึ่งเป็นการส่งเสริมการบูรณาการทฤษฎี และการปฏิบัติซึ่งช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ นักศึกษารับรู้ถึงการปฏิบัติงานเป็นทีม และการปรากฏตัวของผู้ประกอบการ / ผู้จัดการในชั้นเรียน PBL เป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการม ในทางตรงกันข้ามการทำงานเป็นทีมและเวลาที่เกี่ยวข้องถูกมองว่าเป็นปัจจัยจำกัดการเรียนรู้

มาเรียน เอ็ม เฟอเรียร่า และ แอนโทนี่ อาร์ ทรูเดล (Maria M. Ferreira & Anthony R. Trudel, 2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลกระทบของการเรียนรู้ด้วยปัญหา (PBL) ต่อทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทักษะการแก้ปัญหาและความรู้สึกของชุมชนในห้องเรียน การเรียนรู้ด้วยปัญหา (PBL) เป็นวิธีการสอนเชิงคอนสตรัคติวิสต์เพื่อการเรียนรู้ซึ่งนักเรียนทำงานร่วมกันเพื่อค้นหาวิธีแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการผสมเพื่อตรวจสอบผลกระทบของ PBL ต่อทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทักษะการแก้ปัญหา และการรับรู้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยใช้นักเรียน 48 คนในวิชาเคมีระดับมัธยมสามภาคปกติในการศึกษา

ผลลัพธ์ที่ได้จากคำตอบของนักเรียนสำหรับแบบสอบถามสำรวจรายการบันทึกประจำวันแนวทางการแก้ปัญหา และการสังเกตในชั้นเรียนของครูแสดงให้เห็นว่าทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ทักษะการแก้ปัญหา และมุมมองเชิงบวกของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การใช้ PBL ช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาความรู้สึกของชุมชนในห้องเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาและแนวคิดการใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีความพึงพอใจตอการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือทำด้วยตนเอง การเรียนแบบใช้สะเต็มศึกษาและปัญหาเป็นฐานยังเปนการฝกใหผูเรียนไดเกิด ทักษะในการคนควาและคนหาคำตอบเพื่อแกไขปัญหาไดดวยตนเอง โดยมีวิธีการและกระบวนการที่ถูกตองและได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยมีครูทำหน้าที่แนะนำในระหว่างการจัดการเรียนรู้ จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าว สามารถนำมาช่วยสังเคราะห์รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและผู้เรียนในอนาคต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัย
3.2 ขั้นตอนการวิจัย
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.6 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

3.1 ผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งผู้เชี่ยวชาญและประชากรวิจัยเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

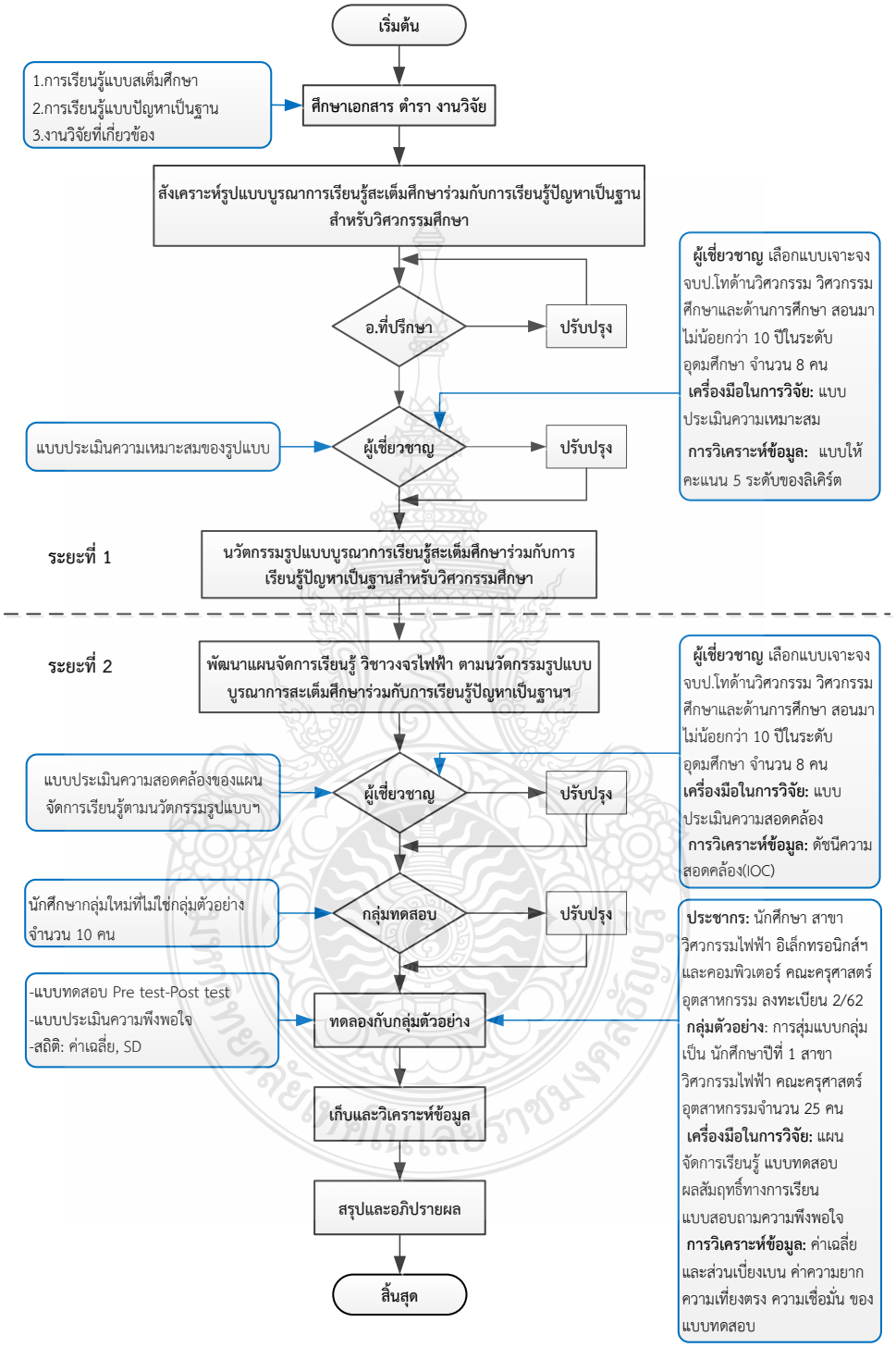
กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนทางวิศวกรรมหรือวิศวกรรมศึกษาและทางด้านการศึกษา มีที่วุฒิการศึกษาด้านระดับปริญญาโทขึ้นไป มีประสบการณ์การสอนวิชาด้านวิศวกรรมและด้านการศึกษาไม่น้อยกว่า 10 ปี ในระดับอุดมศึกษา จำนวน 8 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

กลุ่มที่ 2 ประชากรและตัวอย่างในการทดลองใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ประชากรวิจัย คือ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม และสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 65 คน โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรวิจัย ได้จากการเลือกวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ในขั้นตอนการทดลองใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

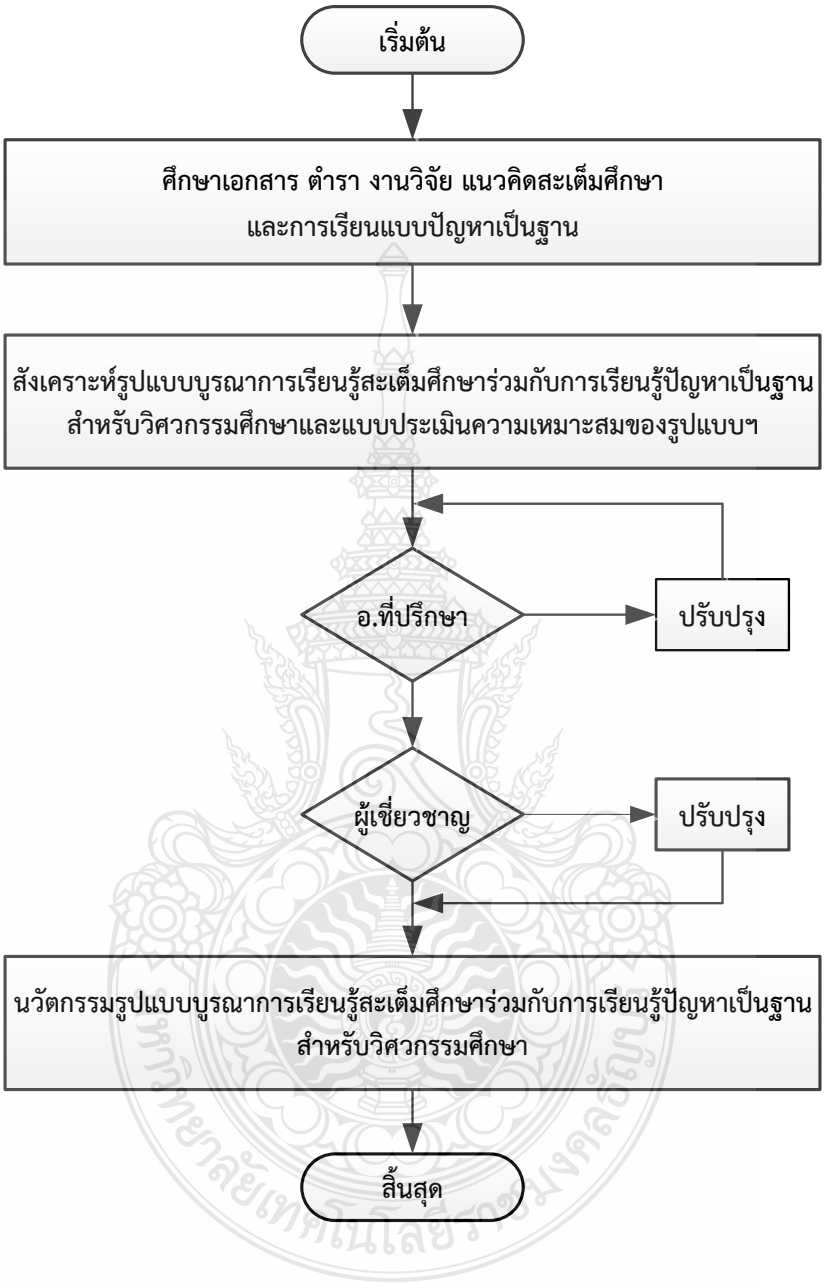
3.2 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ แต่ละระยะมีองค์ประกอบและแบบแผนการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ระยะที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้การศึกษาค้นคว้าเอกสาร



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนดำเนินการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ขั้นตอนดำเนินการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบของแนวคิดสะเต็มศึกษาและการเรียนแบบปัญหาเป็นฐาน จากเอกสาร ตำรา การวิจัย เพื่อศึกษาปัญหา แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศึกษา

ขั้นที่ 2 สังเคราะห์รูปแบบฉบับร่าง โดยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบในขั้นตอนที่ 1 มาร่างเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศึกษา และนำส่งให้ที่ปรึกษาประเมินความเหมาะสมเบื้องต้น

ขั้นที่ 3 ประเมินรูปแบบโดยวิธีการใช้แบบสอบถามความเหมาะสม จากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ก) ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา และทางด้านการศึกษา โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบเป็นเครื่องมือวิจัย แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (ดังแสดงในภาคผนวก ข)

ระยะที่ 2 การทดลองนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวแบบสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)

R	O1	X	O2

O1 คือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนทดลอง

X คือ การจัดกระทำ (Treatment) การเรียนโดยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

O2 คือ คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังทดลอง

R คือ วิธีสุ่มแบบกลุ่ม

การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินในการทดลอง (Extraneous Variable) ที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตาม ที่ประกอบด้วย คะแนนผลสัมฤทธ์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) โดยมีวิธีการควบคุมตัวแปรเกิน ดังนี้

1) สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จากประชากรวิจัยสู่การทดลอง

2) ควบคุมตัวแปรเกินกลุ่มความสามารถในการเรียนรู้หรือพื้นฐานการศึกษา โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างการทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน และกระจายตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มเข้ากลุ่มทดลอง

3) ควบคุมตัวแปรอายุ โดยศึกษากลุ่มทดลองที่มีอายุใกล้เคียงกัน

4) ควบคุมตัวแปรพื้นฐานทางช่างอุตสาหกรรมของกลุ่มทดลอง ที่ค่าตัวแปรในมาตรวัดระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) ประกอบด้วย วุฒิการศึกษาด้านมัธยมศึกษาปีที่ 6 และประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยการสอนปรับพื้นฐานทางช่างอุตสาหกรรม

5) ควบคุมตัวแปรสภาพการณ์ในการทดลองให้คงที่ ประกอบด้วย ผู้สอน สถานที่ อุปกรณ์การเรียน และช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

3.3.1.1 แผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เนื้อหาวงจรไฟฟ้า 4 แผน เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์แรงดันโนด วิธีการวิเคราะห์กระแสเมซ การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส และการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส

3.3.1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ วิชาวงจรไฟฟ้า ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก มีค่าดัชนีความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และข้อที่มีคาอำนาจจำแนก (r) ไม่น้อยกว่า 0.20 จำนวน 60 ข้อ

3.3.1.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

3.3.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 แผนจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบประเมินความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ที่ใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของ นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ของแผนจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยเทียบกับเกณฑ์ภายนอก ได้แก่ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า การสอนในศตวรรษที่ 21 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และเกณฑ์ภายใน โดยมีขั้นตอนตามภาพที่ 3.3ขั้นตอนการสร้างแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

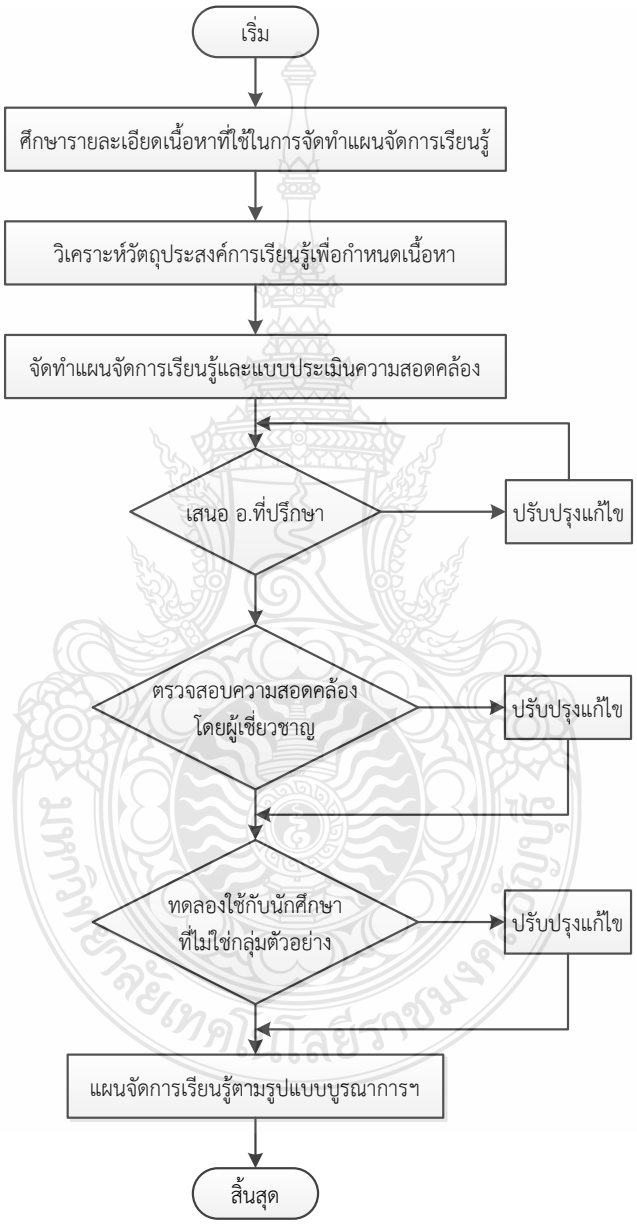
1) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือขั้นแรก ผู้วิจัยได้จัดทำแผนจัดการเรียนรู้ที่ใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่างๆ ของแผนจัดการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ เอกสารเนื้อหา เวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือประเมินผล และนำมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

2) ตรวจสอบคุณภาพค่าดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้า และ

ทางด้านการศึกษา ระดับปริญญาโทขึ้นไป มีประสบการณ์การสอนวิชาด้านวิศวกรรมไม่น้อยกว่า 10 ปี ในระดับอุดมศึกษา จำนวน 8 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

3) ทดลองใช้เพื่อหาข้อบกพร่องกับตัวอย่างประชากรที่ไม่ใช่ตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 10 คน และปรับปรุง

4) ทดลองใช้กับนักศึกษาประชากรวิจัย



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

3.3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา และออกแบบทดสอบจากเนื้อหา โดยผู้วิจัยได้นำเนื้อหาดังกล่าวมาวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของการเรียน เพื่อออกแบบทดสอบ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

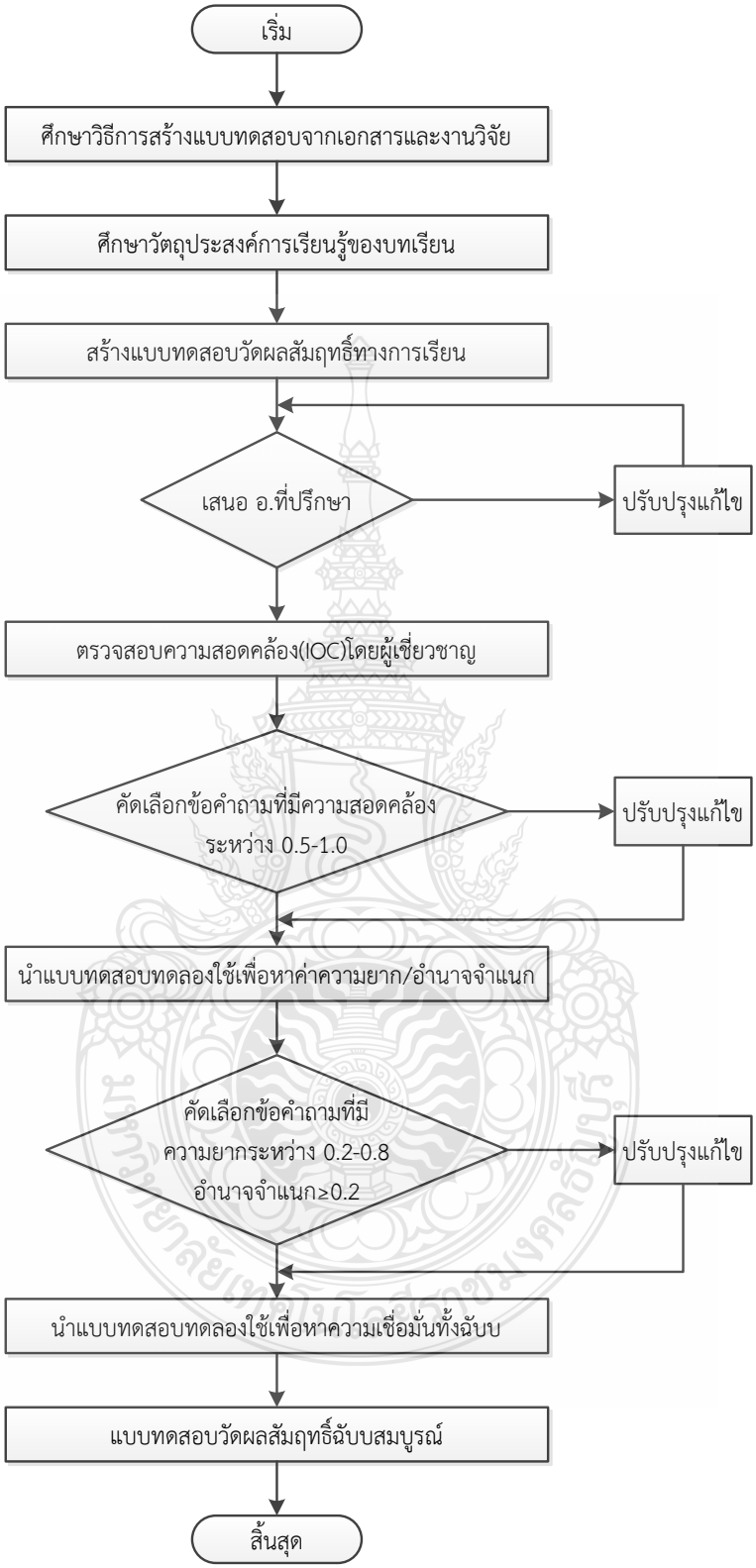
1) นำแบบทดสอบที่สรางขึ้นไปใหผูเชี่ยวชาญทางดานเนื้อหาจำนวน 4 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง โดยใหผูเชี่ยวชาญประเมินใหคะแนนคำถามแตละข้อ โดยพิจารณาความสอดคลองของขอคำถามกับเนื้อหาดังนี้

ใหคะแนน +1 สำหรับขอที่แนใจวาสอดคลอง

ใหคะแนน 0 สำหรับขอที่ไมแนใจ

ใหคะแนน -1 สำหรับขอที่แนใจวาไมสอดคลอง

2) นำมาปรับปรุงแกไขเมื่อปรับปรุงแกไขเรียบรอย แลวนำแบบทดสอบนั้นไปทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชานี้มาแลวและไม่ใช่ตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 20 คน เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ประกอบด้วยข้อที่มีค่าดัชนีความยากงาย (p) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และข้อที่มีคาอำนาจจำแนก (r) ไม่น้อยกว่า 0.20 หาคาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้ KR 20 มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 89.25 เพื่อนำมาจัดเป็นแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อ 60 ข้อ (ดังแสดงในภาคผนวก ง)



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.4 แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษา เปนแบบเพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนการสอนแบบใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยเปนแบบใหคะแนน 5 ระดับของลิเคิรต

1) นำแบบประเมินความพึงพอใจที่สรางขึ้นไปใหผูเชี่ยวชาญทางดานเนื้อหา 3 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบ โดยใหผูเชี่ยวชาญประเมินใหคะแนนคำถามแตละขอโดยพิจารณาความสอดคลองของข้อคำถามกับเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence: IOC) ดังนี้

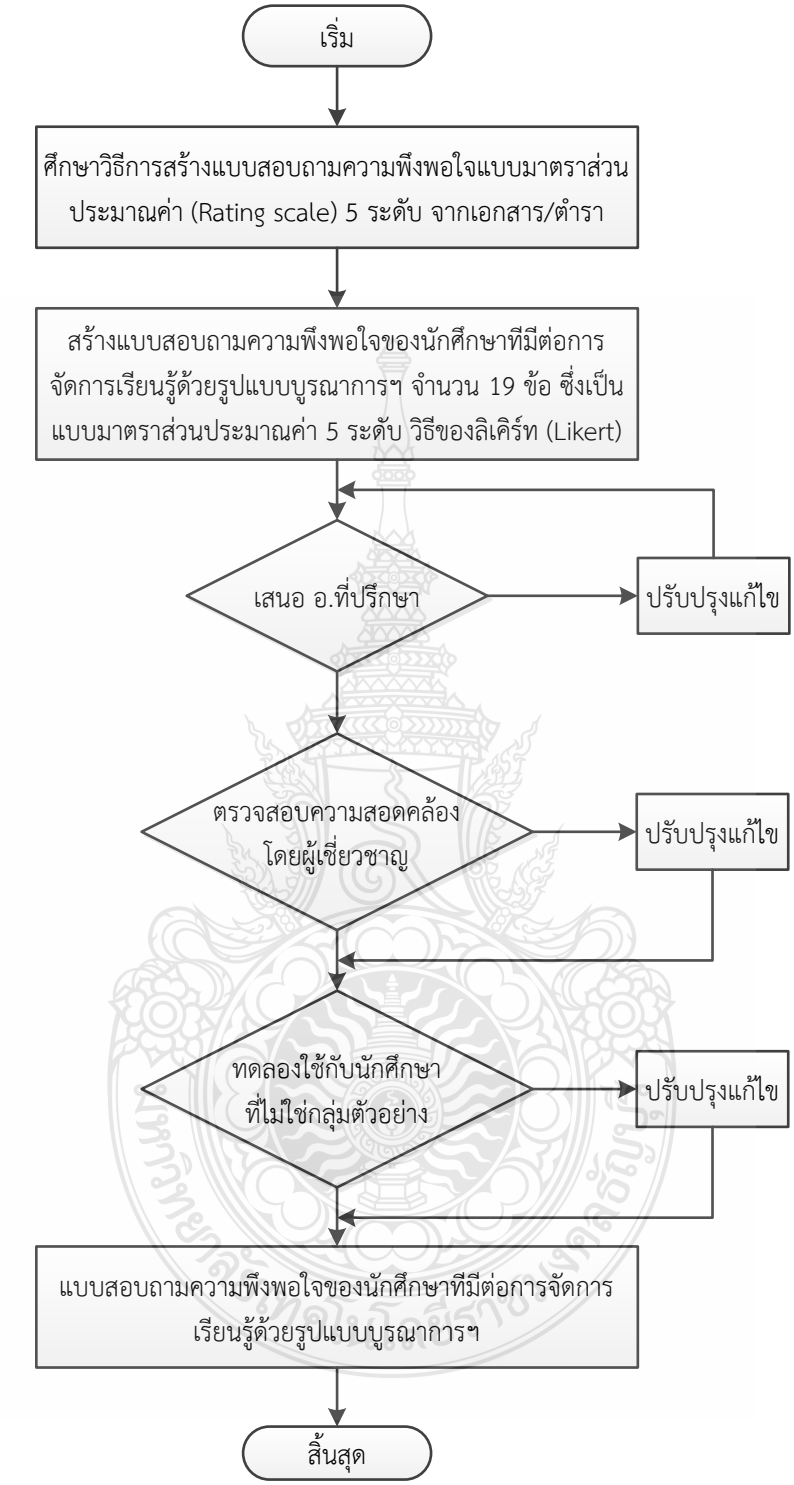
ใหคะแนน +1 สำหรับขอที่แนใจวาสอดคลอง
ใหคะแนน 0 สำหรับขอที่ไมแนใจ
ใหคะแนน -1 สำหรับขอที่แนใจวาไมสอดคลอง

นำผลจากการวิเคราะห์ค่า IOC ของ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน (ดังแสดงในภาคผนวก ก) มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง และคัดเลือกข้อคำถามทีมีค่าดัชนีความสอดคล้องตังแต่ 0.50 ขึ้นไปเก็บไว้ และปรับปรุงข้อคำถามทีมีค่าดัชนีต่ำกว่า 0.50 ให้ถูกต้อง

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องแบบประเมินความพึงพอใจ ของผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยที่ 1.00 (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

2) นำมาปรับปรุงแกไขเมื่อปรับปรุงแกไขเรียบรอยแลว นำแบบประเมินความพึงพอใจนั้นไป ทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชานี้มาแลว จำนวน 10 คน เพื่อหาคาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร Cronbach’s Alpha โดยต้องมีค่าความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 0.70 จากการทดสอบได้ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77 (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนทีมีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีขั้นตอนการสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 วิธีการดำเนินการวิจัยให้กับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มประชากรวิจัย โดยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test) เป็นข้อสอบปรนัย 5 ตัวเลือก

3.4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

3.4.3 หลังเสร็จสิ้นการเรียนทั้งหมดแล้ว ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดิมทดสอบหลังการเรียน (Post-Test) กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.4 นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลองมาวิเคราะห์ และประเมินประสิทธิภาพตัวแปรทดลองตามข้อ 3.6.2 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

3.4.5 ประเมินความพึงพอใจต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ของนักศึกษาที่เป็นประชากรการวิจัย หลังจากที่ได้ทำการเรียนด้วยปัจจัยทดลอง โดยแจกแบบประเมินให้กับนักศึกษา นำข้อมูลที่ได้จากมาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard Deviation) และประเมินประสิทธิภาพของตัวแปรทดลองตามข้อ 3.6.2 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

คาสถิติที่ใชในการวิเคราะหและประเมินผลการทดลองของการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ดวยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

3.5.1 การประเมินค่าความเหมาะสม ของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม ขององค์ประกอบของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ได้แก่ ด้านการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน ด้านการประเมินผล และด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ โดยเปนแบบใหคะแนน 5 ระดับของลิเคิรต ประกอบด้วย

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมมาก
3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินที่ได้นำไปหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.80 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.81 - 2.60 หมายถึง เหมาะสมน้อยน้อย
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.61 - 3.40 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.41 - 4.20 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.21 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

โดยกำหนดเกณฑ์ให้ค่าเหมาะสมเฉลี่ยของทั้งฉบับมีค่ามากกว่า 3.40

ค่าความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีค่าความเหมาะของเฉลี่ยทุกด้านของทั้งฉบับเท่ากับ 4.290

3.5.2 การประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) ของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยวิเคราะหหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 จะเป็นค่าดัชนีที่มีความสอดคล้องสามารถใช้ได้ ส่วนข้อคำถามที่มีค่าดัชนีต่ำกว่า 0.50 ต้องทำการปรับปรุง

ทั้งนี้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาของทั้งฉบับใช้เกณฑ์เดียวกัน

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.976

3.5.3 ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะหหาความยากงาย ค่าอำนาจจำแนก และหาคาความเชื่อมั่น โดยใชสูตร KR-20 ของ Kuder Richardson

ค่าดัชนีความยากงาย (p) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และมีคาอำนาจจำแนก (r) แต่ละข้อไม่น้อยกว่า 0.20 หาคาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้ KR 20 มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 89.25

3.5.4 การพัฒนาหรือการเรียนรูของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนที่ใช้รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยวิเคราะหหาคาเฉลี่ย ($\overline{x}$) หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลองกับก่อนทดลอง

คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เท่ากับ 9.16 คะแนน และ 2.79 ตามลำดับ และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 37.52 คะแนน และ 3.91 ตามลำดับ

3.5.5 ประเมินวัดความพึงพอใจของผู้เรียน โดยวิเคราะหหาคาเฉลี่ย หาคาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพิจารณาตามเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.80 หมายถึง พอใจน้อยมาก

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.81 - 2.60 หมายถึง พอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.61 - 3.40 หมายถึง พอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.41 - 4.20 หมายถึง พอใจมาก

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.21 - 5.00 หมายถึง พอใจมากที่สุด

ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา พบว่าในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49

3.6 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

3.6.1 สมมติฐานการวิจัยหลัก

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีประสิทธิผลก็ต่อเมื่อ มีการยอมรับ (Retain) สมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ หรือค่าดัชนีความสอดคล้องและประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ข้อ 3.6.2

3.6.2 สมมติฐานการวิจัยย่อย

3.6.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาทั้งรายข้อและทั้งฉบับ ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป

3.6.2.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย

1) คะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2) คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลองอยู่ในระดับมากหรือมีค่ามากกว่า 3.40

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 2) เพื่อหาประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 25 คน เครื่องมือในการวิจัย มีดังนี้ แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มวิชาชีพ วิชาวงจรไฟฟ้า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวงจรไฟฟ้า แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้วิจัยสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย

4.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.2.2 ผลระดับความพึงพอใจต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

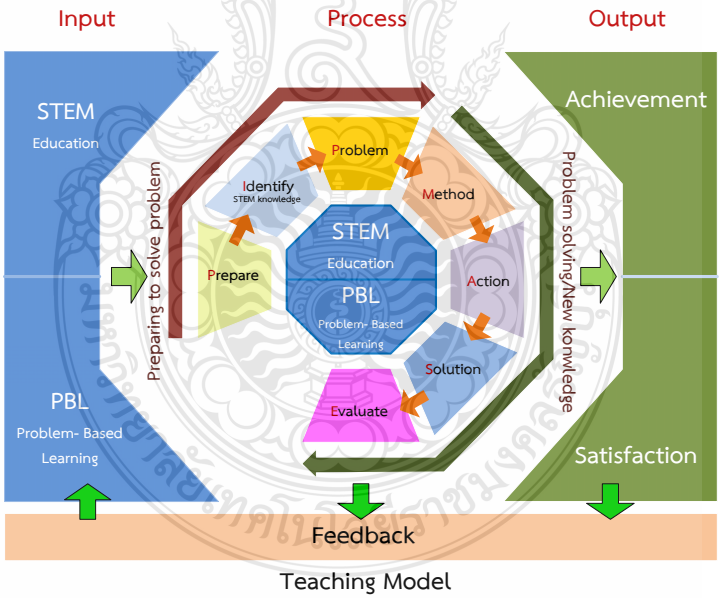
4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบ

วิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบบูรณาการสอนสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา จากเอกสาร ตำรา การวิจัยเพื่อศึกษาปัญหา แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรม

ศึกษา นำผลการวิเคราะห์ มาร่างเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยอาศัยแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ผลการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วย 1) การเรียนรู้สะเต็มศึกษา 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) ประกอบด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย 7 ขั้นดังนี้ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) 2) ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น (Identify STEM Knowledge : I) 3) ขั้นกำหนดปัญหา (Problem : P) 4) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Method : M) 5) ขั้นการแก้ปัญหา (Action : A) 6) ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา (Solution : S) 7) ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล (Evaluate : E) หรือ PIP-MASE Model ซึ่งจัดกลุ่มได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ ขั้นเตรียมการแก้ปัญหา P-I-P (3ขั้นตอนย่อย) และขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ M-A-S-E (4ขั้นตอนย่อย) องค์ประกอบที่ 3 ผลลัพธ์ (Output) ประกอบด้วย 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่พัฒนาขึ้น การให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) เพื่อปรับปรุงแก้ไข และมีสิ่งที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อยในรูปแบบ



ภาพที่ 4.1 นวัตกรรมรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โมเดล PIP-MASE เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ระดับความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่พัฒนาขึ้น ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ระดับความเหมาะสมเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน			ลำดับที่
	$\overline{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม	
ดานการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้				
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมกับการเรียนรู้	4.125	0.35	มาก	(4)
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนที่เนนผูเรียนให้ใชสติปญญา รูจักแกปญหาดวยตัวเอง	4.375	0.52	มาก	(2)
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมต่อผูเรียนในการสร้างองค์ความรู้	4.125	0.35	มาก	(4)
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมทำให้ผูเรียนสามารถศึกษาแก้ปัญหาหาความรู คำตอบ และพิสูจนทฤษฎี	4.875	0.35	มากที่สุด	(1)
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการสอนวิชาวิศวกรรมศึกษา	4.250	0.46	มาก	(3)
รวม	**4.350**	**0.41**	**มาก**	**1**
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน				
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการออกแบบเนื้อหา / สื่อการสอน / กิจกรรม เหมาะสมใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง	4.125	0.35	มาก	(3)
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรูที่เหมาะสมสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด	4.125	0.35	มาก	(3)
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายเหมาะสมกับการบูรณาการใช้งาน	4.125	0.35	มาก	(3)
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผู้เรียนมีโอกาสศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย	4.500	0.53	มากที่สุด	(2)
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนมีปฏิสัมพันธ/ทำงาน/ทำกิจกรรม รวมกันเปนกลุม เพื่อให เกิดการเรียนรูตามวัตถุประสงค์	4.875	0.35	มากที่สุด	(1)
6.รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนสามารถค้นควาหาความรูดวยตนเองอยางอิสระ	4.125	0.35	มาก	(3)
รวม	**4.313**	**0.38**	**มาก**	**3**
ดานการประเมินผล				
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการวัดผลและประเมินผลเหมาะสมทั้งด้านความรู ความสามารถ ทักษะ และเจตคติ	4.125	0.35	มาก	(2)
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับรูปแบบการสอน	4.125	0.35	มาก	(2)
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดผลที่เหมาะสมใชเก็บขอมูลการเรียนรูของผูเรียนไดตามสภาพจริง	4.250	0.46	มาก	(1)
รวม	**4.313**	**0.38**	**มาก**	**3**

ตารางที่ 4.1 ระดับความเหมาะสมเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (ต่อ)

รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน			ลำดับที่
	$\overline{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม	
ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ				
1. ความเหมาะสมของขั้นเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน	4.125	0.35	มาก	(5)
2. ความเหมาะสมของขั้นการให้ความรู้พื้นฐาน	4.750	0.46	มากที่สุด	(1)
3. ความเหมาะสมของขั้นกำหนดปัญหา	4.125	0.35	มาก	(5)
4. ความเหมาะสมของขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	4.250	0.46	มาก	(3)
5. ความเหมาะสมของขั้นการแก้ปัญหา	4.125	0.35	มาก	(5)
6. ความเหมาะสมของขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา	4.750	0.46	มากที่สุด	(1)
7. ความเหมาะสมของขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล	4.250	0.46	มาก	(3)
รวม	**4.340**	**0.41**	**มาก**	**2**
รวมทุกด้าน	**4.290**	**0.40**	**มาก**	**-**

จากตารางที่ 4.1 พบว่าระดับความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยรวมทุกด้านมีความเหมาะสมระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.290 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมมากที่สุดในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.350 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 รองลงมาคือ ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบมีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.340 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 ถัดมาเป็นด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน มีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.313 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 สุดท้ายเป็นด้านการประเมินผล มีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.167 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39

เมื่อพิจารณารายละเอียดของแต่ละด้านที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ดานการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ พบว่า ลำดับที่ 1 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาแก้ปัญหาหาความรู คำตอบ และพิสูจนทฤษฎี อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.875 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ลำดับที่ 2 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนที่เนนผูเรียนให้ใชสติปญญา รูจักแกปญหาดวยตัวเอง อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.375 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ลำดับที่ 3 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการสอนวิชาวิศวกรรมศึกษาอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.250 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ลำดับที่ 4 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมกับการเรียนรู้และรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมต่อผูเรียนในการสร้างองค์ความรู้ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.125 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ พบว่าลำดับที่ 1 ความเหมาะสมของขั้นการให้ความรู้พื้นฐานและความเหมาะสมของขั้นสรุป

และนำเสนอคำตอบของปัญหา อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.750 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ลำดับที่ 2 ความเหมาะสมของขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและความเหมาะสมของขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.250 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ลำดับที่ 3 ความเหมาะสมของขั้นเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียนความเหมาะสมของขั้นกำหนดปัญหาและความเหมาะสมของขั้นการแก้ปัญหา อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.125 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน พบว่าลำดับที่ 1 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนมีปฏิสัมพันธ/ทำงาน/ทำกิจกรรม รวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรูตามวัตถุประสงค์ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.875 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ลำดับที่ 2 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผู้เรียนมีโอกาสศึกษาหาความรูจากแหล่งความรูที่หลากหลาย อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.500 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 ลำดับที่ 3 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการออกแบบเนื้อหา / สื่อการสอน / กิจกรรม เหมาะสมใหผูเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยดวยตนเอง มีกิจกรรมการเรียนรูที่เหมาะสมสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนดและ มีกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายเหมาะสมกับการบูรณาการใช้งาน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.125 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 และด้านการประเมินผล พบว่า ลำดับที่ 1 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดผลที่เหมาะสมใชเก็บข้อมูลการเรียนรูของผูเรียนไดตามสภาพจริง อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.250 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ลำดับที่ 2 รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการวัดผลและประเมินผลเหมาะสมทั้งด้านความรู ความสามารถ ทักษะ และเจตคติ และมีวิธีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับรูปแบบการสอน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.125 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบ

ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ด้านวิชาการและงานวิจัย และทางด้านการศึกษา ประเมินความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่พัฒนาขึ้น ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าความสอดคล้องเฉลี่ยของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

แผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน	
	IOC	ค่าความสอดคล้อง
1.เกณฑ์ภายนอก		
1.1 แผนจัดการเรียนรู้มีเนื้อหาสอดคล้องกับรายวิชาวงจรไฟฟ้าตามคำอธิบายรายวิชา	1	สอดคล้อง
1.2 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการเรียนการสอนในศตวรรษที่21	1	สอดคล้อง
1.3 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542	1	สอดคล้อง
รวม	**1**	สอดคล้อง
2.เกณฑ์ภายใน		
2.1 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา		
ด้านองค์ความรู้		
2.1.1 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางทฤษฎีวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.2 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการบูรณาการความรู้ด้านวงจรไฟฟ้ากับความรู้ด้านไฟฟ้าอื่น	1	สอดคล้อง
2.1.3 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ทางการคำนวณทางไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.4 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับทักษะและกระบวนการคำนวณตามสูตรทางวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.5 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการบูรณาการความรู้ทางการคำนวณทางไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.6 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาทางเทคโนโลยีที่ถูกต้อง	0.875	สอดคล้อง
2.1.7 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เทคโนโลยีทางวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.8 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกระบวนการทางเทคโนโลยี	0.5	สอดคล้อง
2.1.9 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมการบูรณาการความรู้ต่างๆ ทางเทคโนโลยีและบูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยีกับ ศาสตร์อื่น	1	สอดคล้อง
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM		
2.1.10 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของรายวิชาวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.11 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีโดยมีลำดับของกิจกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ทางวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.1.12 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีเชิงบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่สอดแทรกเทคนิค/กลวิธีการสอนที่สอดคล้องกับการพัฒนาการคิดขั้นสูง	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 4.2 ค่าความสอดคล้องเฉลี่ยของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (ต่อ)

แผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน	
	IOC	ค่าความสอดคล้อง
2.1.13 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เชิงบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ สอดคล้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	1	สอดคล้อง
รวม	**0.95**	สอดคล้อง
2.2 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน		
2.2.1 ลักษณะด้านปัญหา		
1. โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องกับประสบการณ์จริงหรือมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น	1	สอดคล้อง
2. โจทย์ปัญหามีความท้าทาย กระตุ้นความสนใจ สอดคล้องกับลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	สอดคล้อง
3. โจทย์ปัญหาที่มีความสอดคล้องกับงานด้านวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
4. โจทย์ปัญหามีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
5. โจทย์ปัญหาที่ก่อให้เกิดการทำงานกลุ่มร่วมกัน สอดคล้องเหมาะสมกับเวลา เกิดแรงจูงใจในการแสวงหาความรู้ใหม่	1	สอดคล้อง
6. โจทย์ปัญหามีความยากความง่ายของปัญหาสอดคล้องกับพื้นฐานของผู้เรียน	0.75	สอดคล้อง
7. โจทย์ปัญหาไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีต้องค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลก่อนคาดเดาได้ยากสอดคล้องกับลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	สอดคล้อง
8. โจทย์ปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหา สอดคล้องกับวิชาวงจรไฟฟ้า	1	สอดคล้อง
2.2.2 แผนการเรียนรู้มีการบูรณาการเนื้อหาความรู้ในสาขาต่างๆที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	1	สอดคล้อง
2.2.3 แผนการเรียนรู้เน้นความสอดคล้องของกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ	1	สอดคล้อง
2.2.4 การเรียนเป็นกลุ่มย่อยสอดคล้องกับวิธีการทำงานร่วมกันซึ่งเป็นลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	สอดคล้อง
2.2.5 แผนการเรียนรู้เน้นผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการเรียนโดยกำกับตนเอง	1	สอดคล้อง
รวม	**0.98**	สอดคล้อง
รวมทุกด้าน	**0.976**	สอดคล้อง

จากตารางที่ 4.2 พบว่าแผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.976 โดยด้านเกณฑ์ภายนอกศึกษา มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 1 ด้านเกณฑ์ภายในของลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 และในส่วนของลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

4.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้สถิติที (T-Test Dependent)

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้โดยใช้สถิติที

คะแนน	n	$\overline{X}$	SD	df.	t-test	Sig.
ทดสอบก่อนเรียน	25	9.16	2.79	24	1.71	.000
ทดสอบหลังเรียน	25	37.52	3.91			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เท่ากับ 9.16 คะแนน และ 2.79 ตามลำดับ และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 37.52 คะแนน และ 3.91 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย พบว่านักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

4.2.2 ผลระดับความพึงพอใจต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ด้านการเรียนการสอน ด้านกิจกรรมประกอบการสอน ด้านเนื้อหา และด้านการประเมินผล มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าความพึงพอใจเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน			ลำดับที่
	$\overline{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ	
ดานการเรียนการสอน				
1. รูปแบบการการสอนสามารถทำใหผูเรียนไมเบื่อหนายกับการเรียน	4.560	0.51	มากที่สุด	(3)
2. เนื้อหามีความเหมาะสมและนาสนใจ	4.560	0.51	มากที่สุด	(3)
3. ผูเรียนมีสวนรวมและสามารถใชสติปญญาในการสรางองคความรู้	4.360	0.49	มาก	(5)
4. เวลาที่ใชในการสอนมีความเหมาะสม	4.640	0.49	มากที่สุด	(1)
5. หลังจากจบการเรียนผูเรียนสามารถนำความรูไปตอยอดใชกับวิชาอื่น	4.640	0.49	มากที่สุด	(1)
รวม	**4.550**	**0.50**	**มากที่สุด**	**4**
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน				
6. มีการจัดเตรียมหรือออกแบบเนื้อหา/สื่อการสอน/กิจกรรม ใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง	4.720	0.46	มากที่สุด	(2)
7. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด	4.760	0.44	มากที่สุด	(1)
8. กิจกรรมการเรียนรูที่ไดออกแบบมีความหลากหลาย และบูรณาการในการใชงานไดอยางเหมาะสม	4.520	0.51	มากที่สุด	(4)
9. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นชวยเปดโอกาสใหผูเรียนสามารถศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย	4.360	0.49	มาก	(5)
10. ผูเรียนมีปฏิสัมพันธรวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรู้	4.600	0.50	มากที่สุด	(3)
รวม	**4.590**	**0.48**	**มากที่สุด**	**3**
ดานเนื้อหา				
11. สถานการณ์ปัญหาครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงคของรายวิชา	4.680	0.48	มากที่สุด	(1)
12. สถานการณ์ปัญหาทำให้เกิดการเรียนรู้และเหมาะสมกับรายวิชา	4.680	0.48	มากที่สุด	(1)
13. สถานการณ์ปัญหามีปริมาณและรายละเอียดของเนื้อหาเหมาะสม	4.520	0.51	มากที่สุด	(4)
14. ภาษาที่ใชมีความเหมาะสม และอานทำความเขาใจไดงาย	4.560	0.51	มากที่สุด	(3)
รวม	**4.610**	**0.50**	**มากที่สุด**	**1**
ดานการประเมินผล (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์)				
15. ขอสอบมีความสอดคลองกับเนื้อหาปัญหาที่เรียน	4.640	0.49	มากที่สุด	(3)
16. จำนวนขอสอบเหมาะสม	4.680	0.48	มากที่สุด	(2)

ตารางที่ 4.4 ค่าความพึงพอใจเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (ต่อ)

รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา	ผลการประเมิน			ลำดับที่
	$\overline{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ	
17. คำถามและคำตอบมีเปาหมายที่ชัดเจน	4.560	0.51	มากที่สุด	(4)
18. ขอสอบมีความยากงายเหมาะสม	4.440	0.51	มาก	(5)
19. เวลาสำหรับการทำขอสอบมีความเหมาะสม	4.720	0.46	มากที่สุด	(1)
รวม	**4.608**	**0.49**	**มากที่สุด**	**2**
รวมทุกด้าน	**4.590**	**0.49**	**มากที่สุด**	**-**

จากตารางที่ 4.4 ผลของระดับความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา พบว่าในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.590 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย เมื่อพิจารณาแต่ละด้านมีระดับความพึงพอใจเรียงตามลำดับดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.610 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ด้านประเมินผล ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.608 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.590 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 และด้านการเรียนการสอน ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.550 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีรายละเอียดดังนี้

4.2.2.1 ด้านเนื้อหา นักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาเรียงตามรายข้อจากมากเรียงไปหาน้อยแสดงตามลำดับ ดังนี้ ลำดับที่ 1 สถานการณ์ปัญหาครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงคของรายวิชาและทำให้เกิดการเรียนรู้และเหมาะสมกับรายวิชา ($\overline{X}$ = 4.680, SD = 0.48) ลำดับที่ 2 ภาษาที่ใชมีความเหมาะสมและอานทำความเขาใจไดงาย ($\overline{X}$ = 4.560, SD = 0.51) ลำดับที่ 3 สถานการณ์ปัญหามีปริมาณและรายละเอียดของเนื้อหาเหมาะสม ($\overline{X}$ = 4.520, SD = 0.51)

4.2.2.2 ด้านประเมินผล นักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาเรียงตามรายข้อจากมากเรียงไปหาน้อยแสดงตามลำดับ ดังนี้ ลำดับที่ 1 เวลาสำหรับการทำข้อสอบมีความเหมาะสม ($\overline{X}$ = 4.720, SD = 0.46) ลำดับที่ 2 จำนวนขอสอบเหมาะสม ($\overline{X}$ = 4.680,SD = 0.48) ลำดับที่ 3 ขอสอบมีความสอดคลองกับเนื้อหาปัญหาที่เรียน ($\overline{X}$ = 4.640, SD = 0.49) ลำดับที่ 4 คำถามและคำตอบมีเปาหมายที่ชัดเจน ($\overline{X}$ = 4.560, SD = 0.51) ลำดับที่ 5 ขอสอบมีความยากง่ายเหมาะสม ($\overline{X}$ = 4.440, SD = 0.51)

4.2.2.3 ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน นักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาเรียงตามรายข้อจากมากเรียงไปหาน้อยแสดงตามลำดับ ดังนี้ ลำดับที่ 1 กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด ($\overline{x}$ = 4.760, SD = 0.44) ลำดับที่ 2 มีการจัดเตรียมหรือออกแบบเนื้อหา/สื่อการสอน/กิจกรรม ใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง ($\overline{x}$ = 4.720, SD = 0.45) ลำดับที่ 3 ผูเรียนมีปฏิสัมพันธรวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรู้ ($\overline{x}$ = 4.600, SD = 0.50) ลำดับที่ 4 กิจกรรมการเรียนรูที่ไดออกแบบมีความหลากหลาย และบูรณาการในการใชงานไดอยางเหมาะสม ($\overline{x}$ = 4.520, SD = 0.51) ลำดับที่ 5 กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นช่วยเปดโอกาสใหผูเรียนสามารถศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย ($\overline{x}$ = 4.360, SD = 0.49)

4.2.2.4 ดานการเรียนการสอน นักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเรียงตามรายข้อจากมากเรียงไปหาน้อยแสดงตามลำดับ ดังนี้ ลำดับที่ 1 เวลาที่ใชในการสอนมีความเหมาะสม ($\overline{x}$ = 4.640, SD = 0.49) และหลังจากจบการเรียนผูเรียนสามารถนำความรูไปต่อยอดใชกับวิชาอื่น ($\overline{x}$ = 4.640, SD = 0.49) ลำดับที่ 2 รูปแบบการการสอนสามารถทำใหผูเรียนไมเบื่อหนายกับการเรียน ($\overline{x}$ = 4.560, SD = 0.51) และเนื้อหามีความเหมาะสมและนาสนใจ ($\overline{x}$ = 4.560, SD = 0.51) ลำดับที่ 3 ผูเรียนมีสวนรวมและสามารถใชสติปญญาในการสรางองคความรู้ ($\overline{x}$ = 4.360, SD = 0.49)

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับ มากที่สุด เรียงตามคะแนนได้มากที่สุด คือ กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด ($\overline{x}$ = 4.760, SD = 0.44) ส่วนผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเรียงตามคะแนนน้อยที่สุด คือ ผูเรียนมีสวนรวมและสามารถใชสติปญญาในการสรางองคความรู้และกิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นช่วยเปดโอกาสใหผูเรียนสามารถศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย ($\overline{x}$ = 4.360, SD = 0.49)

4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

4.3.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ทั้งรายข้อและทั้งฉบับ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้ออยู่ระหว่าง 0.50-1.00 และค่าดัชนีความสอดคล้องทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.976 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย

4.3.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

4.3.2.1 คะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังทดลองมากกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลอง โดยใช้สถิติที (t-test dependent) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย

4.3.2.2 คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลองอย่างน้อยอยู่ในระดับมากหรือมีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.40 โดยมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย

แสดงว่านวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีประสิทธิผล เพราะมีการยอมรับสมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ คือค่าดัชนีความสอดคล้องและประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยหลัก

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 2) เพื่อหาประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยสมมุติฐานการวิจัยหลักระบุว่า นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีประสิทธิผลก็ต่อเมื่อ มีการยอมรับ (Retain) สมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ หรือค่าดัชนีความสอดคล้องและประสิทธิภาพรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ตามสมมติฐานการวิจัยย่อยคือ 1. ค่าดัชนีความสอดคล้องของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาทั้งรายข้อและทั้งฉบับ ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป และ 2. ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย 1) คะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2) คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลองอยู่ในระดับมากหรือมีค่ามากกว่า 3.40

การวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ แต่ละระยะมีองค์ประกอบและแบบแผนการวิจัยดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้การศึกษาค้นคว้าเอกสาร

ขั้นตอนดำเนินการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบของแนวคิดสะเต็มศึกษาและการเรียนแบบปัญหาเป็นฐาน จากเอกสาร ตำรา การวิจัย เพื่อศึกษาปัญหา แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการเรียน การสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศึกษา

2) สังเคราะห์รูปแบบฉบับร่าง โดยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบในขั้นตอนที่ 1 มาร่างเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศึกษา และนำส่งให้ที่ปรึกษาประเมินความเหมาะสมเบื้องต้น

3) ประเมินรูปแบบโดยวิธีการใช้แบบสอบถามความเหมาะสม จากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้า และทางด้านการศึกษา โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบเป็นเครื่องมือวิจัย แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ระยะที่ 2 การทดลองนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) แผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวแบบสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน มีการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและหาคุณภาพแล้ว เมื่อดำเนินการทดลองสอนครบ 4 แผน จึงทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดิม หลังจากนั้นนำผล การทดลองมาเปรียบเทียบก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำคะแนนมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างโดยการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (T-Test Dependent) การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทีมีต่อรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของตารางและความเรียง

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยและสมมติฐานที่กำหนดขึ้นได้ดังนี้

5.1.1 นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่ได้จากการสังเคราะห์โดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร โดยผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน ด้านการประเมินผล และด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) 2) ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น (Identify STEM Knowledge : I) 3) ขั้นกำหนดปัญหา (Problem : P) 4) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Method : M) 5) ขั้นการแก้ปัญหา (Action : A) 6) ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา (Solution : S) และ 7) ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล (Evaluate : E) ซึ่งนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีค่าความเหมาะสมของรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.290 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าดานการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมมากที่สุดในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.350 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 รองลงมาคือ ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ มีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.340 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 ถัดมาเป็นด้านกิจกรรม

ประกอบการเรียนการสอน มีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.313 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 สุดท้ายเป็นด้านการประเมินผล มีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.167 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39

5.1.2 ประสิทธิผลนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยนวัตกรรมรูปแบบมีประสิทธิผลก็ต่อเมื่อ มีการยอมรับสมมติฐานวิจัยย่อยทั้ง 2 ข้อ หรือค่าดัชนีความสอดคล้องและประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ข้อ 1.3.2 หน้า 14

5.1.2.1 จัดทำแผนจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวงจรไฟฟ้า จำนวน 4 แผน ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาที่พัฒนาขึ้น นำแผนจัดการเรียนรู้ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.976 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

5.1.2.2 ประสิทธิภาพนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา และ 2) คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลอง

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 60 ข้อ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.79 และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 37.12 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.91 นำมาหาค่าสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 df = 24 ได้ค่า t = 1.71 ซึ่ง หมายความว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยรวมสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย

2) ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา พบว่าในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย เมื่อพิจารณาแต่ละด้านมีระดับความพึงพอใจเรียงตามลำดับ ดังนี้ ด้านเนื้อหาด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ด้านประเมินผล ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 และด้านการเรียนการสอน ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การสังเคราะห์นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยศึกษาค้นคว้าเอกสาร ผลการวิจัยพบว่านวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) มีความเหมาะสมระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.290 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 ทั้งนี้เนื่องจากนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) มีองค์ประกอบที่สำคัญของนวัตกรรม คือความใหม่ (Newness) โดยนวัตกรรมรูปแบบฯ เป็นกระบวนการใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น เป็นนวัตกรรมด้านวิธีการจัดการเรียนการสอน เป็นการใช้วิธีระบบในการปรับปรุงและคิดค้นพัฒนารูปแบบการสอนแบบใหม่ๆ ที่สามารถตอบสนองการเรียนรายบุคคลทั้งแบบออนไลน์ และออฟไลน์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนหรือพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่แนวคิด รูปแบบ วิธีการ กระบวนการ สื่อต่างๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษา (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2553) และนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศึกษาได้อย่างถูกต้อง ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนและแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ

5.2.1.1 ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) เป็นขั้นที่ผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน บอกหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มให้ทราบว่าต้องดำเนินการเรียนอย่างไรบ้าง ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดความสามารถก่อนเรียน และทำการแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย โดยเป็นนักศึกษาที่มีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วให้เลือกประธานและเลขานุการกลุ่ม

5.2.1.2 ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น (Identify STEM Knowledge : I) เป็นขั้นที่ผู้สอนทบทวนความรู้เดิมและให้ความรู้พื้นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ของนักศึกษาในกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติ ดังนั้นผู้สอนจึงต้องให้ความรู้เบื้องต้นในเรื่องที่ต้องการศึกษาด้วยวิธีการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสม เพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจเบื้องต้น

5.2.1.3 ขั้นกำหนดปัญหา (Problem : P) เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาแล้วให้นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา โดยให้นักศึกษาฝึกกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีผู้สอนเป็นผู้คอยแนะนำและร่วมกับนักศึกษาในการกำหนดปัญหาว่าเป็นไปได้หรือไม่

5.2.1.4 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Method : M) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาระบุปัญหาในโจทย์วิเคราะห์ หาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ทำความเข้าใจปัญหา โดยการให้นักศึกษาระบุว่า การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา โดยผู้สอน

และนักศึกษาร่วมกันพิจารณาหัวเรื่องที่ต้องศึกษา ผู้สอนให้นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสือตำรา วารสาร คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อินเทอร์เน็ต หรือปรึกษาผู้รู้ในเนื้อหาเฉพาะแล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแนวทางแก้ปัญหาโดยถามตอบเหตุผลของการเลือกแนวทางนั้น และแนะนำแนวทางใหม่ หากเห็นว่าไม่สามารถดำเนินตามแนวทางได้

5.2.1.5 ขั้นการแก้ปัญหา (Action: A) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ ร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้ โดยผู้สอนสังเกตุพฤติกรรมนักศึกษาขณะดำเนินการแก้ปัญหา

5.2.1.6 ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา (Solution : S) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้ โดยให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบ และนำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์ นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ร่วมกันอีกครั้ง นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

5.2.1.7 ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล (Evaluate : E) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาเมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็นซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์ ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันประเมินคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

ทั้งนี้พบว่า สอดคล้องกับ อชินี พลสวัสดิ์ และ ธิติพร ชาญศิริวัฒน์ (2560, น. 61-72) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยี พีแอลซี พบว่ารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 8 ขั้นตอน คือ 1) แบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อย 2) อาจารย์ส่งปัญหาให้นักศึกษา 3) นักศึกษาตั้งสมมติฐาน 4) นักศึกษาแยกแยะปัญหา 5) สร้างการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ขยายฐานของปัญหาจากความรู้ใหม่ 6) แก้ปัญหา 7) สรุปผล/นำเสนอ และ 8) ประเมิน และสอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2560, น. 179-192) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) : รายวิชาการออกแบบและพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) กำหนดปัญหา 2) ทำความเข้าใจปัญหา 3) ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) สังเคราะห์ความรู้ 5) สรุปและประเมินค่าของคำตอบ และ 6) นำเสนอและประเมินผลงาน โดยผู้เรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ๆ ด้วยตนเอง การวัดและประเมินผลใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง ดูจากความสามารถในการ

ปฏิบัติของผู้เรียนในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้และพิจารณาจากผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ และศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์ (2561, น. 208-224) ได้ศึกษาเรื่อง รูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 พบว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 มี 8 ขั้นตอน คือ 1) การจัดกลุ่มผู้เรียน 2) การศึกษาโจทย์ปัญหา 3) การระบุปัญหา 4) การวิเคราะห์แยกแยะปัญหา 5) การอภิปรายหาสาเหตุตั้งสมมติฐาน 6) การกำหนดประเด็นการเรียนรู้เพื่อทดสอบสมมติฐาน 7) การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และ 8) การอภิปรายและสรุปองค์ความรู้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเน้นผู้เรียนให้คิดวิเคราะห์แก้ปัญหา ในขณะเดียวกันได้เน้นการใช้สื่อหรือเทคโนโลยีในการดำเนินกิจกรรม เช่นการใช้เครื่องมือสืบค้น การใช้บริการเว็บไซต์ การใช้สื่อสังคม และสื่อดิจิทัลอื่นๆ ทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และเป็นไปตามโมเดลประเทศไทย 4.0 ที่เน้นการพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในศตวรรษที่ 21 โดยมีวาระการขับเคลื่อนที่สำคัญคือ การปฏิรูปการศึกษา ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง หนึ่งในการเปลี่ยนแปลงนี้คือ การปรับเปลี่ยนหลักสูตรและรูปแบบการสอน เน้นการสร้างนวัตกรรม การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและปรับวิธีการ เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ส่งผลให้สามารถพัฒนาตนเองได้ตลอดชีวิต

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) เมื่อเทียบกับขั้นตอนในการเรียนแบบปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนที่แตกต่างออกไป 2 ขั้นตอน คือขั้นเตรียมความพร้อม โดยขั้นนี้เป็นขั้นที่สำคัญเพราะทำให้ผู้เรียนได้เตรียมตัวในการเริ่มเรียนได้รู้ถึงขั้นตอนการดำเนินการในการเรียน รู้หน้าที่ของแต่ละคน ได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความสามารถก่อนเรียน ได้แบ่งกลุ่มในการเรียน ซึ่งทำให้การเรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเริ่มต้นด้วยความพร้อมและความเข้าใจทั้งชั้นเรียน และขั้นให้ความรู้เบื้องต้น ขั้นนี้มีความสำคัญมากเนื่องด้วยความรู้ที่จะให้เป็นความรู้พื้นฐานและทบทวนความรู้เดิมที่จำเป็นในการแก้ปัญหาที่ได้จากสถานะการณ์ปัญหา เป็นการให้ผู้เรียนได้มีความรู้ที่จำเป็นเพื่อจะนำไปสู่การค้นหาความรู้ใหม่ก่อนการพิจารณาปัญหา และผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

ความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) ในหัวข้อที่ว่ามีขั้นตอนเหมาะสมทำให้ผูเรียนสามารถศึกษาแก้ปัญหาหาความรู คำตอบ และพิสูจนทฤษฎี และหัวข้อมีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนมีปฏิสัมพันธ/ทำงาน/ทำกิจกรรม รวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรูตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีค่าความเหมาะสมสูงสุดที่ 4.875 แสดงว่านวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ สามารถจดจำได้ดี มีการทำงานเป็นทีม ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ค้นพบด้วยตัวเอง นำความรู้ไปใช้ได้จริง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนมากกว่าการรับฟังจากผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว สิ่งสำคัญสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้จะต้องมีแรงกระตุ้นและทำให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้แก้ปัญหา ดังนั้นลักษณะของปัญหาต้องมีความน่าสนใจ ท้าทายและน่าค้นหาคำตอบโดยมีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุเป้าหมาย สอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2560, น. 179-192) ได้ทำการวิจัยเรื่อง

การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) : รายวิชาการออกแบบและพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้ สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหานั้น ผู้เรียนสามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ สามารถถกเถียงหาข้อสรุปในชั้นเรียน ให้ความร่วมมือช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานเป็นกลุ่ม ช่วยกันออกแบบชิ้นงาน โดยมีอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำปรึกษาในขณะทำงาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการจัดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีทำให้ผู้เรียนสนุกกับการเรียนรู้มากขึ้นเพราะเน้นไปที่ปฏิบัติมากกว่า เชิงวิชาการ ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์

5.2.2 ประสิทธิผลนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ประกอบด้วย 1) ค่าดัชนีความสอดคล้องของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา 2) ประสิทธิภาพของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) ประกอบด้วย (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา และ (2) คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยหลังการทดลอง ผลจากการวิจัยพบว่า

5.2.2.1 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.976 โดยด้านเกณฑ์ภายนอกศึกษา มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 1 ด้านเกณฑ์ภายในของลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 และในส่วนของลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน มีดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยย่อย แสดงว่าแผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวงจรไฟฟ้าตามคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร รวมทั้งยังสอดคล้องกับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นเกณฑ์ภายนอก ส่วนเกณฑ์ภายในแผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ในด้านองค์ความรู้ และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และมียังมีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ในลักษณะด้านปัญหา การบูรณาการเนื้อหาความรู้ในสาขาต่างๆที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา มีความสอดคล้องของกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ การเรียนเป็นกลุ่มย่อยสอดคล้องกับวิธีการทำงานร่วมกันซึ่งเป็นลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และเน้นผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการเรียนโดยกำกับตนเอง

5.2.2.2 ประสิทธิภาพของนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model)

1) การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินในการทดลอง (Extraneous variable) ที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตาม ที่ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) โดยมีวิธีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนดังนี้ 1) สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จากประชากรวิจัยสู่การทดลอง 2) ควบคุมตัวแปรเกินกลุ่ม

ความสามารถในการเรียนรู้หรือพื้นฐานการศึกษา โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างการทดลองเป็นสามกลุ่มโดยแบ่งผลการเรียนเฉลี่ยสะสมหรือเกรดเฉลี่ยสะสมของตัวอย่างทดลองเป็น 3 ช่วง ตามผลการเรียนเฉลี่ยจากมากไปน้อย โดยกระบวนการทางสถิติ โดยแบ่งกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน และสุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดลองของกิจกรรมการเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา ทั้งนี้เพื่อทำให้ตัวแปรเกินดังกล่าว ส่งผลต่อการทดลองแบบสุ่ม 3) ควบคุมตัวแปรอายุ โดยศึกษากลุ่มทดลองที่มีอายุใกล้เคียงกัน ทั้งนี้พบว่า ค่าอายุเฉลี่ยของกลุ่มทดลองเท่ากับ 18.8 และส่วนเบี่ยงเมนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 4) ควบคุมตัวแปรพื้นฐานทางช่างอุตสาหกรรม ที่ค่าตัวแปรในมาตรวัดระดับนามบัญญัติ (Nominal scale) หรือเป็นตัวแปรกลุ่มประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างที่จบมัธยมศึกษาสายสามัญ (วิทย์-คณิต) และกลุ่มที่จบประกาศนียบัติวิชาชีพ (ปวช.) ทำให้มีความเท่าเทียมกัน โดยมีขั้นตอนให้ความรู้พื้นฐานก่อนการทดลอง 5) ควบคุมตัวแปรสภาพการณ์ในการทดลองให้คงที่ โดยจัดสภาพทางกายภาพต่างๆ ในการทดลองให้เหมือนกัน เช่นสถานที่เป็นห้องเรียนเดียวกันตลอดการทดลอง มีเครื่องมือในการค้นคว้าความรู้เหมือนกันทุกกลุ่มย่อย รวมทั้งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเรียนการสอนเองผู้เดียว ผู้เรียนได้รับความรู้และการชี้แจงพร้อมกัน เวลาในการเรียนเป็นเวลาในช่วงเดียวกัน

ทั้งนี้จากการดำเนินการทดลองตามตัวแปรทดลอง หรือนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา (PIP-MASE Model) และการควบคุมตัวแปรเกินหรือตัวแปรแทรกซ้อน ดังที่กล่าวมาแล้ว ผลการทดลอง พบว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยรวมสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานย่อย เนื่องด้วยการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ ค้นคว้า อภิปราย เพื่อหาคำตอบของปัญหา ทำให้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจในเนื้อหาจึงสามารถทำแบบทดสอบ ได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหา ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในปัญหานั้น รวมทั้งผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหา (ทิศนา แขมมณี, 2559) สอดคล้องกับ อชินี พลสวัสดิ์ และ ธิติพร ชาญศิริวัฒน์ (2560, น. 61-72) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยีพีแอลซี พบว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยรวมสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับ ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์ (2561, น. 208-244) ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียน ด้วยรูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ สุรพล บุญลือ (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใชหองเรียนเสมือนจริง แบบใชปัญหาเปนหลักในระดับอุดมศึกษา พบว่าผลของการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจาก

หองเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเปนหลักพบวามีผลการเรียน สูงกวา นักศึกษาที่เรียนจากหองเรียนปกติโดยใชปญหาเป็นหลักอยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ บีนอยท์ กาแลนด์ และคณะ (Benoit Galand et al., 2012) ได้ศึกษาเรื่อง ประสิทธิผลของการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐานในการศึกษาทางวิศวกรรม : การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างความรู้สามระดับ มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดของหลักการและประยุกต์ใช้ความรู้ในกลุ่มนักศึกษาวิศวกรรมก่อนและหลังการใช้การเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานและโครงงานเป็นฐาน (PBL) โดยใช้นักศึกษา 4 คน (N=385) นักศึกษา 2 คนเรียนรู้ตามหลักสูตรแบบบรรยายและนักศึกษาอีก 2 คนเรียนตามหลักสูตร PBL พบว่า นักศึกษาจากหลักสูตร PBL มีประสิทธิภาพสูงกว่านักศึกษาที่เรียนในหลักสูตรปกติทั่วไป โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ความรู้ สรุปแล้วผลลัพธ์บ่งชี้ว่า การเรียนรู้แบบ PBL มีประสิทธิภาพในการศึกษาด้านวิศวกรรม และ เรมลี่ มัสตาปา และคณะ (Remlee Mustapha et al., 2014) ได้ศึกษาเรื่อง การสำรวจปัญหาของนักศึกษาโรงเรียนเทคนิคในหลักสูตรการเรียนวิชาด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจปัญหาที่นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่กำลังศึกษาหัวข้อเรื่องทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นเนื้อหาการเรียนที่มีความยาก เพื่อต้องการทราบทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐาน (PBL) การเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน สามารถเสริมสร้างความเข้าใจและทำให้การเรียนรู้ของนักศึกษามีมากขึ้น กรอบการวิจัยของการศึกษานี้ใช้แบบจำลองของ Kemmis และ Mc Taggart วิธีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยใช้เทคนิค Jigsaw ในรอบแรกและรอบสองของการศึกษา ในรอบสุดท้ายใช้วิธีการสนทนา ในการออกแบบเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการณ์ เลือกกลุ่มตัวอย่าง 30 คนจาก 5 ชั้นเรียนในโรงเรียนเทคนิคที่เลือก โดยใช้การเรียนแบบ PBL ในการเรียนการสอนเป็นเวลา 9 สัปดาห์ รวบรวมข้อมูลจากการประเมินด้วยการสังเกต และทดสอบก่อนหลังการเรียนรู้ โดยใช้ค่าความถี่เชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า นักศึกษามีการซักถามกันมากขึ้น ผลการทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อ PBL สูง และPBL ยังช่วยเสริมทักษะในการทำงานร่วมกัน และช่วยเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา

2) ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เป็นไปตามสมมติฐานย่อย อาจเนื่องมาจาก รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระบวนการจัดการเรียนการสอนแตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่ต้องรับฟังการบรรยายอย่างเดียว โดยผู้เรียนมีอิสระในการคิดวิเคราะห์ วางแผน ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาด้วยตนเอง เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดระหว่าง สมาชิกในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และพยายามที่จะหาคำตอบที่ถูกต้อง ขณะเดียวกันได้เน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุน การเรียนรู้ ซึ่งในปัจจุบันมีให้เลือกใช้หลายประเภท ทำให้ผู้เรียนมีอิสระสามารถเลือกสื่อที่ให้ความรู้ได้ตามความสนใจ และความสะดวกในการใช้งาน (ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์, 2561, น. 208-224) ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาและมีความพึงพอใจต่อด้านการเรียนการสอนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับ อชินี พลสวัสดิ์ และธิติพร ชาญศิริวัฒน์ (2560, น. 61-72) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดย

ใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยีพีแอลซี พบว่าการประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม PBL ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก และ พรจิต ประทุมสุวรรณ (2553) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดการสอนการควบคุมไฮดรอลิกไฟฟ้าแบบพีซี: วิธีการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับพึงพอใจมาก และ สุรพล บุญลือ (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้หองเรียนเสมือนจริง แบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา พบว่านักศึกษาที่เรียนผ่านหองเรียนเสมือนจริง มีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนด้วยหองเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษาอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ผู้เรียนบางส่วนยังระบุปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาไม่หลากหลาย ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์มากขึ้นโดยใช้คำถาม

5.3.1.2 เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีกระบวนการหลายขั้นตอน อาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการจัดกิจกรรม ดังนั้นผู้สอนควรกำหนดระยะเวลาในการจัดกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสม

5.3.1.3 ผู้สอนควรตรวจสอบแหล่งค้นคว้าหาความรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นที่ตั้งไว้เป็นปัญหา สำหรับการหาคำตอบ เช่น จัดมุมค้นคว้าภายในห้องเรียนทั้งด้านเอกสารและจากอินเทอร์เน็ต

5.3.1.4 ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการคัดเลือกสมาชิกเพื่อจัดกลุ่ม โดยสมาชิกต้องสามารถดำเนินการกระบวนการกลุ่มได้

5.3.1.5 การแบงกลุมผูเรียนออกเปนกลุมยอยๆ นั้นควรพิจารณาใหผูเรียนที่มีความรับผิดชอบสูงกระจายอยูในแตละกลุมทุกๆ กลุม เพื่อใหเปนผูคอยควบคุม (ประธานกลุม) การคนควาขอมูลของสมาชิกและเพิ่มความรับผิดชอบตอการแกปญหายอยๆ ในกลุม ใหเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้

5.3.1.6 เนื่องด้วยรูปแบบ PIP-MASE มีประสิทธิผลในการสอนเนื้อหาการเรียนรู้ทางทฤษฎี และสามารถปรับใช้รูปแบบ PIP-MASE แบบออนไลน์ ในช่วงการแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ โควิด 19 (COVID 19) ที่มีการแพร่ระบาดไปทั่วโลก

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ PIP-MASE กับการจัดการเรียนรู้แบบอื่นๆ และควรเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรูที่เกิดขึ้นกับผูเรียนที่ผานกระบวนการเรียนการสอนโดยวิธีปกติกับโดยใชรูปแบบ PIP-MASE ทั้งนี้เพราะการเรียนรูโดยใช้รูปแบบ PIP-MASE ผูเรียนตองดำเนินการเรียนรูดวยตนเองและภายในกลุม ทำใหเกิดความคงทนของการเรียนรู้

5.3.2.2 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ PIP-MASE ในวิชาด้านวิศวกรรมอื่นๆ รวมทั้งด้านการพัฒนาทักษะปฏิบัติทางวิศวกรรม

5.3.2.3 ควรมีการพัฒนาการเรียนการสอน โดยใช้โมเดล PIP-MASE มาพัฒนาเป็นแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อการสอนแบบออนไลน์

5.3.2.4 ควรนำรูปแบบ PIP-MASE มาบูรณาการการเรียนรู้ในงานอาชีพสู่การเรียนการสอน

5.3.2.5 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ PIP-MASE ในวิชาด้านอื่นๆ เช่นด้านสังคมศึกษา และด้านเทคนิคศึกษา

5.3.2.6 ศึกษาวิจัยผลของ รูปแบบ PIP-MASE ต่อตัวแปรกลุ่มพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยต่างๆ เช่น เจตคติต่อวิศวกรรมศึกษา

5.3.2.7 ตรวจสอบประสิทธิภาพของ รูปแบบ PIP-MASE โดยกำหนดขอบเขตการวิจัยให้แตกต่างไปในด้านต่างๆ เช่น ระยะเวลาการทดลอง เนื้อหาและแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนทดลองต่างๆ เช่น Time Series Experimental Design และ Patched Model Experimental Design

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน : รายวิชาการออกแบบและพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. **วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**, **11**(2), 179-192.

_____. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**, **18**(4), 334-348.

กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันสงเสริมการสอนวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี (สสวท.). (2559). **คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา**. กรุงเทพฯ: ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ.

_____.(2559). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.** กรุงเทพฯ: [ม.ป.พ.]

_____.(2557). **ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา ชวงชั้นที่ 1–ชวงชั้นที่ 4**. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). **รายงานการวิจัยเพื่อจัดทำข้อเสนอนโยบายการส่งเสริมการจัดการศึกษาด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

_____.(2550). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.** กรุงเทพฯ: [ม.ป.พ.]

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ. (2554). **คู่มือจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

นัสรินทร บือซา. (2558). **ผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร).

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. **วารสาร สสวท**., **42**(185), 14-18.

พินิจ เนื่องภิรมย์, มานัส สุนันท์, กนกวรรณ เรืองศิริ, สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ และ สมศักดิ์ อรรคทิมากูล. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ SMILE โดยใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นฐานสำหรับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. ใน **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม ระดับชาติ ครั้งที่ 9** (น. 74-79)**.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พรจิต ประทุมสุวรรณ. (2553). **คู่มือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

_____.(2553). **การพัฒนาชุดการสอนการควบคุมไฮดรอลิกไฟฟาแบบฟซซี: วิธีการเรียนรูโดยใชปญหาเปนฐาน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกลาพระนครเหนือ).

บรรณานุกรม (ต่อ)

พรทิพย ศิริภัทราชัย. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักบริหาร, 33**(2). 49-56.

พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์. (2544). **การเรียนรู้โดยใช้ปัญหา**. กรุงเทพฯ: ธนาเพรส แอนด์ กราฟฟิค.

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์. (2557). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบสอบเพื่อเสริมสร้างความคาดหวังวิชาฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร).

ทิศนา แขมมณี. (2559). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**, พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดชัย บัวผาย, วิญญู อุตระ, ฐิติมา ผ่องแผ้ว และ วรปภา อารีราษฎร์. (2560). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการสู่การเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา. **วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม.คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม**, **4**(1). 174-183**.**

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม. (2559). **การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).

ปรียานุช พรหมภาสิต. (2557). **สร้างเกลียวความรู้พัฒนาการเรียนการสอน**. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์-วงศ์

วนัสรินทร บือซา. (2558). **ผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีตอผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่5**. (วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร).

วัลลี สัตยาศัย. (2547). **การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.** กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

วีนา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม.(2559). **รูปแบบการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์. (2561). รูปแบบการเรียนแบบดิจิทัลโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในยุคไทยแลนด์ 4.0. **วารสารปัญญาภิวัฒน์., 10**(พิเศษ). 208-224.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2553). **นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน.** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้ง.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2559). **สะเต็มศึกษา: ปญญาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: นำศิลปโฆษณา.

_____. (2558). **สะเต็มศึกษา: ความทาทายใหมของการศึกษาไทย**. กรุงเทพฯ: นำศิลปโฆษณา.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสาร สสวท**. **42**(186), 3-5.

สุมนา อัศวปยุกต์กุล. (2538). การเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก. **วารสารแนะแนว.**: 51-54.

สุรพล บุญลือ. (2550). **การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใชหองเรียนเสมือนจริง แบบใชปญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

อชินี พลสวัสดิ์ และ ธิติพร ชาญศิริวัฒน์. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการสอนทักษะภาคปฏิบัติรายวิชาเทคโนโลยีพีแอลซี. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 12**(1), 61-72.

อาคม ลักษณะสกุล. (2556). **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมจำลองเรื่องตัวควบคุมแบบออโต้จูนตามแนวการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้นิยม.** (วิทยานิพนธปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกลาพระนครเหนือ).

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N.O. (2000). **Fundamentals of Electric Circuits**. New York: McGraw-Hill.

Barrow, H. S. (2000). **Problem-based learning applied to Medical Education (Rev. ed.)**. Illinois: School of Medicine, Southern Illinois University.

Boylestad, R. L. (2003). **Introductory Circuit Analysis (10thed).** New Jersey: Prentice Hall.

Claire, H.M. & Betsy P. (2001). Assessing the Effectiveness of Problem-based learning in Higher Education : Lessons from the Literature. **Academic Exchange Quarterly. 5**(1)

Duch, B. (1995). Problem Base Learning in Physics : The Power of Students Teaching Students. **About Teaching.**, 47,6-7.

Ferreira, M. M. & Trudel, R. A. (2012). The Impact of Problem-Based Learning (PBL) on Student Attitudes Toward Science, Problem-Solving Skills, and Sense of Community in the Classroom. **The Journal of Classroom Interaction. 47**(1), 23-30.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Galand, B., Frenay, M., & Raucent, B. (2012). Effectiveness of Problem-Based Learning In Engineering Education : A Comparative Study on Three Levels of Knowledge Structure. **International Journal of Engineering Education. 28**(4), 939-947.

Irwin, J. D. & Chwan-Hwa Wu. (1999). **Basic Engineering Circuit Analysis (6thed)**. New Jersey: Prentice Hall.

Johnson, D. E., Johnson, J. R. & Hilburn, J. L. (1992). **Electric Circuit Analysis (2nded)**. New Jersey: Prentice Hall.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering Education, Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer. **Australasian Journal of Engineering Education.** January 2003.,2, Retrieved from http://researchgate.net/publication/246069451

Mustapha, R., Rahim, L. A. Z., & Azman, N. A. M. (2014). Exploring the problem faced by technical school students in learning engineering courses. **Journal of Engineering Science.**

Masek, B. A. & Yamin, S. (2012). A Comparative Study of the Effect of Problem Based Learning and Traditional Learning Approaches on Students' Knowledge Acquisition. **International Journal of Engineering Education. 28**(5), 1161-1167.

Silva, A.B.D., Bispo, A.C.K.d.A., Rodriguez, D.G. & Vasquez, F.I.F. (2018). Problem-based learning: A proposal for structuring PBL and its implications for learning among students in an undergraduate management degree program. **Revista de Gestão. 25**(2), 160-177.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการเรียนรู้และคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการเรียนรู้และคุณภาพเครื่องมือวิจัย

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญทางดานการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญทัน ศรีบุญเรือง
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพงษ์ จิตตะโคตร
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา แสงเดือน
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ โสมะเกษตรินทร์
   คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุทธิพร
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล จินะวงค์
   คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ปัญญาศิริรัตน์
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาคม ลักษณะสกุล
   หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า
   สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทางดานการประเมินความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญทัน ศรีบุญเรือง
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพงษ์ จิตตะโคตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา แสงเดือน
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ โสมะเกษตรินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุทธิพร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล จินะวงค์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ปัญญาศิริรัตน์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาคม ลักษณะสกุล
หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กลุ่มที่ 3 ผูเชี่ยวชาญทางดานการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ โสมะเกษตรินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพงษ์ จิตตะโคตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุทธิพร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล จินะวงค์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

กลุ่มที่ 4 ผู้เชี่ยวชาญทางดานการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา แสงเดือน
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ปัญญาศิริรัตน์
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญทัน ศรีบุญเรือง
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร.๐-๒๕๔๙-๔๗๑๒

ที่ อว ๐๖๔๙.๐๒ / ๓๕๒๕ **วันที่** ๑๓ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินรูปแบบ (Model)

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญทัน ศรีบุญเรือง

ศึกษา ระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคนิคเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติให้จัดทำดุษฎีนิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การวิจัยและพัฒนารูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา โดยมีอาจารย์ ที่ปรึกษาหลัก คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริลักษณ์ หาญวัฒนานุกูล

ในการนี้ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินรูปแบบ (Model) เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้นักศึกษาจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อานนท์ นิยมผล)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ข
แบบประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบการเรียนรู้
ตารางค่าการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมรูปแบบการเรียนรู้

แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

โปรดพิจารณาขอถามตอไปนี้แลวทำเครื่องหมาย ☑ ในชองระดับความเห็นดวยที่ตรงกับความคิดเห็นของทาน<u>มากที่สุด</u> เพียงขอละ 1 ความคิดเห็น มีระดับความคิดเห็นดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมนอย

1 หมายถึง เหมาะสมนอยที่สุด

ข้อคำถาม	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
ดานการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้					
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมกับการเรียนรู้					
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนที่เนนผูเรียนใหใชสติปญญา รูจักแกปญหาดวยตัวเอง					
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมต่อผูเรียนในการสร้างองค์ความรู้					
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมทำให้ผูเรียนสามารถศึกษาแก้ปัญหาหาความรู คำตอบ และพิสูจนทฤษฎี					
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการสอนวิชาวิศวกรรมศึกษา					
ข้อเสนอแนะ :					
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน					
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการออกแบบเนื้อหา / สื่อการสอน / กิจกรรม เหมาะสมใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง					
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรูที่เหมาะสมสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด					
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายเหมาะสมกับการบูรณาการใช้งาน					
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผู้เรียนมีโอกาสศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย					
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนมีปฏิสัมพันธ/ทำงาน/ทำกิจกรรม รวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรูตามวัตถุประสงค์					
6.รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนสามารถค้นควาหาความรูดวยตนเองอยางอิสระ					

ข้อคำถาม	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
ข้อเสนอแนะ :					
ดานการประเมินผล					
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการวัดผลและประเมินผลเหมาะสมทั้งด้านความรู ความสามารถ ทักษะ และเจตคติ					
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับรูปแบบการสอน					
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดผลที่เหมาะสมใชเก็บขอมูลการเรียนรูของผูเรียนได ตามสภาพจริง					
ข้อเสนอแนะ :					
ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ					
1. ความเหมาะสมของขั้นเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน					
2. ความเหมาะสมของขั้นการให้ความรู้พื้นฐาน					
3. ความเหมาะสมของขั้นกำหนดปัญหา					
4. ความเหมาะสมของขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา					
5. ความเหมาะสมของขั้นการแก้ปัญหา					
6. ความเหมาะสมของขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา					
7. ความเหมาะสมของขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล					
ข้อเสนอแนะ :					

ตารางค่าการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ								$\overline{X}$	SD
	1	2	3	4	5	6	7	8		
ดานการออกแบบรูปแบบบูรณาการเรียนรู้										
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมกับการเรียนรู้	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนที่เนนผูเรียนให้ใชสติปญญา รูจักแกปญหาดวยตัวเอง	5	5	5	4	4	4	4	4	4.375	0.52
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมต่อผูเรียนในการสร้างองค์ความรู้	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมทำให้ผูเรียนสามารถศึกษาแก้ปัญหาหาความรู คำตอบ และพิสูจนทฤษฎี	5	5	5	5	5	5	5	4	4.875	0.35
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีขั้นตอนเหมาะสมสำหรับการสอนวิชาวิศวกรรมศึกษา	5	5	4	4	4	4	4	4	4.250	0.46
รวม									**4.350**	**0.41**
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน										
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการออกแบบเนื้อหา / สื่อการสอน / กิจกรรม เหมาะสมใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรูที่เหมาะสมสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายเหมาะสมกับการบูรณาการใช้งาน	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
4. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผู้เรียนมีโอกาสศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย	5	5	5	5	4	4	4	4	4.500	0.53
5. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนมีปฏิสัมพันธ/ทำงาน/ทำกิจกรรม รวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรูตามวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5	5	4	4.875	0.35
6.รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมให้ผูเรียนสามารถค้นควาหาความรูดวยตนเองอยางอิสระ	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
รวม									**4.313**	**0.38**
ดานการประเมินผล										
1. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีการวัดผลและประเมินผลเหมาะสมทั้งด้านความรู ความสามารถ ทักษะ และเจตคติ	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
2. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับรูปแบบการสอน	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
3. รูปแบบบูรณาการเรียนรู้ มีวิธีการวัดผลที่เหมาะสมใชเก็บขอมูลการเรียนรูของผูเรียนไดตามสภาพจริง	5	5	4	4	4	4	4	4	4.250	0.46
รวม									**4.167**	**0.39**

ตารางค่าการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ								$\overline{X}$	SD
	1	2	3	4	5	6	7	8		
ด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบ										
1. ความเหมาะสมของขั้นเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
2. ความเหมาะสมของขั้นการให้ความรู้พื้นฐาน	5	5	5	5	5	5	4	4	4.750	0.46
3. ความเหมาะสมของขั้นกำหนดปัญหา	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
4. ความเหมาะสมของขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	5	5	4	4	4	4	4	4	4.250	0.46
5. ความเหมาะสมของขั้นการแก้ปัญหา	5	4	4	4	4	4	4	4	4.125	0.35
6. ความเหมาะสมของขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา	5	5	5	5	5	5	4	4	4.750	0.46
7. ความเหมาะสมของขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล	5	5	4	4	4	4	4	4	4.250	0.46
รวม									**4.340**	**0.41**
รวมทุกด้าน									**4.290**	**0.40**

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

-คู่มือการใช้นวัตกรรมรูปแบบฯและตัวอย่างแผนจัดการเรียนรู้

-แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

-แบบประเมินความพึงพอใจ

คู่มือการใช้นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับวิศวกรรมศึกษา
และ
แผนจัดการเรียนรู้

สาขาวิชาเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

STEM&PBL

ส่วนที่ 1
รูปแบบการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

ส่วนที่ 1

รูปแบบการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

ประเทศไทยกำหนดยุทธศาสตร์ชาติที่สำคัญ เพื่อการพัฒนาประเทศ ให้ ก้าวพ้นกับดักรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) และในขณะเดียวกันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุทำให้มีสัดส่วนประชากรวัยทำงานลดลง ซึ่งส่งผลต่อการสร้างกำลังคนหรือการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม หรือสะเต็มศึกษา(STEM Education) นอกจากนี้การพัฒนาเศรษฐกิจการก้าวออกจากกับดักรายได้ปานกลาง นั่นคือการเพิ่มรายได้ต่อหัวประชาชาติด้วยจำนวนแรงงานที่ลดลง ซึ่งส่งผลอย่างมีนัยสำคัญให้ประเทศไทย จำเป็นต้องเพิ่มทักษะและคุณภาพของแรงงาน ตัวชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี (Technical infrastructure) ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific infrastructure) และด้านการศึกษา (Education infrastructure) นั้น มีอันดับลดลงจากปี ค.ศ. 2014 แสดงให้เห็นถึงความอ่อนแอทางด้านปัจจัยพื้นฐาน เช่น คุณภาพการศึกษา และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการพัฒนากำลังคน และเศรษฐกิจของประเทศ(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา,2559:2)

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพการศึกษาพบว่า ประเทศไทยประสบปัญหาด้านคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ต่ำ ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศที่อยู่ในกลุ่ม OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) ทั้งนี้อาจเนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจบทเรียนอย่างแท้จริง เรียนแบบท่องจำทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมต่อความรู้เป็นภาพใหญ่ได้ และไม่สามารถนำบทเรียนนั้นไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา,2559:3) และโลกของการศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือเพื่อแสวงหาความรู้มีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้ ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากแหล่งต่างๆ มากมาย และตลอดเวลาที่ต้องการทำให้ห้องเรียนมีความแปลกตาไปจากที่เป็นอยู่ ภาพของการที่นักเรียน หรือนิสิตนักศึกษาจะมีคอมพิวเตอร์พกพา(Notebook) แท็บเล็ต(Tablet) ไอแพด(iPad) หรือสมาร์ทโฟน(Smart Phone) เป็นอุปกรณ์การเรียนจึงเป็นเรื่องปกติ ดังนั้นหน้าที่ของครู อาจารย์ในการสอนจึงเปลี่ยนแปลงไปจากการยืนหน้าชั้นมาเป็นการกระตุ้นและอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด ด้วยกระบวนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เกิดแนวความคิดต่อการจัดการศึกษานั้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย(พรทิพย.,2556 : 49).

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ 4 ศาสตร์ ประกอบด้วย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ร่วมด้วยกัน ซึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการเรียนการสอนให้มีกิจกรรม โดยให้

ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ที่พบในชีวิตประจำวัน จากการประยุกต์ใช้ความรู้จากทักษะ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาผ่านกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้ ชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิต นวัตกรรมใหม่ ที่มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจะต้องมีทักษะหลักๆ 3 ด้าน ได้แก่ 1)ทักษะชีวิตและการทำงาน 2) ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม 3)ทักษะด้านสารสนเทศ การสื่อสารและเทคโนโลยี(พินิจ และคณะ , 2559) โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบ ชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ (1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่าง การเรียนรู้ (2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (active learning) ของผู้เรียน (4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ (5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต ดังนั้นการจัดการศึกษาแบบบูรณาการ จึงเน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษา ที่ตอบสนองต่อการเตรียมรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดี และมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่งคั่งของประเทศได้

นอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนง ทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่นๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่างๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูล เครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียน ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้และอยู่ในโลกแห่ง อนาคตได้อย่างแท้จริง(เทอดชัย , 2560 : 175) แนวคิดในการจัดการศึกษาของไทยในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงหลายๆ ด้านทั้งเชิงคุณภาพ และปริมาณกล่าวคือ มีการเน้นคุณภาพความสามารถของผู้สอน ลดปริมาณความซ้ำซ้อนของ เนื้อหามีการนำผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ด้านสมอง และจิตวิทยาการเรียนรู้ของมนุษย์มาปรับเปลี่ยนวิธี การจัดการศึกษาทุกระดับทั้งในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน และอุดมศึกษามีการศึกษาวิจัยและนำผลการวิจัยมาปรับเปลี่ยนการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพมากขึ้นมีการจัดการ ประชุมเชิงวิชาการจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อกระตุ้นให้นักการศึกษา

ได้เห็นความสำคัญและนำไปใช้เพื่อขับเคลื่อน นโยบายทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในส่วนของผู้ปฏิบัติการ เช่น ครู อาจารย์ ก็มีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนให้ ความสำคัญและใหผู้เรียนมบีทบาทมากขึ้น มีใช้วิธีการจัดการ เรียนการสอนรูปแบบต่างๆ มาใช้เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการคิด เช่น การจัดการสอนแบบบูรณาการ การสอนโดยใช้โครงงาน การสอนโดยใชวิจัยเป็นฐาน ฯลฯ จากการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ ในการจัดการศึกษาของไทยดังตัวอย่างที่กล่าวข้างต้นนี้ย่อม แสดงให้เห็นถึงความพร้อมของไทยในการนำสะเต็มศึกษามาสู่กระบวนการจัดการศึกษา(พรทิพย์,2556:53)

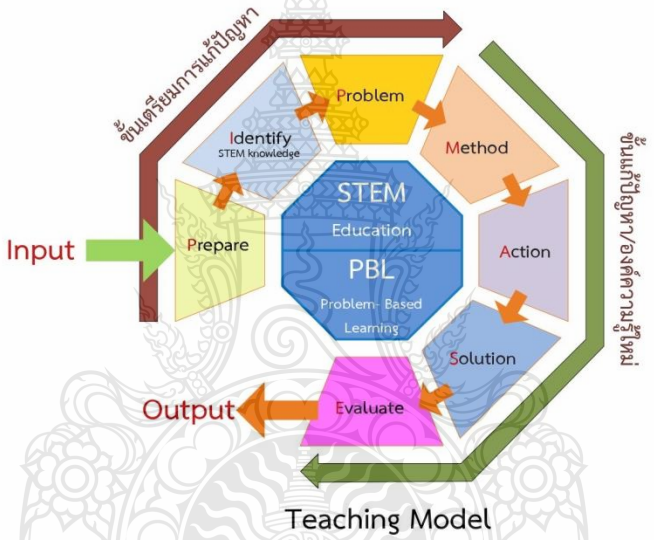
สะเต็มศึกษาเปนนวัตกรรมการเรียนรูรูปแบบหนึ่งที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เขาดวยกัน ใหผู้เรียนนำความรูไปใชแกปญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เปนประโยชน์ตอการดำาเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ ในการทำกิจกรรมการเรียนรูแบบโครงงานเปนฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรูแบบใชปญหาเปนฐาน (Problem-Based Learning) (สสวท., 2557) การเรียนรู้โดยใช้ปญหาเปนฐาน (Problem-Based Learning; PBL) นับเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจและคาดว่าน่าจะแก้ปัญหาในหลายๆ ประเด็นที่กล่าวมาในตอนตนได ทั้งนี้เนื่องจาก (1) เปนการสร้างองค์ความรู้อย่างมีรูปแบบ เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้ปญหาเปนฐานมีการจำลองภาพของงานในอนาคตใหผูเรียนไดศึกษา เมื่อผูเรียนตองออกไปประกอบอาชีพหรือเผชิญกับปัญหาจะทำใหมีการกระตุนความจำ และความสามารถในการนำข้อมูลมาปรับใชทั้งจากความรู้พื้นฐาน และความรู้ภาคปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาในอนาคตได (2) เปนการพัฒนากระบวนการความคิดที่มีเหตุผล การเรียนที่ผู้เรียนตองฝกการแกปญหาตลอดเวลา จะสอนใหผูเรียน รู้จักคิดอยางมีเหตุผล โดยผ่านการทำซ้ำๆ และไดรับข้อมูลย้อนกลับเพื่อย้ำในสิ่งที่ถูก และแก้ไขในสิ่งที่ผิด เป็นการฝกทักษะของการสรางข้อสมมติฐานข้อสงสัยต่างๆ หัดวิเคราะห์ขอมูล สังเคราะห์ปญหา และฝึกการตัดสินใจบนพื้นฐานของขอมูลที่มีอยู (3) เปนการพัฒนาทักษะในการแสวงหาความรู้ดวยตนเองอยางเสรี การฝึกใหผูเรียนรู้จักประเมินตนเอง และมีอิสระในการแสวงหา ความรู ทำใหผู้เรียนทราบความตองการของตนเองหรือความสนใจของผู้เรียนไมใช่มีผูใดผู้หนึ่งมา กำหนดใหตลอดเวลาและทราบว่าตนเองต้องการเรียนรู้อะไร จะไปหาแหล่งขอมูลที่เหมาะสมไดจากที่ไหน (4) เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการเรียน การไดฝกเรียนโดยการแก้ปัญหาฝึกคิด ซึ่งเป็นการท้าทายให้ผู้เรียนอยากเรียนรู เปนการสร้างแรงกระตุนให้ผูเรียนอยากรู้ตอไปเรื่อยๆ เพราะพื้นฐานมนุษยมีความอยากรู้อยากเห็นอยูแลว ถาสามารถเพิ่มแรงจูงใจให้ผูเรียน นับว่าเปนการส่งเสริมการเรียนรู้ใหมากขึ้นไปอีก (Khairiyah และคณะ, 2004; Doris R. และคณะ, 2002 อ้างถึงใน พรจิต,2553:2)

การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมนั้น ลักษณะเนื้อหารายวิชาส่วนมากนั้น ลักษณะรายวิชามีเนื้อหาที่มุ่งเน้นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการออกแบบ ปรากฏว่าผู้สอนจะตั้งใจสอนได้ดีก็ตาม แต่ผลการเรียนของผู้เรียนยังมีความแตกต่างกันอยู่มาก ในทุกๆ การเรียนการสอนยังคงมีผู้เรียนที่สอบตกอยู่มากเสมอ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการเรียนการสอนผู้สอนจะตั้งใจเต็มที่แล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถ

ที่จะคอยตรวจปรับผู้เรียนได้ทั้งชั้น ตลอดทั้งเนื้อหา เพราะถูกจำกัดด้วยปริมาณเนื้อหา และเวลาในแต่ละคาบ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้สอนควรจะมีเครื่องมือ หรือรูปแบบการเรียนการสอนที่จะใช้ช่วยในการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถที่จะคิดคำนวณ ได้ตามที่ผู้สอนวางเป้าประสงค์เอาไว้ แต่การเรียนการสอนด้านวิศวกรรมนั้น พบว่าวิธีสอนที่อาจารย์ใช้สอน ส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยาย รูปแบบกิจกรรมของผู้เรียนเป็นแบบถามตอบคำถาม (พินิจ และคณะ , 2559:75) ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการคิด การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการเรียนรู้ ร่วมกันมากกว่าการเรียนรู้แบบตัวใครตัวมัน (Individual Learning) เพราะการเรียนรู้ในแบบใหม่ต้อง เป็นการเรียนรู้ที่แบ่งปันกัน ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน การเรียนในปัจจุบันควรให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติพร้อม เรียนทฤษฎีไปพร้อม ๆ กันไม่ใช่แยกส่วนกันเรียน ห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 ควรเปลี่ยนจาก ห้องเรียนธรรมดา (Class Room) เป็นสตูดิโอ (Studio) เป็นที่ทำงานเป็นกลุ่มๆ ซึ่งหมายความว่า การเรียนจะเปลี่ยนจาก Lecture Based เป็น Problem- Based Learning เป็นการเปลี่ยนผู้เรียนจาก “กรรม” จากเดิมเป็นผู้เรียนเป็น “ประธาน” และเป็น “กริยา” ด้วยพร้อมกัน คือเป็นผู้ลงมือทำ ดังนั้นในศตวรรษที่ 21 ทักษะที่อยากให้เกิดกับผู้เรียน คือ 3R x 7C และต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะชีวิต 3 อย่างที่ควรจะมี ได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีรวมทั้งยังส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - Based Learning) กระบวนการเรียนรู้จาก ปมปัญหาสู่ปัญญา และพัฒนาครูผู้สอนผ่านกระบวนการแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ (Professional Learning Community) เพราะการศึกษาเป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้คน เกิดทักษะต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเตรียมประชากรให้ พร้อมที่จะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลง เพื่อที่จะดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข การศึกษา คือสร้างพลัง ปัญญาแก่ประชากร เพื่อพร้อมรับกับปัญหาต่างๆ ทั้งในเรื่องเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ดังนั้นการศึกษาจึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับพัฒนาประชากร เพื่อเตรียมความพร้อมในยุ ศตวรรษปัจจุบัน แต่ทั้งนี้การศึกษาจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณค่าที่แท้จริง ในความเป็นมนุษย์ใน ฐานะเป็นหลักความคิดเชิงคุณภาพ การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานจะแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มจะมีผู้เรียนประมาณ 5-8 คนและมีครูผู้สอน 1 คนหรืออาจจะมากกว่าทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นสนับสนุนและช่วยเหลือให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ซึ่งจะเรียกผู้สอนในระบบนี้ว่าผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator)กระบวนการจะเริ่มต้นด้วยการให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาที่สำคัญ ซึ่งคล้ายคลึงกับปัญหาที่จะต้องไปประสบจริงทางวิชาชีพของตนในอนาคต โดยที่ผู้เรียนมิได้มีการเตรียมตัวล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหานี้มาก่อน โดยทีมผู้สอนจะนำปัญหาดังกล่าวมาเขียนเป็นสถานการณ์ (Scenario) หรือโจทย์ปัญหา (Problem) เป็นการสร้างเหตุการณ์จำลอง เพื่อใช้เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดการคิดไตร่ตรอง หาเหตุผลมาอธิบาย และพยายามแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยใช้ความรู้พื้นฐานเดิมที่แต่ละคนมีอยู่มาร่วมกัน ตั้งเป็นสมติฐาน พร้อมกับพิจารณาและตั้งวัตถุประสงค์ในการไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่จำเป็น เพิ่มเติม พร้อมกับพิจารณาและตั้งวัตถุประสงค์ในการไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่จำเป็นเพิ่มเติม เพื่อนำมาช่วยในการพิสูจน์สมมติฐาน จากนั้นกลุ่มผู้เรียนก็จะแยกย้ายกันไปศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ ตาม

วัตถุประสงค์ที่ได้ช่วยกันตั้งไว้แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมมาใหม่กลับมาช่วยกันสรุปสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงต่อไป(กมลฉัตร,2560:181-182)

ดังนั้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนมีทักษะการทำงานทางด้านปฏิบัตและการเรียนทฤษฎีได้ดียิ่งขึ้น และเกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนทางด้านเทคโนโลยี วิศวกรรม และศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมศึกษาทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเต็มตามศักยภาพของแต่ละบุคคล อันจะส่งผลต่อการเรียนทั้งด้านวิศวกรรมพื้นฐานและด้านวิศวกรรมประยุกต์ อันเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญอย่างยิ่งในการประกอบอาชีพด้านวิศวกรรม



รูปที่ 1 รูปแบบการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนการสอนการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นขั้นตอนสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมศึกษาในวิชาวงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นเตรียมความพร้อม(Prepare : P) 2) ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น(Identify STEM knowledge : I) 3) ขั้นกำหนดปัญหา(Problem : P) 4) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา(Method : M) 5) ขั้นการแก้ปัญหา(Action : A) 6) ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา (Solution : S) 7) ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล(Evaluate : E) หรือ PIP-MASE Model ซึ่งจัดกลุ่มได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ ขั้นเตรียมการแก้ปัญหา P-I-P(3ขั้นตอนย่อย) และ ขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ M-A-S-E (4ขั้นตอนย่อย) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) เป็นขั้นที่ผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน บอกหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มให้ทราบว่าต้องดำเนินการเรียนอย่างไรบ้าง ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดความสามารถก่อนเรียนและทำการแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย โดยเป็นนักศึกษาที่มีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วให้เลือกประธานและเลขานุการกลุ่ม

2. ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น(Identify STEM knowledge : I) เป็นขั้นที่ผู้สอนทบทวนความรู้เดิมและให้ความรู้พื้นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ของนักศึกษาในกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติ ดังนั้นผู้สอนจึงต้องให้ความรู้เบื้องต้นในเรื่องที่ต้องการศึกษาด้วยวิธีการสอนและสื่อการสอนที่เหมาะสม เพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจเบื้องต้น

3) ขั้นกำหนดปัญหา(Problem : P) เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหา แล้วให้นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา โดยให้นักศึกษาฝึกกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีผู้สอนเป็นผู้คอยแนะนำและร่วมกับนักศึกษาในการกำหนดปัญหาว่าเป็นไปได้หรือไม่

4) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา(Method : M) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาระบุปัญหาในโจทย์วิเคราะห์ หาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ทำความเข้าใจปัญหา โดยการให้นักศึกษาระบุว่า การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา โดยผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันพิจารณาหัวเรื่องที่ต้องศึกษา ผู้สอนให้นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสือตำรา วารสาร คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อินเทอร์เน็ต หรือปรึกษาผู้รู้ในเนื้อหาเฉพาะแล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแนวทางแก้ปัญหาโดยถามตอบเหตุผลของการเลือกแนวทางนั้นและแนะนำแนวทางใหม่ หากเห็นว่าไม่สามารถดำเนินตามแนวทางได้

5) ขั้นการแก้ปัญหา (Action : A) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ ร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้ โดยผู้สอนสังเกตุพฤติกรรมนักศึกษาขณะดำเนินการแก้ปัญหา

6) ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา(Solution : S) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้ โดยให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบ และนำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์ นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้

ร่วมกันอีกครั้ง นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

7) ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล(Evaluate : E) เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักศึกษาเมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์ ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันประเมินคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน ประเมินผลการเรียนรู้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

ตารางที่ 1 โครงสร้างการเรียนการสอนการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอน	กิจกรรม	เครื่องมือ-สื่อการสอน	การวัดผล-ประเมินผล
ขั้นเตรียมความพร้อม Prepare : P	ผู้สอน – ชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียน - แบ่งกลุ่มผู้เรียน ผู้เรียน – เรียนรู้ขั้นตอนการเรียนการสอน - ทำแบบทดสอบก่อนเรียน	- แบบทดสอบก่อนเรียน	- ตรวจความเข้าใจโดยใช้คำถาม - ผลจากการทดสอบก่อนเรียน
ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น (Identify STEM knowledge : I)	ผู้สอน – ทบทวนความรู้เดิม – ให้เนื้อหาจำเป็นเบื้องต้น ผู้เรียน – เรียนรู้เนื้อหานำไปใช้แก้ปัญหา	- ใบความรู้ - สื่อและอุปกรณ์การสอน	- การใช้คำถาม ตรวจความเข้าใจเนื้อหาการสอน
ขั้นกำหนดปัญหา Problem : P	ผู้สอน – เสนอสถานการณ์ปัญหา ผู้เรียน – กำหนด/วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา	- ใบงานสถานการณ์ปัญหา - แหล่งความรู้/สื่อและอุปกรณ์	- ตรวจจากใบงานและการใช้คำถาม
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา Method : M	ผู้สอน – ตรวจสอบความถูกต้องของแนวทางแก้ปัญหา ผู้เรียน – หาข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา - นำเสนอวิธีการ	- ใบงานสถานการณ์ปัญหา - แหล่งความรู้/สื่อและอุปกรณ์	- ตรวจจากใบงานและการใช้คำถามจากการนำเสนอ
ขั้นการแก้ปัญหา Action : A	ผู้สอน – สังเกตุความถูกต้องและการดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียน – นำแนวทางแก้ปัญหามาสังเคราะห์แก้ปัญหา	- ใบงานสถานการณ์ปัญหา - แหล่งความรู้/สื่อและอุปกรณ์	- ตรวจจากใบงานและการใช้คำถาม
ขั้นสรุป/นำเสนอคำตอบของปัญหา Solution : S	ผู้สอน – ให้ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า – พิจารณาความเหมาะสมและเพียงพอ ผู้เรียน – สรุปแนวทางและความรู้นำเสนอคำตอบ	- ใบงานสถานการณ์ปัญหา - แหล่งความรู้/สื่อและอุปกรณ์	- ตรวจจากใบงานและจากการนำเสนอคำตอบ
ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล Evaluate : E	ผู้สอน – ร่วมแสดงความคิดเห็น – ประเมินผลการเรียนรู้ ผู้เรียน – แสดงความคิดเห็น – ร่วมประเมินผลกับกลุ่มเพื่อนและผู้สอน	- แบบประเมิน - แบบทดสอบ	- สังเกตความคิดเห็นและผลจากแบบทดสอบ

พฤติกรรมการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน แสดงดังตารางที่ 2 และกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนแบบ PIP-MASE Model แสดงในตารางที่ 3

การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Science (S) : การค้นคว้า การเรียนรู้ทฤษฎีหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาและพิสูจน์เป็นไปตามทฤษฎีอย่างมีระบบและขั้นตอนที่เหมาะสม

Technology (T) : การใช้เทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในชั้นเรียน ตั้งแต่การใช้เครื่องมือ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูล การบันทึกและนำเสนอข้อมูล วีดีทัศน์ และมัลติมีเดีย เป็นต้น

Engineering (E) : กระบวนการคิดวิเคราะห์ การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อวางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาแก้ปัญหา

Mathematic (M) : การแก้ปัญหาโดยใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

PIP-MASE Model	STEM education activities			
	S Science	T Technology	E Engineering	M Mathematic
P (Prepare)	- การเรียนรู้ขั้นตอนการปฏิบัติ - การวิเคราะห์เนื้อหา	- การใช้เครื่องคำนวณ - การใช้สื่อประกอบการสอน	- กระบวนการเรียนรู้ทางวิศวกรรม - การออกแบบเชิงวิศวกรรม	- การทำแบบทดสอบ - การคำนวณหาคำตอบ
I (Identify STEM knowledge)	- การเรียนรู้ทฤษฎี - การแก้ปัญหา	- การใช้เครื่องคำนวณหรือโปรมแกรมจำลอง - การใช้สื่อประกอบการสอน	- กระบวนการคิดวิเคราะห์	- การเปรียบเทียบข้อมูล - การคำนวณหาคำตอบ
P (Problem)	- การค้นคว้า - การวิเคราะห์ข้อมูล	- การใช้เว็บไซต์ - การใช้โปรแกรมคอมในการจำลองปัญหา	- วิธีการศึกษาค้นคว้า - การออกแบบเชิงวิศวกรรม	- การเปรียบเทียบข้อมูล - การคำนวณหาคำตอบ
M (Method)	- การคิดวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา - การสรุปผลวิธีที่เลือกมาแก้ปัญหา	- การใช้เว็บไซต์ - การใช้โปรแกรมคอมช่วยในการคำนวณ	- วิธีการศึกษาค้นคว้า - การออกแบบเชิงวิศวกรรม	- การเปรียบเทียบข้อมูล - การคำนวณหาคำตอบ
A (Action)	- การคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา - การสรุปผลคำตอบ	- การใช้เว็บไซต์ - การใช้โปรแกรมคอมในการจำลองปัญหา	- กระบวนการแก้ปัญหา - การออกแบบเชิงวิศวกรรม	- การเปรียบเทียบข้อมูล - การคำนวณหาคำตอบ
S (Solution)	- การคิดวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้เหตุผล - การสรุปแนวทาง	- การใช้โปรแกรมคอมและสื่อประกอบการนำเสนอ	- กระบวนการนำเสนอ - การแลกเปลี่ยนความรู้	- การเปรียบเทียบข้อมูล - การคำนวณหาคำตอบ
E (Evaluate)	- การคิดวิเคราะห์ข้อมูล - การสรุปผล	- การใช้โปรแกรมคอมฯและสื่อประกอบการนำเสนอ	- กระบวนการนำเสนอ - กระบวนการทดสอบ/ประเมิน	- การทำแบบทดสอบ - การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 3 กิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนแบบ PIP-MASE Model

รูปแบบการสอน PIP-MASE	กิจกรรม/ตัวบ่งชี้
ขั้นเตรียมความพร้อม P	- ชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้
	- วิธีการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน
	- บอกหน้าที่ของสมาชิกกลุ่ม
	- ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
	- แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย
ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น I	- ความรู้ตรงกับเนื้อเรื่อง
	- มีประโยชน์ในการแก้ปัญหา
	- เพียงพอต่อการทำกิจกรรม
	- เป็นเนื้อหาเบื้องต้น
ขั้นกำหนดปัญหา P	- เสนอปัญหาหลากหลาย
	- เลือกปัญหาที่สนใจ
	- แบ่งกลุ่มตามความสนใจ
	- ตั้งคำถามในประเด็นที่อยากรู้
	- ระดมสมองหาความหมาย
	- อภิปรายสถานการณ์ปัญหา
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา M	- แบ่งงาน หน้าที่
	- จัดเรียงลำดับการทำงาน
	- กำหนดเป้าหมาย/ระยะเวลา
	- ค้นคว้าศึกษา/บันทึก
	- บอกแนวทางวิธีค้นหาคำตอบ
	- จัดทำแผนผังความคิด
ขั้นการแก้ปัญหา A	- ผู้เรียนแต่ละคนนำความรู้นำเสนอ
	- ตรวจสอบข้อมูลสามารถตอบคำถามได้หรือไม่
	- ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม เพียงพอ
	- ทบทวน/หาความรู้เพิ่มเติม
ขั้นสรุป และนำเสนอคำตอบของปัญหา S	- กลุ่มนำข้อมูลที่ได้ประมวลสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่
	- ประเมินตนเองด้านความรู้ กระบวนการกลุ่มความพึงพอใจ
	- เลือกวิธีการ/รูปแบบการนำเสนอผลงาน
ขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล E	- เสนอผลงานต่อเพื่อนผู้เรียน
	- ประเมินผลร่วมกับกลุ่มเพื่อน/ผู้สอน
	- ประเมินผลการเรียนรู้

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

การวางแผนการจัดการเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานนั้น การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกๆที่ผู้สอนต้องวิเคราะห์ก่อนที่จะทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาทำให้รู้ขอบเขตของเนื้อหาการสอน วัตถุประสงค์การสอน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ทำให้ผู้สอนสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ครอบคลุมตามหลักสูตรรายวิชาอย่างครบถ้วน

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาวงจรไฟฟ้า

วิชาที่ใช้ในการทดลองคือ วิชาในกลุ่มวิศวกรรมศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ประกอบด้วยกิจกรรมเกี่ยวกับความรู้ และหลักการในการสอนศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษา วิชาวงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 02-221-107 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2559 เนื่องจากเป็นวิชาทฤษฎีพื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้กับวิชาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าอื่นๆ

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา	02-221-107 วงจรไฟฟ้า(Electric Circuits)
2. จำนวนหน่วยกิต	3 หน่วยกิต (2-3-5)
3. สภาพรายวิชา	วิชาชีพบังคับ ระดับปริญญาตรี
4. เวลาศึกษา	75 คาบเรียน ตลอด 15 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ
	ปฏิบัติ 3 คาบ ค้นคว้านอกเวลา 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

คำอธิบายของรายวิชา

องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของความต้านทานกับอุณหภูมิ กฎของโอห์มและเคอร์ชอฟฟ์ การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโหนด เมช และทฤษฎีวงจรไฟฟ้าต่างๆ ภาวะสูงสุดของการถ่ายทอดกำลังไฟฟ้า สัญญาณแบบซายนูซอยดัลและเฟสเซอร์ การวิเคราะห์ในวงจรสัญญาณซายน์แบบสถานะคงตัว วงจรเรโซแนนซ์ วงจรไฟฟ้าสามเฟส กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับและ การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และปฏิบัติการสอดคล้องกับเนื้อหาการบรรยาย

การแบ่งบทเรียนและหัวข้อ

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งบทเรียนและหัวข้อวิชาวงจรไฟฟ้า(ภาคทฤษฎี) ของหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งบทเรียนและหัวข้อวิชาวงจรไฟฟ้า(ภาคทฤษฎี)

ลำดับ	บทเรียน/หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
1.	**องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า** 1.1 ระบบหน่วย 1.2 ประจุและกระแส 1.3 แรงดัน 1.4 กำลังและพลังงาน 1.5 แหล่งจ่ายไฟฟ้า	2
2.	**ความสัมพันธ์ของความต้านทานกับอุณหภูมิ** 2.1 ความต้านทานจำเพาะ 2.2 ค่าความต้านทาน 2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิของความต้านทาน 2.4 ชนิดของตัวต้านทาน 2.5 โค๊ตสีของตัวต้านทาน 2.6 ค่าความนำ	2
3.	**กฎพื้นฐานทางไฟฟ้า** 3.1 กฎของโอห์ม 3.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	2
4.	**วิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า** 4.1 การวิเคราะห์แรงดันโหนด 4.2 การวิเคราะห์กระแสเมช	2
5.	**ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า** 5.1 ทฤษฎีการวางซ้อน 5.2 ทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่าย 5.3 ทฤษฎีของเทวินิน 5.4 ทฤษฎีของนอร์ตัน 5.5 ทฤษฎีการถ่ายทอดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 5.6 การแปลง วาย-เดลต้าและเดลต้า-วาย	2
6.	**สัญญาณแบบซายนูซอยดัล** 6.1 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 6.2 นิยามและคุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับซายนูซอยดัล 6.2 รูปคลื่นซายน์ 6.3 ความสัมพันธ์ของมุมเฟส 6.4 ค่าเฉลี่ยและค่าใช้งาน	2

ลำดับ	บทเรียน/หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
7.	**องค์ประกอบพื้นฐานและเฟสเซอร์** 7.1 ผลตอบสนองของแรงดันและกระแสไฟฟ้าสลับของ R,LและC 7.2 จำนวนเชิงซ้อน 7.3 เฟสเซอร์	4
8.	**วิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับสัญญาณซายน์แบบสถานะคงตัว** 8.1 การวิเคราะห์แรงดันโนด 8.2 การวิเคราะห์กระแสเมช 8.3 การแปลง วาย-เดลต้า และเดลต้า-วาย	4
9.	**ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ** 9.1 ทฤษฎีการวางซ้อน 9.2 ทฤษฎีของเทวินิน 9.3 ทฤษฎีของนอร์ตัน 9.4 ทฤษฎีการถ่ายทอดกำลังไฟฟ้าสูงสุด	2
10.	**วงจรเรโซแนนซ์** 10.1 เรโซแนนซ์แบบอนุกรม 10.2 แฟคเตอร์คุณภาพ(Q) 10.3 เรโซแนนซ์แบบขนาน	2
11.	**กระแสสลับ** 12.1 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 12.2 กำลังไฟฟ้าแฝง 12.3 กำลังไฟฟ้าปรากฏและเพาเวอร์แฟคเตอร์ 12.4 กำลังเชิงซ้อน 12.5 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	2
12.	**วงจรไฟฟ้าสามเฟส** 11.1 การกำเนิดไฟฟ้าสามเฟส 11.2 การต่อเครื่องกำเนิดแบบวาย 11.3 ลำดับเฟส(การต่อแบบวาย) 11.4 การต่อเครื่องกำเนิดแบบวายกับการต่อโหลดแบบวาย 11.5 การต่อเครื่องกำเนิดแบบเดลต้า 11.6 การต่อแบบวาย-วาย,เดลต้า-วายในระบบสามเฟส 11.7 กำลังไฟฟ้าสามเฟสและการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 11.8 วิธีการต่อวัตต์วัดกำลังไฟฟ้า 11.9 การต่อระบบสามเฟสแบบไม่สมดุลย์**กำลังไฟฟ้าในวงจร**	4

งานวิจัยนี้เป็นแนวคิดที่ใช้การทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนั้นจึงได้เลือกหัวข้อของเนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบรูปแบบการสอนแบบการบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษาเฉพาะบทเรียนที่ 8 เรื่องการวิเคราะห์แรงดันโนด และเรื่องการวิเคราะห์กระแสเมช บทเรียนที่ 11 ในเรื่องการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และบทที่ 12 ในเรื่องกำลังไฟฟ้าสามเฟสและการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หัวข้อ	ชื่อเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
1.	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์แรงดันโนด	1. อธิบายขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์แรงดันโนด 2. เขียนสมการในเทอมของแรงดันโนดในวงจรไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง 3. คำนวณโจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์แรงดันโนด
2.	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์กระแสเมช	1. อธิบายขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์กระแสเมช 2. เขียนสมการแรงดันในเทอมของกระแสเมชได้อย่างถูกต้อง 3. คำนวณโจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์กระแสเมช
3.	การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	1. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 2. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏและตัวประกอบกำลังในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 3. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าแฝงในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 4. วิเคราะห์กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 5. วิเคราะห์การแก้เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ในวงจรไฟฟ้าระบบ 1 เฟส
4.	การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส	1. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดสมดุลย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส 2. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏของโหลดสมดุลย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส 3. อธิบายการหากำลังไฟฟ้าแฝงของโหลดสมดุลย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส 4. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนของโหลดสมดุลย์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส 5. คำนวณโจทย์ปัญหาการแก้เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

PIP-MASE Model

ส่วนที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้

PIP-MASE MODEL

หัวเรื่องที่ 3

เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา 02-221-107 วงจรไฟฟ้า ชั้นปีที่ .....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ภาคเรียนที่ .....
เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส เวลา 120 นาที
ผู้สอน..... วันที่สอน .....

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เข้าใจการเกิดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับในวงจรไฟฟ้า และสามารถนำมาประยุกต์เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้ารวมทั้งประยุกต์ใช้เพื่อแก้เพาร์เวอร์แฟคเตอร์ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏและตัวประกอบกำลังในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าแฝงในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
4. วิเคราะห์กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
5. วิเคราะห์การแก้เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ในวงจรไฟฟ้าระบบ 1 เฟส

ความรู้เดิมที่จำเป็น

1. จำนวนเชิงซ้อน
    1.1 การแปลงรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน
    1.2 การคำนวณเลขจำนวนเชิงซ้อน
2. วิธีวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
    2.1 วิธีการวิเคราะห์โนด
    2.2 วิธีการวิเคราะห์เมช

การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education)

S = กฎพื้นฐานทางไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า

T = การใช้เครื่องมือและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

E = การประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อวางแผนการแก้ปัญหาและใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาแก้ปัญหา

M = การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับในวงจรไฟฟ้า การคำนวณค่าตัวเก็บประจุเพื่อแก้เพาว์เวอร์แฟคเตอร

ขั้นเตรียมการแก้ปัญหา

ขั้นเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่บทเรียน(P)

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ หน้าที่ของสมาชิกกลุ่มให้ทราบ
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดความสามารถก่อนเรียน
3. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 5-6 คน โดยเป็นนักศึกษาที่มีผลการเรียน เก่ง ปาน กลาง อ่อน แล้วให้เลือกประธานและเลขานุการกลุ่ม

ขั้นการให้ความรู้พื้นฐาน(I)

ความรู้พื้นฐานจะนำไปสู่การเรียนรู้ของนักศึกษาในกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติ ดังนั้นผู้สอนจึงต้องให้ความรู้เบื้องต้นในเรื่องการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับแก่นักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจในเบื้องต้น

ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น

เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

กำลังไฟฟ้าชั่วขณะและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

ค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะที่องค์ประกอบของวงจรดูดกลืนไปเป็นผลคูณของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อขององค์ประกอบและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านองค์ประกอบนั้น

$$p = ui$$

กำลังเฉลี่ยหรือกำลังไฟฟ้าจริง **P**(มีหน่วยเป็น watt) คือค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ p

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p\ dt$$

ถ้า $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$ และ $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_i)$ ดังนั้น $U_{rms} = U_m / \sqrt{2}$, $I_{rms} = I_m / \sqrt{2}$ และ

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) = U_{rms} I_{rms} \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

"กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะถูกดูดกลืนด้วยโหลดความต้านทาน(R)เท่านั้น ส่วนโหลดรีแอ็คทีฟ(L หรือ C) จะมีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็นศูนย์"

ค่าใช้งาน หรือ ค่าอาร์เอ็มเอส (Effective or RMS value)

แนวคิดของค่าใช้งาน(Effective value) เป็นผลจากการต้องการวัดค่าที่ใช้งานจริงของแหล่งจ่ายแรงดันหรือกระแสที่ปล่อยกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดความต้านทาน

"ค่าใช้งานของกระแสรายคาบคือ การใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโหลดที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับที่ใช้แหล่งจ่ายกระแสสลับรายคาบ"

ค่าใช้งานของสัญญาณรายคาบ x(t) คือค่า root-mean-square (rms) โดยที่

$$X_{eff} = X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x^2 dt}$$

สำหรับซายนูซอยน์ ค่าใช้งานหรือค่าrms คือ ขนาดสูงสุดหารด้วย $\sqrt{2}$

กำลังไฟฟ้าปรากฏและตัวประกอบกำลัง

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์คือ ค่า cosine ของมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า โดยที่

$$pf = \frac{P}{S} = \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

และมันยังเป็นค่า cosine ของมุมของโหลดอิมพิแดนซ์หรืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงกับกำลังไฟฟ้าปรากฏ ค่า pf ล้าหลัง ถ้ากระแสล้าหลังแรงดันไฟฟ้า (inductive load) และค่า pf นำหน้าเมื่อกระแสนำหน้าแรงดันไฟฟ้า(capacitive load)

กำลังไฟฟ้าปรากฏ **S** (หน่วยเป็น VA) คือ ผลคูณของค่าrms ของแรงดันและกระแสไฟฟ้า

$$S = U_{rms} I_{rms}$$

โดยที่ $S = |\mathbf{S}| = \sqrt{P^2 + Q^2}$, เมื่อ **Q** คือกำลังไฟฟ้าแฝง

กำลังไฟฟ้าแฝง(หน่วยเป็น VAR) คือ

$$Q = \frac{1}{2} U_m I_m \sin(\varphi_u - \varphi_i) = U_{rms} I_{rms} \sin(\varphi_u - \varphi_i)$$

กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน

กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน **S** คือ ผลคูณของค่า rms ของเฟสเซอร์แรงดันไฟฟ้าและค่าเชิงซ้อนคอนจูเกตของค่าrmsของเฟสเซอร์กระแสไฟฟ้า หรือเป็นผลรวมเชิงซ้อนของกำลังไฟฟ้าจริง P กับค่ากำลังไฟฟ้าแฝง Q

$$S = U_{rms} I^*_{rms} = U_{rms} I_{rms} \angle(\varphi_u - \varphi_i) = P + jQ$$

โดยที่ $$S = I^2_{rms} Z = \frac{U^2_{rms}}{Z^*}$$

การรวมของกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

การต่อโหลดแบบขนานหรือแบบอนุกรมหรือแบบอื่นๆ ค่ากำลังไฟฟ้ารวมที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายให้จะเท่ากับกำลังไฟฟ้ารวมที่ส่งผ่านไปยังโหลด สำหรับแหล่งจ่ายที่ต่อกับโหลดจำนวน N ตัว ได้

$$S = S_1 + S_2 + \ldots + S_N$$

วิธีการหาค่ากำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนรวมในวงจรข่ายก็คือผลบวกของกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนของแต่ละส่วน (ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้าแฝงเป็นค่าที่ถูกต้องเมื่อนำมารวมกัน แต่ค่ากำลังปรากฏจะไม่ถูกต้องถ้านำมารวมกันจะไม่เท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏรวมของวงจร)

“กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน,กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าแฝงของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะเท่ากับผลบวกของกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน,กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าแฝงของโหลดแต่ละตัวตามลำดับ”

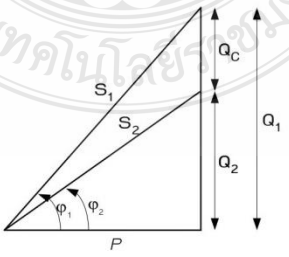
นั่นมีความหมายว่า กำลังไฟฟ้าจริงหรือกำลังไฟฟ้าแฝงที่ส่งไปจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าจะเท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าจริงหรือกำลังไฟฟ้าแฝงที่ส่งไปยังองค์ประกอบอื่นๆ ในวงจรข่าย

การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์

“วิธีการของการทำให้ค่าเพาเวอร์มีค่ามากขึ้น นอกจากเปลี่ยนแปลงแก้ไขแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าไปจากเดิม ก็คือการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์”

เนื่องด้วยโหลดส่วนใหญ่จะเป็นอินดักทีฟ การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลด จะทำโดยติดตั้งตัวเก็บประจุขนานกับโหลด ผลของการเพิ่มตัวเก็บประจุ สามารถอธิบายได้โดยใช้สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าซึ่งมีเพาเวอร์แฟคเตอร์เดิมเป็น $\cos\varphi_1$ และต้องการมีเพาเวอร์แฟคเตอร์ใหม่เป็น $\cos\varphi_2$ การเพิ่มตัวเก็บประจุมีจุดประสงค์ให้มุมเฟสระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าน้อยลงจาก φ_1 ไปเป็น φ_2 ด้วยเหตุนี้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จึงมีค่ามากขึ้น

การแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์จะมีความจำเป็นมากในทางเศรษฐกิจ มันจะเป็นกระบวนการในการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลดโดยทำให้กำลังไฟฟ้าแฝงรวมของวงจรน้อยลง



รูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าแสดงการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์

ขั้นกำหนดปัญหา(P)

ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยการจับฉลาก ซึ่งสถานการณ์ปัญหา 1 สถานการณ์ต่อกลุ่มผู้เรียน 2 กลุ่ม โดยให้นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาเรื่องการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วให้นักศึกษาฝึกระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. นักศึกษาในแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์จำลอง ในใบงาน แล้วช่วยกันกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ปัญหาที่ 1

โรงงานขนาดเล็กมีโหลดแสงสว่างและมอเตอร์ มีกำลังไฟฟ้า 10 kVA ที่ เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz

1) จงสร้างสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด
2) จงหาค่าของตัวเก็บประจุ มาต่อขนานกับโหลด เพื่อให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity
3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย
4) ทำซ้ำจาก ข้อ 2) และ 3) ถ้าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เพิ่มเป็น 0.9

สถานการณ์ปัญหาที่ 2

โหลดไฟฟ้า ต่ออยู่กับแหล่งจ่าย 220 V 50 Hz มีกำลังไฟฟ้า 5 kW(Resistive) , 8 kVAR(inductive) และ 2 kVAR(capacitive)

1) จงหากำลังไฟฟ้ารวมเป็นกี่ kVA
2) จงหาค่า power factor รวมของโหลดทั้งหมด
3) จงหาค่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า
4) คำนวณหาค่าความจุที่นำมาต่อแล้วทำให้ power factor เป็น unity
5) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่ power factor เป็น unity และเทียบกับค่าก่อนการชดเชย

สถานการณ์ปัญหาที่ 3

โหลดของโรงงานแห่งหนึ่ง ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าขนาด 220 V 50Hz ประกอบด้วย

เครื่องทำความร้อน 20 kW

มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 1 kW ,Pf.=0.7 (lagging)

โหลดแสงสว่าง ขนาด 5 kW ,Pf.=0.85 (lagging)

1) ต้องการสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดรวมทั้งหมด

2) จงหาค่า power factor และค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อให้ power factor เป็น unity

3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

ขั้นการแก้ปัญหาเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา(M)

1. ผู้สอนให้นักศึกษาระบุปัญหาในโจทย์วิเคราะห์ หาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย

2. นักศึกษาทำความเข้าใจปัญหา โดยการให้นักศึกษาระบุว่า การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง

3. แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา โดยผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันพิจารณาหัวเรื่องที่ต้องศึกษา

4. ผู้สอนให้นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

- สิ่งที่โจทย์ถาม

สถานการณ์ปัญหาที่ 1

1) สร้างสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด

2) หาค่าของตัวเก็บประจุ มาต่อขนานกับโหลด เพื่อให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity

3) หาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

4) ทำซ้ำจาก ข้อ 2) และ 3) ถ้าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เพิ่มเป็น 0.9

สถานการณ์ปัญหาที่ 2

1) หากำลังไฟฟ้ารวมเป็นกี่ kVA

2) หาค่า power factor รวมของโหลดทั้งหมด

3) หาค่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

4) คำนวณหาค่าความจุที่นำมาต่อแล้วทำให้ power factor เป็น unity

5) หาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่ power factor เป็น unity และเทียบกับค่าก่อนการชดเชย

สถานการณ์ปัญหาที่ 3

1) ต้องการสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดรวมทั้งหมด

2) หาค่า power factor และค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อให้ power factor เป็น unity

3) หาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

- สิ่งที่โจทย์ให้มา

สถานการณ์ปัญหาที่ 1

โหลดแสงสว่างและมอเตอร์ มีกำลังไฟฟ้า 10 kVA ที่ เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz

สถานการณ์ปัญหาที่ 2

โหลดไฟฟ้า ต่ออยู่กับแหล่งจ่าย 220 V 50 Hz มีกำลังไฟฟ้า 5 kW(Resistive) ,8 kVAR (inductive) และ 2 kVAR(capacitive)

สถานการณ์ปัญหาที่ 3

โหลดของโรงงานแห่งหนึ่ง ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าขนาด 220 V 50Hz ประกอบด้วย

เครื่องทำความร้อน 20 kW

มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 1 kW ,Pf.=0.7 (lagging)

โหลดแสงสว่าง ขนาด 5 kW ,Pf.=0.85 (lagging)

ผู้สอนทำหน้าที่ตรวจสอบและกระตุ้นให้นักศึกษาเข้าใจประเด็นปัญหาได้ชัดเจนและตรงกัน โดยใช้คำถาม เช่น

- จากสถานการณ์ปัญหา นักศึกษาทราบข้อมูลอะไรบ้าง
- ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา มีอะไรบ้าง
- ประเด็นที่นักศึกษา ต้องศึกษาเพิ่มเติมมีอะไรบ้าง

หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้ต่างๆ เช่น หนังสือตำรา วารสาร คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อินเทอร์เน็ต หรือปรึกษาผู้รู้ในเนื้อหาเฉพาะแล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง

ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแนวทางแก้ปัญหาโดยถามตอบเหตุผลของการเลือกแนวทางนั้น และแนะนำแนวทางใหม่ หากเห็นว่าไม่สามารถดำเนินตามแนวทางได้

ขั้นการแก้ปัญหา(A)

1. นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ ร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้

2. ผู้สอนสังเกตุพฤติกรรมนักศึกษาขณะดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา(S)

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้เรื่องการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และประยุกต์ใช้เพื่อนำไปแก้ไขตัวประกอบกำลัง

2. ผู้สอนให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบและนำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์

3. นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ในเรื่องการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และประยุกต์ใช้เพื่อนำไปแก้ไขตัวประกอบกำลัง ร่วมกันอีกครั้ง

4. นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

ขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล(E)

1. เมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์

2. ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันสรุปคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

ผู้สอนให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด และทำการเฉลยพร้อมกัน

สรุปผลการเรียนรู้

ผู้สอนและนักศึกษา ร่วมกันอภิปรายขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา ด้วยการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และประโยชน์ที่ได้รับ ซึ่งสามารถนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆในชีวิต(ในการทำงาน)ได้

สื่อและแหล่งเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า
2. เอกสารประกอบการสอนเรื่องการวิเคราะกำลังไฟฟ้า
3. วิดีโอ แชร์ริ่ง

แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ค้นคว้าจากอินเตอร์เน็ต

การเฉลย สถานการณ์ปัญหา

ตัวอย่างการเฉลยสถานการณ์ปัญหาที่ 1

โรงงานขนาดเล็กมีโหลดแสงสว่างและมอเตอร์ มีกำลังไฟฟ้า 10 kVA ที่ เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz

1) จงสร้างสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด
2) จงหาค่าของตัวเก็บประจุ มาต่อขนานกับโหลด เพื่อให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity
3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย
4) ทำซ้ำจาก ข้อ 2) และ 3) ถ้าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เพิ่มเป็น 0.9

วิธีทำ

หาค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับของโหลดแสงสว่างและมอเตอร์ ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าอยู่ 3 ประเภท คือ

$P = UI\cos\varphi$ คือ กำลังไฟฟ้าใช้งาน(Active Power) มีหน่วยเป็น วัตต์(W)

$Q = UI\sin\varphi$ คือ กำลังไฟฟ้าแฝง(Reactive Power) มีหน่วยเป็น วาร์(VAR)

และ $S = UI$ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ(Apparent Power) มีหน่วยเป็น โวลท์-แอมป์ (VA)

เมื่อ U แทน แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย(V)

I แทน กระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (A)

กำลังไฟฟ้าของโหลดในโรงงานเป็น 10 kVA แสดงว่าเป็นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ(S) และ

เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง แสดงว่า $\cos\varphi = 0.7$

หาค่ากำลังไฟฟ้า ที่เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง

จะได้ว่า $\varphi = \cos^{-1} 0.7 = 45.573^{\circ}$

$$P = UI\cos\varphi = S\cos\varphi$$

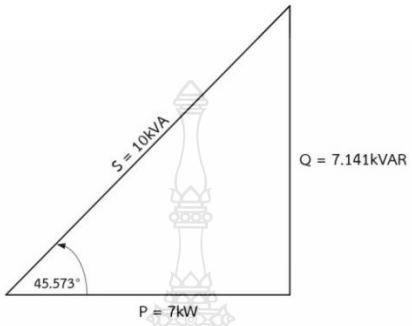
$$P = (10\text{kVA})(0.7) = 7000\text{W} = 7\text{kW}$$

$$Q = UI\sin\varphi = S\sin\varphi = (10\text{kVA})(\sin 45.573^{\circ}) = 7.141\ \text{kVA}$$

1) สร้างสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด

สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าประกอบด้วยกำลังไฟฟ้า P,Q และ S โดยมีมุมเป็น φ

<u>สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า</u>



2) หาค่าของตัวเก็บประจุ มาต่อขนานกับโหลด เพื่อให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity

ค่า Unity Power factor คือ ค่า $\cos\varphi = 1$

ค่า $\cos\varphi = 1$ แสดงว่า $\varphi = \cos^{-1} 1 = 0^{\circ}$

จากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าแสดงว่า P=S นั่นคือ Q_C จะเท่ากับ Q_1ของโหลดเดิม

ดังนั้น Q_C = 7.141 kVAR เป็นค่ากำลังไฟฟ้าแฝงของ C ที่นำมาต่อขนานแล้วทำให้ค่า $\cos\varphi = 1$ หรือเป็นค่า Unity Power factor

จาก $Q_C = \frac{U^2}{X_C}$

เมื่อ X_C แทน ค่าความต้านทานไฟสลับของตัวเก็บประจุ(Capacitive reactance)

โดยที่ $X_C = 2\pi fC$ จะได้ $Q_C = \frac{U^2}{2\pi fC}$ ดังนั้น $C = \frac{U^2}{2\pi fX_C}$

โจทย์กำหนด แหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz จะได้

$$C = \frac{220^2}{2x\pi x50x7.141x10^3} = 21.574mF = 21574.287\mu F$$

ค่าของตัวเก็บประจุที่มาต่อขนานกับโหลด แล้วทำให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity มีค่าเท่ากับ 21574.287 μF

3) หาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

กระแสก่อนการชดเชย($\cos\varphi = 0.7$)

จาก $$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{7kW}{(220)(0.7)} = 45.45\ A$$

กระแสหลังการชดเชย($\cos\varphi = 1$)

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{7kW}{(220)(1)} = 31.81\ A$$

4) ทำซ้ำจาก ข้อ 2) และ 3) ถ้าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เพิ่มเป็น 0.9 ล้าหลัง

ค่า Power factor คือ $\cos\varphi_2 = 0.9$

ค่า $\cos\varphi_2 = 0.9$ แสดงว่า $\varphi_2 = \cos^{-1} 0.9 = 25.842^\circ$

จาก $Q_C = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$

ดังนั้น $Q_C = 7kW(\tan 45.573^\circ - \tan 25.842^\circ) = 3751.165\ VAR$

$$Q_C = \frac{U^2}{2\pi fC} \quad \text{ดังนั้น} \quad C = \frac{U^2}{2\pi fX_C}$$

โจทย์กำหนด แหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz จะได้

$$C = \frac{220^2}{2\times\pi\times 50\times 3751.165} = 41.07mF = 41070.44\mu F$$

ค่าของตัวเก็บประจุที่มาต่อขนานกับโหลด แล้วทำให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น 0.9 ล้าหลัง มีค่าเท่ากับ 41070.44 µF

หาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

กระแสก่อนการชดเชย($\cos\varphi = 0.7$)

จาก $$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{7kW}{(220)(0.7)} = 45.45\ A$$

กระแสหลังการชดเชย($\cos\varphi = 0.9$)

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{7kW}{(220)(0.9)} = 35.35\ A$$

แสดงว่าค่า $\cos\varphi$ ยิ่งมากขึ้น(มุม φ น้อยลง) กระแสของโหลดจะลดลง ดังนั้นการทำให้กระแสไฟฟ้าของโหลดลดลงโดยโหลดยังคงเดิม จะทำได้โดยการลดมุมต่างเฟส φ ให้ลดลง โดยการต่อตัวเก็บประจุขนานกับโหลดเพื่อลดค่าของ Q (กำลังไฟฟ้าแฝง) ในระบบไฟฟ้า

ตัวอย่างการเฉลยสถานการณ์ปัญหาที่ 2

โหลดไฟฟ้า ต่ออยู่กับแหล่งจ่าย 220 V 50 Hz มีกำลังไฟฟ้า 5 kW(Resistive) , 8 kVAR(inductive) และ 2 kVAR(capacitive)

1) จงหากำลังไฟฟ้ารวมเป็นกี่ kVA

2) จงหาค่า power factor รวมของโหลดทั้งหมด

3) จงหาค่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

4) คำนวณหาค่าความจุที่นำมาต่อแล้วทำให้ power factor เป็น unity

5) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่ power factor เป็น unity และเทียบกับค่าก่อนการชดเชย

วิธีทำ

โหลดไฟฟ้า มี P = 5kW , Q_L = 8kVAR , Q_C = 2kVAR

จาก กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน $\mathbf{S} = P + j(Q_L - Q_C)$

$S = 5kW + j(8kVAR - 2kVAR) = 5000 + j6000$ VA

$= 7810.25\angle 50.19^\circ$ VA

ดังนั้น $|S| = 7810.25$ VA และ $\varphi = 50.19^\circ$

1) หากำลังไฟฟ้ารวมเป็นกี่ kVA

$|S| = 7.81$ kVA

2) หาค่า power factor รวมของโหลดทั้งหมด

จาก $\varphi = 50.19^\circ$, $Pf. = \cos\varphi = \cos 50.19^\circ = 0.64$

หรือ หาจาก $Pf. = \cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{5kW}{7.81kVA} = 0.64$

3) หาค่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

จาก $I = \frac{|S|}{U}$, $I = \frac{7.81kVA}{220} = 35.50A$

หรือ $I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{5kW}{(220)(0.64)} = 35.51$ A

4) คำนวณหาค่าความจุที่นำมาต่อแล้วทำให้ power factor เป็น unity

ต้องการให้ Pf.=1 นั้นคือ $\cos\varphi = 1$ หรือ $\varphi = 0^{\circ}$

แสดงว่า P=S นั่นคือ Q_C จะเท่ากับ Q_1ของโหลดเดิม

ดังนั้น Q_C = 6 kVAR เป็นค่ากำลังไฟฟ้าแฝงของ C ที่นำมาต่อขนานแล้วทำให้ค่า $\cos\varphi = 1$ หรือเป็นค่า Unity Power factor

จาก $Q_C = \frac{U^2}{X_C}$

เมื่อ X_C แทน ค่าความต้านทานไฟสลับของตัวเก็บประจุ(Capacitive reactance)

โดยที่ $X_C = 2\pi fC$ จะได้ $Q_C = \frac{U^2}{2\pi fC}$ ดังนั้น $C = \frac{U^2}{2\pi f X_C}$

โจทย์กำหนด แหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz จะได้

$$C = \frac{220^2}{2x\pi x50x6x10^3} = 25.67mF = 25676.997\mu F$$

ค่าของตัวเก็บประจุที่มาต่อขนานกับโหลด แล้วทำให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity มีค่าเท่ากับ 25676.997 µF

5) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่ power factor เป็น unity และเทียบกับค่าก่อนการชดเชย

กระแสไฟฟ้าก่อนการชดเชยมีค่า $I_1 = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{5kW}{(220)(0.64)} = 35.51$ A

กระแสไฟฟ้าหลังการชดเชยมีค่า $I_2 = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{5kW}{(220)(1)} = 22.727$ A

เมื่อแก้ power factor ($\cos\varphi$มากขึ้น) ในระบบไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าของระบบลดลง

ตัวอย่างการเฉลยสถานการณ์ปัญหาที่ 3

โหลดของโรงงานแห่งหนึ่ง ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าขนาด 220 V 50Hz ประกอบด้วย

เครื่องทำความร้อน 20 kW

มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 1 kW ,Pf.=0.7 (lagging)

โหลดแสงสว่าง ขนาด 5 kW ,Pf.=0.85 (lagging)

1) ต้องการสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดรวมทั้งหมด

2) จงหาค่า power factor และค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อให้ power factor เป็น unity

3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

วิธีทำ

พิจารณาโหลดของโรงงาน

โหลด 1: เครื่องทำความร้อนเป็นโหลดความต้านทาน(R) มี

$$P_1 = 20\ \text{kW}\ ,\ Q_1 = 0\ \text{VAR}\ ,\ \cos\varphi_1 = 1$$

โหลด 2: มอเตอร์เหนี่ยวนำ เป็นอินดักทีฟโหลด(R-L) มี

$$P_2 = 1\text{kW}\ ,\ \cos\varphi_2 = 0.7 \text{ จะได้ } \varphi_2 = \cos^{-1} 0.7 = 45.57^\circ$$

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = \frac{1\times10^3}{0.7} = 1428.57\ \text{VA}$$

$$\text{ดังนั้น}\quad Q_2 = S_2 \sin\varphi_2 = 1428.57\text{VA} \times \sin(45.57^\circ) = 1020.15\ \text{VAR}$$

โหลด 3: โหลดแสงสว่าง เป็นอินดักทีฟโหลด(R-L) มี

$$P_3 = 5\ \text{kW}\ ,\ \cos\varphi_3 = 0.85 \text{ จะได้ } \varphi_3 = \cos^{-1} 0.85 = 31.89^\circ$$

$$S_3 = \frac{P_3}{\cos\varphi_3} = \frac{5\times10^3}{0.85} = 5882.35\ \text{VA}$$

$$\text{ดังนั้น}\quad Q_3 = S_3 \sin\varphi_3 = 5882.35\text{VA} \times \sin(31.79^\circ) = 3098.87\ \text{VAR}$$

1) ต้องการสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดรวมทั้งหมด

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 20\text{kW} + 1\text{kW} + 5\text{kW} = 26\text{kW}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 + 1020.15\text{VAR} + 3098.87\text{VAR} = 4119.02\text{VAR}$$

$$S_T = P_T + jQ_T = 26 + j4.119\ \text{kVA} = 26324.25\angle 9^\circ\ \text{VA} = 26.324\text{kVA}\angle 9^\circ$$

สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

2) หาค่า power factor และค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อให้ power factor เป็น unity

จากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าและค่ากำลังเชิงซ้อน $\varphi_T = 9^\circ$

ดังนั้น ค่า $Pf. = \cos\varphi_T = \cos 9^\circ = 0.987$

ต้องการให้ $Pf. = \cos\varphi_T = 1$(unity power factor)

แสดงว่า $Q_C = Q_T = 4.119$kVAR เป็นค่ากำลังไฟฟ้าแฝงของ C ที่นำมาต่อขนานแล้วทำให้ค่า $\cos\varphi_T = 1$ หรือเป็นค่า Unity Power factor

จาก $Q_C = \frac{U^2}{X_C}$

เมื่อ X_C แทน ค่าความต้านทานไฟสลับของตัวเก็บประจุ(Capacitive reactance)

โดยที่ $X_C = 2\pi fC$ จะได้ $Q_C = \frac{U^2}{2\pi fC}$ ดังนั้น $C = \frac{U^2}{2\pi fX_C}$

โจทย์กำหนด แหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz จะได้

$$C = \frac{220^2}{2\times\pi\times 50\times 4.119\times 10^3} = 37.402\text{mF} = 37402.764\mu\text{F}$$

ค่าของตัวเก็บประจุที่มาต่อขนานกับโหลด แล้วทำให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity มีค่าเท่ากับ 37402.764 μF

ใบงานสถานการณ์ปัญหาที่ 1

เรื่อง การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ และประยุกต์ใช้เพื่อนำไปแก้ไขตัวประกอบกำลัง

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม กลุ่มที่ .....

ชื่อ/นามสกุล	ภาระหน้าที่
1.	ประธานกลุ่ม
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	เลขานุการกลุ่ม

สถานการณ์ปัญหาที่ 1

โรงงานขนาดเล็กมีโหลดแสงสว่างและมอเตอร์ มีกำลังไฟฟ้า 10 kVA ที่ เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ 0.7 ล้าหลัง ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz

1) จงสร้างสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด
2) จงหาค่าของตัวเก็บประจุ มาต่อขนานกับโหลด เพื่อให้ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เป็น Unity
3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย
4) ทำซ้ำจาก ข้อ 2) และ 3) ถ้าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์เพิ่มเป็น 0.9

ขั้นกำหนดปัญหา

นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

1. นักศึกษาหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ทำความเข้าใจปัญหา

2. นักศึกษาระบุการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา

3. นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

4. หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้แล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นการแก้ปัญหา

1. นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. นักศึกษาร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นการแก้ปัญหา(ต่อ)

ขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้ โดยให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบ

2. นำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์ นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ร่วมกันอีกครั้ง

3. นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล

. 1. เมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์

2. ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันสรุปคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

3. ผู้สอนให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด และทำการเฉลยพร้อมกัน

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบงานสถานการณ์ปัญหาที่ 2

เรื่อง การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ และประยุกต์ใช้เพื่อนำไปแก้ไขตัวประกอบกำลัง

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม กลุ่มที่ .....

ชื่อ/นามสกุล	ภาระหน้าที่
1.	ประธานกลุ่ม
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	เลขานุการกลุ่ม

สถานการณ์ปัญหาที่ 2

โหลดไฟฟ้า ต่ออยู่กับแหล่งจ่าย 220 V 50 Hz มีกำลังไฟฟ้า 5 kW(Resistive) , 8 kVAR(inductive) และ 2 kVAR(capacitive)

1) จงหากำลังไฟฟ้ารวมเป็นกี่ kVA
2) จงหาค่า power factor รวมของโหลดทั้งหมด
3) จงหาค่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า
4) คำนวณหาค่าความจุที่นำมาต่อแล้วทำให้ power factor เป็น unity
5) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่ power factor เป็น unity และเทียบกับค่าก่อนการชดเชย

ขั้นกำหนดปัญหา

นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

1. นักศึกษาหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ทำความเข้าใจปัญหา

2. นักศึกษาระบุการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา

3. นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

4. หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้แล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นการแก้ปัญหา

1. นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. นักศึกษาร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้ โดยให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบ

2. นำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์ นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ร่วมกันอีกครั้ง

3. นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล

. 1. เมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์

2. ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันสรุปคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

3. ผู้สอนให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด และทำการเฉลยพร้อมกัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานสถานการณ์ปัญหาที่ 3

เรื่อง การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ และประยุกต์ใช้เพื่อนำไปแก้ไขตัวประกอบกำลัง

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม กลุ่มที่ .....

ชื่อ/นามสกุล	ภาระหน้าที่
1.	ประธานกลุ่ม
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	เลขานุการกลุ่ม

สถานการณ์ปัญหาที่ 3

โหลดของโรงงานแห่งหนึ่ง ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าขนาด 220 V 50Hz ประกอบด้วย

เครื่องทำความร้อน 20 kW

มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 1 kW ,Pf.=0.7 (lagging)

โหลดแสงสว่าง ขนาด 5 kW ,Pf.=0.85 (lagging)

1) ต้องการสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดรวมทั้งหมด

2) จงหาค่า power factor และค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อให้ power factor เป็น unity

3) จงหาค่ากระแสของแหล่งจ่ายที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการชดเชย

ขั้นกำหนดปัญหา

นักศึกษาดูสถานการณ์ปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

1. นักศึกษาหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริงที่ปรากฏในโจทย์ จับประเด็นปัญหาออกเป็นประเด็นย่อย ทำความเข้าใจปัญหา

2. นักศึกษาระบุการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดบ้าง แต่ละกลุ่มนำเสนอ เรื่องที่จำเป็นต้องศึกษา

3. นักศึกษาพัฒนากรอบแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อทำความเข้าใจและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

4. หลังจากแต่ละกลุ่มร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากทรัพยากรการเรียนรู้แล้ว เลขานุการกลุ่มสรุปประเด็นปัญหา ให้สมาชิกทราบและร่วมกันตรวจสอบดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดที่ต้องเพิ่มเติมบ้าง จากนั้นให้ร่วมกันกำหนดแนวทางแก้ปัญหาก่อนปฏิบัติจริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นการแก้ปัญหา

1. นักศึกษานำแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มาสังเคราะห์ อธิบาย พิสูจน์สมมติฐานและประยุกต์ให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. นักศึกษาร่วมกันคิดพิจารณาว่าแนวทางแก้ปัญหาหรือความรู้ที่ได้มามีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนตามประเด็นที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอ ก็ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อมูลที่ได้มาแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ตกลงกันไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นสรุปและนำเสนอคำตอบของปัญหา

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มสรุป แนวทางและความรู้ โดยให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้เป็นระบบ

2. นำไปเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาโจทย์ นักศึกษาทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ ร่วมกันอีกครั้ง

3. นักศึกษาแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้ เขียนเรียบเรียงเป็นองค์ความรู้ของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบองค์ความรู้นั้น

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขั้นการแสดงความคิดเห็น/ประเมินผล

. 1. เมื่อนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหาเสร็จ ผู้สอนและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็น ซักถามหรือเพิ่มเติมข้อมูลให้สมบูรณ์

2. ผู้สอนให้นักศึกษาร่วมกันสรุปคำตอบของแต่ละสถานการณ์อีกครั้ง เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงกัน

3. ผู้สอนให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด และทำการเฉลยพร้อมกัน

แบบฝึกหัด

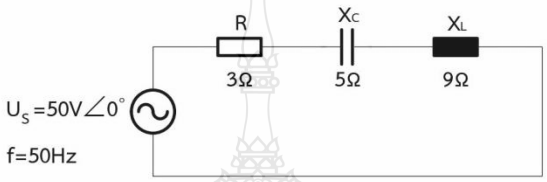
1. จากวงจรรูปที่ 1

ก) จงหากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(Average power)ของแต่ละองค์ประกอบ

ข) จงหาค่ากำลังไฟฟ้าแฝง(Reactive power)ของแต่ละองค์ประกอบ

ค) จงหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ(Apparent power)ของแต่ละองค์ประกอบ

ง) จงหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่ากี่วัตต์(W) , วาร์(VAR) และ โวลท์-แอมป์(VA) และค่าตัวประกอบกำลัง(power factor) ของวงจร

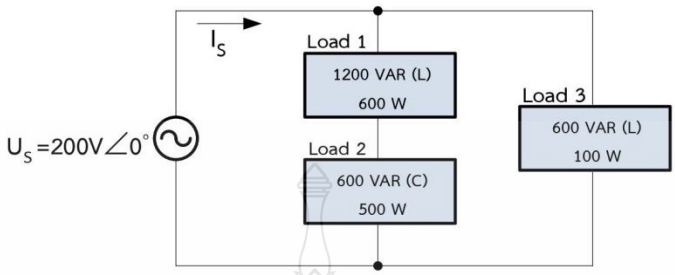


รูปที่ 1

2. จากระบบในรูปที่ 2

ก) จงหา P_T , Q_T และ S_T ข) จงหา power factor Pf.

ค) เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ง) จงหา I_S

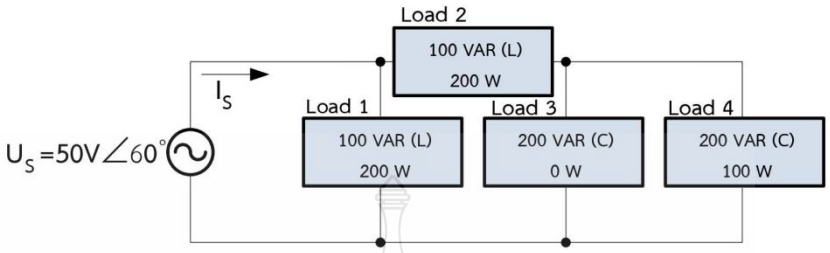


รูปที่ 2

3. จากระบบในรูปที่ 3

ก) จงหา P_T , Q_T และ S_T ข) จงหา power factor Pf.

ค) เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ง) จงหา I_S



รูปที่ 3

แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

รายวิชา.....กลุ่มที่.....

โจทย์ปัญหาที่.....เรื่อง.....

ที่	ชื่อ-สกุล	การตรงต่อเวลา			ความตั้งใจ			การทำงานเป็นทีม			การช่วยเหลือกัน			การแสดงออก			หมายเหตุ
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

เกณฑ์การประเมินผล : 2 หมายถึง มีการแสดงออกอย่างชัดเจน

1 หมายถึง มีการแสดงออกบางครั้ง

0 หมายถึง ไม่มีการแสดงออก

แบบประเมินตัวบ่งชี้พฤติกรรม

นวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

คำชี้แจง แบบประเมินนี้จัดทำเพื่อประเมินตัวบ่งชี้กระบวนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อนำข้อมูลจากการประเมินมาพัฒนาการเรียนการสอนให้ดีขึ้นต่อไป

	กิจกรรมการเรียนการสอน				STEM Education				ข้อเสนอแนะ
รูปแบบการสอน	กิจกรรม/ตัวบ่งชี้	+1	0	-1		+1	0	-1	
ขั้นเตรียมความพร้อม	- ชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้				S				
	- วิธีการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน				T				
	- บอกหน้าที่ของสมาชิกกลุ่ม				E				
	- ทำแบบทดสอบก่อนเรียน				M				
	แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย								
ขั้นให้ความรู้เบื้องต้น	- ความรู้ตรงกับเนื้อเรื่อง				S				
	- มีประโยชน์ในการแก้ปัญหา				T				
	- เพียงพอต่อการทำกิจกรรม				E				
	- เป็นเนื้อหาเบื้องต้น				M				
ขั้นกำหนดปัญหา	- เสนอปัญหาหลากหลาย				S				
	- เลือกปัญหาที่สนใจ				T				
	- แบ่งกลุ่มตามความสนใจ				E				
	- ตั้งคำถามในประเด็นที่อยากรู้				M				
	- ระดมสมองหาความหมาย								
	- อภิปรายสถานการณ์ปัญหา								
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	- แบ่งงาน หน้าที่				S				
	- จัดเรียงลำดับการทำงาน				T				
	- กำหนดเป้าหมาย/ระยะเวลา				E				
	- ค้นคว้าศึกษา/บันทึก				M				
	- บอกแนวทางวิธีค้นหาคำตอบ								
	- จัดทำแผนผังความคิด								
ขั้นการแก้ปัญหา	- ผู้เรียนแต่ละคนนำความรู้นำเสนอ				S				
	- ตรวจสอบข้อมูลสามารถตอบคำถามได้หรือไม่				T				
	- ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม เพียงพอ				E				
	- ทบทวน/หาความรู้เพิ่มเติม				M				
ขั้นสรุป และนำเสนอคำตอบของปัญหา	- กลุ่มนำข้อมูลที่ได้ประมวลสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่				S				
	- ประเมินตนเองด้านความรู้ กระบวนการกลุ่มความพึงพอใจ				T				
	- เลือกวิธีการ/รูปแบบการนำเสนอผลงาน				E				
					M				
ขั้นการแสดงความคิดเห็นและประเมินผล	- เสนอผลงานต่อเพื่อนผู้เรียน				S				
	- ประเมินผลร่วมกับกลุ่มเพื่อน/ผู้สอน				T				
					E				
					M				

เกณฑ์การประเมิน : +1 หมายถึง มีการดำเนินการ, 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีการดำเนินการ, -1 หมายถึง ไม่มีการดำเนินการ

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอน

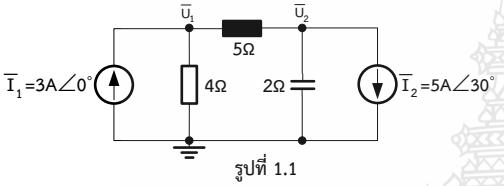
วิชา วงจรไฟฟ้า **หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต**

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า **เวลา 180 นาที**

คำชี้แจง : 1. ข้อสอบมีทั้งหมด 60 ข้อ ให้ทำทุกข้อลงในกระดาษคำตอบ

2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้

1. <u>เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์แรงดันโนด</u>



รูปที่ 1.1

จากรูปที่ 1.1 จงใช้ตอบคำถามข้อ 1 ถึงข้อ 4

1. สมการโนด $\overline{U}_1$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $3+(0.25-j0.2)\overline{U}_1+j0.2\overline{U}_2=0$ ข. $3+(0.25+j0.2)\overline{U}_1+j0.2\overline{U}_2=0$

ค. $-3+(0.25-j0.2)\overline{U}_1-j0.2\overline{U}_2=0$ ง. $-3+(0.25-j0.2)\overline{U}_1+j0.2\overline{U}_2=0$

จ. $-3-(0.25-j0.2)\overline{U}_1+j0.2\overline{U}_2=0$

2. สมการโนด $\overline{U}_2$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $j0.2\overline{U}_1+j0.3\overline{U}_2=5\angle 150^\circ$ ข. $j0.2\overline{U}_1+j0.3\overline{U}_2=-5\angle -150^\circ$

ค. $j0.2\overline{U}_1+j0.3\overline{U}_2=5\angle -30^\circ$ ง. $j0.2\overline{U}_1+j0.3\overline{U}_2=5\angle -150^\circ$

จ. $j0.2\overline{U}_1+j0.3\overline{U}_2=-5\angle -30^\circ$

3. ค่าแรงดันโนด $\overline{U}_1$ มีค่ากี่โวลท์

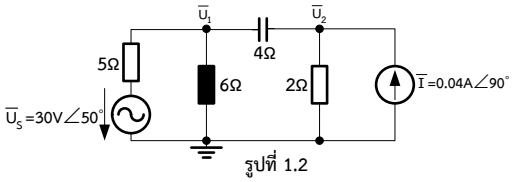
ก. $14.68\angle -68.94^\circ$ ข. $14.68\angle 68.94^\circ$ ค. $14.68\angle 21.06^\circ$

ง. $14.68\angle 6.89^\circ$ จ. $14.68\angle -6.89^\circ$

4. ค่าแรงดันโนด $\overline{U}_2$ มีค่ากี่โวลท์

ก. $12.98\angle -155.91^\circ$ ข. $12.98\angle 155.91^\circ$ ค. $12.98\angle 24.09^\circ$

ง. $12.98\angle -24.09^\circ$ จ. $12.98\angle 204.09^\circ$



รูปที่ 1.2

จากรูปที่ 1.2 จงใช้ตอบคำถามข้อ 5 ถึงข้อ 8

5. สมการโนด $\overline{U}_1$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $(0.2+j0.083)\overline{U}_1+j0.25\overline{U}_2=0.2\overline{U}_S$ ข. $(0.2-j0.083)\overline{U}_1-j0.25\overline{U}_2=0.2\overline{U}_S$

ค. $(0.2+j0.083)\overline{U}_1-j0.25\overline{U}_2=-0.2\overline{U}_S$ ง. $(-0.2+j0.083)\overline{U}_1-j0.25\overline{U}_2=0.2\overline{U}_S$

จ. $(0.2+j0.083)\overline{U}_1-j0.25\overline{U}_2=0.2\overline{U}_S$

6. สมการโนด $\overline{U}_2$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $-j0.25\overline{U}_1+(0.5-j0.25)\overline{U}_2=j0.04$ ข. $-j0.25\overline{U}_1-(0.5+j0.25)\overline{U}_2=j0.04$

ค. $-j0.25\overline{U}_1+(0.5+j0.25)\overline{U}_2=j0.04$ ง. $-j0.25\overline{U}_1+(-0.5+j0.25)\overline{U}_2=j0.04$

จ. $-j0.25\overline{U}_1+(0.5+j0.25)\overline{U}_2=-j0.04$

7. ค่าแรงดันโนด $\overline{U}_1$ มีค่ากี่โวลท์

ก. $19.86\angle 43.83^\circ$ ข. $19.86\angle -43.83^\circ$ ค. $19.86\angle 136.17^\circ$

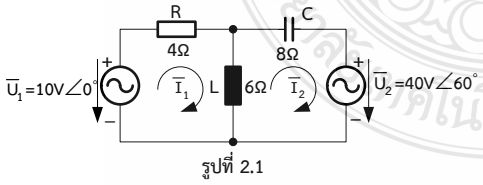
ง. $19.86\angle -136.17^\circ$ จ. $19.86\angle 46.17^\circ$

8. ค่าแรงดันโนด $\overline{U}_2$ มีค่ากี่โวลท์

ก. $8.94\angle 16.95^\circ$ ข. $8.94\angle -16.95^\circ$ ค. $8.94\angle 73.05^\circ$

ง. $8.94\angle 106.95^\circ$ จ. $8.94\angle -106.95^\circ$

2. <u>เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธีการวิเคราะห์กระแสเมช</u>



รูปที่ 2.1

จากรูปที่ 2.1 จงใช้ตอบคำถามข้อ 9 ถึงข้อ 11

9. สมการเมช $\overline{I}_1$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $(4+j6)\overline{I}_1-j6\overline{I}_2=10$ ข. $(4+j6)\overline{I}_1+j6\overline{I}_2=10$

ค. $(4-j6)\overline{I}_1-j6\overline{I}_2=10$ ง. $(4-j6)\overline{I}_1+j6\overline{I}_2=10$

จ. $(-4-j6)\overline{I}_1-j6\overline{I}_2=10$

10. สมการเมช $\overline{I}_2$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $-j6\overline{I}_1 - j2\overline{I}_2 = 20 + j34.64$ ข. $-j6\overline{I}_1 + j2\overline{I}_2 = -20 + j34.64$

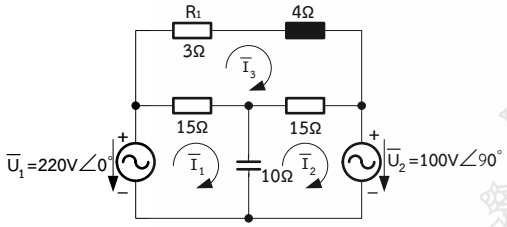
ค. $-j6\overline{I}_1 + j2\overline{I}_2 = -20 - j34.64$ ง. $-j6\overline{I}_1 + j2\overline{I}_2 = 20 + j34.64$

จ. $-j6\overline{I}_1 - j2\overline{I}_2 = -20 - j34.64$

11. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R มีค่ากี่แอมแปร์

ก. $5.15\angle -2.45^\circ$ ข. $5.15\angle 2.45^\circ$ ค. $5.15\angle -24.5^\circ$

ง. $5.15\angle 24.5^\circ$ จ. $5.15\angle 155.5^\circ$



รูปที่ 2.2

จากรูปที่ 2.2 จงใช้ตอบคำถามข้อ 12 ถึงข้อ 15

12. สมการเมช $\overline{I}_1$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $(15 - j10)\overline{I}_1 + j10\overline{I}_2 + 15\overline{I}_3 = 220$ ข. $(15 - j10)\overline{I}_1 + j10\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = 220$

ค. $(15 + j10)\overline{I}_1 + j10\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = 220$ ง. $(15 - j10)\overline{I}_1 - j10\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = 220$

จ. $(15 + j10)\overline{I}_1 - j10\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = 220$

13. สมการเมช $\overline{I}_2$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $j10\overline{I}_1 + (15 - j10)\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = j100$

ข. $j10\overline{I}_1 - (15 - j10)\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = j100$

ค. $j10\overline{I}_1 + (15 + j10)\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = -j100$

ง. $j10\overline{I}_1 + (15 - j10)\overline{I}_2 + 15\overline{I}_3 = -j100$

จ. $j10\overline{I}_1 + (15 - j10)\overline{I}_2 - 15\overline{I}_3 = -j100$

14. สมการเมช $\overline{I}_3$ ของวงจร คือข้อใด

ก. $-15\overline{I}_1 + 15\overline{I}_2 + (33 + j4)\overline{I}_3 = 0$ ข. $-15\overline{I}_1 - 15\overline{I}_2 + (33 - j4)\overline{I}_3 = 0$

ค. $-15\overline{I}_1 - 15\overline{I}_2 - (33 + j4)\overline{I}_3 = 0$ ง. $-15\overline{I}_1 - 15\overline{I}_2 + (33 + j4)\overline{I}_3 = 0$

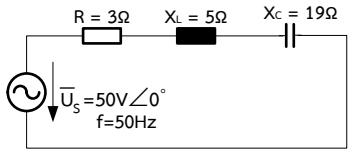
จ. $-15\overline{I}_1 - 15\overline{I}_2 - (33 - j4)\overline{I}_3 = 0$

15. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 มีค่ากี่แอมแปร์

ก. $48.33\angle -77.57^\circ$ ข. $48.33\angle 77.57^\circ$ ค. $48.33\angle 102.43^\circ$

ง. $4.83\angle -77.57^\circ$ จ. $4.83\angle 77.57^\circ$

3. <u>เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส</u>



รูปที่ 3.1

จากรูปที่ 3.1 จงใช้ตอบคำถามข้อ 16 ถึงข้อ 21

16. ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขององค์ประกอบ R มีค่ากี่วัตต์

ก. 51.67 ข. 36.54 ค. 25.83 ง. 10.47 จ. 0

17. ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขององค์ประกอบ L มีค่ากี่วัตต์

ก. 51.67 ข. 36.54 ค. 25.83 ง. 10.47 จ. 0

18. ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขององค์ประกอบ C มีค่ากี่วัตต์

ก. 51.67 ข. 36.54 ค. 25.83 ง. 10.47 จ. 0

19. ค่ากำลังไฟฟ้าแฝงขององค์ประกอบ R มีค่ากี่วาร์

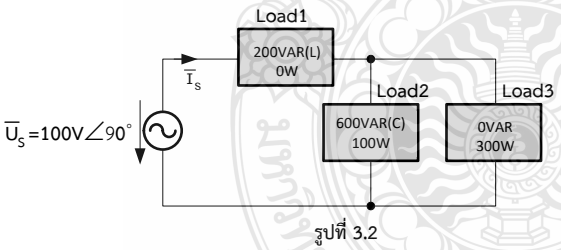
ก. 231.42 ข. 60.9 ค. 43.06 ง. 30.45 จ. 0

20. ค่ากำลังไฟฟ้าแฝงขององค์ประกอบ L มีค่ากี่วาร์

ก. 231.42 ข. 60.9 ค. 43.06 ง. 30.45 จ. 0

21. ค่ากำลังไฟฟ้าแฝงขององค์ประกอบ C มีค่ากี่วาร์

ก. 231.42 ข. 60.9 ค. 43.06 ง. 30.45 จ. 0



รูปที่ 3.2

จากรูปที่ 3.2 จงใช้ตอบคำถามข้อ 22 ถึงข้อ 26

22.ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมมีค่ากี่วัตต์

ก. 400 ข. 300 ค. 200 ง. 100 จ. 0

23.ค่ากำลังไฟฟ้าแฝงรวมมีค่ากี่วาร์

ก. 600 ข. 500 ค. 400 ง. 300 จ. 200

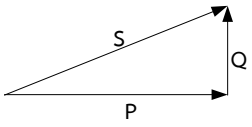
24. ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏรวมมีค่ากี่โวลท์-แอมป์

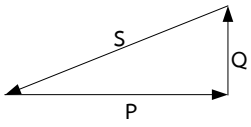
ก. 465.68 ข. 565.68 ค. 600 ง. 665.68 จ. 700

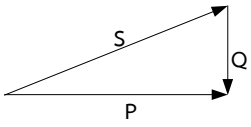
25. ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์ของวงจรมีค่าเท่าไร

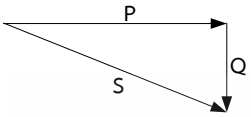
ก. 0.4 ข. 0.5 ค. 0.6 ง. 0.7 จ. 0.8

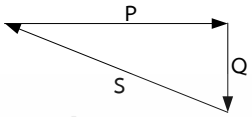
26. สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าข้อใดถูกต้อง

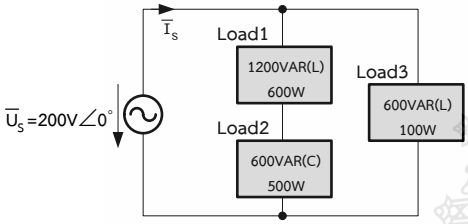
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

จ. 



รูปที่ 3.3

จากรูปที่ 3.3 จงใช้ตอบคำถามข้อ 27 ถึงข้อ 31

27. ค่า P_T มีค่ากี่วัตต์

ก. 1200 ข. 1100 ค. 700 ง. 600 จ. 500

28. ค่า Q_T มีค่ากี่วาร์

ก. 1200 ข. 1100 ค. 700 ง. 600 จ. 500

29. ค่า S_T มีค่ากี่โวลท์-แอมป์

ก. 798.06 ข. 897.06 ค. 997.06 ง. 1697.06 จ. 1797.06

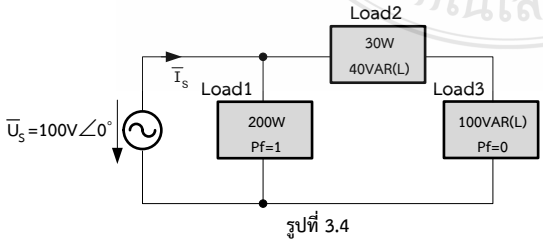
30. เพาว์เวอร์แฟคเตอร์ มีค่าเท่าใด

ก. 0.4 ข. 0.5 ค. 0.6 ง. 0.7 จ. 0.8

31. กระแส $\overline{I}_S$ มีค่ากี่แอมป์

ก. $8.48\angle 45^\circ$ ข. $8.48\angle -45^\circ$ ค. $8.48\angle 135^\circ$

ง. $8.48\angle -135^\circ$ จ. $8.48\angle 0^\circ$



รูปที่ 3.4

จากรูปที่ 3.4 จงใช้ตอบคำถามข้อ 32 ถึงข้อ 36

32. ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมมีค่ากี่วัตต์

ก. 100 ข. 200 ค. 230 ง. 330 จ. 430

33. ค่ากำลังไฟฟ้าแฝงรวมมีค่ากี่วาร์

ก. 20 ข. 40 ค. 80 ง. 100 จ. 140

34. ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏรวมมีค่ากี่โวลท์-แอมป์

ก. 69.26 ข. 169.26 ค. 269.26 ง. 280.26 จ. 369.26

35. ค่าเพาว์เวอร์แฟคเตอร์ของวงจรมีค่าเท่าไร

ก. 0.95 ข. 0.85 ค. 0.75 ง. 0.65 จ. 0.55

36. กระแส $\overline{I}_S$ มีค่ากี่แอมป์

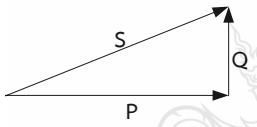
ก. $2.7\angle -31.33^\circ$ ข. $2.7\angle 31.33^\circ$ ค. $2.7\angle 58.67^\circ$

ง. $2.7\angle -58.67^\circ$ จ. $2.7\angle 148.67^\circ$

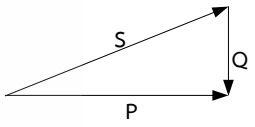
จากโจทย์ใช้ตอบคำถามข้อที่ 37 ถึงข้อ 40

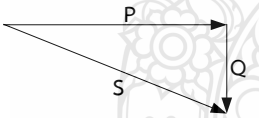
มอเตอร์ขนาด 5-hp มี Pf.เป็น 0.6 ล้าหลัง และมีประสิทธิภาพ 92% ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 220V 50 Hz

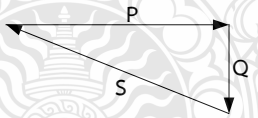
37. สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าของโหลด คือข้อใด

ก. 

ข.

ค. 

ง. 

จ. 

38. ค่าความจุที่นำมาต่อขนานกับโหลดแล้วทำให้ค่า Pf เป็น unity มีค่าเท่าใด

ก. 55.52μF ข. 155.52μF ค. 255.52μF ง. 355.52μF จ. 455.52μF

39. ค่ากระแสจากแหล่งจ่ายก่อนต่อตัวเก็บประจุ มีค่ากี่แอมป์

ก. 30.7 ข. 25.7 ค. 20.7 ง. 15.7 จ. 10.7

40. ค่ากระแสจากแหล่งจ่ายหลังการต่อตัวเก็บประจุ มีค่ากี่แอมป์

ก. 9.4 ข. 12.4 ค. 14.4 ง. 16.4 จ. 18.4

จากโจทย์ใช้ตอบคำถามข้อที่ 41 ถึงข้อ 43

โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กมีโหลดเครื่องทำความร้อนขนาด 10 kW และโหลดแบบอินดักทีฟ ซึ่งต่อกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีกำลังไฟฟ้าปรากฏ 20 kVA องค์ประกอบเครื่องทำความร้อนเป็นโหลดความต้านทาน(Pf.=1) และมอเตอร์เหนี่ยวนำมี Pf=0.7 ล้าหลัง ถ้าแหล่งจ่ายมีขนาด 1000V ที่ 50 Hz

41. ค่าความจุที่มาต่อกับโหลดแล้วทำให้ค่า Pf=0.95 มีค่าเท่าใด

ก. 20.37μF ข. 18.37μF ค. 16.37μF ง. 14.37μF จ. 12.37μF

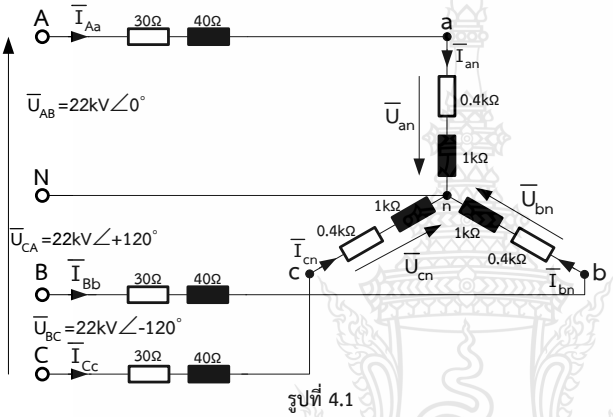
42. ค่ากระแสจากแหล่งจ่ายก่อนการต่อตัวเก็บประจุ มีค่ากี่แอมป์

ก. 37.93 ข. 27.93 ค. 25.93 ง. 20.93 จ. 15.93

43. ค่ากระแสจากแหล่งจ่ายหลังการต่อตัวเก็บประจุ มีค่ากี่แอมป์

ก. 30.26 ข. 25.26 ค. 20.26 ง. 15.26 จ. 10.26

4. <u>เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส</u>



รูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 จงใช้ตอบคำถามข้อ 44 ถึงข้อ 48

44. ค่าขนาดและมุมของแรงดัน $\overline{U}_{AN}$ มีค่ากี่โวลท์

ก. $22k\angle -30^{\circ}$ ข. $22k\angle -150^{\circ}$ ค. $12.7k\angle -30^{\circ}$

ง. $12.7k\angle -150^{\circ}$ จ. $12.7k\angle 90^{\circ}$

45. ค่าขนาดและมุมของแรงดัน $\overline{U}_{BN}$ มีค่ากี่โวลท์

ก. $22k\angle -30^{\circ}$ ข. $22k\angle -150^{\circ}$ ค. $12.7k\angle -30^{\circ}$

ง. $12.7k\angle -150^{\circ}$ จ. $12.7k\angle 90^{\circ}$

46. ค่าขนาดและมุมของกระแสเฟส $\overline{I}_{an}$ ของโหลด มีค่ากี่แอมป์

ก. $11.3\angle 97.5^{\circ}$ ข. $11.3\angle -97.5^{\circ}$ ค. $11.3\angle 142.5^{\circ}$

ง. $11.3\angle 22.5^{\circ}$ จ. $11.3\angle -22.5^{\circ}$

47. ค่าขนาดและมุมของกระแสไลน์ $\overline{I}_{Aa}$ มีค่ากี่แอมป์

ก. $11.3\angle 97.5^{\circ}$ ข. $11.3\angle -97.5^{\circ}$ ค. $11.3\angle 142.5^{\circ}$

ง. $11.3\angle 22.5^{\circ}$ จ. $11.3\angle -22.5^{\circ}$

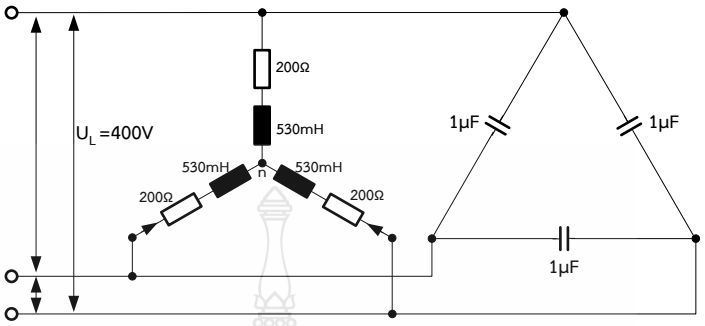
48. ค่าขนาดและมุมของแรงดันตกคร่อมเฟส $\overline{U}_{an}$ ของโหลด มีค่ากี่โวลท์

ก. $12.17k\angle 90.7^{\circ}$ ข. $12.17k\angle -90.7^{\circ}$ ค. $12.17k\angle -149.3^{\circ}$

ง. $12.17k\angle 29.3^{\circ}$ จ. $12.17k\angle -29.3^{\circ}$

จากโจทย์ใช้ตอบคำถามข้อที่ 49 ถึงข้อ 54

จากวงจรรูปที่ 4.2 มี L=530mH,R=200Ω,C=1μF,U_L=400V และ f=50 Hz



รูปที่ 4.2

49. ค่า **P** ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่ากี่วัตต์

ก. 372.2 ข. 472.2 ค. 572.2 ง. 672.2 จ. 772.2

50. ค่า I_L ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่ากี่แอมป์

ก. 0.687 ข. 0.787 ค. 0.887 ง. 0.987 จ. 1.087

51. ค่า cosφ ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่าเท่าใด

ก. 0.35 ข. 0.47 ค. 0.57 ง. 0.67 จ. 0.77

52. ค่า **P** ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่ากี่วัตต์

ก. 372.2 ข. 472.2 ค. 572.2 ง. 672.2 จ. 772.2

53. ค่า I_L ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่ากี่แอมป์

ก. 0.76 ข. 0.66 ค. 0.56 ง. 0.46 จ. 0.36

54. ค่า cosφ ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่าเท่าใด

ก. 0.4 ข. 0.5 ค. 0.69 ง. 0.79 จ. 0.89

จากโจทย์ใช้ตอบคำถามข้อที่ 55 ถึงข้อ 60

โหลดอิมพิแดนซ์ต่อเป็นแบบเดลต้า(Δ) โดยในแต่ละสาขามี ตัวต้านทานขนาด 180Ω ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำขนาด 330mH ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายมีแรงดันไฟฟ้า U_L=300V และ f=50Hz นำตัวเก็บประจุสามตัวขนาด 5μF ต่อแบบเดลต้า(Δ) นำมาต่อขนานกับโหลด

55. ค่า I_L ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่ากี่แอมป์

ก. 2.5 ข. 3 ค. 3.5 ง. 4 จ. 4.5

56. ค่า **P** ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่ากี่วัตต์

ก. 1025.7 ข. 1125.7 ค. 1225.7 ง. 1325.7 จ. 1425.7

57. ค่า cosφ ของวงจร ที่ยังไม่ต่อ C มีค่าเท่าใด

ก. 0.98 ข. 0.9 ค. 0.866 ง. 0.76 จ. 0.66

58. ค่า I_L ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่ากี่แอมป์

ก. 0.82 ข. 0.92 ค. 1.2 ง. 2.2 จ. 3.2

59. ค่า **P** ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่ากี่วัตต์

ก. 1025.7 ข. 1125.7 ค. 1225.7 ง. 1325.7 จ. 1425.7

60. ค่า cosφ ของวงจร ที่ต่อ C เข้าไปในวงจร มีค่าเท่าใด

ก. 0.58 ข. 0.68 ค. 0.78 ง. 0.88 จ. 0.98

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วย
รูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

คำชี้แจง : แบบประเมินชุดนี้จะทำการประเมินความพึงพอใจ 4 ดาน และโปรดพิจารณาขอคำถาม ต่อไปนี้ให ตรงกับความคิดเห็นของผู้เรียนมากที่สุดแลวทำเครื่องหมาย ✓ ในชองระดับความ พึงพอใจ เพียงขอละ 1 ตัวเลือก

ขอความคำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
ดานการเรียนการสอน					
1. รูปแบบการการสอนสามารถทำใหผู้เรียนไมเบื่อหนายกับการเรียน					
2. เนื้อหามีความเหมาะสมและนาสนใจ					
3. ผู้เรียนมีสวนรวมและสามารถใชสติปญญาในการสรางองคความรู้					
4. เวลาที่ใชในการสอนมีความเหมาะสม					
5. หลังจากจบการเรียนผู้เรียนสามารถนำความรูไปตอยอดใชกับวิชาอื่น					
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน					
6. มีการจัดเตรียมหรือออกแบบเนื้อหา/สื่อการสอน/กิจกรรม ใหผู้เรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง					
7. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด					
8. กิจกรรมการเรียนรูที่ไดออกแบบมีความหลากหลาย และบูรณาการในการใชงานไดอยางเหมาะสม					
9. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นชวยเปดโอกาสใหผู้เรียนสามารถศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย					
10. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธรวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรู้					
ดานเนื้อหา					
11. สถานการณ์ปัญหาครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงคของรายวิชา					
12. สถานการณ์ปัญหาทำให้เกิดการเรียนรู้และเหมาะสมกับรายวิชา					
13. สถานการณ์ปัญหามีปริมาณและรายละเอียดของเนื้อหาเหมาะสม					
14. ภาษาที่ใชมีความเหมาะสม และอานทำความเขาใจไดงาย					
ดานการประเมินผล (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์)					
15. ขอสอบมีความสอดคลองกับเนื้อหาปัญหาที่เรียน					
16. จำนวนขอสอบเหมาะสม					
17. คำถามและคำตอบมีเปาหมายที่ชัดเจน					
18. ขอสอบมีความยากงายเหมาะสม					
19. เวลาสำหรับการทำขอสอบมีความเหมาะสม					

ภาคผนวก ง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้ต่อนวัตกรรมรูปแบบการเรียนรู้

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจ

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ								IOC	ความหมาย
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1.เกณฑ์ภายนอก										
1.1 แผนจัดการเรียนรู้มีเนื้อหาสอดคล้องกับรายวิชาวงจรไฟฟ้าตามคำอธิบายรายวิชา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
1.2 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการเรียนการสอนในศตวรรษที่21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
1.3 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาต พ.ศ.2542	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.เกณฑ์ภายใน										
2.1 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา										
ด้านองค์ความรู้										
2.1.1 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางทฤษฎีวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.2 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการบูรณาการความรู้ด้านวงจรไฟฟ้ากับความรู้ด้านไฟฟ้าอื่น	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.3 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ทางการคำนวณทางไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.4 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับทักษะและกระบวนการคำนวณตามสูตรทางวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.5 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการบูรณาการความรู้ทางการคำนวณทางไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.6 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาทางเทคโนโลยีที่ถูกต้อง	1	1	1	1	1	1	1	0	0.875	สอดคล้อง
2.1.7 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เทคโนโลยีทางวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.8 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกระบวนการทางเทคโนโลยี	1	1	1	1	0	0	0	0	0.5	สอดคล้อง
2.1.9 แผนจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมการบูรณาการความรู้ต่างๆ ทางเทคโนโลยีและบูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยีกับ ศาสตร์อื่น	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM										
2.1.10 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของรายวิชาวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.11 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีโดยมีลำดับของกิจกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ทางวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.1.12 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีเชิงบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่สอดแทรกเทคนิค/กลวิธีการสอนที่สอดคล้องกับการพัฒนาการคิดขั้นสูง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

ค่าการประเมินดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ								IOC	ความหมาย
	1	2	3	4	5	6	7	8		
2.1.13 แผนจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เชิงบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่สอดคล้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.2 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน										
2.2.1 ลักษณะด้านปัญหา										
1. โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องกับประสบการณ์จริงหรือมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. โจทย์ปัญหามีความท้าทาย กระตุ้นความสนใจ สอดคล้องกับลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. โจทย์ปัญหาที่มีความสอดคล้องกับงานด้านวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. โจทย์ปัญหามีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. โจทย์ปัญหาที่ก่อให้เกิดการทำงานกลุ่มร่วมกัน สอดคล้องเหมาะสมกับเวลา เกิดแรงจูงใจในการแสวงหาความรู้ใหม่	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
6. โจทย์ปัญหามีความยากความง่ายของปัญหาสอดคล้องกับพื้นฐานของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	0	0	0.75	สอดคล้อง
7. โจทย์ปัญหาไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีต้องค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลก่อนคาดเดาได้ยากสอดคล้องกับลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
8. โจทย์ปัญหาส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหา สอดคล้องกับวิชาวงจรไฟฟ้า	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.2.2 แผนการเรียนรู้มีการบูรณาการเนื้อหาความรู้ในสาขาต่างๆที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.2.3 แผนการเรียนรู้เน้นความสอดคล้องของกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.2.4 การเรียนเป็นกลุ่มย่อยสอดคล้องกับวิธีการทำงานร่วมกันซึ่งเป็นลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.2.5 แผนการเรียนรู้เน้นผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้สอดคล้องกับการเรียนโดยกำกับตนเอง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ค่าเฉลี่ย									**0.976**	สอดคล้อง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบประเมินความพึงพอใจของผูเรียนที่เรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ขอความคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความหมาย
	1	2	3		
ดานการเรียนการสอน					
1. รูปแบบการการสอนสามารถทำใหผูเรียนไมเบื่อหนายกับการเรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง
2. เนื้อหามีความเหมาะสมและนาสนใจ	1	1	1	1	สอดคล้อง
3. ผูเรียนมีสวนรวมและสามารถใชสติปญญาในการสรางองคความรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
4. เวลาที่ใชในการสอนมีความเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง
5. หลังจากจบการเรียนผูเรียนสามารถนำความรูไปตอยอดใชกับวิชาอื่น	1	1	1	1	สอดคล้อง
ดานกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน					
6. มีการจัดเตรียมหรือออกแบบเนื้อหา/สื่อการสอน/กิจกรรม ใหผูเรียนสามารถเรียนรูดวยตนเอง	1	1	1	1	สอดคล้อง
7. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติไดจริงตามเวลาที่กำหนด	1	1	1	1	สอดคล้อง
8. กิจกรรมการเรียนรูที่ไดออกแบบมีความหลากหลาย และบูรณาการในการใชงานไดอยางเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง
9. กิจกรรมการเรียนรูที่พัฒนาขึ้นชวยเปดโอกาสใหผูเรียนสามารถศึกษาหาความรูจากแหลงความรูที่หลากหลาย	1	1	1	1	สอดคล้อง
10. ผูเรียนมีปฏิสัมพันธรวมกันเปนกลุม เพื่อใหเกิดการเรียนรู้	1	1	1	1	สอดคล้อง
ดานเนื้อหา					
11. สถานการณ์ปัญหาครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงคของรายวิชา	1	1	1	1	สอดคล้อง
12. สถานการณ์ปัญหาทำให้เกิดการเรียนรู้และเหมาะสมกับรายวิชา	1	1	1	1	สอดคล้อง
13. สถานการณ์ปัญหามีปริมาณและรายละเอียดของเนื้อหาเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง
14. ภาษาที่ใชมีความเหมาะสม และอานทำความเขาใจไดงาย	1	1	1	1	สอดคล้อง
ดานการประเมินผล (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์)					
15. ขอสอบมีความสอดคลองกับเนื้อหาปัญหาที่เรียน	1	1	1	1	สอดคล้อง
16. จำนวนขอสอบเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง
17. คำถามและคำตอบมีเปาหมายที่ชัดเจน	1	1	1	1	สอดคล้อง
18. ขอสอบมีความยากงายเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง
19. เวลาสำหรับการทำขอสอบมีความเหมาะสม	1	1	1	1	สอดคล้อง

ค่าความเชื่อมั่นต่อแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ข้อที่	จำนวนนักศึกษาที่ใช้ทดลอง										S_i^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	3	5	5	5	4	5	5	5	4	4	0.50
2.	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	0.27
3.	3	4	5	4	5	4	4	5	4	4	0.40
4.	4	5	5	4	3	5	4	5	3	5	0.68
5.	4	5	5	4	5	4	5	5	4	4	0.28
6.	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	0.27
7.	3	4	5	4	3	4	5	5	5	5	0.68
8.	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	0.27
9.	3	5	5	4	5	4	5	5	4	5	0.50
10.	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	0.28
11.	3	4	5	4	5	4	5	5	4	4	0.46
12.	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	0.27
13.	3	5	5	5	3	5	5	5	5	5	0.71
14.	5	5	5	4	3	5	5	5	4	5	0.49
15.	3	5	5	3	4	5	5	5	4	5	0.71
16.	5	4	4	3	4	5	4	5	4	4	0.40
17.	3	5	4	4	4	3	5	5	5	4	0.62
18.	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	0.23
19.	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4	0.27
$\sum X$	76	89	89	80	78	85	90	94	81	86	
					$\sum S_i^2$						8.26
					S_t^2						30.26

จากสูตร Cronbach’s Alpha

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)$$

$$= \frac{19}{18}\left(1-\frac{8.26}{30.26}\right) = 0.77$$

ดังนั้นค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร Cronbach’s Alpha เท่ากับ 0.77

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				ICO	ความหมาย
	1	2	3	4		
1.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
3.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
4.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
5.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
6.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
7.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
8.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
9.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
10.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
11.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
12.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
13.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
14.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
15.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
16.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
17.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
18.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
19.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
20.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
21.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
22.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
23.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
24.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
25.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
26.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
27.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
28.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
29.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
30.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
31.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
32.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
33.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
34.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				ICO	ความหมาย
	1	2	3	4		
35.	0	1	1	1	0.75	สอดคล้อง
36.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
37.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
38.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
39.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
40.	0	1	1	1	0.75	สอดคล้อง
41.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
42.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
43.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
44.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
45.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
46.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
47.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
48.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
49.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
50.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
51.	0	1	1	1	0.75	สอดคล้อง
52.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
53.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
54.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
55.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
56.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
57.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
58.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
59.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
60.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
61.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
62.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
63.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
64.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
65.	1	0	1	1	0.75	สอดคล้อง
66.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
67.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
68.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				ICO	ความหมาย
	1	2	3	4		
69.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
70.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
71.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
72.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
73.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
74.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
75.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
76.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
77.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
78.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
79.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
80.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
81.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
82.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
83.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
84.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
85.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
86.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
87.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
88.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
89.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
90.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
91.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
92.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
93.	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
		รวม			**0.989**	**สอดคล้อง**

ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ระดับความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ระดับอำนาจจำแนก	การนำไปใช้
1	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
2	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
3	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
4	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
5	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
6	0.80	ง่ายมาก	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
7	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
9	0.50	ปานกลาง	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
10	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
11	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
12	0.40	ปานกลาง	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
13	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
14	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
15	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
16	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
17	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
18	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
19	0.90	ง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
20	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
21	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
22	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
23	0.20	ค่อนข้างยาก	0.40	ดีมาก	ใช้ไม่ได้
24	0.40	ปานกลาง	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
25	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
26	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
27	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
28	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
29	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
30	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
31	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
32	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
33	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้

ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ระดับความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ระดับอำนาจจำแนก	การนำไปใช้
34	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
35	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
36	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
37	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
38	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
39	0.80	ง่ายมาก	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
40	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.00	ปรับปรุง	ใช้ได้
41	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
42	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
43	0.80	ง่ายมาก	0.40	ดีมาก	ใช้ไม่ได้
44	0.20	ค่อนข้างยาก	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
45	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
46	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
47	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
48	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
49	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
50	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
51	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
52	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
53	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
54	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
55	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
56	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
57	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
58	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
59	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
60	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
61	0.80	ง่ายมาก	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
62	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
63	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
64	0.50	ปานกลาง	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
65	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
66	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้

ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา(ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ระดับความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ระดับอำนาจจำแนก	การนำไปใช้
67	0.40	ปานกลาง	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
68	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
69	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
70	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
71	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
72	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
73	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
74	0.90	ง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
75	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
76	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
77	0.40	ปานกลาง	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
78	0.20	ค่อนข้างยาก	0.40	ดีมาก	ใช้ไม่ได้
79	0.40	ปานกลาง	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
80	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.00	ปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
81	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
82	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
83	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
84	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
85	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
86	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
87	0.50	ปานกลาง	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
88	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
89	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ใช้ได้
90	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ไม่ได้
91	0.90	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
92	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ใช้ได้
93	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	สัดส่วนผู้ตอบถูก (p)	สัดส่วนผู้ตอบผิด (q)	p.q
1	0.70	0.30	0.21
2	0.90	0.10	0.09
3	0.40	0.60	0.24
4	0.90	0.10	0.09
5	0.50	0.50	0.25
6	0.80	0.20	0.16
7	0.50	0.50	0.25
8	0.70	0.30	0.21
9	0.50	0.50	0.25
10	0.70	0.30	0.21
11	0.40	0.60	0.24
12	0.40	0.60	0.24
13	0.70	0.30	0.21
14	0.70	0.30	0.21
15	0.90	0.10	0.09
16	0.50	0.50	0.25
17	0.60	0.40	0.24
18	0.70	0.30	0.21
19	0.90	0.10	0.09
20	0.60	0.40	0.24
21	0.50	0.50	0.25
22	0.40	0.60	0.24
23	0.20	0.80	0.16
24	0.40	0.60	0.24
25	0.60	0.40	0.24
26	0.70	0.30	0.21
27	0.70	0.30	0.21
28	0.70	0.30	0.21
29	0.70	0.30	0.21
30	0.60	0.40	0.24
31	0.50	0.50	0.25
32	0.50	0.50	0.25
33	0.70	0.30	0.21
34	0.60	0.40	0.24
35	0.70	0.30	0.24

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(ต่อ)

ข้อที่	สัดส่วนผู้ตอบถูก (p)	สัดส่วนผู้ตอบผิด (q)	p.q
36	0.90	0.10	0.09
37	0.70	0.30	0.21
38	0.70	0.30	0.21
39	0.80	0.20	0.16
40	0.60	0.40	0.24
41	0.90	0.10	0.09
42	0.50	0.50	0.25
43	0.80	0.20	0.16
44	0.20	0.80	0.16
45	0.70	0.30	0.21
46	0.70	0.30	0.21
47	0.50	0.50	0.25
48	0.60	0.40	0.24
49	0.70	0.30	0.21
50	0.50	0.50	0.25
51	0.50	0.50	0.25
52	0.70	0.30	0.21
53	0.70	0.30	0.21
54	0.70	0.30	0.21
55	0.60	0.40	0.24
56	0.70	0.30	0.21
57	0.90	0.10	0.09
58	0.40	0.60	0.24
59	0.90	0.10	0.09
60	0.50	0.50	0.25
61	0.80	0.20	0.16
62	0.50	0.50	0.25
63	0.70	0.30	0.21
64	0.50	0.50	0.25
65	0.70	0.30	0.21
66	0.40	0.60	0.24
67	0.40	0.60	0.24
68	0.70	0.30	0.21
69	0.70	0.30	0.21
70	0.90	0.10	0.09
71	0.50	0.50	0.25

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(ต่อ)

ข้อที่	สัดส่วนผู้ตอบถูก (p)	สัดส่วนผู้ตอบผิด (q)	p.q
72	0.60	0.40	0.24
73	0.70	0.30	0.21
74	0.90	0.10	0.09
75	0.60	0.40	0.24
76	0.50	0.50	0.25
77	0.40	0.60	0.24
78	0.20	0.80	0.16
79	0.40	0.60	0.24
80	0.60	0.40	0.24
81	0.70	0.30	0.21
82	0.70	0.30	0.21
83	0.70	0.30	0.21
84	0.70	0.30	0.21
85	0.60	0.40	0.24
86	0.50	0.50	0.25
87	0.50	0.50	0.25
88	0.70	0.30	0.21
89	0.60	0.40	0.24
90	0.70	0.30	0.24
91	0.90	0.10	0.09
92	0.70	0.30	0.21
93	0.70	0.30	0.21
	$\sum pq$		**19.33**

คำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \times \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right)$$

$$s^2 = \frac{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}{n^2}$$

$$= \frac{20(71278) - 1166^2}{20^2}$$

$$= \frac{1425560 - 1359556}{400}$$

$$= 165.01$$

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \times \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right)$$

$$= \frac{93}{93-1} \times \left(1 - \frac{19.33}{165.01}\right)$$

$$= 0.8925$$

หรือ $r_{tt} = 0.8925 \times 100\%$

$= 89.25\ \%$

ภาคผนวก จ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของการเรียนตามนวัตกรรมรูปแบบบูรณาการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวิศวกรรมศึกษา

นักศึกษาที่	คะแนนการทดสอบ	
	ก่อนเรียน (60 คะแนน)	หลังเรียน (60 คะแนน)
1	9	40
2	11	40
3	8	39
4	7	33
5	9	39
6	12	41
7	10	40
8	7	33
9	11	38
10	12	41
11	10	38
12	6	37
13	13	42
14	12	41
15	7	33
16	15	45
17	4	32
18	6	35
19	11	36
20	5	32
21	9	38
22	7	31
23	12	42
24	6	32
25	10	40
เฉลี่ยรวม	**9.16**	**37.52**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนิต บุญใส
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม 2506
ที่อยู่	57/44 หมู่3 ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
การศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต(ค.อ.ม.) สาขาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประสบการณ์การทำงาน	อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี พ.ศ. 2529-พ.ศ. 2533 อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี พ.ศ. 2534-พ.ศ. 2538 อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2539 ถึงปัจจุบัน
อีเมล์	tanit_b@rmutt.ac.th