ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม สำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

นางสาวบังอร ดำด้วงโรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2563

The Effects of STEM Education Approach by Basing on 7E Inquiry on Learning Achievement and Attitude Towards Science in Science for Developing Industrial Technician Career Course of the 1st Year Vovational Certificate Students at Surat Thani Technical College, Surat Thani Province

Miss Bang-on Damduangrom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม สำหรับนักเรียน ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ชื่อและนามสกุล นางสาวบังอร ดำด้วงโรม

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพศักดิ์ บุณยรัตพันธุ์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม สำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผู้วิจัย นางสาวบังอร ดำด้วงโรม **รหัสนักศึกษา** 2612000790 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับของนักเรียนที่เรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ (2) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับของนักเรียนที่เรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขางานยานยนต์ วิทยาลัยเทคนิค-สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 60 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม และจับสลากเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวนกลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน เรื่อง สมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และงานพลังงาน และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติดังหัวข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และ (2) แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่เรียนจากวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่เรียนจากวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน สูงกว่าเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนจากวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา การสืบเสาะ 7E ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

Thesis title: The Effects of STEM Education Approach by Basing on 7E Inquiry on Learning Achievement and Attitude Towards Science in Science for Developing Industrial Technician Career Course of the 1st Year Vovational Certificate Students at Surat Thani Technical College, Surat Thani Province
Researcher: Miss Bang-on Damduangrom; **ID:** 2612000790;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2020

Abstract

The objectives of this research were (1) to compare learning achievement in the Science for Developing Industrial Technician Career Course of the first year Vocational Certificate students who learned through the learning management based on STEM education concept with the use of 7E inquiry approach as the basis with the counterpart learning achievement of the students who learned through the traditional learning management; and (2) to compare attitude towards science of the first year Vocational Certificate students who learned through the learning management based on STEM education concept with the use of 7E inquiry approach as the basis with the counterpart attitude of the students who learned through the traditional learning management.

The research sample consisted of 60 first year Vocational Certificate students in the Automotive Mechanics Program of Surat Thani Technical College in Surat Thani province, obtained by cluster random sampling. Then, they were randomly assigned by taking lots into an experimental group and a control group each of which consisting of 30 students. The employed treatment instruments were (1) lesson plans on the topics of Balance of Materials, Linear Movement, and Energy Work in the Science for Developing Industrial Technician Career Course for the learning management based on STEM education concept with the use of 7E inquiry approach as the basis; and (2) lesson plans on the same topics as previously mentioned for the traditional learning management. The employed data collecting instruments were (1) a learning achievement test for the Science for Developing Industrial Technician Career Course; and (2) a scale to assess attitude towards science. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

Research findings revealed that (1) the post-learning achievement in the Science for Developing Industrial Technician Career Course of the first year Vocational Certificate students of Surat Thani Technical College in Surat Thani province, who learned through the learning management based on STEM education concept with the use of 7E inquiry approach as the basis, was significantly higher than the counterpart post-learning achievement of the students who learned through the traditional learning management at the .05 level of statistical significance; and (2) the post-learning attitude towards science of the first year Vocational Certificate students of Surat Thani Technical College in Surat Thani province, who learned through the learning management based on STEM education concept with the use of 7E inquiry approach as the basis, was significantly higher than the counterpart post-learning attitude of the students who learned through the traditional learning management at the .05 level of statistical significance.

Keywords: STEM Education, 7E inquiry approach, Learning achievement, Attitude towards science

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากอาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ เป็นประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมานับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วิวัฒน์ รอดเกิด อาจารย์ณัฐวรรณ แสงสวี และอาจารย์สุพร ศรีเงินยวง ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณารับเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือพร้อมทั้งให้คำแนะนำในการจัดทำเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี นายสิรวิชญ์ ธนเศรษฐ์วงศ์ตลอดจน รองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี คณะเพื่อนครูอาจารย์ และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ทัศนีย์ มูลไชย และคุณยายเนี่ยว ดำนุ่น ที่อบรมสั่งสอนให้ผู้วิจัยเป็นบุคคลที่ใฝ่รู้ใฝ่เรียน ขยันอดทน และคอยส่งเสริมสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และเพื่อน ๆ ผู้ร่วมงานที่สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัย ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

บังอร ดำด้วงโรม

กุมภาพันธ์ 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 5
กรอบแนวคิดการวิจัย 6
สมมติฐานการวิจัย 7
ขอบเขตการวิจัย 8
นิยามศัพท์เฉพาะ 8
ประโยชน์ที่จะได้รับ 11
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 13
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 14
การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้ 35
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 55
เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ 65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 70
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 77
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 77
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 78
การเก็บรวบรวมข้อมูล 105
การวิเคราะห์ข้อมูล 106
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 112
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน
ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 112

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 113
ตอนที่ 3 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ระหว่างเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 114
ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 115
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 116
สรุปการวิจัย 116
อภิปรายผล 119
ข้อเสนอแนะ 123
บรรณานุกรม 125
ภาคผนวก 138
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 139
ข ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน 141
ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ 164
ง การวิเคราะห์ข้อมูล 174
จ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 191
ประวัติผู้วิจัย 200

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 4 แบบ 50
ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E 52
ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน 81
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแนวคิดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลวัตถุ
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 85
ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะความรู้และตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน 92
ตารางที่ 3.4 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้
จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์
เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมรหัสวิชา 20000-1302 เรื่อง สมดุลของวัตถุ
ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง 95
ตารางที่ 3.5 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้
จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์
เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง 97
ตารางที่ 3.6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้
จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์
เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20000-1302 เรื่องงานและพลังงาน
ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง 98
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนระหว่าง
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 112
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนระหว่าง
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 113
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและ
กลุ่มทดลองระหว่างเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E
เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 114

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 115

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 7
ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 19
ภาพที่ 2.2 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) 23
ภาพที่ 2.3 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศกรรม 6 ขั้นตอน 27
ภาพที่ 2.4 แผนผังความคิดที่ระบุการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัดพื้นที่ใบไม้ 30
ภาพที่ 2.5 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น 47
ภาพที่ 2.6 การใช้วัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E 48
ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแผนผังการบูรณาการ เรื่อง สมดุลวัตถุ ตามแบบสะเต็ม โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน 89

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้ยุคไทยแลนด์ 4.0 สู่ศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เพราะเป็นแหล่งความรู้และกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศ ซึ่งการที่จะพัฒนาบุคคลให้มีคุณภาพนั้น จะต้องพัฒนาระบบการศึกษาของประเทศและจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้ก้าวเข้าสู่ “การศึกษา 4.0” เพราะการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับคุณภาพของบุคคลให้มีความรู้ความสามารถมีทักษะในการประยุกต์ให้เข้าถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ ทรัพยากรมนุษย์นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความจำเป็นมากที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งความรู้และเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศ โดยเป็นผู้ที่นำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อการพัฒนาประเทศ ซึ่งการที่จะพัฒนาบุคคลให้มีคุณภาพนั้น ความสามารถสอดคล้องกับนโยบายดังกล่าว ได้นั้น ระบบการศึกษาของประเทศจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนและก้าวสู่ “การศึกษา 4.0” ด้วยเช่นเดียวกัน (เสาวลักษณ์ พิสิษฐ์ไพบูลย์, 2559, น. 2; นวรัตน์ รามสูต และบัลลังก์ โรหิตเสถียร, 2559; นพรัตน์ มีศรี และอมรินทร์ เทวตา, 2561, น. 22) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 2-9) พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2533 หน้า 2 มาตรา 4 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 หน้า 19 มาตรา 49 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 2) การศึกษาหมายความว่า กระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคมโดยการถ่ายทอดความรู้การฝึกการอบรมการสืบสานทางวัฒนธรรมการสร้างสรรค์จรรโลงความกาวหน้าทางวิชาการการสร้างองค์ความรู้อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อมสังคมการเรียนรู้และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต มาตรา 6 การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายจิตใจสติปัญญาความรู้และคุณธรรมมี จริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมี ความสุข มาตรา 22 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 8) การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถ พัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 8) การจัดการศึกษาทั้ง การศึกษาในระบบการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และการบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการการบำรุงรักษาและการ

ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน (สุชีรา ศรีวรวุฒิชัย 2558, น. 2) การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามมาตรา 8 วรรคหนึ่ง (7) อาจจัดในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน หรือจัดด้วยวิธีการอื่นใดตามพัฒนาการของโลก และตามความต้องการของผู้เรียน และการจัดกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวต้องมีหลักสูตรและวิธีการ ที่ผู้เรียนมีทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้หรือมุ่งเน้นการฝึกทักษะอาชีพชั้นสูงได้ ตามความถนัดของตน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น เสาะแสวงหา ความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่นักเรียนได้ฝึกคิดฝึกสังเกตฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ฝึกสร้างองค์ ความรู้ โดยที่ครูเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาเป็นผู้สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียร์เจต์ ได้แก่ การปรับขยายความคิด (Assimilation) และการปรับขยายโครงสร้างความคิด (Accommodation) ตั้งแต่ 2 ขั้นตอน จนต่อมาได้เพิ่มเป็น 3 ขั้นตอน (Eisenkraft, 2003) คือ 1. ขั้นสำรวจ 2. ขั้นสร้างมโนทัศน์ และ 3. ขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้ และต่อมามีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนการ เรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน (Barman, 1989) ได้แก่ 1. ขั้นสำรวจ 2. ขั้นอธิบาย 3. ขั้นขยายความคิด และ 4. ขั้นประเมิน ต่อมาในปี ค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Sduies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้น หรือ เรียกว่า 5E สำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสำรวจ 3. ขั้นอธิบาย 4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์ และ 5. ขั้นประเมินผล (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540) จนกระทั่งต่อมาไอน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft) ได้พัฒนารูปแบบของ BSCS จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E (Eisenkraft, 2003) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) 2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) 3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) 4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) 5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) และ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

ปัจจุบันนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นเป็นแนวทางที่น่าสนใจและเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมมากจึงมีผู้สนใจศึกษาและทำงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะดังกล่าว จึงขอยกตัวอย่างบุคคลต่างๆ มาอ้างอิง ดังนี้ บุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560) ได้ทำการศึกษา การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ

นัสรินทร์ บือซา (2557) ภาวิณี เทียมดี และปิยวรรณ พันสี (2562) อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) ปิยวรรณ พันสี (2562) วันชัย แช่มตระกูล (2559) อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) และ นราภรณ์ ชัยบัวแดง (2561) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้อีกแนวทางหนึ่ง ที่เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา เข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 201-202) มีจุดเด่นที่การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาผนวกเข้ากับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่อยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทย กิจกรรมสะเต็มศึกษาเน้นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนอาจเป็นปัญหา เหตุการณ์ หรืออาชีพที่พบเห็นได้ในชุมชนมาเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สร้างโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน และความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหาวิธีการหรือ พัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้ในชั้นเรียน อีกทั้งเป็นการฝึกความสามารถในการแก้ปัญหาที่ ซับซ้อน เนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสถานการณ์ที่ครูกำหนดต้องสอดคล้องกับตัวชี้วัดใน ระดับชั้นที่นักเรียนศึกษาอยู่และต้องคำนึงถึงวิธีการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละวัย (เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์, 2558) ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้ แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็ จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้นซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool)

ในความหมายของสะเต็มศึกษา หรือ STEM Education ตามที่นักวิชาการหรือองค์กรด้านการศึกษาได้ให้นิยามไว้หมายถึงการศึกษาในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature Of Science, NOS) หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโลก การเปลี่ยนแปลง ความเป็นไปรวมถึงที่มาของสิ่งต่างๆ ปรากฏการณ์ต่างๆสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติก็ สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดศาสตร์ทางด้านความรู้ (Knowledge) นำไปสู่การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้มาใช้ในการศึกษาสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา เช่น กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติที่อยู่รอบตัว เพื่อนำมาสู่การพิสูจน์ การอธิบายจากหลักฐานที่ปรากฏนำไปสู่ข้อสรุป เกิดเป็นหลักการ (Principal) หรือทฤษฎี (Theory) ทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีงานวิจัยของ Olson et. al. (2000) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ควรจัดให้สอดคล้องกับ 5 ลักษณะ

ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐาน 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อมูล 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือคำอธิบายอื่นๆ และ 5) ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผล ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติมากหรือน้อยได้ตามระดับการสืบเสาะหาความรู้ (สุทธิดา จำรัส (2560)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์สามารถตรวจสอบได้จากหลักฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นรวมถึงการนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ มีเหตุผล มีคุณธรรมหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้กระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลองแล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามความมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐาน 2 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาผู้เรียน 2) เพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2560) คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผู้สอนต้อง จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้หรือแนวคิด (Concept) ให้เป็นโครงข่ายความรู้ (Network) ประเมินการเรียนรู้ทั้งแบบระหว่างเรียน (Formative Assessment) และแบบสรุปรวม (Summative Assessment) ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย เลือกและใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด สืบเสาะและใช้เทคโนโลยีร่วมสมัยผ่านการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน จัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) และสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) วางแผนการจัดการเรียนรู้ สรรหาและเลือกกิจกรรมที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มแข็งช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะตามตัวชี้วัดศึกษาหลักสูตร มาตรฐาน พิจารณาเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดของกลุ่มสาระอื่น ๆ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นร่องรอยที่เกิดจากการเรียนรู้ เป็นตัวบ่งชี้การพัฒนาการของผู้เรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จากการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมาครูผู้สอนพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา

วิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ต่ำ จากการสอบถามนักเรียนส่วนใหญ่นักเรียนคิดว่าเป็นวิชาที่ยากทำให้ไม่ชอบเรียนในรายวิชาดังกล่าว ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากปัญหาดังกล่าวครูผู้สอนได้ทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลการโดยการทำวิจัยในชั้นเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 2 สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสหกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ปกติ ผลการวิจัยชั้นเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ห้อง 2 ที่ได้รับจัดการเรียนการรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 9.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.30 ส่วนนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ห้อง3ที่ได้รับจัดการเรียนการรู้แบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ย 8.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.95 ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ห้อง 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียน ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ห้อง3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 17.28 และ 12.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.66 และ 2.45 ตามลำดับ จะเห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนแตกต่างจากนักเรียนชั้นที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (วิจัยชั้นเรียน 2562)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่นำกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิค-สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

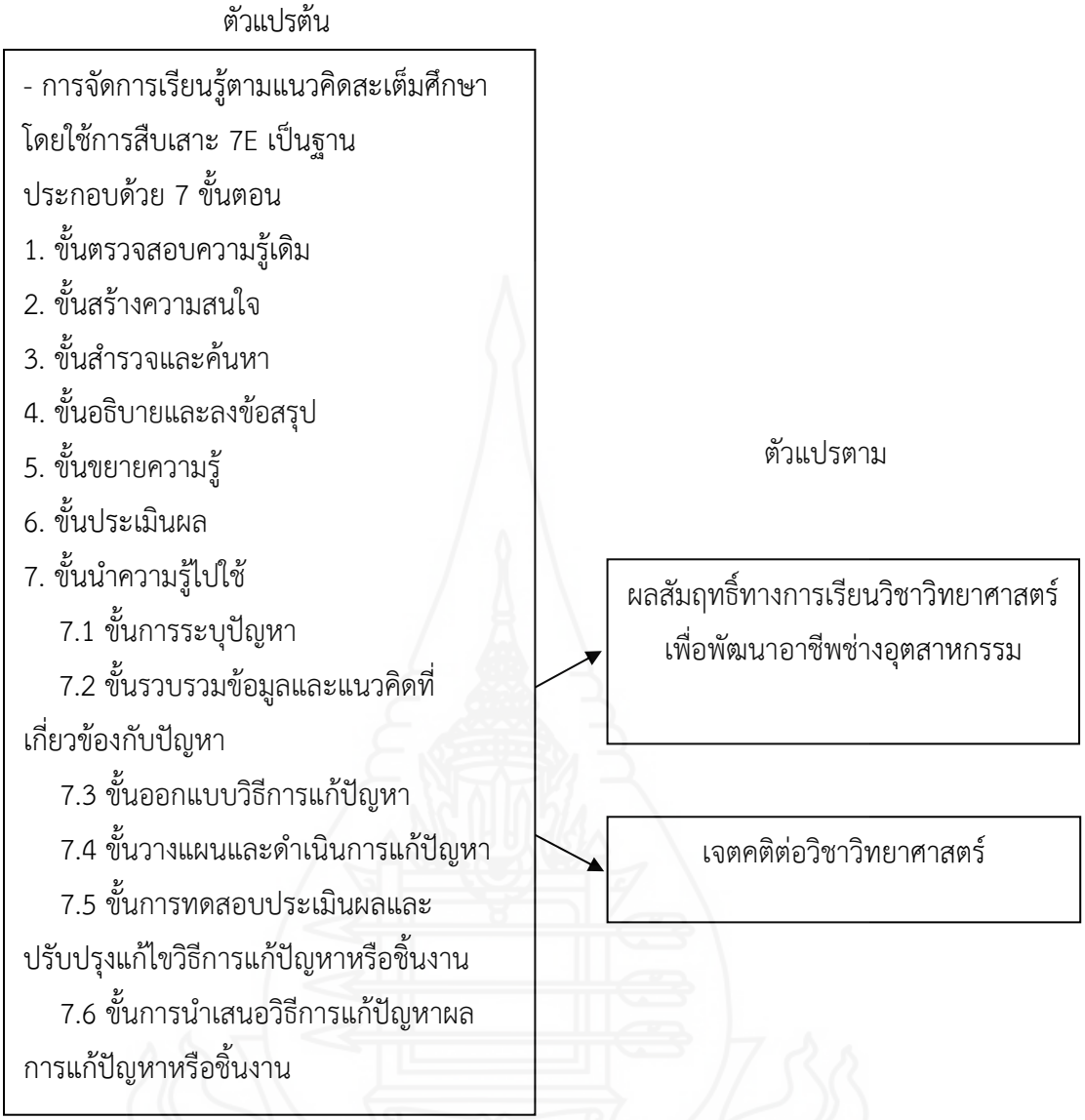
2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลวัตถุการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานพลังงาน ตามแนวคิดสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่ยึดตามแนวคิดของไฮน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

สรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแบบ สะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบ 7E เป็นฐาน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ขอบเขตด้านประชากร ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ได้นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน เป็นนักเรียนสาขางานช่างยนต์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 120 คน

5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยมีคำอธิบายรายวิชา คือ ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง แรงเสียดทาน สมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ งานพลังงานและกำลัง คลื่น และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้เนื้อหาในการศึกษาครั้งนี้คือ เรื่อง สมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง งานและพลังงาน

5.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

5.3.1 ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย วิธีการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.3.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

5.4 ขอบเขตด้านเวลา การวิจัยครั้งนี้กระทำตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือน ตุลาคม 2563 จำนวน 18 ชั่วโมง

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ใน การแก้ปัญหา ในชีวิตจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ของไอเซนคราฟต์ ประกอบด้วยขั้นตอน 7 ขั้น ดังนี้

6.1.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม หมายถึง การจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิม จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง

6.1.2 ขั้นสร้างความสนใจ หมายถึง การจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กำหนดประเด็นที่จะศึกษาเพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำ ถาม กำหนดปัญหาที่จะศึกษาซึ่งจะนำไปสู่การตรวจสอบ

6.1.3 ขั้นสำรวจและค้นหา หมายถึง การกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและให้นักเรียนมีการวางแผนการ กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ สร้างสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

6.1.4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง การส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป กราฟ แผนภาพ จัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง ฯลฯ เพื่อให้เห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปผลและอภิปรายผลการทดลองโดยอ้างอิงหลักการและวิชาการประกอบอย่างเป็นเหตุเป็นผล

6.1.5 ขั้นขยายความรู้ หมายถึง การกระตุ้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบายและทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

6.1.6 ขั้นประเมินผล หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ในเรื่องอื่น ๆ

6.1.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ หมายถึง การจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำ ความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาในขั้นนำความรู้ไปใช้ ซึ่งเป็นการบูรณาการตามแบบสะเต็มประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการระบุปัญหา หมายถึง การทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หมายถึง การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3) ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หมายถึง การทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6) ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หมายถึง การนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

6.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมโดยใช้แบบสืบเสาะความรู้ที่ครูผู้สอนกำหนดและสอนตามเนื้อหาของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นที่ผู้สอนจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม 2) ขั้นเร้าความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจจากความสงสัย 3) ขั้นการสำรวจและค้นหา เมื่อผู้เรียนเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็จะมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อ เก็บรวบรวมข้อมูล ปรากฏการณ์ต่างๆ 4) ขั้นอธิบาย เมื่อผู้เรียนได้ ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่างๆ 5) ขั้นขยายความรู้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม 6) ขั้นประเมินผล เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมาก น้อยเพียงใด 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ ผู้เรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จากสถาการณ์ที่ครูกำหนดให้นำไปปรับใช้

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และงานพลังงาน หลังจากเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรโดยสอดคลองกับผลการเรียนรูที่คาดหวังรายวิชาและพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ประกอบด้วยความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินและการสร้างสรรคของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ

6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดผลของการเรียนตามแนวคิดของบลูม (Bloom) โดยเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน คือความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า โดยครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

6.5 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในทางบวกหรือลบ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่กำหนดการแสดงออกของพฤติกรรมของนักเรียนในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.6 แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือวัดความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งวัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ซึ่งวัดจากคะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ ลักษณะของแบบวัด เป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับตามวิธีการวัดของลิเคอร์ท (Likert) คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ซึ่งแบ่งเป็น 4 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ จำนวน 20 ข้อ

6.7 นักเรียน หมายถึง นักเรียนที่กำลังเรียนอยู่ในชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขางานยานยนต์ และลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

7. ประโยชน์ที่จะได้รับ

7.1 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Deeper Learning)

7.2 ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างมีความหมายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำไปออกแบบและแก้ปัญหาตามแนวทางของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

7.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและทักษะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ดี

7.4 ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ข้ามศาสตร์ได้

7.5 ผู้เรียนเห็นความสำคัญของ “วิศวกรรมศาสตร์” มากยิ่งขึ้น

7.6 ผู้สอนได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติที่ดีต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม และเห็นประโยชน์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

7.7 ผู้สอนได้รับแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อื่นๆ

7.8 ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการวิจัยไปใช้ไปในการ พัฒนางานบริหารจัดการในด้านการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนเป็นแนวทางในการดำเนินงานหรือกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน

7.9 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูล ปรับปรุงและพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
    1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    1.2 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    1.3 สะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนในศตวรรษที่ 21
    1.4 การบูรณาการสะเต็มศึกษาข้ามกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์
    1.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    1.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา
2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้
    2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้
    2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะแบบ 7E
    2.3 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้แบบ 7E
    2.4 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E
    2.5 หลักการและความสำคัญของการสอนแบบ 7E
    2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    3.3 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   4.1 ความหมายของเจตคติ
   4.2 ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์
   4.3 ลักษณะของเจตคติ
   4.4 การวัดเจตคติ
   4.5 การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   5.1 งานวิจัยในประเทศ
   5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น. 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

มนตรี จุฬาวัฒนฑล (2556, น. 16) ได้ให้ความหมายของของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาลประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ธานี จันทร์นาง (2556) สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการเนื้อหาของ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน

มนตรี จุฬาวัฒนฑล (2556) สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ที่เน้นการบูรณาการการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) ได้ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และ

เทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัฒน์ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้และเต็มไปด้วยเทคโนโลยีอีกทั้งวิชาทั้ง 4 มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาคุณภาพชีวิต

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น. 49–56) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557) สะเต็มศึกษา หมายถึง การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S : Science) เทคโนโลยี (T : Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E : Engineering) และคณิตศาสตร์ (M : Mathematics) ที่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น. 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มาบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ขณะเดียวกันก็ต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหารวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทางานแบบร่วมมือ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558, ก) สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558, น. 201) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ซานดรา เค เอเบล (Sandra K. Abell, 2002) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education คือการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่วิชาวิทยาศาสตร์ (Science : S) วิชาเทคโนโลยี (Technology : T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและตลอด จนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา

การค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านตางๆ และ สอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา และพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์เป็นต้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50-51)

โรเบิร์ด (Roberts, 2013, pp. 22-27) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ วิธีการหลอม รวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies)

Hopkins Public School (2016) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมาย คำว่า STEM หมายถึง การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไม่ได้ หมายความถึงการจัดการเรียนการสอนสี่วิชานี้แบบเอกเทศ STEM คือ การบูรณาการหลักสูตร รายวิชา หรือเชื่อมโอกาสการเรียนรู้ในศาสตร์ทั้งสี่ให้แก่ผู้เรียนได้เกิดการสำรวจ ค้นพบ และรู้จัก แก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) สะเต็มศึกษา (STEM Education) สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ 4 รายวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน การบูรณาการ 4 วิชาเชื่อมโยงสู่ชีวิตจริง และการทำงานและ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากที่กล่าวมาได้ข้อสรุปว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยนำความรู้ในวิชาต่างๆ มาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิดการตั้งคำถามแก้ปัญหาและสร้างทักษะ การคิดในการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง

1.2 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แนวสะเต็มศึกษา

จุดเริ่มต้นของแนวคิด STEM มาจากสหรัฐอเมริกา ที่ประสบปัญหาเรื่อง ผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกา ที่ต่ำกว่าหลายประเทศและส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี และวิศวกรรม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนา STEM ขึ้นมาเพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการ

ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49) ประเทศสหรัฐอเมริกามีความต้องการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ โดยการพัฒนานักเรียนให้มีความเข้มแข็งในวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science : AAAS) ได้สร้างโปรเจค 2061 ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1985 เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนอเมริกันเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ต่อมาในปี ค.ศ. 1989 ได้จัดพิมพ์หนังสือชื่อ วิทยาศาสตร์เพื่อพลเมืองอเมริกา (Science for All Americans) ขึ้นมาเพื่อส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ จนกระทั่งต้นปี ค.ศ.1990 หน่วยงานต่างๆ ในสหรัฐอเมริกาทั้งสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National ScienceTeacher Association : NSTA) คณะกรรมการครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (Council National ofTeachers of Mathematics) นักเรียน นักวิจัย เจ้าของธุรกิจ และอาจารย์ในมหาวิทยาลัย ต่างเรียกร้องให้มีนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งในยุคนั้น สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation : NSF) ได้กำเนิดคำว่า SMET Education จนกระทั่งปี ค.ศ. 2001 Judith A.Ramaley ผู้บริหารของ NSF ได้เปลี่ยนจากคาว่า SMET Education เป็นคำว่า STEM Education ซึ่งหมายถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยมีการบูรณาการคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าไว้เป็นหนึ่งศาสตร์การเรียนรู้ (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ, 2556)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเน้นกิจกรรมที่มีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 ในระดับ ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ระดับภายใน สาขาวิชา (Disciplinary) ต่างพหุสาขาวิชา (Multidisciplinary) (สหสาขาวิชา) (Interdisciplinary) และข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558, ข) โครงการเพาะพันธุ์ปัญญาได้เน้นกระบวนการคิดและการ แก้ปัญหาขั้นสูงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานวิจัยเป็นฐาน (Research-based Learning) (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ในขณะที่สำนักงานคณะกรรมการนโยบาย วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ได้เน้นการใช้ประเด็นของเทคโนโลยีเพื่ออนาคตกระตุ้น ให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเป็นสื่อในการเรียนรู้จาก สถานการณ์จริงไปสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เช่น รถไฟฟ้าความเร็วสูง (สำนักงานคณะกรรมการ พัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2557) กระทรวงพลังงานร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่เน้นพลังงาน (โครงการการส่งเสริมการเรียน การสอนวิชาพลังงานในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับนิยามของสะเต็ม โดยออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ใช้ฐานแนวคิดที่สอดคล้องและต่อยอดจากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์

เป็นหลัก (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) และอาจจะมีการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานหรือตัวชี้วัดในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หรือต่างกลุ่มสาระหรือต่างวิชา ซึ่งสอดคล้องกับระดับการบูรณาการขั้นสูง คือข้ามสาขาวิชา โดยรูปแบบของกิจกรรมจะเน้นการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้และทักษะไปใช้อย่างมีความหมาย จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และประสบการณ์วิชาการรับใช้สังคมของผู้เขียน จึงนำเสนอกรอบในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของผู้เรียน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558 ก) โดยมุ่งเน้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2558; Zollman, 2012)

2. การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (learning progression) (ลือชา ลดาชาติ, 2555; 2559; Duschl & Bismack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยผู้เรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

3. การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน และเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2558)

4. ผู้เรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2011) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

5. กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การรังสรรค์ชิ้นงาน/โครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ที่เน้นกระบวนการออกแบบ หรือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

6. เน้นการวัดผลตามสภาพจริง(Authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็มคือโครงการหรือชิ้นงาน (Project/artifact) หรือ การแก้ปัญหาจากคำอธิบายลักษณะสำคัญ 6 ประการข้างต้น

สรุปเป็นแผนภาพเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาและจุดเน้น ในการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม

ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ที่มา : http://www.stemedthailand.org knowstem

1.3 สะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนในศตวรรษที่ 21

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แตกต่างจากอดีตที่ผ่านมา โดยการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นี้จะเน้นไปที่กระบวนการเรียนรู้หรือทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ดังเช่นสภาการวิจัยแห่งชาติ อังกฤษ (National Research Council, 2011) ได้ให้นิยามการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งประกอบด้วยทักษะ 3 ด้านได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ทักษะด้านข้อมูล สื่อและเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) และทักษะชีวิตในอาชีพ (Life and Career Skills) ซึ่งเป็นไปตามกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Learning Framework) การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการศาสตร์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านรูปแบบกระบวนการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมเพื่อเน้นทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา โดยการเชื่อมโยงความรู้ที่มีทั้งหมดสู่การประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้จริงทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานในอนาคตของผู้เรียน ซึ่งการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานับว่า เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการศึกษาเรียนรู้ที่เปิดกว้างทั้งทางด้านความคิด มุมมองและการกระทำ โดยนัยหนึ่งหมายรวมถึงการศึกษาที่นำไปสู่การเรียนรู้ทุกหนแห่ง ดังนั้นแล้วโลกของเทคโนโลยีเครือข่ายการเรียนรู้ในยุคใหม่จึงต้องเป็นการเรียนรู้ที่ตื่นตัวตลอดเวลา (Active Learning) เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life Long Learning) และการศึกษาจะต้องควบคู่ไปกับการทำงานเพื่อที่จะนำความรู้นั้นมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมสำหรับขับเคลื่อนการพัฒนาสังคมต่อไป ดังนั้นแล้วสะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงต้องเป็นการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนผ่านของกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนรู้ จากแบบดั้งเดิมไปสู่การเรียนรู้ที่เน้น

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) นั่นหมายถึงว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวน การแก้ปัญหาจนนำไปสู่การพิสูจน์ข้อเท็จจริงและกระบวนการในหาคำตอบเพื่อนำมาสู่การรู้แจ้งเห็นจริงได้ด้วยการอธิบายถึงความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลและหลักฐานที่ปรากฏได้ ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นเพียงผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ฝึกฝนให้ตนเองเป็นเสมือนผู้ฝึกสอนและพี่เลี้ยงในการเรียนรู้ (Coaching and Mentoring) อีกทั้งยังเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเสริมสร้างผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ ซึ่งการเรียนรู้ในประเด็นทางสังคมหรือสถานการณ์จริงจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการในแก้ปัญหา (Problem Solving) จนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยแท้จริง ด้วยเหตุนี้เองการศึกษาแบบสะเต็มหรือสะเต็มศึกษาจึงตอบโจทย์เป้าหมายของการจัดการศึกษาในยุคนี้ เพราะมุ่งเน้นทักษะของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเน้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะช่วยพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานในการ เรียนรู้ (21st Century Standards) ประกอบด้วย ทักษะในการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์/แก้ปัญหา ทักษะการพัฒนานวัตกรรม ทักษะการใช้ชีวิตที่มีค่า จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ในรูปแบบโครงงานหรือการพัฒนานวัตกรรมที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้างเสริมทักษะเหล่านี้ได้มาก อย่างไรก็ตามในบริบทของโรงเรียนทั่วไป ครูอาจไม่สามารถให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงงานหรือการพัฒนานวัตกรรมเท่านั้น ดังนั้นในบทเรียนอื่นๆถ้าครูมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน ฝึกคิดวิเคราะห์หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์ ก็นับว่าครูจัดการเรียนการสอนเข้าใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้น ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (สสวท., 2558, น. 3) นอกจากนี้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด และลักษณะดังนี้ (Dejarnette, 2012; Wayne, 2012; Breiner, et al., 2012; ธวัช ชิตตระการ, 2555; รักษพล ธนานุวงศ์, 2556; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2555 อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50)

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงงาน (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังกล่าวนี้ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะ การสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางของ สสวท. นั้น เน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการ

ความคิดรวบยอด กระบวนการจัดการเรียนรู้ และทักษะด้านต่างๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้ง เชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชา ต่างๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนรู้ได้ ใช้แหล่งเรียนรู้ได้หลากหลาย และผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจ เพิ่มขึ้น

การบูรณาการสามารถ ทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) การบูรณาการกระบวนการเรียน รู้ (Integration of learning process) และการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่างๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาสัมพันธ์เกี่ยวข้อง เชื่อมโยง เป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหา แล้วนำเนื้อหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่อง หรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกันโดยใช้ทักษะต่างๆ เข้ามาเชื่อมโยง เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะ และเจตคติตาม ที่ต้องการ

2. การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่างๆ ของการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอน มาผสมผสานเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน หรือการจัดให้ผู้เรียนได้สามารถแสวงหาความรู้จากกระบวนการ และวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้ว ดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเนื้อหาอะไรบ้างและแต่ละเนื้อหาจะสอนด้วยวิธีใด

3. การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลัก โดยผู้สอน อาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่จะศึกษานั้น มาผสมผสานเชื่อมโยงกัน โดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน จากที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา หรือ ตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียนมีดังนี้

3.1 จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

3.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

3.3 จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถ นำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

3.4 จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียน ในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

3.5 ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ท้าทายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา(disciplinary),การบูรณาการแบบพหุวิทยากร (multidisciplinary integration) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) ดังรูป

ภาพที่ 2.2 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration)

ที่มา: Vasquez, J. A., Snelder, C. and Comer, M. (2013), p. 1.

1. การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ theme ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้อง

คำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ (2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ (3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ problem/ project-based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้

นอกจากนี้แล้วสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติของอเมริกา (ฤทัย เพลงวัฒนา, 2556, น. 20) ได้เสนอผลการวิเคราะห์ไว้ในภาพรวมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็น 5 แนวทาง คือ

1. การเรียนแบบสอดคล้องกัน (Coordinate) หมายถึง การแยกสอนแต่ละรายวิชา แต่จะมีเนื้อหาที่สอดคล้องกัน เพื่อนำความรู้ไปเชื่อมโยงซึ่งกัน เช่น ในช่วงชั้นหรือชั้นปีเดียวกัน เนื้อหาสาระของแต่ละวิชาที่ควรจะเชื่อมโยงกัน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่เพียงพอสำหรับทำความเข้าใจในรายวิชาอื่นๆ โดยที่ผู้สอนของรายวิชานั้นไม่ต้องสอนเพิ่มเติม

2. การเรียนแบบเสริมกัน (Complement) หมายถึง การเรียนรู้ในหัวข้อหลักของรายวิชาหนึ่งจะมีการเสริมความรู้ในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ในการสอนเรื่องการโคจรของดาวเคราะห์ ผู้สอนจะต้องสอนเรื่องแรงโน้มถ่วง และกฎเคพเลอร์ไปพร้อมๆ กัน ในกรณีนี้จะสอดคล้องกับการที่ผู้สอนหนึ่งคนรับผิดชอบหลายวิชา

3. การเรียนรู้แบบสัมพันธ์กัน (Correlate) หมายถึง การเรียนรู้ที่แยกวิชา แต่มีหัวข้อในการเรียนรู้เดียวกัน โดยที่เนื้อหาสาระจะสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชานั้น เช่น การเรียนรู้ในหัวข้อพลังงานพร้อมกันในทุกวิชา แต่ความแตกต่าง คือ แต่ละวิชาจะศึกษาเกี่ยวกับพลังงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาของตนเอง แต่อย่างไรก็ตามสุดท้ายนักเรียนจะมีความรู้เกี่ยวกับพลังงานในภาพรวมทั้งหมด

4. การเรียนรู้โดยมีตัวเชื่อม (Connections) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้วิชาใดวิชาหนึ่งเป็นวิชาในการเชื่อมโยงวิชาอื่น แต่ส่วนใหญ่จะใช้วิชาเทคโนโลยีและวิศวกรรมเป็นตัวเชื่อม เช่น หลักสูตรเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

5. การเรียนรู้แบบร่วมกัน (Combine) หมายถึง การใช้ความรู้ของ 4 วิชา หรือแม้แต่รายวิชาอื่นๆ ที่นอกเหนือจาก STEM มาบูรณาการร่วมกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาจตั้งเป็นวิชา หลักสูตร หรือบทเรียนใหม่เช่น การใช้วิชาโครงงานในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา

1.4 การบูรณาการสะเต็มศึกษาข้ามกลุ่มสาระวิชาในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

1.4.1 เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละ สาขาวิชามา ผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

1) วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจใน ธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรม การสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ เหมาะกับผู้เรียนระดับ ประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียน ระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่ สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึก ท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่ จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการเรียน

2) เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วน ใหญ่เข้าใจ

3) วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิด สร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคน ส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่ จากการ ศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

4) คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรก คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่มการ จัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง คือ ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่าเล็กกว่าใหญ่กว่า ฯลฯ ประการสุดท้าย คือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการ เล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

1.4.2 เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล – มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าใน ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทาง การศึกษาให้ แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning,Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถ สร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็ จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้นซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริการมีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

1.4.3 เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแน การพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

1) ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

2) ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิด สร้างสรรค์ฯลฯ

3) ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการ น้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยการบูรณาการใน 4 สาขาวิชาดังกล่าวนั้นมีแนวคิดในการจัดกิจกรรมได้ดังนี้ (คณะกรรมการพัฒนา หลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา, ม.ป.ป., น. 8) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของนักการศึกษาหลายๆท่าน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น.50) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้ง คำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้อง พิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาท าความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวม ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขา แก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความ เหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมา ประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึง ความรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และ

เทคโนโลยีที่รวบรวมได้ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาใน การสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการ พัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการ ทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมิน อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพ ตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ภาพที่ 2.3 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศกรรม 6 ขั้นตอน

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (the National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อ

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (the American Association for the Advancement of Science: AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับ ใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงาน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด

นอกจากนี้พบว่า ขั้นตอนกระบวนการเทคโนโลยีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นมีความคล้ายคลึงกันกับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558, น. 4) ซึ่งมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจโดยสอดคล้องกับคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา (ม.ป.ป., น. 9) ยังได้เสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

5.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

5.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related InformationSearch) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

5.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

5.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

5.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป (สุพร ศรีเงินยวง, 2559, น. 27)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 อย่างชัดเจน (Explicit integration) ซึ่งเป็นประเด็นสาคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเปรียบเสมือนแกนหรือกระดูกสันหลังของกิจกรรม เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจะให้นิยามและระบุลักษณะสาคัญของการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ไว้ (Moore, 2010; Wang et al., 2011; English, 2016) ทั้งนี้อาจจะมีระดับของการบูรณาการที่แตกต่างกัน รวมทั้งการเลือกศาสตร์ที่เป็นจุดเน้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Vasquez et al., 2013) การบูรณาการ

อย่างชัดเจนอาจจะทำได้โดยการพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ระบุการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งในส่วนจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการวัดพื้นที่ใบไม้ (สุทธิดา จำรัส, 2559) มีการแสดงการบูรณาการอย่างชัดเจน โดยเพิ่มแผนผังความคิดของการบูรณาในการออกแบบกิจกรรมโดยปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 แผนผังความคิดที่ระบุการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัดพื้นที่ใบไม้

ที่มา: วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. (2560), น. 21

อย่างไรก็ตาม การบูรณาการสะเต็มนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็ม (Bybee, 2010) กิจกรรมสะเต็มจึงต้องเน้นการบูรณาการที่มุ่งสู่เป้าหมายคือการพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็ม ซึ่งหมายถึงความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจและประยุกต์แนวคิด กระบวนการ เจตคติ วิธีคิดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ร่วมกันเพื่อสืบเสาะ อธิบาย แก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทาได้โดยสาขาความรู้แบบเดี่ยว โดยแนวคิดและกระบวนการสะเต็มจะหมายรวมถึงการให้คุณค่าและตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผู้ที่มีการรู้เรื่องสะเต็มจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้หรือทาความเข้าใจบทบาทของสะเต็มที่มีต่อการพัฒนาตัวบุคคล สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาในมิติเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการรู้เรื่องสะเต็มเป็นพื้นฐานสำหรับผู้เรียนในการเรียน สืบเสาะหาความรู้ รวมไปถึงการประกอบอาชีพในอนาคต (U.S. Deparment of Labor, 2007) ดังนั้นการรู้เรื่องสะเต็มจะมีความเชื่อมโยงกับทักษะต่าง ๆ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21(สุทธิดา จำรัส, 2560)

1.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การวัดผลและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงรวมถึง พฤติกรรมที่ผู้เรียน แสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริง ของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อ ตัวผู้เรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่า อยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใด

ที่ควรจะส่งเสริม ให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับการ แก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางใน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มี ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและ ประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความถนัด และความสนใจของแต่ละ บุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

1.5.1 การประเมินจากสภาพจริง การประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม หรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการ แก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลาย วิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะ สะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

1.5.2 ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1) การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องโดยใช้วิธีประเมินหลายๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2) สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงานศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของ ผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้ อะไรได้บ้าง

3) เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูงความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4) เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลายๆ ด้านและหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความสนใจ และความสามารถของ แต่ละบุคคล

5) ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอน ของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ผู้สอนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับ กระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6) เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนา ตนเองได้

7) เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

1.5.3 การวัดและประเมินผลในสภาพจริง ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ การสะท้อนถึง ความรู้ ความคิด เจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งแนวทางการวัดและ ประเมินผลมีดังนี้ (สสวท., 2558, น. 18-19)

1) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment) ความสามารถของผู้เรียน ประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริง โดยประเมินจาก กระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

2) การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้ เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

3) การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การประเมินผลด้านความสามารถประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความตกลงร่วมกันระหว่างครูและ ผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียนและการติดตามความก้าวหน้าของครู

4) การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นต้น

5) การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียน ลงมือ ปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

6) การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง ข้อสอบข้อเขียนมีความจำเป็นเนื่องจากใช้ความความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆ ได้ ดังนั้น ในการะบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมด้าน

ความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริง ของผู้เรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดผลประเมินผลามแนวทางสะเต็มศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษายังไม่มีแนวทางการวัดและประเมินผลที่ชัดเจนหรือเรียกว่าการวัดผลยังไม่เห็นรูปธรรม ฉะนั้นในการวัดผลครูผู้สอนสามารถวัดผลและประเมินผลตามสภาพจริง จากการให้ผู้เรียนได้แสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

1.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ได้แก่

1.6.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอน สตรัคติวิสต์ (Constructivist) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วย ตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม และคณะ, 2557, น. 129-139)

กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่

1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วย ตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน

2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคน มีความรู้และ ประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน

3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรง และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่

4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุกๆ ด้าน

1.6.2 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนจุดเน้นของการเรียนแบบ มีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่างๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออกการสร้างความรู้ใหม่ และการ ทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557, น. 3) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่

1) นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อมอาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่ มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหาออก ทักษะการสร้าง ความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม

2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจเลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันและทำรายงานผลการเรียนรู้

3) นักเรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมกลุ่ม ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ทักษะการบริหาร การจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตามและที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

4) ครูมีบทบาท กระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรมของนักเรียนในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณีตัวอย่างหรือสถานการณ์ก็ได้

1.6.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์ เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (discovery learning) (วารุณี หนองห้าง, 2553, น. 35) กรอบ แนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ได้แก่

1) ผู้สอนควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดี มีความหมายต่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

2) ก่อนสอนผู้สอนต้องมีการ วิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน

3) ผู้สอนควรจัดความคิดรวบยอด เนื้อหาสาระ วิธีการสอนและกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของผู้เรียนซึ่งจะช่วยให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

4) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มาก เพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

5) ผู้สอนสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียน

6) ผู้สอนควรสอนความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียน

1.6.4 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning) เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้างสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น. 92) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการ เรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ได้แก่

1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียน การสอน และก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่ มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจเรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่

2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่สอนให้เกิดการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน

3) ผู้สอนควรใช้ Advance organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการ บรรยายของผู้สอน

4) ผู้สอนควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยการจัดเรียบเรียงข้อมูลข่าวสาร ที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่

5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้างๆก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

1.6.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไป สร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556, น. 11) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) ได้แก่

1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ จะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป

2) เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกันการสร้างสรรค์ผลงานและความรู้รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย บรรยากาศที่มีความเป็นมิตรเป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

จากที่กล่าวมาได้ข้อสรุปว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ฝึกฝนทักษะชีวิตต่างๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออกการสร้างความรู้ใหม่ ที่แตกต่างทั้งผู้เรียนกับแนวทางของผู้สอนการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน ผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ ท้าทายความสามารถ กระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุกๆ ด้าน

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเองผ่านกระบวนการสำรวจ

ตรวจสอบหรือทดลอง โดยมีครูทำ หน้าที่เป็นผู้ช่วย (Facilitator) เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักรู้ว่า “เราได้องค์ความรู้ต่างๆ มาได้อย่างไร หรือ How we know what we know” มากกว่าแค่รู้ว่า “เรารู้ องค์ความรู้อะไร หรือ we know what we know”

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554) การจัดกการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบผ่านการสำรวจตรวจสอบ โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมที่มีความผสมผสานระหว่างการสังเกต การใช้คำถาม การค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อช่วยสนับสนุนการทดลองให้มีประจักษ์พยานและหลักฐาน การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปลผล ตอบคำถาม อธิบายและทำนาย ตลอดจนการนำเสนอข้อมูล

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2554) ให้ความหมายวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบเสาะความรู้จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

วรรณา ขุนเพ็ง (2553) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง วิธีสอนหรือวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย

สายพิณ มาวรรณ (2551) การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง วิธีสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ค้นพบความรู้หรือความจริงด้วยตนเองเป็น กระบวนการทางความคิดอย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาความจริง เหตุผล กฎเกณฑ์ต่างๆ ด้วยตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้จัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น

อาร์เธอร์ ไอเซนคราฟท์ (Eisenkraft, 2003) การสอนแบบสืบเสาะตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ และความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซานดรา เค เอเบล (Sandra K. Abell, 2002; NSES (National Science Education Standards) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกิจกรรมที่หลากหลายเกี่ยวกับการสังเกต การถามคำถาม การสำรวจตรวจสอบจากเอกสารและแหล่งความรู้อื่น ๆ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ การทดสอบตรวจสอบหลักฐานเพื่อเป็นการยืนยันความรู้ที่ได้ค้นพบมาแล้ว การใช้เครื่องมือในการรวบรวม การวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอผลงาน การอธิบายและการคาดคะเนและการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับผลงานที่ได้

ภพ เลาหไพบูรณ์ (2542) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ว่าเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหาโดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

ทิศนา แขมมณี (2550, น 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามเกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2548) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามเกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง

2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้แบบ 7E

การสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้ และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้, น. 25-27)

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่นหรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยง การเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียน และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจ

มาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่ง เรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ เช่นหนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อนครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้ นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทาง การสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วนักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase)เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่างๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ได้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase) ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้

นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้จาก รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเห็นได้ว่ารูปแบบนี้จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรละเลย และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหา บทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้แบบ 7E

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7E เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ได้รับการพัฒนามาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามลำดับดังนี้

เริ่มต้นจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน เริ่มต้นจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน โดยที่ Karplus และ Thier (1967; cited in lawson, 1995, pp. 134-139) ได้นำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตรในสหรัฐอเมริกา โดยมีขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (exploration) ขั้นสราง (invention) และขั้นคนพบ (discovery)

ตอมา บาร์แมน Barman (1989; cited in Abruscato, 1996, p. 37) ได้มีการดัดแปลงและพัฒนาวงจรการเรียนรูจาก 3 ขั้นตอน แบงออกเปน 4 ขั้นตอน ไดแก

1. ขั้นสำรวจ (Exploration) เปนขั้นที่ยึดนักเรียนเปนสำคัญ กระตุนความไมสมดุลทางความคิดของผูเรียน และชวยใหเกิดการปรับขยายความคิด

2. ขั้นแนะนำมโนทัศน (Explanation) ครูและนักเรียนรวมมือกันสรางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ครูเลือก และจัดสภาพแวดลอมของชั้นเรียนที่พึงประสงค

3. ขั้นประยุกตใชมโนทัศน (Expansion) ผูเรียนสามารถจัดระเบียบประสบการณทางความคิดที่นักเรียนไดมาจากการคนพบ เชื่อมโยงกับประสบการณเดิมที่คลายคลึงกัน และคนพบการประยุกตใชสิ่งใหมสำหรับสิ่งที่นักเรียนไดเรียนรูมาแลว

4. ขั้นประเมินผลและอภิปราย (Evaluation) เปนการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู

ตอมา เบบี (Bybee และคณะ, 1991; cited in Lawson, 1995, pp. 164-165) นักพัฒนาหลักสูตรจากหนวยงานทางการศึกษาและการจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciencecurriculum Study: BSCS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ไดเสนอรูปแบบของวงจรการเรียนรูแบบ 5E ซึ่งมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสรางความสนใจ (engagement) เปนขั้นการนำเขาสูบทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ เปนขั้นตอนที่สรางความสนใจ ใหนักเรียนเกิดความอยากรูอยากเห็น กระตุนใหนักเรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปญหาที่จะศึกษา

2. ขั้นสำรวจคนหา (exploration) ตรวจสอบปญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบสืบคนและรวบรวมขอมูล โดยการวางแผนสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ

3. ขั้นตอนอธิบาย (explanation) เปนขั้นตอนในการคิดวิเคราะหและจัดกระทำขอมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ เปนตน โดยการสรุปผลและการอภิปรายผลการทดลอง

4. ขั้นขยายความรู(elaboration) เปนขั้นตอนการประยุกตใช นิยาม คำอธิบาย และทักษะไปสูสถานการณใหม

5. ขั้นตอนการประเมินผล (evaluation) เปนขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรูของนักเรียน โดยครูและนักเรียนมีสวนรวมในการประเมิน

สถาบันสงเสริมการสอนวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี (2546, น. 44-45) ไดอธิบายขั้นตอนตามรูปแบบการเรียนการสอน 5E เพื่อใชในการจัดการเรียนรูวิทยาศาสตรไวดังนี้

1. ขั้นสรางความสนใจ (engagement) เปนการนำเขาสูบทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัย เปนเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรูเดิมที่เรียนรูมาแลว เปนตัวกระตุนใหนักเรียนสรางคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา เมื่อมีคำถามที่นาสนใจ และนักเรียนสวนใหญยอมรับใหเปนประเด็นที่ตองการศึกษา จึงรวมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาใหมีความชัดเจนยิ่งขึ้น และมีแนวทางที่ใชในการสำรวจตรวจสอบอยางหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและคนหา (exploration) การวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมขอมูลอาจทำไดหลายวิธี เชน ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาขอมูลจากเอกสารอางอิงหรือจากแหลงขอมูลตาง ๆ เพื่อใหไดมาซึ่งขอมูลอยางเพียงพอที่จะใชในขั้นตอไป

3. ขั้นอธิบายและลงขอสรุป (explanation) การนำขอมูลที่ไดมาวิเคราะห โดยนำมาแปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ไดในรูปตาง ๆ เชน บรรยายสรุป วาดรูป สรางตาราง ฯลฯ การคนพบในขั้นนี้อาจเปนไปไดหลายทาง โดยผลที่ไดจะอยูในรูปใดก็สามารถสรางความรูและชวยใหเกิดการเรียนรูได

4. ขั้นขยายความรู (elaboration) เปนการนำความรูที่สรางขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรูเดิมหรือนำขอสรุปที่ไดไปใชอธิบายสถานการณหรือเหตุการณอื่น ถาใชอธิบายเรื่องตาง ๆ ไดมากก็แสดงวาขอจำกัดนอย ซึ่งก็จะชวยใหเชื่อมโยงกับเรื่องตาง ๆ และทำใหเกิดความรูกวางขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation) เปนการประเมินการเรียนรูดวยกระบวนการตางๆ วานักเรียนมีความรูอะไรบาง อยางไร และมากนอยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสูการนำความรูที่ไดรับไปประยุกตใชในเรื่องอื่น ๆ

ตอมาไฮน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft, 2003, pp. 57-59) ได้พัฒนารูปแบบของ BSCS จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น (Eisenkraft, 2003) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) 2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) 3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) 4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) 5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) 6. ขั้นประเมินผลและ 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ซึ่งกระบวนการสอนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องใน

วัฏจักรการเรียนรู้ (Cycle) ในขั้นตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้นักเรียนนำความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วไปใช้การเรียนรู้สิ่งต่างๆ และช่วยป้องกันแนวคิดที่ผิดพลาด ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและมีประสิทธิภาพ ขั้นการเรียนรู้ตามแนวคิดของไฮน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft, 2003, pp. 58-59)

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่ที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตารางฯลฯการค้นพบในด้านนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้สึกกว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

จากขั้นตอนต่างๆ ในรูปแบบการสอนโดยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็กซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรละเลย หรือละทิ้ง เนื่องจาก การตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็กจะทำให้ครูได้ค้นพบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและไม่คิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การละเลยหรือเพิกเฉยในขั้นนี้จะทำให้ยากแก่การพัฒนาแนวความคิดของเด็กซึ่งจะไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

2.4 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7ขั้น (7E) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎี พัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ และทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของวีก๊อทสกี้โดยมี รายละเอียดดังนี้ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เพียเจต์ (Piaget, 1964, pp. 176-186) เป็นนักชีววิทยา นักปรัชญาและนักจิตวิทยาชาวสวิชต์ ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการด้านความคิด การเรียนรู้ของเด็กจะเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้นตอน เป็นผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม โดยมนุษยจ์พยายามปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสภาวะสมดุลด้วยการใช้กระบวนการดูดซับและปรับโครงสร้างทางปัญญาจนทำให้เกิดการเรียนรู้ (ทิศนา แขมมณี, 2551, น. 64-65) การเรียนรูทำใหเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมพัฒนาความคิดและความสามารถโดยอาศัยประสบการณทำใหสามารถดำเนินชีวิตได้อยางมีความสุขในสังคมดังนั้น กอนที่ครูผูสอนจะจัดการเรียนการสอนตองตระหนักวาการเรียนรูเกิดขึ้นดวยตัวของผูเรียนเองการเรียนรูเรื่องใหมๆ มีพื้นฐานมาจากความรูเดิมฉะนั้นประสบการณของนักเรียนจึงเปนปจจัยสำคัญตอการเรียนรูเปนอยางยิ่ง การที่นักเรียนตองสืบคนสำรวจตรวจสอบดวยวิธีการตางๆ จะทำใหผูเรียนเกิดความเขาใจและเกิดการรับรูนั้นอยางมีความหมายสามารถสรางเปนองคความรูและเก็บเปนขอมูล ในสมองไดอยางยาวนาน สามารถนำมาใชไดเมื่อมีสถานการณใด ๆ มาเผชิญหนา (สสวท., 2547) การจัดกิจกรรมการเรียนรูเพื่อใหนักเรียนสรางความรูดวยตัวเองมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสรางความรูดวยตนเอง รากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาทางสติปญญาของ เพียเจต์ โดยอธิบายวาการพัฒนาการทางเชาวปญญาของบุคคลมีการปรับตัวทางกระบวนการดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสรางทางปญญา (accommodation) เมื่อบุคคลรับและซึมซาบ

ข้อมูลเข้าไปสัมพันธกับความรู้ที่มีอยู่เดิม โดยหากไม่สัมพันธกันจะเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะสมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่ง เพียเจต์ (Piaget) เชื่อว่า เราทุกคนจะมีพัฒนาการทางเชาวปัญญาเป็นลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธและประสบการณกับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติและประสบการณเกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร (ทิศนา แขมมณี, 2550, น. 90-91) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนสรางความรู้ด้วยตัวเองซึ่งสอดคลองกับทฤษฎีการสรางความรู้ดวยตนเอง เนนในเรื่องการตรวจสอบความรู้เดิม และการถายโอนการเรียนรู้ โดยการตรวจสอบความรู้เดิมจะใช้วิธีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อาจจะด้วยการตั้งคำถาม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับประสบการณใหม่ที่ได้รับโดยใช้กระบวนการสำรวจค้นหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบนั้น ๆ และนำความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในสถานการณใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับมีความคงทนและยาวนาน (Eisenkraft, 2003, 56-59)

แนวคิดของเพียเจต์ (Piaget) เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิด คือ การที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิด มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดมี 2 กระบวนการ คือ การปรับตัว (Adaptation) และการจัดระบบโครงสร้าง (Organization) การปรับตัวเป็นกระบวนการที่บุคคลหาหนทางที่จะปรับสภาพความไม่สมดุลทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัว และเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวโครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมีรูปแบบของความคิดเกิดขึ้นกระบวนการปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. กระบวนการดูดซึม (Assimilation) หมายถึง กระบวนการที่อินทรีย์ซึมซาบประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันแล้วสมองก็รวบรวมปรับเหตุการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความคิดอันเกิดจากการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม

2. กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง(Accomodation)เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการดูดซึมคือภายหลังจากที่ซึมซาบของเหตุการณ์ใหม่เข้ามาและปรับเข้าสู่โครงสร้างเดิมแล้วถ้าปรากฏว่าประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับการซึมซาบเข้ามาให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ สมองก็จะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาเพื่อปรับให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่นั้น

ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ (Constructivism) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) แนวคิด Constructivism เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของความรู้ของมนุษย์มีความหมายทั้งในเชิงจิตวิทยาและเชิงสังคมวิทยา ทฤษฎีด้านจิตวิทยา เริ่มต้น จาก Jean Piaget ซึ่งเสนอว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นกระบวนการส่วนบุคคลมีความเป็นอัตนัย และได้ขยายขอบเขตการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลว่า

เกิดจากการสื่อสารทางภาษากับบุคคลอื่น ทางด้านสังคมวิทยาทางคณะเชื่อว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเสริมสร้างความรู้ใหม่ ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว คอนสตัคติวิสต์ (Constructivism) จัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (cognitive psychology) มีรากฐานมาจากผลงานของ Ausubel และ Piaget ประเด็นสำคัญ ประการแรกของทฤษฎีการเรียนรู้แนว คอนสตัคติวิสต์ Constructivism คือ ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (cognitive apparatus) ของตน ประการที่สองของทฤษฎี คือ การเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์ Constructivism คือ โครงสร้างทางปัญญานั้นเป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้แต่ผู้สอนสามารถช่วยเหลือผู้เรียนได้ ปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาจัดสภาพการณ์ให้เกิดความสมดุล เพียเจต์ (Piaget) เชื่อว่าทุกคนพัฒนาเชาว์ปัญญาเป็นลำดับขั้นตอน จากการมีปฏิสัมพันธ์ และประสบการณ์ร่วมกัน ประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติเป็น ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะ ทั้งถ่ายทอดความรู้ทางสังคมวุฒิภาวะและกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น (ทิศนา แขมมณี,2560, น. 46-48)

2.5 หลักการและความสำคัญของการสอนแบบ 7E

การสืบเสาะโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) วัฏจักรการเรียนรู้เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ร่วมกันประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองในระยะแรกได้พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ได้แก่ การปรับขยายความคิด(Assimilation) และการปรับขยายโครงสร้างความคิด (Accommodation) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน ต่อมาได้เพิ่มเป็น 3 ขั้นตอน (Eisenkraft, 2003) คือ

1. ขั้นสำรวจ(Exploration sine Concept Exploration) นักเรียนได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับรูปธรรม เช่น วัตถุหรือเหตุการณ์ ซึ่งการนำเอาทฤษฎีการพัฒนาสติปัญญาการเรียนรู้ของ Piaget มาใช้คือ การทำให้นักเรียนขาดสมดุลก่อนเพื่อนำเข้าสมดุลใหม่อีกครั้ง ส่วนประสบการณ์ที่กล่าวถึงควรมีคุณสมบัติกระตุ้นให้เกิดมโนทัศน์หรือภาระงานที่ท้าทาย ถึงลักษณะปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนใช้วิธีแก้ไขที่หลากหลาย เช่น การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนครูมีบทบาทในการช่วยเหลือ โดยการแนะนำหรือตอบคำถามของนักเรียนเท่าที่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดที่อยู่ในขอบข่ายของเรื่องที่จะเรียน ได้แก่ การแนะนำมโนทัศน์ใหม่หรือคำศัพท์ใหม่เป็นต้น

2. ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Invention หรือConcept Introduction หรือ Clarification ซึ่ง Barman ระบุว่าเริ่มจากการเสนอมโนทัศน์หรือหลักการใหม่ หรือคำอธิบายเสริมเพื่อช่วยให้นักเรียนประยุกต์รูปแบบการใช้เหตุผลในประสบการณ์ของเขา แต่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของตน นั่นคือครูและนักเรียนช่วยกันนิยามมโนทัศน์ โดยอาจใช้สื่อการเรียนการสอนช่วยก็ได้

3. ขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้ (Discovery หรือ Concept Application) เป็นระยะที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์หรือทักษะที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่น โดยยกตัวอย่างเพื่อแสดงมโนทัศน์ที่รู้นั้น ต่อมาได้มีกลุ่มนักศึกษาได้นำวิธีการนี้มาใช้ และ มีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้ บาร์แมนและโกตา (Barman, C.R. and Kotar, 1989, pp. 29-32)

3.1 ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความไม่สมดุลความคิดของผู้เรียน และช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด ครูรับผิดชอบการให้นักเรียนได้รับคำแนะนำชี้แจงและวัสดุอุปกรณ์อย่างเพียงพอที่มีปฏิสัมพันธ์ในทางที่สัมพันธ์กับแนวคิดคำแนะนำชี้แจงของครูต้องไม่บอกนักเรียนว่าพวกเขาควรเรียนอะไร และต้องไม่อธิบายแนวคิดให้แนวทางและคำแนะนำเพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ นักเรียนรับผิดชอบต่อการสำรวจ วัสดุและเก็บรวบรวมและ/หรือบันทึกข้อมูลของตนเอง ครูอาศัยทักษะการถามเพื่อแนวทางการเรียนรู้เด็กต้องมีวัสดุอุปกรณ์การเรียน และประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมด้วย ถ้าครูจะให้เด็กสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์สำหรับตนเองให้ใช้คำถามแนะเพื่อช่วยเริ่มกระบวนการวางแผนและคำถาม ต้องนำตรงไปสู่กิจกรรมของเด็กเสนอแนะประเภทของบันทึกที่เด็กจะทำและต้องไม่บอกหรืออธิบายแนวคิด อาจกล่าวถึงการสอนอย่างย่อๆ ได้ บางทีอาจจะเป็นในรูปจุดประสงค์ของการสอน

3.2 ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นระยะที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญน้อยลงและหาทางอำนวยความสะดวกทางจิตใจให้แก่ผู้เรียน จุดมุ่งหมายของระยะนี้คือครูและนักเรียนร่วมมือกันสร้างแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ครูเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียนที่พึงประสงค์ในระยะนี้จะช่วยนำไปสู่การปรับขยายโครงสร้างความคิด ดังที่ทฤษฎีของเพียเจต์อธิบายไว้ นักเรียนต้องมุ่งเน้นข้อค้นพบเบื้องต้นจากการสำรวจของนักเรียน ครูต้องนำภาษา หรือรูปแบบแนวคิดเพื่อช่วยในการปรับขยายโครงสร้างความคิด ครูแนะแนวนักเรียนจนตั้งคำอธิบายของตนเองเกี่ยวกับแนวคิด ครูสามารถจะแนะแนวนักเรียนและงดการบอกนักเรียนในสิ่งที่นักเรียนควรจะค้นพบแล้ว ถึงแม้ว่าความเข้าใจของนักเรียนไม่สมบูรณ์และสามารถช่วยนักเรียนให้ใช้ขอมูลของตนสร้างแนวคิดที่ถูกต้องได้ ซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่ระยะต่อไปโดยอัตโนมัติ คือ ระยะการขยายความคิด

3.3 ขั้นขยายความคิด (Expansion) เป็นระยะที่ควรยึดนักเรียนเป็นสำคัญให้มากที่สุดและเป็นระยะที่ช่วยกระตุ้นความร่วมมือภายในกลุ่ม ความมุ่งหมายของระยะนี้เพื่อช่วยผู้เรียนให้สามารถจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่นักเรียนได้มาจากการค้นพบ เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่คล้ายคลึงกัน และเพื่อให้ค้นพบการประยุกต์ใช้สิ่งใหม่สำหรับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว แนวคิดที่สร้างขึ้นและต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ซึ่งครูต้องให้เด็กใช้ภาษา หรือฉลากหรือฉายาต่าง ๆ ของแนวคิดใหม่เพื่อพวกเขาจะได้เพิ่มความเข้าใจ ตรงนี้เองที่จะช่วยให้นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายตัวอย่างหรือโดยการจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาตัวเองของ

นักเรียน ความสัมพันธ์ภายในระหว่างวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม ความเติบโตทางวิชาการและการตระหนักรู้ด้านอาชีพ ระยะการขยายนี้สามารถนำไปสู่ระยะการสำรวจบทเรียนต่อไปได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นวงจรต่อเนื่องสำหรับการสอนและการเรียนจึงถูกสร้างขึ้นในระยะนี้ ครูช่วยนักเรียนให้จัดระเบียบการคิดของตนโดยการเชื่อมโยงสิ่งเรียนรู้มาเข้ากับความคิดหรือประสบการณ์อื่น ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับแนวคิดที่สร้างขึ้นในระยะนี้จะเพิ่มความลุ่มลึกสำหรับความหมายของแนวคิดและเพื่อขยายขอบเขตความต้องการสำหรับเด็ก

4. ขั้นประเมิน (Evaluation) ความมุ่งหมายของระยะนี้เพื่อเป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ การเรียนรู้มักจะเกิดขึ้นในสัดส่วนการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าการยกระดับทางความคิดที่มีการหยั่งรู้จริงที่เป็นไปได้ ดังนั้น การประเมินผลควรต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียนหรือวิธีการของหน่วยการเรียน การวัดหลายชนิดมีความจำเป็นต่อการจัดทำการประเมินโดยรวมการประเมินผลรวมแต่ละระยะของวัฏจักรการเรียนรู้ไม่ใช่เฉพาะการจัดทำตอนสุดท้ายต่อมาในปีค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดย 5 ขั้นนี้ (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540) ได้แก่

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement Phase)
2. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)
3. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)
4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Expansion Phase)
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

แต่ละขั้นมีสาระและรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียนไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมาย

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลองการสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเองโดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้มีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและการนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุป

เกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

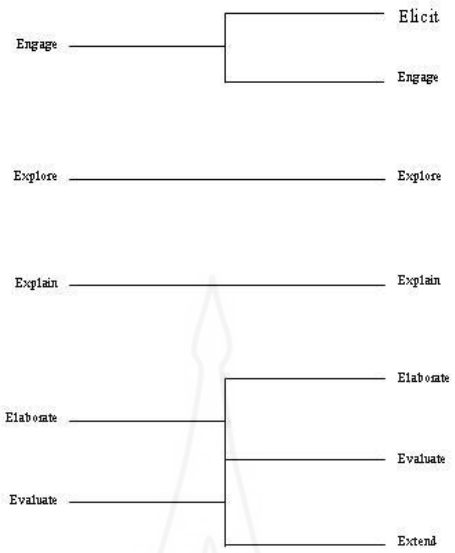
5. การประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้ในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใดข้อสรุปที่จะได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไปทั้งนี้รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะการเรียนรู้ 5 ขั้น (Inquiry cycle) สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.5 (กรมวิชาการ, 2545, น. 23)

ภาพที่ 2.5 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ที่มา: กรมวิชาการ (2545), น. 23.

ต่อมา ไอน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft) ได้พัฒนารูปแบบของ BSCS จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้มีความสนใจและสนุกกับการเรียน และยังสามารถปรับประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเอง การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ จาก 5Eเป็น 7E แสดงได้ดังภาพที่ 2.6 (Eisenkraft, 2003)



ภาพที่ 2.6 การใช้วัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E

ที่มา : Eisenkraft (2003, pp. 57-59 อ้างถึงใน ขุนทอง คล้ายทอง, 2554, น. 42)

การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนการสอนต่าง ๆ และสาระสำคัญในแต่ละขั้นดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไหร่ จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่า นักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กได้เรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง(Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase / Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่เรียกว่า“การถ่ายโอนการเรียนรู้” (Thorndike, 1923)

จากขั้นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรจะละเลยหรือละทิ้ง เนื่องจากการตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็กจะทำให้ครูได้ค้นพบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและไม่เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การละเลยหรือเพิกเฉยในขั้นนี้จะทำให้ยากแก่การพัฒนาแนวความคิดของเด็ก ซึ่งจะไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (Bransford, Brown and Cocking, 2000)

จากขั้นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรจะละเลยหรือละทิ้ง เนื่องจากการตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็กจะทำให้ครูได้ค้นพบว่า นักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและไม่เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การละเลยหรือเพิกเฉยในขั้นนี้จะทำให้ยากแก่การพัฒนาแนวความคิดของเด็ก ซึ่งจะไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (Bransford, Brown and Cocking, 2000) จากรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง4 แบบ สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 4 แบบ

แบบที่ 1 (3E)	**แบบที่ 2 (4E)**	**แบบที่ 3 (5E)**	**แบบที่ 4 (7E)**
1. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2. ขั้นเร้าความสนใจ 3. ขั้นสำรวจและค้นหา
2. ขั้นแนะนำมโนทัศน์ ขั้นแนะนำคำสำคัญ ขั้นสร้างมโนทัศน์ ขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์	2. ขั้นอธิบาย	3. ขั้นอธิบาย	4. ขั้นอธิบาย
3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์	3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ขั้นขยายมโนทัศน์	4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์	5. ขั้นขยายความคิด
	4. ขั้นประเมินผล	5. ขั้นประเมินผล	6. ขั้นประเมินผล 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ตามแนวคิดของ ไอน์เซนคราฟต์สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ได้ โดยเฉพาะในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งจะเน้นให้นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนจะได้เข้าถึงความรู้ความจริงด้วยตนเอง นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข และครูควรมีหน้าที่คอยชี้แนะ จัดสถานการณ์เร้าให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามและลงมือตรวจสอบ นอกจากนี้ครูควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถ บนพื้นฐานของความพอใจ ความถนัดและความแตกต่างระหว่างบุคคลด้วย

2.5.1 การออกแบบการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น คณะกรรมการพัฒนามาตรฐานการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะแห่งอเมริกา (National Research Council, 2000, pp. 24-27 อ้างอิงใน อาพัวี ภิญโญดม, 2551, น. 51-52) ได้แนะนำลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะไว้ 5 ประการ ดังนี้

1) นักเรียนตั้งคำถาม-ซักถาม คำถามที่นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มเป็นคำถามเกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์เสมอและเป็นคำถามที่มีลักษณะที่เป็นเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Questions) ซึ่งนำไปสู่การสืบค้นหาคำตอบที่เชื่อถือได้ ได้แก่ คำถามประเภททำไม (Why) และอย่างไร

(How) ซึ่งเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์เชิงหน้าที่หรือสาเหตุ (Causal/FunctionalQuestions) ครูวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรู้ความสามารถในการชี้นำการวินิจฉัยคำถามต่างๆ ที่นักเรียนถามให้เป็นคำถามที่มีประโยชน์ ไปสู่การสืบเสาะหาคำตอบคำอธิบายได้และให้มีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน จนกระทั่งนำไปสู่การลงมือปฏิบัติกิจกรรมหาคำตอบได้

2) นักเรียนเก็บรวบรวมหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างและประเมินคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหาอย่างสมเหตุสมผล เชื่อถือได้ มีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) สำหรับเป็นพื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนตั้งไว้

3) นักเรียนสร้างคำอธิบาย (Explanation) ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมหลักฐานข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของปัญหาหรือคำถาม มากกว่าการเน้นการสร้างกฎเกณฑ์ โดยสรุป คำอธิบายเป็นการเสนอความเข้าใจใหม่ที่เลยพ้นการมีความรู้อยู่ในขณะนั้นคำอธิบายใดๆ ต้องถูกสร้างขึ้นมาจากการมีความรู้ หรือความเข้าใจที่มีอยู่ก่อนแล้วเสมอ

4) นักเรียนประเมินหรือตรวจสอบคำอธิบาย (Evaluation) การประเมินอาจนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไข หรือยกเลิกคำอธิบาย ในการประเมินนิยมใช้คำถาม เช่น หลักฐานที่มีอยู่สนับสนุนคำอธิบายที่สร้างหรือไม่ อย่างไร เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบว่าคำอธิบายดังกล่าว ทั้งคำอธิบายเดิมและคำอธิบายอื่นที่เสนอไว้จากหลักฐานที่เก็บรวบรวม มีความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในขณะนั้นมากน้อยเท่าใด

5) นักเรียนรายงานคำอธิบายอย่างสมเหตุสมผล นักวิทยาศาสตร์ต้องนำคำอธิบายที่สร้างได้มารายงานให้ผู้รู้ในแวดวงวิทยาศาสตร์รับทราบ ในลักษณะที่คนอื่นสามารถตรวจสอบได้โดยจะต้องมีความเชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผลระหว่างคำถาม ปัญหา กระบวนการ หลักฐานคำอธิบายที่เสนอและการตรวจสอบคำาอธิบายอื่น การรายงานคำาอธิบายดังกล่าวทำให้เกิดการตรวจสอบ ทบทวนข้อสงสัยต่างๆ และเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นได้ใช้คำอธิบายนี้สาหรับคาถามปัญหาใหม่ต่อไปในการสืบเสาะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างและประเมินคาอธิบายนักเรียนจะได้มีโอกาสซักถาม ตรวจสอบหลักฐาน เป็นต้น ส่วนการมีส่วนร่วมในการรายงานคำอธิบายช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบการเชื่อมโยงที่สมเหตุสมผลของหลักฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับและคำอธิบายที่เสนอไว้อันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งหรือโต้แย้งที่มีหลักฐานการสังเกต ทดลองสนับสนุน

2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E

การนำแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ไปใช้ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูที่ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียนเพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit)	- ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้เดิม ของนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้	- ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ครูกับนักเรียนอภิปรายร่วมกันและนักเรียนกับนักเรียน
2. สร้างความสนใจ (Engage)	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ดึงคำตอบที่ยังไม่ชัดเจนนักมาคิดและอภิปรายร่วมกัน	- ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระหายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนาเสนอความคิด - นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจอภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ
3. สำรวจค้นหา (Explore)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสารวจตรวจสอบ - ซักถามนักเรียนเพื่อนนำไปสู่การสำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะ คำ ปรึกษาแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะแนวทางนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้ ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ - มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. อธิบาย (Explain)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอด ตามความเข้าใจของตัวเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่สังเกต	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย
5. ขยายความรู้ (Elaborate)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการที่เรียนรู้มาไปปรับใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งนักเรียนได้เรียนรู้	- นำข้อมูลที่ได้จากการสารวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตและข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
6. ประเมินผล (Evaluate)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้แลทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำ ถามปลายเปิดในประเด็นต่างๆหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้	- ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐานและคำ อธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสารวจตรวจสอบ - ประเมินผลตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง - เสนอแนะข้อคำ ถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสารวจตรวจสอบต่อไป
7. นำความรู้ไปใช้ (Extend)	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำ ถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะแนวทางในการนาความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอน	- นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

สรุปได้ว่าการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ครูมีหน้าที่คอยช่วยเหลือและแบ่งประสบการณ์ จัดสถานการณ์เพื่อเร้าความสนใจให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามและลงมือตรวจสอบเท่านั้น นอกจากนี้ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรูความสามารถบนพื้นฐานของความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างระหว่างบุคคล อันที่จะทำ ให้การจัดการเรียนรู้บรรลุสู่จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งหนึ่งที่ชี้ถึงผลลัพธ์ของการจัดการศึกษา ซึ่งนอกจากจะเป็นเรื่องการพิจารณาความรู้ความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนแล้ว ยังแสดงถึงคุณค่าของหลักสูตรการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ความรู้ความสามารถของครูผู้สอนและผู้บริหารอีกด้วย

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมพร เชื้อพันธ์ (2547, น. 53) พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, น. 125) ปราณี กองจินดา (2549, น. 42) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

วินุรักษ์ สุขสำราญ (2553, น. 36) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มี และนำมาเชื่อมโยงสาระสาคัญที่ค้นพบ สามารถพิสูจน์แล้ว ต้องไม่ใช่องค์ประกอบทางสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา สามารถสังเกตและวัดได้ ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แล้วทำให้เกิดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงได้ และประสบการณ์การเรียนรู้จากการฝึกอบรม

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง (2554, น. 212–220) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลที่เป็นกระบวนการคิด การกระทำอย่างเป็นระบบ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ประสบการณ์ ที่ได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถวัดได้ด้วยผลสัมฤทธิทางการเรียน

ภพ เลาหไพบูรณ์ (2542) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

สุขฤกษ์ ดีโนนโพธิ์ (2554) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จที่ได้จากการเรียน ที่อาศัยความสามารถเฉพาะบุคคลในการเข้าถึงความรู้ต่างๆ จากการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการเรียนวิชา

ชนิดา ยอดสาลี และ กาญจนา บุญส่ง (2559) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถ ความสำเร็จที่ได้จากการเรียนของบุคคลในการเข้าถึงความรู้ต่างๆ จากการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

รุ่งอรุณ คูณแก้ว (2560) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นความสำเร็จด้านด้านความรู้ ความสามารถ หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ ในวิชาที่ว่าด้วยการสังเกตหรือค้นคว้าและมีเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552) คุณลักษณะและความรู้ความสามารถที่แสดงถึงความสำเร็จที่ได้จากการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ซึ่งสามารถวัดเป็นคะแนนได้จากแบบทดสอบทางภาคทฤษฎีหรือภาคปฏิบัติหรือทั้งสองอย่างในวิชานั้นๆ

ไพโรจน์ คะเชนทร์ (2556) ให้คำจำกัดความผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า คือคุณลักษณะรวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือ มวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถสมองของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้อะไรบ้างและมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไร ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ รวมทั้งความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่างๆ ก็เป็นผลมาจากการฝึกฝนด้วย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จ ของผู้เรียนในด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำขความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ที่ได้จากการเรียนการสอน สามารถวัดได้โดยใช้การสังเกต การทดสอบโดยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านต่างๆ (ยุพิน เกตุดี, 2550; ประอรพรรณ บางนกแขวก, 2554; พัชรินทร์ ศรีพล, 2556; สมฤทัย จีนดวง, 2542; Good, 1959)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เป็น การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัดการเรียนรู้ในภาพรวมการประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วย การประเมินความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ซึ่งความก้าวหน้าด้านต่างๆ ของผู้เรียนจะส่งผลต่อจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้ การวัดและประเมินผล ตัวผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงวัดและประเมิน 2 แนวทางคือการวัดและประเมินผลตามคู่มือ Taxonomy of

educational objectives ของ Bloom และ การประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) พฤติกรรมที่ต้องการทำการวัดประเมินผู้เรียน ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์นิยาม มโนทัศน์ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้ จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยาม เล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกข้อสรุปได้ การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำลักษณะของข้อสอบจะถามเกี่ยวกับความรู้ความจำไม่เกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย การแปลความ การตีความสร้างข้อสรุป ขยายความ นักเรียนมีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ การอธิบายชี้แนะ การจำแนกเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความเขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความเห็น อ่านกราฟแผนภูมิและแผนภาพได้

2.1 พฤติกรรมความเข้าใจ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ

2.1.1 ความสามารถอธิบายความเข้าใจต่างๆ ได้ด้วยตนเอง

2.1.2 ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูป สถานการณ์ใหม่

2.1.3 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์ หนึ่ง

2.2 การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่างๆ ด้วยคาพูดของตัวหรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ ที่กำหนดให้ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือแผนภาพ เป็นต้น

3. ด้านการนำไปใช้ เป็นการวัดความสามารถด้านการนำเอาความรู้ความเข้าใจมาประยุกต์ใช้ หรือแก้ปัญหาในเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม การเขียนคำถามในระดับนี้อาจเขียนคำถามความสอดคล้องระหว่างวิชาและการปฏิบัติ ถามให้อธิบาย หลักวิชา ถามให้แก้ปัญหา ถามเหตุผลของภาคปฏิบัติ

4. ด้านการวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะหรือแจกแจง รายละเอียดของเรื่องราว ความคิด การปฏิบัติออกเป็นระดับย่อยๆ โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อค้นพบข้อเท็จจริงและคุณสมบัติบางประการ คำถามระดับการวิเคราะห์ แบ่งออก 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

5. ด้านการสังเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการรวบรวมและผสมผสานในด้านรายละเอียดหรือเรื่องราวปลีกย่อย ของข้อมูลสร้างเป็นสิ่งใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ความสามารถดังกล่าวเป็น

พื้นฐานของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คำถามระดับนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงาน การสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6. ด้านการวัดและประเมินค่า เป็นการวัดความสามารถในด้านการสรุปค่าหรือตีราคาเกี่ยวกับเรื่องราว ความคิด พฤติกรรมว่าดี-เลว เหมาะสม-ไม่เหมาะสม เพื่อหาจุดประสงค์บางประการมาอ้างโดยใช้เกณฑ์ภายในและการประเมินโดยใช้เกณฑ์ภายนอก

ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จะเป็นไปตามแนวคิดของ บลูม (Bloom) โดยเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ด้าน คือความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการประเมินค่า ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาในการวิจัยครั้งนี้

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นกิจกรรมการวัดและการประเมินผลที่มีความจำเป็นมาก เป็นกิจกรรมที่ต้องผสมผสานไปกับกิจกรรมการเรียนการสอนไม่สามารถแยกจากกันได้ ทุกครั้งที่ทำแผนการจัดการเรียนรู้จะต้องผนวกกิจกรรมการวัดและการประเมินผลเข้าไปด้วย การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสำคัญหลายประการ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (สมคิด พรมจุ้ย, 2552, น. 7)

1. การวัดและการประเมินผลเพื่อวินิจฉัย
2. การวัดและการประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน
3. การวัดและการประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียน
4. การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือกและการแข่งขัน

3.3 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมพร เชื้อพันธ์ (2547, น. 59) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

บุญชม ศรีสะอาดและคณะ (2551, น. 49) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่ผู้รียนได้รับการเรียนรู้มาแล้ว

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552, น. 98) กล่าวว่า แบบทดสอบวดัผลสัมฤทธิ์เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ความสามารถทางวชิาการที่ผู้รียนได้รียนรู้มาแลว้ว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ ที่กำหนดไว้เพียงใด

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2553, น. 73)กล่าวว่า แบบทดสอบวดัผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดระดับความสามารถของผู้เรียนว่า มีความรู้ความสามารถและทักษะ ในเนื้อหาวิชาที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมนึก ภัททิยธนี (2553, น. 63) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่วดัสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นกัเรียนได้รับการเรียนรู้ที่ผ่านมาแลว้ว่ามีอยู่เท่าใด

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอันจะทำให้ครูได้ทราบถึงพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน และทราบถึงประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน การสร้างแบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพจึงไม่ใช่ของง่ายนักสำหรับครูผู้ออกข้อสอบ ดังนั้นจึงควรมีขั้นตอนการ สร้างแบบทดสอบ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้แน่ชัดว่าจะสอบเพื่ออะไร สอบกับใคร ในระดับชั้นใด

2. กำหนดลักษณะของสิ่งที่จะวัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิทางการเรียนผู้วัดต้องรู้ว่าสิ่งที่ต้องการจะวัดนั้นคืออะไร เช่น ต้องการวัดผลสัมฤทธิทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ใน ระดับชั้น ปวช.ปีที่ 1 ผู้วัดจะต้องรู้ว่าในสาระของกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์นี้มีจุดมุ่งหมายของการ เรียนการสอนอย่างไร ประกอบด้วยเนื้อหาใดบ้างต้องการให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมเหล่านั้นเป็นอย่างไรต้องกำหนดให้ชัดเจน ซึ่งอาจศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราและทฤษฎีต่างๆ ได้ในขั้นตอนนี้เราอาจพิจารณาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้ทำไว้แล้ว

3. กำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ในการกำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดนั้นพิจารณาจากคุณลักษณะของสิ่งที่เราจะวัดว่า คืออะไร ซึ่งดูได้จากตารางวิเคราะห์หลักสูตร และต้องดูด้วยว่าวัดพฤติกรรมใด จะวัดกับใครที่ไหน เมื่อไร อย่างไรด้วย เพราะเครื่องมือที่ใช้วัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับคุณลักษณะที่ จะวัดต่างกัน ดังนั้นผู้สร้างต้องรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละชนิดด้วย

4. เขียนข้อสอบ เมื่อกำหนดได้แล้วถึงชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ก็เริ่มลงมือเขียนข้อสอบ โดยเขียนให้สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด และให้ถูกต้องตามหลักวิชาของการเขียนข้อสอบแต่ละชนิดด้วย

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จแล้วควรให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควร ประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือผู้เชี่ยวชาญ ในเนื้อหาสาระวิชาและผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านวัดผลเป็นผู้พิจารณาคำถามและคำตอบว่าถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่ ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่

6. การทดลองใช้ข้อสอบ หลังจากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขแล้ว ก็นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ แล้วนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และพัฒนาแบบทดสอบ

ต่อไป ในการทดลองใช้อาจต้องทำหลาย ๆ ครั้งจนสามารถพัฒนาแบบทดสอบได้มีคุณภาพเป็นที่พอใจจึงนำไปใช้จริงใน การสอบต่อไป

7. สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน การสร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนนก็เพื่อต้องการบอกให้ทราบว่า ถ้าบุคคลใดสอบได้คะแนนเท่าไร เขาจะเป็นผู้ที่มีความสามารถหรือมีลักษณะพฤติกรรมอย่างไร

8. การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ จะทำให้ผู้นำไปใช้ได้รู้ถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบนั้น และรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการสอบว่าจะปฏิบัติอย่างไร คะแนนที่แต่ละคนสอบได้ จะแปลความหมายอย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้เลือกใช้แบบทดสอบได้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในการสอบด้วย (เอกสารประกอบการบรรยาย โดย สุทธิวรรณ พีรศักดิโสภณ (2557)

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของการตรวจสอบคุณภาพ มีผู้ให้ความหมายของการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือไว้ดังนี้ วรรณี แกมเกตุ (2555, น. 219-235) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือว่า เครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือวิจัยที่ให้ผลการวัดมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ผลการวัดมีความตรง มีความเที่ยง มีความเป็นปรนัย มีความยากง่ายพอเหมาะ มีอำนาจจำแนกสูง มีประสิทธิภาพไร้อคติ และมีความครบถ้วน ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ นักวิจัยจึงต้องประเมินคุณภาพของข้อมูล ซึ่งทำได้โดยการประเมินหรือตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยหรือประเมินคุณภาพการวัดว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่ต้องการในการวิจัยหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของ ข้อคำถาม และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

1. ความตรง (Validity)

ความตรงหรือความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการจะวัด เช่น จะวัดเรื่องความซื่อสัตย์ ตัวคำถามในแบบสอบถามจะต้องเป็นเรื่องที่แสดงออกถึงความซื่อสัตย์ หรือหากสอนเรื่องเศษส่วน แบบทดสอบวัดเรื่องเศษส่วน การสร้างเครื่องมือให้มีความตรง ควรถือหลักปฏิบัติดังนี้

1. การเขียนข้อความ ให้คำนึงถึงหลักตรรกวิทยาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมากที่สุดว่าสิ่งที่เราเขียนอยู่ในความหมายของสิ่งที่เราต้องการจะวัดหรือไม่

2. ให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้นๆ ด้วยว่าข้อความที่สร้างเหมาะสมหรือไม่ ครอบคลุมสิ่งที่เราต้องการจะวัดมากน้อยเพียงใด

1.1 การหาค่าความตรง

การหาค่าความตรงของเครื่องมือมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับประเภทของความตรงและวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ผู้วิจัยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีพร้อม ๆ กันก็ได้ ในที่นี้ได้เสนอวิธีการหาค่าความตรงตามเนื้อหา ดังนี้

ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง การที่เครื่องมือวัดมีข้อคำถามตรงตามเรื่องที่ต้องการจะวัด วิธีการวิเคราะห์จะดำเนินการหลังจากได้สร้างเครื่องมือวัดแล้ว โดยมีวิธีการดังนี้

1) ให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในรายวิชานั้นอย่างน้อย 3 คนช่วยประเมินเป็นรายบุคคลว่าข้อคำถามแต่ละข้อสามารถวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนดหรือไม่ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ถ้าข้อคำถามวัดได้ตรงจุดประสงค์ ได้ +1 คะแนน
ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตรงจุดประสงค์หรือไม่ ได้ 0 คะแนน
ถ้าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงจุดประสงค์ ได้ -1 คะแนน

2) นำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทุกคนที่ประเมินมากรอกลงในแบบวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์เพื่อหาค่าเฉลี่ย สำหรับข้อคำถามแต่ละข้อใช้สูตรดังนี้ (ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์และอัจรา ชำนิประศาสน์, 2547, น. 145-146)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence)

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. ความยาก (Difficulty)

ความยาก หมายถึง จำนวนร้อยละหรือค่าสัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูกในข้อนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับผู้เรียนทั้งหมด ใช้กับเครื่องมือที่วัดเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบประเภท 0 - 1 สามารถคำนวณหาค่าความยากดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 129) คือ

กรณีที่ 1 ไม่ได้แบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

$$p = \frac{R}{N}$$

p แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนคนผู้เข้าสอบทั้งหมด

กรณีที่ 2 แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

$$p = \frac{H + L}{N}$$

p แทน ค่าความยาก

H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงทำถูก

L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำทำถูก

N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

ค่า p ที่ใช้ได้ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง .2 ถึง .8

3. อำนาจจำแนก (Discrimination)

อำนาจจำแนก หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อคำถามในการแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่มคนเก่งและอ่อน กลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์กับกลุ่มผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ ในกรณีที่เป็นแบบทดสอบ หรือจำแนกผู้ที่มีคุณลักษณะสูงจากผู้ที่มีคุณลักษณะต่ำในกรณีที่เป็นแบบสอบถาม

กรณีเป็นข้อสอบที่มีการให้คะแนนแบบ 0 - 1 อาจใช้วิธีคำนวณค่าอำนาจจำแนกโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจคะแนนของทุกคนแล้วนำกระดาษคำตอบมาเรียงลำดับคะแนนจากมากไปหาน้อย

2. แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (เทคนิค 50%)

3. ในข้อสอบแต่ละข้อให้นับจำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ แล้วแทนค่าลงในสูตรดังนี้

$$r = \frac{H - L}{N_H \text{ หรือ } N_L} \quad \text{หรือ} \quad \frac{H - L}{N/2}$$

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

N_H หรือ N_L แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือจำนวนคนในกลุ่มต่ำ

ค่า r ที่ใช้ได้ ควรมีอยู่ระหว่าง +.2 ถึง + 1.00

4. ความเที่ยง (Reliability)

วรรณี แกมเกตุ (2555, น. 222) ได้กล่าวถึงวิธีการหาความเที่ยงที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี ทุกวิธีเป็นการหาความเที่ยงในความหมายของความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลการวัด แตกต่างกันตรงที่วิธีการที่ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. การหาความเที่ยงแบบความคงที่ (Measure of Stability) ความเที่ยงแบบความคงที่เป็นความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วย เครื่องมือฉบับเดิม แล้วนำผลการวัดทั้งสองครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ วิธีนี้เรียกอีกอย่างว่า วิธีสอบซ้ำ (Test-retest Method) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการวัดทั้ง 2 ครั้ง ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

2. การหาความเที่ยงแบบความเท่าเทียมกัน (Measure of Equivalence) ความเที่ยงแบบความเท่าเทียมกัน หมายถึง ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel Test) แล้วนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น การหาความเที่ยงแบบนี้เป็นผลมาจาก ความพยายามในการปรับปรุงจุดอ่อนของวิธีแรก อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการวัดซ้ำ เพราะผู้สอบอาจจำข้อสอบได้ในการสอบซ้ำแต่วิธีนี้ก็มีความยุ่งยากที่จะต้องสร้างแบบทดสอบขึ้นมา อีกชุดหนึ่งที่มีความคู่ขนานกับแบบทดสอบชุดเดิมนักวัดผลจึงได้พัฒนาวิธีการหาความเที่ยงในรูปของความสอดคล้องภายใน

3. การหาความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เป็นความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อ หรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดวิธีนี้ นักวิจัยนำเครื่องมือฉบับเดียวไปทำการวัดกับกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียว แล้วนำผลการวัดมาหาค่า ความเที่ยงโดยวิธีต่าง ๆ 4 วิธี ดังนี้

3.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split-Half Method) ดำเนินการดังนี้

3.1.1 แบ่งครึ่งข้อสอบออกเป็น 2 ฉบับย่อย โดยอาจยึดเกณฑ์ข้อ คู่-ข้อคี่, ครึ่งแรก-ครึ่งหลัง, ตามเนื้อหาหรือโดยการสุ่มรวมคะแนนข้อคู่-ข้อคี่ของแต่ละคน หรือ รวมคะแนนตามเกณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้แบ่งครึ่งข้อสอบ

3.1.2 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคู่-ข้อ คี่ (หรือตามเกณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการแบ่งครึ่งข้อสอบ) ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของครึ่งฉบับ

3.1.3 คำนวณค่าความเที่ยงของเครื่องมือทั้งฉบับโดยใช้สูตรของ Spearman-Brown

3.2 วิธีของ Kuder-Richardson (1973) ใช้ในกรณีที่เครื่องมือมีการตรวจให้คะแนนแบบ 0 1 โดย ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน วิธีนี้มีสูตรการคำนวณ 2 แบบ คือ KR-20 และ KR-21 การใช้สูตร KR-21 มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ข้อสอบทุกข้อมีความยากง่ายเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน ในกรณีที่ข้อสอบมีความยากง่ายแตกต่างกัน ควรใช้สูตร

3.2.1 วิธีของ Kuder – Richardson ใช้สำหรับข้อสอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบ 0 - 1 มีสูตรที่ใช้ 2 สูตร (วรรณี แกมเกตุ, 2555)

สูตร KR – 20 $r_{tt} = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\sum pq}{s^2}\right)$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดแต่ละข้อ (q = 1 - p)

สูตร KR – 21 $r_{tt} = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\overline{X}\left(k-\overline{X}\right)}{S^2}\right)$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งฉบับ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ความแตกต่างระหว่าง KR - 20 และ KR - 21 คือสูตร KR - 21 สมมติให้ข้อสอบทุกข้อมีระดับความยากเท่ากัน หรือค่า p คงที่ และมักจะให้ค่าความเที่ยงต่ำกว่าค่าความเที่ยงที่คำนวณโดยใช้สูตร KR – 20 และทำได้รวดเร็วกว่า เพียงแต่แทนค่าจำนวนข้อในแบบทดสอบ (n) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความแปรปรวน (s^2) ลงในสูตร ก็สามารถคำนวณค่าความเที่ยงได้

3.2.2 วิธีของครอนบาค (Cronbach) ใช้กับแบบสอบถามที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า วิธีนี้เรียกว่าการหา “สัมประสิทธิ์เอลฟ่า” (α = Coefficient) ดัดแปลงมาจาก KR - 20 ใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของแบบสอบถาม

k แทน จำนวนข้อคำถาม

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

3.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ใช้ในกรณีที่การให้คะแนนเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) หรือข้อสอบอัตนัยและยังใช้ได้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ 0 1 ได้ด้วย สูตรนี้เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลาย

4. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติมาจากภาษาอังกฤษว่า "Attitude" มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า"Aptus" ซึ่งแปลว่าโน้มเอียง เหมาะสม ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายหรือคำจำกัดความของเจตคติไว้ สรุปได้ดังนี้

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2520, น. 41 อ้างถึงใน บุญยงค์ พุ่มพุก, 2549, น. 16) ได้สรุปความหมายของเจตคติไว้ว่า เจคติเป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ประสบการณ์ ซึ่งกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือแนวโน้มที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อาจเป็นทางสนับสนุนหรือคัดค้านก็ได้

ไพศาล หวังพาณิช (2526) ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่าเจตคติ หมายถึง ความรู้สึกภายในของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด อันเป็นผลมาจากประสบการณ์เคเกน (Kagan, 1996, p. 618 อ้างถึงใน บุญยงค์ พุ่มพุก, 2549, น. 17) ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เป็นความโน้มเอียงฝังแน่นอยู่ในความคิดและความรู้สึกในทางบวกหรือลบ ที่มีต่อสิ่งที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะซึ่งประกอบด้วยความรู้ ความเข้า และอารมณ์

อัจฉรา บุญสุข (2552) เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของนักเรียนด้านดีและไม่ดี เช่น ความชื่นชอบ ความไม่ชอบลักษณะของเจตคติ เจตคติเป็นสิ่งที่แสดงออกของความชื่นชอบหรือไม่ชอบ หรือสามารถเกิดได้ทั้งทางบวกและทางลบองค์ประกอบของเจตคติ เจตคติมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ด้านความรู้ ด้านอารมณ์ ด้านพฤติกรรม

สุขฤกษ์ ดีโนนโพธิ์ (2554) ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ ความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนด ให้บุคคลแสดงพฤติกรรมในการสนองต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ชนิดา ยอดสาลี (2559) ความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ซึ่งอาจเป็นไปในทางบวกหรือลบ ความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดให้บุคคลแสดงพฤติกรรมในการสนองต่อการเรียนรู้

แอนเดอร์สัน (Anderson, 1991) กล่าวว่า เจตคติเป็นแนวทางที่บุคคลคิดและรู้สึกเกี่ยวกับสิ่งต่างและมีแนวโน้มในการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถเป็นไปในทางลบกลางๆ หรือบวก

นิวสตรอม และเดวิด (Newstrom and Davis, 1993) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความเชื่อ ซึ่งเป็น ตัวก าหนดความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งแวดล้อม ความมุ่งหมายที่จะกระทำสิ่งที่ตั้งใจไว้และสิ่งที่บุคคลจะประพฤติซึ่งเจตคติจะมีมุมมองในสิ่งต่างๆ ของบุคคล Collins (1970, p. 68) ให้ความหมายเจตคติ คือการที่บุคคลตัดสินใจในสิ่งต่าง ๆ ว่าดี– ไม่ดี เห็นด้วย–ไม่เห็นด้วย ยอมรับได้–ยอมรับไม่ได้

โรเคิช (Rokeach, 1970, p. 10) ให้ความหมายเจตคติ คือการผสมผสานหรือการจัดระเบียบของ ความเชื่อที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งเหตุการณ์ใดผลรวมของความเชื่อนี้จะเป็นตัวกำหนดแนวทางของบุคคลในการที่จะมีปฏิกิริยาตอบสนองในลักษณะที่ชอบหรือไม่ชอบ

มาห์เรนส์และเลห์แมน (Mehrens and Lehmann, 1984, p. 238) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง รูปแบบของ ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่มีความโน้มเอียงที่ตอบสนองต่อวัตถุทางสังคม ดังนั้นอาจจะสรุปความหมายของเจตคติ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใด ๆ ซึ่งแสดง ออกมาเป็นพฤติกรรมในลักษณะชอบ ไม่ชอบ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย พอใจ ไม่พอใจ ต่อสิ่งใด ๆ ในลักษณะเฉพาะตัวตามทิศทางของทัศนคติที่มีอยู่ และจะเป็นตัวกำหนดแนวทางของบุคคลในการที่จะเกิดปฏิกิริยาตอบสนอง เจตคติเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำงานให้คนแสดงพฤติกรรมออกมา จึงทำให้มีนักจิตวิทยาสังคม สนใจที่จะศึกษาความรู้สึกของคนอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลา 50 ปี

4.2 ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกที่บุคคลมีต่อวิทยาศาสตร์เป็นความชอบ/ไม่ชอบ ซึ่งบุคคลจะแสดงออกได้จากพฤติกรรมการให้ความสนใจ การเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์แสดงว่ามีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ตรงกันข้ามกับบุคคลที่มีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา, 2537, น. 25 อ้างถึงใน นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2557, น. 56) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะพฤติกรรมทางด้านความรู้สึก ซึ่งได้แก่ ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ความเห็น ความสนใจ ถือว่าเป็นเป้าหมายของการให้การศึกษาที่จะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จ ในการศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ม.1 (สสวท. 2556) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ความรู้สึกดังกล่าว เช่น ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่า

วิมล ประจงจิตร (2552) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การเห็นความสำคัญ คุณประโยชน์ ความนิยมชมชอบและความสนใจ และการแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์

สุขฤกษ์ ดีโนนโพธิ์ (2554) ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ ความรู้สึกดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนด ให้บุคคลแสดงพฤติกรรมในการสนองต่อวิชาวิทยาศาสตร์

4.3 ลักษณะของเจตคติ

ลักษณะของเจตคตินั้นมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของเจคติไว้ดังนี้

สมศักดิ์ สินธุระเวชชญ์ (2522, น. 11 อ้างถึงใน บุญยงค์ พุ่มพุก, 2549, น. 17) ได้แบ่งลักษณะของเจตคติไว้ 3 ลักษณะ คือ

1. เจตคติเชิงนิมานเป็นการแสดงออกในลักษณะความพึงพอใจ เห็นด้วย ชอบ สนับสนุน ปฏิบัติด้วยความเต็มใจ

2. เจตคติเชิงนิเสธเป็นการแสดงออกในลักษณะตรงข้ามกับเจตคติเชิงนิมาน เช่น ไม่พอใจ ไม่เห็นด้วย ไม่ยินดี ไม่ร่วมมือ ไม่ทำตาม

3. เจตคติที่เป็นกลางเป็นการแสดงออกในลักษณะที่ไม่เป็นทั้งเจตคติเชิงนิมานและเจคติเชิงนิเสธ แต่อยู่ในระหว่างกลางไม่เข้าข้างใดข้างหนึ่ง เช่น รู้สึกเฉย ๆ ไม่ถึงกับไม่ชอบหรือเกลียด

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, น. 55 อ้างถึงใน บุญยงค์ พุ่มพุก, 2549, น. 17) ได้แบ่งเจตคติออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. เจตคติเชิงบวกเป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความพึงพอใจ และเห็นด้วยอาจทำให้บุคคลไม่อยากกระทำสิ่งนั้น

2. เจตคติเชิงลบเป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความไม่พึงพอใจ อาจทำให้บุคคลไม่อยากกระทำสิ่งนั้น

4.4 การวัดเจตคติ

สมบูรณ์ สุริยวงศ์ และคณะ (2544) ได้กล่าวถึง การวัดเจตคติว่า ในการวัดเจตคตินั้นนิยมวัดออกมาในลักษณะของทิศทาง (Direction) และปริมาณหรือขนาด (Magnitude) เกี่ยวกับทิศทางจะมีอยู่ 2 ทิศทาง คือ ทางบวกและทางลบ เจตคติสามารถวัดได้ด้วยวิธีต่างๆ คือ การสังเกต การสัมภาษณ์และการใช้แบบสอบถาม ปัจจุบันนิยมวัดด้วยวิธีการใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามที่ใช้วัดเจตคติที่ใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบวัดเจตคติของเทอร์สโตน (Thurstone's Scale) และแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท (Likert's Scale) ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกแบบวัดเจตคติตามแบบวัดของ Likert ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ลักษณะของแบบวัดเจตคติของ ลิเคิร์ท (Likert)

แบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท (Likert) มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า The Method of Summated Rating ได้นำเอาวิธีการของมาตราส่วนประมาณค่ามาใช้ โดยมีข้อตกลงว่าการตอบสนองต่อข้อคำถาม หรือรายการแต่ละข้อในเรื่องที่จะวัดมีลักษณะคงที่ และผลรวมของลักษณะคงที่ของการ

ตอบสนองในข้อคำถามทั้งหมดของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเกือบเส้นตรง ผลรวมนี้จะแทนค่าลักษณะนิสัยที่จะวัดได้อย่างเดียว จากข้อตกลงนี้ Likert ได้นำมาใช้เป็นหลักในการสร้างแบบวัดเจตคติในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยการถามด้วยข้อคำถามหลายๆ ข้อ แล้วให้บุคคลได้แสดงความคิดเห็น แล้วนำผลการตอบทุกข้อมารวมกันเป็นเจตคติของบุคคลต่อสิ่งนั้น

2. วิธีการสร้างแบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท (Likert)

2.1 การเขียนข้อคำถาม เป็นการเขียนข้อคำถามในด้านต่าง ๆ ตามโครงสร้างหรือกรอบประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ข้อคำถามจะต้องมีประโยคนิมาน และประโยคนิเสธ จำนวนใกล้เคียงกัน

2.1.1 ประโยคนิมาน (Favorable Statement) หมายถึง ประโยคที่กล่าวถึงเรื่องนั้นในทางที่ดี หรือ ทางบวก ตัวอย่าง เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ทำให้คนฉลาดวิชาวิทยาศาสตร์ทำให้คนมีเหตุผลวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ทันสมัย เป็นต้น

2.1.2 ประโยคนิเสธ (Unfavorable Statement) หมายถึง ประโยคที่กล่าวถึงเรื่องนั้นในทางที่ไม่ดี หรือ ทางลบ ตัวอย่าง เช่น วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่น่าเบื่อวิชาวิทยาศาสตร์ทาให้คนมีความคิดฟุ้งซ่าน วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีประโยชน์น้อย เป็นต้น

2.2 การกำหนดคะแนนให้ข้อคำถามของลิเคิร์ท Likert มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า คือ ให้ผู้ตอบเลือกตอบได้ตามระดับความรู้สึก อาจจะใช้ตั้งแต่ 3 ระดับ 5 ระดับ หรือ 7 ระดับ แต่ที่นิยมโดยทั่วไปใช้คือมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยมีวิธีการกำหนดคะแนนดังนี้การให้คะแนนประโยคนิมาน เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5 คะแนน เห็นด้วย 4 คะแนน ไม่แน่ใจ 3 คะแนน ไม่เห็นด้วย 2 คะแนน ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1 คะแนนการให้คะแนนประโยคนิเสธ เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1 คะแนน เห็นด้วย 2 คะแนน ไม่แน่ใจ 3 คะแนน ไม่เห็นด้วย 4 คะแนน ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5 คะแนนการให้คะแนนนี้ อาจจะอยู่ในรูปอื่นที่มีลักษณะคล้ายกับที่กล่าวมาแล้วก็ได้ เช่น 0, 1, 2, 3, 4 หรือ -2, -1, 0, 1, 2 เป็นต้น ผลที่ได้จะไม่แตกต่างกัน

2.3 การเลือกข้อคำถาม หลังจากได้เขียนข้อคำถามที่ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษาแล้วจะต้องพิจารณาไตร่ตรองเพื่อคัดเลือกข้อคำถามที่เหมาะสมกับการวัดเจตคติเรื่องนั้นๆ โดยผู้ตรวจสอบคนแรกควรจะเป็นผู้วิจัยเองที่จะต้องพิจารณาให้รอบคอบคนมั่นใจว่าดีที่สุด จึงให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้หรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นช่วยพิจารณา หรือวิจารณ์ข้อคาถามเหล่านั้นว่าดีหรือไม่ดี เหมาะสมกับเรื่องที่จะวัดหรือไม่ มีส่วนใดควรจะปรับปรุงแก้ไข ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่กลั่นกรอง คัดเลือกข้อคาถามเพื่อให้แบบวัดเจตคติที่สร้างขึ้นนี้มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เมื่อพิจารณาคัดเลือกและแก้ไขข้อคำถามแล้วให้เหมาะสมแล้ว ขั้นต่อไปก็นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างอาจจะใช้ประมาณ 100 ถึง 300 คน แล้วนาข้อความคิดเห็นเหล่านั้นมาวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่สามารถวัดความรู้สึกที่แตกต่างกันได้ตามวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ

3. การแปลผลและนำไปใช้

การแปลผลจากคะแนนที่ได้จากการตอบแบบวัดเจตคติของกลุ่มทดลอง โดยทั่วไปนิยมหาค่าเฉลี่ย โดยหาได้ทั้งเจตคติรายบุคคลและเจตคติรายกลุ่ม การแปลความหมายคะแนนจะต้องกำหนดเกณฑ์เพื่อแปลค่าเจตคติ เช่น

คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง เจตคติไม่ดี

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 หมายถึง เจตคติค่อนข้างไม่ดี

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49 หมายถึง เจตคติปานกลาง (รู้สึกเฉยๆ)

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49 หมายถึง เจตคติดี

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00 หมายถึง เจตคติดีมาก

ดังนั้น จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเจตคติจากบุคคลหลายๆ ท่าน จึงสรุปได้ว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่อยู่ภายในจิตใจของตัวนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการรับรู้หรือผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลาย ตามกระบวนการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งจะแสดงท่าทีบอกให้ทราบว่านักเรียนนั้นมีความรู้สึกทั้งด้านบวกและด้านลบ และตระหนักในคุณค่าของการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยวัด 3 องค์ประกอบ ด้านความรู้เชิงประเมินค่า ด้านความรู้สึก และด้านแนวโน้มการเกิดพฤติกรรม

4.5 การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

แบบสอบถามวัดเจตคติเป็นแบบสอบถามที่ให้ความสำคัญต่อข้อความคำ ถามที่ต้องมีความคลอบคลุมในช่วงของเจตคติทั้งหมด ในการตอบแต่ละข้อความจะบ่งบอกถึงเจตคติที่มีอยู่ จุดที่ตอบกำหนดจากจำร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่เคยตอบข้อนั้นมาก่อน และเจตคติของแต่ละคนกำหนดได้จากการรวมค่าคะแนนของคำตอบทั้งหมดในแบบสอบถามของแต่ละคน โดยมีวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติดังนี้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2556)

1. กำหนดเป้าหมายเจตคติว่า คืออะไร มีโครงสร้างลักษณะใด การดำเนินงานด้านการสาธารณสุขนั้น ประกอบด้วยการดำเนินงานด้านการควบคุมโรค การป้องกันโรค การรักษาโรค และด้านการฟื้นฟูสภาพหลังการเจ็บป่วย ฉะนั้นในการกำหนดเป้าหมายเจตคติด้านการสาธารณสุข ควรกำหนดเป้าหมายให้ชัดเจนเป็นเรื่อง ๆ ลงไปว่าจะวัดเจตคติด้านใดบ้าง จากนั้นให้ความหมายของ เจตคติที่ต้องการวัดว่าหมายถึงอะไรบ้าง จากนั้นจัดทำโครงสร้างของเจตคติที่ต้องการวัด ว่าประกอบด้วย เจตคติด้านใดบ้าง แต่ละด้านจะวัดอะไรบ้างอาจกำหนดประเด็นกว้างๆลงไปเป็นข้อ ๆ

2. รวบรวมข้อความคำถามที่จะวัดเจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเป้าหมาย หลีกเลี่ยงข้อความกำกวมและข้อความที่เป็นข้อเท็จจริง ตรวจสอบความเหมาะสม และแยกประเภทเป็น เชิงบวกและเชิงลบ ตัดข้อความที่เป็นกลาง ๆ ออก จำนวนพอ ๆ กัน ไม่น้อยกว่า 20 ข้อความคำถาม โดยกำหนด

ข้อคำถามจากโครงสร้างเจตคติด้านการสาธารณสุขที่ได้กำหนดไว้แล้วแบ่งเป็นด้านๆ แล้วสร้างและรวบรวมข้อคำถามตามเจตคติแต่ละด้านตามประเด็นที่กำหนดไว้แล้ว

3. นำข้อความคำถามที่ได้ไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของข้อความคำถามว่าตรงตามโครงสร้างเจตคติด้านการสาธารณสุขที่ได้กำหนดไว้แล้วในแต่ละด้านและประเด็นย่อยหรือไม่ หากมีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจนจะได้แก้ไขก่อนสร้างเป็นแบบสอบถาม โดยทดลองใช้กับ จำนวนผู้ตอบ 10 เท่าของจำนวนข้อ ในพื้นที่การดำเนินกิจกรรมสาธารณสุขที่คล้ายคลึงกันหรือใกล้เคียงกัน

4. กำหนดน้ำหนักในการตอบแต่ละตัวเลือก โดยกำหนดน้ำหนักคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 สำหรับข้อความคำถามเชิงบวก และ 1, 2, 3, 4, 5 สำหรับข้อความคำถามเชิงลบ

5. คัดเลือกข้อคำถามโดยหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม หากได้ค่าสหสัมพันธ์เป็นบวกแสดงว่า ข้อความคำถามมีอำนาจจำแนกผู้ตอบที่มีเจตคติที่ดีมีแนวโน้มที่เห็นด้วยกับข้อความคำถาม และมีแนวโน้มน้อยลงที่จะตอบเห็นด้วยกับข้อความคำถามที่แสดงเจตคติที่ไม่ดี หากได้ค่าสหสัมพันธ์เป็นลบแสดงถึงการกำหนดทิศทางน้ำหนักคะแนนมีความคลาดเคลื่อน หากได้ค่าสหสัมพันธ์ต่ำมากหรือเป็นศูนย์แสดงว่าไม่สามารถวัดเจตคติได้ หรือไม่มีค่าอำนาจจำแนก จำเป็นต้องตัดข้อความคำถามนี้ออกไป ในการคัดเลือกข้อคำถามอีกวิธีหนึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง กลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนรวมสูงกับกลุ่มผู้ได้คะแนนรวมต่ำหรือกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำเป็นรายข้อจำนวนร้อยละ 25 ของผู้ตอบแต่ละกลุ่ม นำค่าเฉลี่ยของคะแนนของสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกันโดยทดสอบ ค่าสถิติทีหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่ามีอำนาจจำแนก สามารถนำไปใช้ได้ หากไม่มีอำนาจจำแนกให้ตัดข้อความคำถามออกไปเช่นกัน

6. จัดพิมพ์แบบสอบถามเจตคติหลังจากคัดเลือกข้อความคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด ประมาณ 20 - 25 ข้อ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในประเทศ จำนวน 6 เรื่อง (พลศักดิ์ แสงพรมศรี และคณะ (2558); จำรัส อินทลาภาพร (2558); อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป.); สายฝน ชวรางพงษ์ (2561); วิษณุ ทุมมี (2562); สุชีรา ศรีวรวุฒิชัย (2558) และสอดคล้องกับ วรรณธณะ ปัดชา (2559) โดยงานวิจัยของ พลศักดิ์แสงพรมศรี (2558, น. 401) อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป., น. 373); สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 5) และศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 226) มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสอดคล้องกันคือ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ

งานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต, 2558, น. 106) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 5) สอดคล้องกับทิพธัญญา ดวงศรี (2560) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1, 1006-1012 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิณี เทียมดี และปิยวรรณ พันสี (2562) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีปีที่ 3 และ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในชีวิตประจำวัน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการด้านเนื้อหาวิชาร่วมกันกับหลักการกระบวนการคิด การออกแบบ และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น สนใจในการเรียนด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ทดลอง สังเกต มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ นูรอาซีกีน สาและ (2560, น. 49) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ เฉลี่ยร้อยละ 72.38 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี นราภรณ์ ชัยบัวแดง (2561) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนสอบหลังเรียนโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 79.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้ากระแสอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ อับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ วันชัย แซ่มตระกูล (2559) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทับทอง เรื่องดาราศาสตร์ และอวกาศโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) ผลการจัดการผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงและทัศนูปกรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ . 05 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับเมื่อ x = 4.33, SD = 0.66 นั่นหมายถึงว่าผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ บุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560) การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้งานวิจัยของอาทิตยา พูนเรือง และคณะ (ม.ป.ป., น. 373) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ สำหรับจำรัส อินทลาภาพร และคะ (2558, น. 67) มีวัตถุประสงค์แตกต่างจากงานวิจัยเรื่องอื่นๆ คือ เพื่อสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 401) คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สอดคล้องกับ อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป, น. 374) และงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 226) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 9) สำหรับงานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต (2558, น. 106) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กประถมวัย และงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร (2558, น. 67) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 402) คือแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 11) สอดคล้องงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 228) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป., น. 374) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 402) คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 11) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 228) และสอดคล้องงานวิจัยของกับ อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป., น. 374) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐปภัสร์ เจือจันทร์ (2561, น. 42-53) นอกจากนี้งานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต (2558, น. 106) ใช้เครื่องมือวิจัยเป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 11) และสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ สำหรับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร (2558, น. 68) ใช้เครื่องมือในการวิจัยเป็นหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบสอบถามจัดกิจกรรมการฝึกอบรม และแบบสัมภาษณ์ผู้สอน สถิติที่ใช้ในงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 402) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test สอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต (2558, น. 106-107) สอดคล้องกับงานวิจัยของ

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 17) สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 224) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตยา พูนเรือง และคณะ (ม.ป.ป., น. 375) สำหรับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร (2558, น. 68) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 402) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 26) สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558, น. 224) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป., น. 375) และนอกจากนี้ยังพบอีกว่าในงานวิจัยของ สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 26) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต (2558, น. 104-106) และในงานวิจัยของ อาทิตยา พูนเรือง (ม.ป.ป., น. 371) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน สำหรับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น. 62) พบว่า ในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1. ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ
2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน
3. จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning)
4. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning)
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน
6. วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่างประเทศ จำนวน 5 เรื่อง (Laboy-Rush, 2012; Stohlman, 2012; Sanders, 2012; Becker and Park, 2011 และ Chung, 2014) โดยส่วนใหญ่งานวิจัยดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นการสังเคราะห์เอกสาร บทความ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยขอนำเสนอเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้เพียงเท่านั้น ดังนี้

งานวิจัยของ ลาบอย-รัช (Laboy-Rush, 2012) ได้ทำวิจัยเรื่อง การบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเป็นการสังเคราะห์งานวิจัยและเอกสาร

ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา โดยพบว่า การสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่ประสบความสำเร็จเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นการสอนเพื่อเน้นปัญหาที่แท้จริง นักเรียนเรียนรู้ที่จะสะท้อนให้เห็นกระบวนการในการแก้ปัญหา นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อให้สร้างความรู้ของตนเองเกี่ยวกับโลกรอบตัวพวกเขา (Satchwell & Loepp, 2002; Fortus et al., 2005 อ้างถึงใน Laboy-Rush, 2012, p. 3) โดยในเกือบทุกรูปแบบของการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ เป้าหมายจะต้องให้นักเรียนมีโอกาสที่จะสร้างองค์ความรู้ใหม่ มีทักษะการแก้ปัญหา โดยผ่านกระบวนการของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์

งานวิจัยของ สตอล์ แมนน์ (Stohlmann, 2012) ได้ทำวิจัยเรื่อง ข้อสังเกตสำหรับการสอนแบบบูรณาการสะเต็มการศึกษา มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) ศึกษาข้อสังเกตสำหรับการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษา 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงานของครูของหลักสูตร PLTW ระบุว่า การสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานที่ดีของการสอนแบบสะเต็มศึกษา โดยการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่ประสบความสำเร็จนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้าใจของครูผู้สอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

งานวิจัยของ แซนเดอร์ (Sanders, 2012) ได้ทำวิจัยเรื่อง วิธีการปฏิบัติที่ดีที่สุดในการบูรณาการสะเต็มศึกษา ระบุว่า งานวิจัยของ แซนเดอร์ และเวลส์ (Sanders & Wells, 2006 อ้างถึงใน Sanders et al., 2012, p. 2) กล่าวว่า การบูรณาการสะเต็มสึกษา หมายถึง การออกแบบการเรียนรู้ตามกระบวนการเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์โดยบูรณาการแนวคิดและการปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรืออาจจะเพิ่มเติมการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ ได้ เช่น ภาษา ศิลปะ สังคมฯลฯ นอกจากนี้ แซนเดอร์ (Sanders, 2012, p. 3) ระบุว่า คุณลักษณะบางประการของการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีดังนี้

1. ผลการเรียนรู้

1.1 แสดงให้เห็นถึงความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มศึกษา และการปฏิบัติ

1.2 ใช้ระดับเด็กที่เหมาะสมในการสอนมโนมติของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และการฝึกปฏิบัติในการออกแบบ สร้าง และการประเมินการแก้ไขปัญหาที่แท้จริง และแสดงให้เห็นถึงทัศนคติและอุปนิสัย

2. ขอบเขตของการบูรณาการสะเต็มศึกษา

2.1 เหมาะสมกับนักเรียนทุกระดับ

2.2 ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อแทนที่การสอน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3 อาจจะดำเนินการโดยใช้ครูในสาขา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หนึ่งคนหรือมากกว่า 1 คน ในหนึ่งห้องเรียน

2.4 อาจจะดำเนินการในช่วงหลังจากวันเรียนธรรมดา

2.5 ควรใช้กับโรงเรียนหลาย ๆ โรงเรียน

งานวิจัยของ เบคเกอร์ และปาร์ค (Becker and Park, 2011) ได้ทำวิจัยเรื่องผลของวิธีการแบบบูรณาการระหว่างศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้ของนักเรียน: การวิเคราะห์เบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา และเพื่อสังเคราะห์ข้อค้นพบจากงานวิจัยที่มีอยู่ที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษา มีผลในเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์และการเรียนรู้ของนักเรียน งานวิจัยของจัง (Chung., 2014) ได้ทำวิจัยเรื่อง การประเมินผลการบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ ระบุว่า การแข่งขันหุ่นยนต์เป็นสำหรับนักเรียนภาคบังคับจะได้รับความนิยม โดยนักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ หนึ่งในการแข่งขันหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์และวิทยาสาสตร์คือ หุ่นยนต์ Robofest โดยการแข่งขันดังกล่าวมีคุณลักษณะบางอย่างของการสอนแบบสะเต็มศึกษา ตัวอย่างเช่น การที่นักเรียนต้องแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในวันของการแข่งขัน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ร่วมแข่งขัน Robofest มีพัฒนาการและได้คะแนนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับ นิรมิษ เพียรประเสริฐ (2556) ที่ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้แบบ STEM ผ่าน “หุ่นยนต์”: สร้างการมีส่วนร่วมของนักเรียน หุ่นยนต์จึงเป็นสื่อการเรียนรู้ชนิดหนึ่งที่สามารถเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงความรู้บูรณาการสาระต่างๆ สำหรับนักเรียนได้เป็นอย่างดี และยังสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนที่มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งยังตอบสนองต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มที่จะนำพาให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมให้ผลผลิตใหม่ ๆ ได้เช่นกัน

นอกจากนี้จากการศึกษาเอกสารของ อาร์เธอร์ ไอเซนคราฟท์ (ม.ป.ป.) โครงการสนุกวิทย์พลังคิด เพื่ออนาคต พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของโครงการแอ็คทีฟฟิสิกส์นั้นใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะรูปแบบ 7E ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ ขั้นนำความรู้ไปใช้ และขั้นประเมิน โดยรูปแบบการเรียนการสอนนั้นจะเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะรูปแบบ 7E ในแต่ละเรื่องย่อยของหน่วยการเรียน เมื่อนักเรียนเรียนจบหนึ่งหน่วยการเรียน ผู้สอนจะสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนนำความรู้เรื่องย่อยที่เรียนมาในหน่วยนั้นๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำกระบวนการเรียนการสอนรูปแบบสืบเสาะมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องสมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง งานและพลังงาน ที่ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ โดยมุ่งสนใจศึกษากระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะรูปแบบ 7E ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ตามวัฏจักร 7E ของ Eisenkraft (Eisenkraft, 2003, pp. 57-59 อ้างอิงใน ภัสพล เหง้าโคกงาม, 2548, น. 18) เป็นยุทธวิธีในการ

จัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E มีขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) 2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) 5) ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิค-สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการทดลอง
4. การเก็บรวมรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตร-วิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 4 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน รวมทั้งสิ้น 120 คน เป็นนักเรียนสาขางานช่างยนต์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

1.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ได้แก่ สาขางานยานยนต์ จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 รวมทั้งสิ้น 60 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และจับสลากเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

1.2.1 กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

1.2.2 กลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.3 รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ รูปแบบการศึกษาเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง แบบแผนวัดก่อนและหลังการทดลอง มีกลุ่มเปรียบเทียบ (Pretest-Posttest Design with Nonequivalent Group) โดยมีแบบแผนการวิจัยดังนี้

กลุ่มทดลอง	O_1	X	O_2
กลุ่มควบคุม	O_3		O_4

O_1 หมายถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

O_2 หมายถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

O_3 หมายถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

O_4 หมายถึง การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

X หมายถึง การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน จำนวน 18 ชั่วโมง

2.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน จำนวน 18 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสหกรรม จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2.2 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือวิจัย มีดังต่อไปนี้

2.3.1 ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และเทคนิคการสอน จากหนังสือแอคทีฟฟิสิกส์ของสถาบันคีนันแห่งเอเชีย และข้อมูลจากเอกสาร ตำราวิชาการ บทความ และงานวิจัยต่างๆ การวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมมาเป็นกรอบในการจัดทำแผนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษาพุทธศักราช 2562

3) ศึกษาเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานจากหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประกอบด้วย เนื้อหาจำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน

4) สร้างกรอบแนวคิดของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ7E เป็นฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

5) สรุปแนวคิดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ7E เป็นฐาน ในแต่ละหัวข้อย่อย ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3.2

6) กำหนดกิจกรรม กระบวนการเรียนการสอน วิธีสอนและรูปแบบการสอน สื่อการสอน เวลาที่ใช้ในการสอน รวมทั้งวิธีการวัดผลและประเมินผล โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

7) จัดทำแผนการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น ประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ขั้นตอนวิธีการสอน และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล เวลาที่ใช้การสอน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอครูที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจพิจารณาในด้านความตรงของเนื้อหา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รูปการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E เป็นฐาน การใช้สำนวนภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ตรวจสอบอีกครั้ง แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปใช้สอนจริง

ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

แผนที่	**สถานการณ์การนำเข้าสู่บทเรียน**	**Science**	**Technology**	**Engineering**	**Mathematics**	**คุณลักษณะที่พึงประสงค์**	**ชิ้นงาน/ภาระงาน**	**การประเมิน**	**เวลาที่ใช้**
1 สมดุลของวัตถุ	ให้นักเรียนมองภาพจากสื่อ วิดีโอจาก https://www.youtube.com ใช้คานงัดยกวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง นักเรียนเห็นอะไรจากภาพช่วยการบันทึกสิ่งที่เห็นลงในสมุด	- สมดุลของวัตถุ หมายถึง การคงสภาพของวัตถุ ซึ่งก็คือวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่ - สภาพสมดุลสถิต คือ สภาพสมดุลของวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่นิ่ง เช่น สะพาน เขื่อน - สภาพสมดุลจลน์คือ สภาพสมดุลของวัตถุที่เครื่องที่ด้วยความเร็วคงตัว - สมดุลต่อการเลื่อนที่ คือ วัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว โดยไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน	- สืบค้นข้อมูลสำหรับการประดิษฐ์ สร้างรถเครนจอมพลังเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ - นำเสนอชิ้นงาน	- ออกแบบและสร้างรถเครนจากวัสดุที่กำหนดให้	- คำนวณหารูปทรงของรถเครนมีผลต่อการรับน้ำหนัก - คำนวณงบประมาณในการก่อสร้าง	- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์	- หลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบ - ใบกิจกรรมการทดลองที่ 1	- แบบทดสอบหลังเรียน - แบบวัดเจตคติ - แบบประเมินผลการดำเนินงาน (แผ่นชาร์ตนำเสนอ) - แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	6

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์การนำเข้าสู่บทเรียน	Science	Technology	Engineering	Mathematics	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ชิ้นงาน/ภาระงาน	การประเมิน	เวลาที่ใช้
2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	ให้นักเรียนมองภาพการเกิดอุบัติเหตุจากสื่อ Power point แล้วถามนักเรียนว่านักเรียนเห็นอะไรจากภาพ ให้นักเรียนช่วยการบันทึกสิ่งที่เห็นลงในสมุด ช่วยกันตอบคำถามนักเรียนคิดว่าการชนท้ายจะเกิดขึ้นกรณีใดบ้าง ครูตั้งคำถามรถยนต์ที่ไปชนท้ายจะได้รับความ	- การเคลื่อนที่ คือ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอย่างต่อเนื่องกันของวัตถุตามเวลา - ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ได้แก่ ระยะทาง (s) การกระจัด (d) อัตราเร็ว (v) กฎข้อ 2 ของนิวตัน ถ้าวัตถุมีแรงลัพธ์มากระทำ วัตถุจะมีความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์นั้นความเร่งจะมากหากมวลน้อย	- สืบค้นข้อมูลสำหรับการประดิษฐ์รถบรรทุกมวล - เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับสร้างสิ่งประดิษฐ์	- ออกแบบและประดิษฐ์รถบรรทุกมวล - ออกแบบพนักพิงศีรษะ - ออกแบบทางลาดสำหรับรถวิ่ง	- คำนวณหาแรงที่กระทำต่อวัตถุขณะถูกชน - คำนวณอัตราเร็ว คำนวณงบประมาณที่ใช้ในการสร้าง	- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์	- หลักฐานชิ้นงานจากการสำรวจตรวจสอบ - ใบกิจกรรมการทดลองที่ 2 - ใบงานที่ 3, 4	- แบบทดสอบหลังเรียน - แบบวัดเจตคติ - แบบประเมินผลการดำเนินงาน (แผ่นชาร์ตนำเสนอ) - แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	6

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์การนำเข้าสู่บทเรียน	Science	Technology	Engineering	Mathematics	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ชิ้นงาน/ภาระงาน	การประเมิน	เวลาที่ใช้
	รุนแรงจากการชน มากกว่าหรือน้อยกว่ารถยนต์ที่ถูกชน คุณจะป้องกันตัวเองได้อย่างไรจากการบาดเจ็บที่รุนแรงเมื่อเกิดการชนท้าย และมีผู้อื่นมาชนท้าย								
3 งานและพลังงาน	ครูให้นักเรียนมองภาพการเกิดอุบัติเหตุ จากสื่อ Power point เมื่อเกิดอุบัติเหตุ ที่จะทำให้กะโหลกศีรษะมากระทบของแข็ง โดยที่กะโหลกศีรษะ	งาน เป็นผลของการออกแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเกิดการกระจัด เนื่องจากแรงค่าของงานเท่ากับผลคูณของแรงกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรง $w = fs\cos\theta$	- สืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตเกี่ยวกับความปลอดภัยของถุงลมนิรภัย - เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการทดลอง	- ออกแบบสร้างพื้นผิวตามความหนา - ออกแบบแผ่นรองการตกลงมากระแทก	- การคำนวณหาอัตราเร็ว - การคำนวณงานและพลังงาน - การวัดระยะยุบ	- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์	- หลักฐานชิ้นงานจากการสำรวจตรวจสอบ - ใบกิจกรรมการทดลองที่ 3 - ใบงานที่ 4, 5	- แบบทดสอบหลังเรียน - แบบวัดเจตคติ - แบบประเมินผลการดำเนินงาน (แผ่นชาร์ตนำเสนอ)	6

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์การนำเข้าสู่บทเรียน	Science	Technology	Engineering	Mathematics	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ชิ้นงาน/ภาระงาน	การประเมิน	เวลาที่ใช้
	ไม่แตก ครูตั้งคำถามเราจะมีวิธีการปกป้องอันตรายที่เกิดจากอุบัติเหตุอย่างไร อุปกรณ์ใดบ้างที่ช่วยปกป้องเราระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ เราจะปกป้องตนเองอย่างไรหากเกิดอุบัติเหตุขึ้น	พลังงาน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือพลังงานศักย์และพลังงานจลน์	- การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมไม่เป็นอันตรายแก่ผู้เล่น					- แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	

ในรายงานฉบับนี้ขอนำเสนอตัวอย่างการสรุปแนวคิดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลวัตถุ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นตัวอย่าง จำนวน 1 ตัวอย่างดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแนวคิดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลวัตถุ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม /คำสำคัญ	เป้าหมายของการสอนหรือแนวคิดที่เด็กจะได้	ชิ้นงานหรือการประเมิน
ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหา	- สร้างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสมดุลวัตถุ กิจกรรมรถเครนจอมพลัง โดยวางเงื่อนไขและมีข้อจำกัด - ตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า 1) หากนักเรียนเป็นวิศวกรจะออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไรเพื่อให้สามารถยกวัตถุขึ้น-ลงในแนวดิ่งได้โดยล้อของรถเครนจะต้องไม่ยกขึ้นจากพื้น 2) รถเครนควรมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง 3) ปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดคืออะไร	- นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้ - นักเรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลายแนวทาง	-

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม /คำสำคัญ	เป้าหมายของการสอนหรือแนวคิดที่เด็กจะได้	ชิ้นงานหรือการประเมิน
ขั้นที่ 2 **ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา**	- ตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า 1) มีหลักการอะไรบ้างที่ใช้ในการประดิษฐ์รถเครนจอมพลังโดยล้อของรถเครนจะต้องไม่ยกขึ้นจากพื้นและส่วนประกอบของรถเครนไม่หักพังลงมา 2) นักเรียนเลือกหลักการใด เพราะอะไร 3) นักเรียนจะประยุกต์หลักการเข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนได้อย่างไร	- นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์รถเครนจอมพลัง - นักเรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลายแนวทาง	-
ขั้นที่ 3 **ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา**	- แบ่งกลุ่มนักเรียน - นักเรียนออกแบบร่างรถเครนจอมพลังในกระดาษ A4 - นักเรียนประดิษฐ์รถเครนจอมพลังตามแบบร่างที่ทำไว้	- นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาใช้ออกแบบในการประดิษฐ์รถเครนจอมพลัง - นักเรียนสามารถประดิษฐ์รถเครนจอมพลังตามแบบร่าง	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม /คำสำคัญ	เป้าหมายของการสอนหรือ แนวคิดที่เด็กจะได้	ชิ้นงานหรือ การประเมิน
ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งขันทดสอบการยกน้ำหนักโดยของรถเครนจอมพลังที่ประดิษฐ์ขึ้น - นักเรียนวิพากษ์ผลงานของกันและกัน - ครูหรือผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงรถเครนจอมพลัง - นักเรียนปรับปรุงเครนจอมพลังตามแนวทางที่เพื่อนและครูหรือผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ	- นักเรียนสามารถประเมินคุณภาพการยกน้ำหนักของรถเครนจอมพลังของตนเองได้ว่าใช้งานได้หรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น - นักเรียนสามารถเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขรถเครนจอมพลัง ของตนเองและของเพื่อน ๆ ได้ - นักเรียนสามารถปรับปรุงรถเครนจอมพลัง ตามแนวทางที่เพื่อนและครูหรือผู้เชี่ยวชาญนำเสนอได้	- รถเครนจอมพลัง - รถเครนจอมพลังที่ปรับปรุงขึ้นใหม่
ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- นักเรียนนำเสนอรถเครนจอมพลังที่ปรับปรุงขึ้นใหม่	- นักเรียนสามารถนำเสนอรถเครนจอมพลังที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ได้	- รถเครนจอมพลังที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

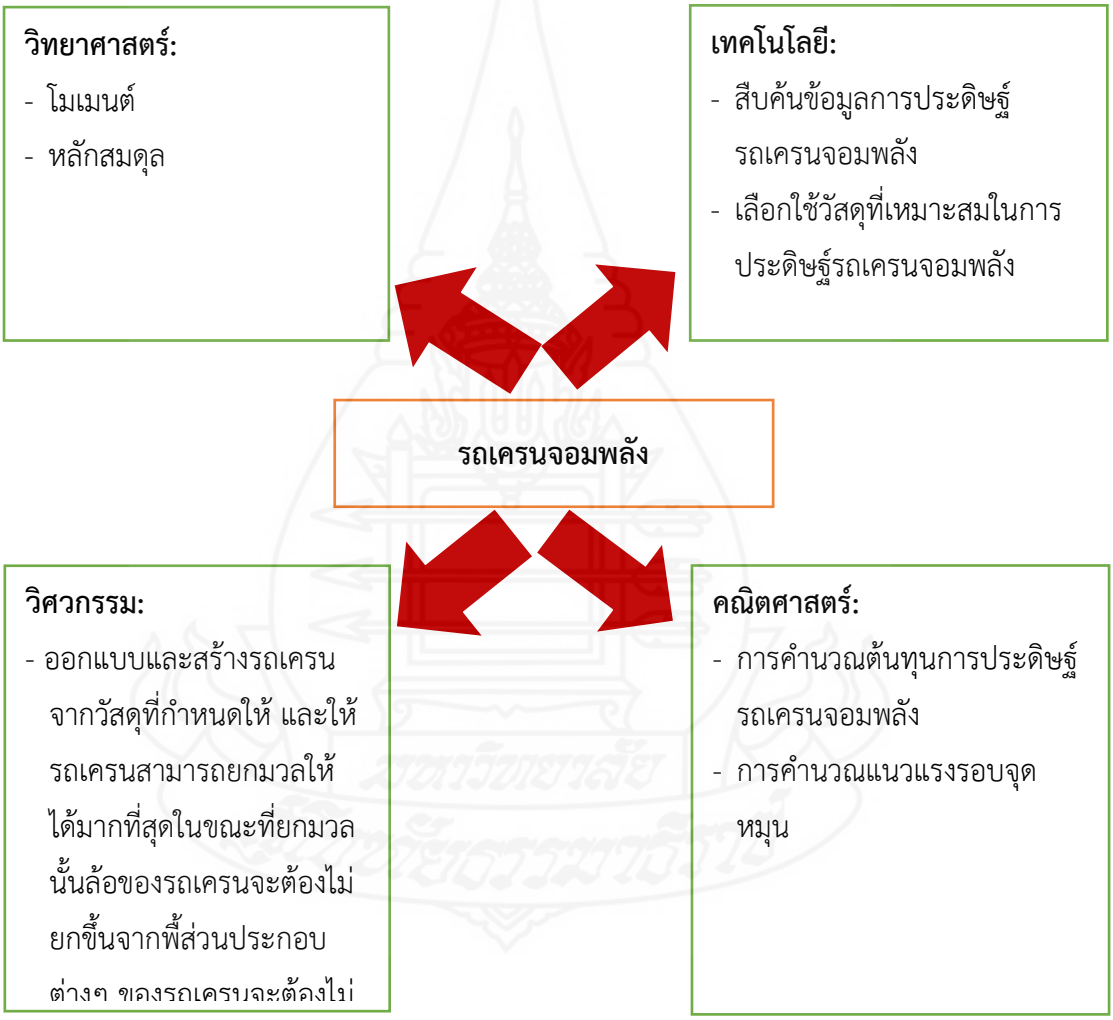
ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรม /คำสำคัญ	เป้าหมายของการสอนหรือ แนวคิดที่เด็กจะได้	ชิ้นงานหรือ การประเมิน
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง	นักเรียนสามารถนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้	- รถเครนจอมพลังที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

9) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละเนื้อหา

10) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน 7E เป็นฐาน จำนวน 3 แผน รวมจำนวน 18 ชั่วโมง ได้แก่ แผนที่ 1 เรื่องสมดุลวัตถุ จำนวน 6 ชั่วโมง แผนที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แนวในแนวเส้นตรง จำนวน 6 ชั่วโมง และแผนที่ 3 เรื่องงานพลังงาน จำนวน 6 ชั่วโมง ในแต่ละแผนประกอบด้วย

(1) แผนผังบูรณาการการจัดการเรียนรู้ อย่างเช่น หน่วยที่ 3 สมดุลของวัตถุ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแผนผังการบูรณาการ เรื่อง สมดุลวัตถุ
ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

(2) หัวเรื่อง

(3) แนวคิด/มโนมติ (concept)

(4) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง/จุดประสงค์การเรียนรู้

(5) การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา: STEM

(6) กระบวนการจัดการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนและรูปแบบของกิจกรรมดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูทำหน้าที่ในการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ครูจะทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียน ครูจะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเรื่องราวที่น่าสนใจ ซึ่งครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียนจากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต ยูทูป ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนด้วยกัน ซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียนให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยและปัญหาด้านต่างๆ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือความคิดรวบยอดด้วยคำพูดของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่างให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์เดิมของนเองเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด

5. ขั้นขยายความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้มาให้นักเรียนได้อ้างอิงข้อมูลพร้อมแสดงหลักฐานที่มีอยู่พร้อม ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้างและได้แนวคิดอะไร

6. ขั้นประเมินผล ครูสังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนโดยการหาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดเปลี่ยนพฤติกรรม ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ ครูถามคำถามแบบปลายเปิด ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (การบูรณาการตามแบบสะเต็ม) โดยในขั้นตอนนี้เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบสะเต็ม มีขั้นตอนและรูปแบบของกิจกรรมดังนี้

ก) ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหา ครูสร้างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาโดยวางเงื่อนไขและมีข้อจำกัด

ข) ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียน และให้นักเรียนแบ่งกลุ่มดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่ครูออกแบบขึ้น

ค) ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนออกแบบชิ้นงานที่จะสร้างขึ้นเพื่อใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ และดำเนินการประดิษฐ์ชิ้นงานตามแบบร่าง

ง) ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งขันทดสอบการใช้งานและประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น นักเรียนวิพากษ์ผลงานของกันและกัน โดยครูหรือผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานตามแนวทางที่เพื่อนและครูหรือผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ

จ) ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานนักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

ฉ) ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ครูให้นักเรียนอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนเพื่อประเมินผลการดำเนินงานในประเด็นการบูรณาการความรู้สะเต็ม (STEM) และทดสอบหลังเรียน

(7) สื่อ/แหล่งเรียนรู้

(8) การวัดและประเมินผล

(9) กิจกรรมเสนอแนะ

(10) บันทึกหลังการสอน

11) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รูปแบบการสอน และนำมาปรับปรุง แก้ไขจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องและถูกต้อง

12) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน (รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตามภาคผนวก ก) ตรวจสอบลักษณะกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ สำนวนภาษา ความสอดคล้องระหว่างรูปแบบของกิจกรรมกับวิธีการสอนแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้ง 3 แผน

2.3.2 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน แต่มีข้อแตกต่างคือ ในขั้นที่นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกตินั้นมีรูปแบบกิจกรรมคือ ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ โดยให้นักเรียนได้ศึกษาในแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ที่สนใจนอกชั้นเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนชัดเจนมากกว่าในชั้นเรียน โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระหว่างการสืบเสาะความรู้ และตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน มีกิจกรรมการเรียนการสอนแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้และตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	**แบบสืบเสาะความรู้**	**แบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน**
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (elicitationphase)	-	ครูถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม อธิบายความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวกับความรู้ใหม่ ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ตนเองรู้แล้วเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน
2. ขั้นเร้าความสนใจ (engagement phase)	ครูสร้างความอยากรู้อยากเห็น โดยครูจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/เหตุการณ์ อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ ที่น่าสงสัย แปลกใจ และตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด	ครูสร้างความอยากรู้อยากเห็น โดยครูจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/เหตุการณ์ อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ ที่น่าสงสัย แปลกใจ และตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	ครูให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ เช่น การใช้กิจกรรมการสาธิตของครูให้นักเรียนสังเกต หรือการทดลองเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบสิ่งที่สงสัยจากการการทดลองว่าเกิดจากอะไร ผลที่ได้เป็นอย่างไร และร่วมกันสรุปผลจากการทดลอง	ครูให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ เช่น การใช้กิจกรรมการสาธิตของครูให้นักเรียนสังเกต หรือการทดลองเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบสิ่งที่สงสัยจากการการทดลองว่าเกิดจากอะไร ผลที่ได้เป็นอย่างไร และร่วมกันสรุปผลจากการทดลอง

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะความรู้	แบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
4. ขั้นอธิบาย (explanation phase)	ครูส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง	ครูส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง โดยให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง
5. ขั้นขยายความรู้ (elaboration phase)	ครูช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมโดยสามารถลงรายละเอียดในแนวคิดนั้นๆ หรือขยายแนวคิดออกไปเพื่อให้เห็นภาพรวมของสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องก็ได้ หรือจะขยายในเชิงกว้างโดยจะไม่ใช้วิธีบรรยายหรือให้ข้อมูลโดยครู	ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้มา ให้นักเรียนได้อ้างอิงข้อมูลพร้อมแสดงหลักฐานที่มีอยู่พร้อม ครูถามนักเรียนว่า นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้าง และได้แนวคิดอะไร
6. ขั้นประเมินผล (evaluation phase)	ครูประเมินในทุก ๆ ขั้นตอนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ของบทเรียนหรือไม่	ครูสังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนโดยการหาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดเปลี่ยนพฤติกรรม ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ ครูถามคำถามแบบปลายเปิด ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (extention phase)	-	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนและรูปแบบของกิจกรรมดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แบบสืบเสาะความรู้	แบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
		ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาครูให้นักเรียนอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนเพื่อประเมินผลการดำเนินงานในประเด็นการบูรณาการความรู้แบบสะเต็ม และทดสอบหลังเรียน

2.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

การตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล การเขียนข้อสอบ และการสร้าง ข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

2) ศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562 เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยพิจารณาจากสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม โดยครอบคลุมการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.4 ผังการสร้างแบบทดสอบตามแนวคิดของบลูม

ตารางที่ 3.4 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20000-1302 เรื่อง สมดุลของวัตถุ ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง

เนื้อหา	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**ระดับความสามารถด้านการคิด**						**จำนวนข้อ**	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
3.1 ความหมายของสมดุล 3.2 สภาวะสมดุลของวัตถุ 3.2.1 สมดุลสถิต 3.2.2 สมดุลจลน์	1. บอกความหมายของสมดุลได้ 2. อธิบายสภาวะสมดุลของวัตถุได้ถูกต้อง	1	1	-	-	-	-	2	
3.3 ลักษณะของสมดุล	3. ระบุประเภทของการสมดุลแบบต่าง ๆ	1	1		-	-	-	2	
3.3.1 สมดุลต่อการเลื่อนที่ 3.3.2 สมดุลต่อการหมุน 3.3.3 สมดุลสัมบูรณ์ของวัตถุ	4. ระบุเงื่อนไขของการสมดุลแต่ละประเภท	1	1	-		-	-	2	
3.4 การนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้	5. คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมดุลได้	-	1	-	-	-	-	1	
	6. คำนวณโมเมนต์ของแรงจากโจทย์ที่กำหนด	-	1	1				2	

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
	7. อธิบายลักษณะสมดุลและหาขนาดทิศทางของโมเมนต์ของแรงชนิดต่างๆ ได้	1	-					2	
	8. คำนวณค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลของวัตถุได้ถูกต้อง	-	1	1	-	-	-	2	
	9. อธิบายการนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง		1	1	-	-	-	1	
รวม		**4**	**7**	**3**				14	

หมายเหตุ ระดับความสามารถในการคิด 1 = ความจำ 2 = ความเข้าใจ 3 = การประยุกต์ใช้ 4 = วิเคราะห์ 5 = การประเมิน 6 = การสร้างสรรค์

ตารางที่ 3.5 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
5.1 ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	1. อธิบายความหมายของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	1	1	-	-	-	-	2	-
	2. ระบุความแตกต่างระหว่างการกระจัดกับระยะทางในการเคลื่อนที่		1	-	1	-	-	2	
5.2 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว	3. คำนวณค่าอัตราเร็ว ความเร็วเฉลี่ย และความเร่งของการเคลื่อนที่	-	-	3	-	-	-	3	-
5.3 สมการการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว	4. ใช้สมการการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ	-	-	2	-	-	-	2	-
	5. ใช้สมการการตกแบบเสรี คำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ ของวัตถุที่เคลื่อนที่			2				2	-

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
5.4 การเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก	6. อธิบายการนำหลักการเคลื่อนในแนวเส้นตรงไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง	-	2	-	-	-	-	2	-
รวม		**1**	**4**	**7**	**1**	**-**	-	13	-

หมายเหตุ ระดับความสามารถในการคิด 1 = ความจำ 2 = ความเข้าใจ 3 = การประยุกต์ใช้ 4 = วิเคราะห์ 5 = การประเมิน 6 = การสร้างสรรค์

ตารางที่ 3.6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ รายวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20000-1302 เรื่องงานและพลังงาน ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
1.1 งาน เป็นผลของของการออกแรงกระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุเกิดการกระจัดเนื่องจากแรง ค่าของงานเท่ากับผลคูณของแรงกับ	1. อธิบายความหมายของงานในทางฟิสิกส์	2	2	-	-	-	-	4	-

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรง เขียนเป็นสูตรได้ว่า $w = fs\cos\theta$									
1.2. พลังงาน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ พลังงานศักย์และพลังงานจลน์	2. ระบุสาเหตุของการใช้แรงที่ส่งผลให้งานเป็นศูนย์หรือติดลบ	1	1	-	-	-	-	2	-
1.1.1 พลังงานศักย์ คือ เป็นพลังงานของวัตถุในขณะที่วัตถุอยู่นิ่ง ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของแรง 1.1.2 พลังงานศักย์โน้มถ่วง เป็นพลังงานของวัตถุที่อยู่ในสนามความโน้มถ่วง ขึ้นอยู่กับความสูงของวัตถุจากพื้นโลก 1.1.3 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น เช่น พลังงานศักย์ของลวดสปริง ขึ้นอยู่กับ	3. คำนวณ งาน เนื่องจากแรงเสียดทาน และงานลัพธ์ 4. คำนวณ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น และพลังงานจลน์ของวัตถุ	- -	2 2	- -	- -	- -	- -	2 2	-

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับความสามารถด้านการคิด						จำนวนข้อ	
		ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	เลือกตอบ	อัตนัย
ระยะยืด หรือระยะอัดสปริง									
2. พลังงานจลน์ พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เรียกว่าพลังงาน Ek = 1/2 mv2	5. คำนวณ พลังงานกลของวัตถุ	-	-	2	-	-	-	2	-
3. พลังงานและงาน : ทำไมต้องมีถุงลมนิรภัย		-	-	-	1	-	-	1	-
รวม		**3**	**7**	**2**	**1**	**-**	**-**	**13**	**-**

หมายเหตุ ระดับความสามารถในการคิด 1 = ความจำ 2 = ความเข้าใจ 3 = การประยุกต์ใช้ 4 = วิเคราะห์ 5 = การประเมิน 6 = การสร้างสรรค์

3) สร้างตารางเฉพาะ (teble of specification) หรือผังการสร้างแบบทดสอบ (test blueprint) โดยผู้วิจัยกำหนดผังการสร้างข้อสอบมีลักษณะเป็นตาราง 2 ทาง คือ จุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมที่วัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000--1302) หน่วยการเรียนรู้ที่ เรื่อง สมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน โดยพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียน ตามแนวคิดของบลูมและคณะที่ปรับปรุงใหม่ใน ปี 1990 โดยแอนเดอร์สันและแครทโวฮ์ล แบ่งออกเป็น ความจำ ความเข้าใจ ประยุกต์ใช้วิเคราะห์ ประเมินค่า คิดสร้างสรรค์

4) กำหนดลักษณะของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจำนวนข้อคำถาม โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยผู้ศึกษาสร้างแบบทดสอบทั้งหมดจำนวน 40 ข้อ ต้องการใช้จริง 20 ข้อ ซึ่งผู้ศึกษาได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนที่วัดตามจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมโดยการพัฒนาขึ้นเองและดัดแปลงจากแบบทดสอบที่มีผู้อื่นสร้างไว้ ซึ่งตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมที่กำหนดไว้

5) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา และเลือกข้อสอบ 20 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งในแต่ละข้อจะมีข้อถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว และสำหรับเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อจะให้คะแนนโดยหากนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องจะได้รับ 1 คะแนน และหากนักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้องจะได้รับ 0 คะแนน ดังนั้น คะแนนเต็มที่สามารถเป็นได้คือ 20 คะแนน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1. วัตถุวางนิ่งบนพื้นราบ ข้อใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)
   ก. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต
   ข. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลจลน์
   ค. วัตถุอยู่ในสภาพไม่สมดุล
   ง. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน
2. ปริมาณใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวข้องเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (ความจำ)
   ก. ระยะทาง
   ข. อัตราเร็ว
   ค. อัตราเร่ง
   ง. การกระจัด

2.3.4 วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ท่าน เพื่อพิจารณาข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นรายข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินแต่ละข้อคำถามว่าวัดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่า ข้อนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

2) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยคำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2554, น. 80)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดยเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.66-1.00 แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (เอกสารอ้างอิงภาคผนวก ง)

3) ปรับแก้ข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จนกว่าข้อคำถามทุกข้อสอดคล้องกับผังการสร้างแบบทดสอบ

4) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try out) กับผู้เรียนจำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะเหมือนกลุ่มตัวอย่างที่ผู้ศึกษาต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จำนวน 30 คน ซึ่งผ่านการเรียนเนื้อหาในเรื่องดังกล่าว มาแล้ว

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรวจให้คะแนน ซึ่งผู้ที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน และผู้ที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน

6) นำคะแนนมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยการพิจารณาความยาก (difficulty) และอำนาจจำแนก (discriminant) โดยนำคะแนนของผู้สอบมาจัดเรียงตามลำดับจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มคะแนนสูง และกลุ่มคะแนนต่ำด้วยเทคนิค 50 % ซึ่งการหาค่าความยากของข้อสอบสามารถหาได้จากสูตร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 12-16)

$$P = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

สำหรับค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อสามารถหาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 12-16)

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{H} - \mathrm{L}}{\mathrm{N_H}}$$

โดยเลือกข้อคำถามที่มีค่าความยากเท่ากับ 0.50-0.70 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20- 0.80 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่ใช้ได้ (เอกสารอ้างอิงภาคผนวก ง)

7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดไว้จำนวน 20 ข้อตรวจสอบความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 ซึ่งข้อใดที่ผู้เรียนตอบผิดให้ 0 คะแนน ส่วนข้อใดที่ผู้เรียนตอบถูกให้ 1 คะแนน ซึ่งสามารถหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, 2550, น. 212)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

โดยได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 0.86 (เอกสารอ้างอิงตารางภาคผนวกที่ 2)

8) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เพื่อเตรียมนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.1.5 การสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบประเมินที่ประกอบด้วยประโยคบอกเล่าที่เกี่ยวกับความคิด และถามความรู้สึกที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม หลังจากได้รับการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติ ซึ่งได้แนวคิดและหลักการเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยผู้ศึกษาแบ่งระดับเจตคติตามแนวคิดของลิเคิร์ท โดยให้มีข้อความที่แสดงคุณค่าทั้งทางด้านบวกและด้านลบ กำหนดระดับ (Scale) ของการตอบสนองในแต่ละข้อความที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ซึ่งวัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านละ 5 ข้อ จำนวน 20 ข้อ ลักษณะของแบบวัด เป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของ Likert คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง (strongly agree)
2. เห็นด้วย (agree)
3. ไม่แน่ใจ (uncertain)
4. ไม่เห็นด้วย (dis agree)
5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2) สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมทั้งหมดจำนวน 40 ข้อ ต้องการใช้จริง 20 ข้อ

(1) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน พิจารณาความครอบคลุมของคำถามพร้อมข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่า แบบสอบถามนั้นวัดได้เหมาะสมตามเนื้อหา
ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่า แบบสอบถามนั้นวัดได้เหมาะสมตามเนื้อหา
ให้คะแนน - 1 ถ้าแน่ใจว่า แบบสอบถามนั้นวัดได้ไม่เหมาะสมตามเนื้อหา

(2) วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$ แล้วเลือกข้อคำถามของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66-1.00 เป็นข้อคำถามที่ใช้ได้ (เอกสารอ้างอิงภาคผนวกที่ 8)

(3) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียน 2 ปีการศึกษา 2562 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี ได้แก่ แผนกวิชาช่างยนต์ รวมทั้งหมดจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน โดยใช้สูตรดังนี้

$$\mathrm{r} = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 (\sum Y)^2]}}$$

แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.32-0.87 จำนวน 20 ข้อ

(4) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ มาวิเคราะห์หาความเที่ยงทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ตามวิธีของ Cronbarch โดยใช้สูตร (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552, น. 158) ดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum {s_i}^2}{S^2}\right]$$

โดยได้ค่าความเที่ยงของแบบวัดเจตคติทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 (เอกสารอ้างอิงตารางภาคภาคผนวกที่ 9)

(5) จัดพิมพ์แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เพื่อเตรียมนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตัวอย่างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เลือกไว้ 20 ข้อ ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบที่มีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้ออกแบบขึ้นเพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม โปรดอ่านข้อความด้วยความรอบคอบและใส่เครื่องหมาย / ในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของ ท่านต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย 3 = ไม่แน่ใจ 2 = ไม่เห็นด้วย

1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตัวอย่าง :

ความคิดเห็นของนักเรียน	**เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5**	**เห็นด้วย 4**	**ไม่แน่ใจ 3**	**ไม่เห็นด้วย 2**	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1**
วิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมเป็นวิชาที่น่าสนใจ		/			
ฉันมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	/				

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ทดสอบก่อนเรียน กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

3.2 ดำเนินการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยตนเองทั้ง 2 กลุ่ม ดังนี้

3.3.1 กลุ่มทดลอง ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องสมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง งานและพลังงาน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รวมทั้งสิ้น 3 หน่วยการเรียนรู้ใช้เวลาสอนหน่วยละ 6 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

3.3.2 กลุ่มควบคุม ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องสมดุลวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง งานและพลังงาน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รวมทั้งสิ้น 3 หน่วยการเรียนรู้ใช้เวลาสอนหน่วยละ 6 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

3.4 ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

3.5 ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้สถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยและใช้สถิติในการหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี หลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้ทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent (ล้วน สายยศ, 2537, น. 297)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)\,S_1^2 + (n_2-1)\,S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left\{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right\}}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

t คือ ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบที (t-test) แบบ Independent

เมื่อ $\bar{X}_1$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

n_1 คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

n_2 คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม

S_1^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง

S_2^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มควบคุม

โดย s_1^2 และ s_2^2 หาได้จากสูตรต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ, 2537, น. 273)

$$s_1^2 = \frac{n_1 \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}{n_1(n_1-1)}$$

$$s_2^2 = \frac{n_2 \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}{n_2(n_2-1)}$$

เมื่อ $\sum x_1$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่มทดลอง

$\sum x_1^2$ คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัวของกลุ่มทดลอง

$(\sum x_1)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสองของกลุ่มทดลอง

$\sum x_2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่มควบคุม

$\sum x_2^2$ คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัวของกลุ่มควบคุม

$(\sum x_2)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสองของกลุ่มควบคุม

4.2 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี หลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้ทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent (ล้วน สายยศ, 2537, น. 297)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)\,s_1^2 + (n_2-1)\,s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left\{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right\}}}$$

$df = n_1 + n_2 - 2$

เมื่อ $\bar{X}_1$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$ คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

n_1 คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง

n_2 คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม

s_1^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง

s_2^2 คือ ความแปรปรวนของกลุ่มควบคุม

โดย s_1^2 และ s_2^2 หาได้จากสูตรต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ, 2537, น. 273)

$$s_1^2 = \frac{n_1 \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}{n_1(n_1-1)}$$

$$s_2^2 = \frac{n_2 \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}{n_2(n_2-1)}$$

เมื่อ $\sum x_1$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่มทดลอง

$\sum x_1^2$ คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัวของกลุ่มทดลอง

$(\sum x_1)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสองของกลุ่มทดลอง

$\sum x_2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่มควบคุม

$\sum x_2^2$ คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัวของกลุ่มควบคุม

$(\sum x_2)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสองของกลุ่มควบคุม

4.3 ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่

4.3.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (mean) ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2537, น. 269-270)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n คือ จำนวนตัวอย่าง

4.3.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2537, น. 273)

$$s = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ s คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ คือ ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัว

$(\sum x)^2$ คือ กำลังสองของผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัว

n คือ จำนวนตัวอย่าง

4.4 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

4.4.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 123)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ คือ ผลรวมการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.4.2 หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

1) ค่าความยากของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 12-16)

$$P = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

2) ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 12-16)

$$R = \frac{H - L}{N_H}$$

หรือ

$$R = \frac{H - L}{N_L}$$

เมื่อ H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

3) ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติ ใช้สูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2555, น. 61)

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{\sum_H - \sum_L}{N\,(Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ $\sum_H$ คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มสูง 25%

$\sum_L$ คือ ผลรวมของคะแนนของกลุ่มต่ำ 25%

N คือ 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

4.4.3 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

1) ค่าความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรตามวิธีของคูเดอร์-ริชาดร์ดสันที่ 20 ดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2555, น. 74)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} คือ ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามถูก

q คือ สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามผิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1- P

k คือ จำนวนข้อคำถาม

2) ค่าความเที่ยง ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ใช้สูตรตามวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2554, น. 72)

$$\alpha \text{ หรือ } r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ α หรือ r_{tt} คือ ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k คือ จำนวนคำถาม

s_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามที่ i

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่ $S^2 = \frac{N\sum X^2-(\sum X)^2}{N(N-1)}$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้สอบ

X คือ คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จากการทดสอบก่อนเรียนเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	*M*	*SD*	t
กลุ่มทดลอง	30	6.87	1.72	0.216
กลุ่มควบคุม	30	6.77	1.87	

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มของผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.77 คะแนน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87คะแนน เมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความแตกต่างกันเท่ากับ 0.10 คะแนน ดังนั้นจากการทดสอบสถิติ t พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากการทดสอบหลังเรียนเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	*M*	*SD*	t
กลุ่มทดลอง	30	15.67	1.73	13.958 *
กลุ่มควบคุม	30	10.40	1.13	

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มของผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.40 คะแนน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.67คะแนน เมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความแตกต่างกันเท่ากับ 5.27 คะแนน ดังนั้นจากการทดสอบสถิติ t พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ระหว่างเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จากการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างเรียนตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	**n**	***M***	***SD***	**t**
กลุ่มทดลอง	30	3.41	0.29	0.158
กลุ่มควบคุม	30	3.40	0.58	

จากตารางที่ 4.3 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มของผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 คะแนน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความแตกต่างกันเท่ากับ 0.02 คะแนน ดังนั้นจากการทดสอบสถิติ t พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

จากการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยมีสมมติฐานว่า เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบ 7E เป็นฐาน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	*M*	*SD*	t
กลุ่มทดลอง	30	4.54	0.26	13.206*
กลุ่มควบคุม	30	3.50	0.34	

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.4 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มของผู้เรียนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 คะแนน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความแตกต่างกันเท่ากับ 1.04 คะแนน ดังนั้นจากการทดสอบสถิติ t พบว่า ค่าเฉลี่ยของผู้เรียนกลุ่มทดลองสูงกว่า กลุ่มควบุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ได้นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 4 ห้องเรียนๆ ละ 30 คน รวมทั้งสิ้น 120 คน เป็นนักเรียนสาขางานช่างยนต์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

2) กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ได้แก่ สาขางานยานยนต์ จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 30 คน รวมทั้งสิ้น 60 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) และจับสลากเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

(1) กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

(2) กลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.2.2 เครื่องมือการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

(1) แผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน จำนวน 18 ชั่วโมง

(2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (7E) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ประกอบด้วยแผนจัดการเรียนรู้จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน จำนวน 18 ชั่วโมง รายละเอียดของแผนจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย หัวเรื่อง แนวคิด/มโนมติ (concept) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง/จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล กิจกรรมเสนอแนะ และบันทึกหลังการสอน

2) เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ครอบคลุมคุณลักษณะ 4 ด้านตามแนวคิดของบลูมโดยครอบคลุมการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.4 ผังการสร้างแบบทดสอบตามแนวคิดของบลูม ได้แก่ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าเท่ากับ 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.85 และค่าความเที่ยง 0.86 (เอกสารอ้างอิงตารางภาคผนวกที่ 2)

(2) แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ครอบคลุมองค์ประกอบ 4 ด้าน ซึ่งวัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านละ 5 ข้อ จำนวน 20 ข้อ ลักษณะของแบบวัด เป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดของ Likert คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าเท่ากับ 1.00 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.40-0.51 และค่าความเที่ยง 0.81 (เอกสารอ้างอิงตารางภาคผนวกที่ 9)

1.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง

1) ทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

2) ทดสอบวัดเจตคติการทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

3) ดำเนินการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนด้วยตนเองทั้ง 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) กลุ่มทดลอง ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

(2) กลุ่มควบคุม ทำการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลของวัตถุการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง งานและพลังงาน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

4) ทดสอบหลังการทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

5) วัดเจตคติกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วนำผลมาตรวจให้คะแนน

1.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent

2) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Independent

1.3 ผลการวิจัย

1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 หลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยได้แยกอภิปรายผลในประเด็นที่สำคัญดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เกิดจากประเด็นด้านต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ด้านรูปแบบการสอน การจัดการเรียนการสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนก่อน เพื่อให้ขอบเขตของการจัดการเรียนการสอนมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ครูมีการทบทวนบทเรียนก่อนหน้าบทเรียนที่จะสอน ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์สู่การคิดและปฏิบัติ ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์และคิดเชิงวิพากษ์ ช่วยให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง และเข้าใจเนื้อหามากยิ่งข้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eisenkraft (Eisenkraft อ้างถึงใน ประภัสรา โคตะขุน, 2012, น.) 1) จากขั้นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรจะละเลยหรือละทิ้ง เนื่องจากการตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็กจะทำให้ครูได้ค้นพบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้น ความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและไม่เกิดแนวคิดที่ผิดพลาด และอาจเป็นเพราะรูปแบบกิจกรรมที่จัดเป็นการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุขกิจกรรมการเรียนรู้ STEM และอาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้รูปแบบ ดังกล่าวตั้งบนฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะและใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนได้มีการพัฒนาทักษะการคิด ด้านสติปัญญา อารมณ์ และการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มร่วมกันถามและช่วยกันแก้ปัญหา

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นกิจกรรมที่ท้าทายความรู้ความสามารถของนักเรียน และจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการคิดที่ตนเองสร้างขึ้น หรือได้ทดสอบสมมุติฐานที่ทดลองด้วยตนเองความรู้ที่ได้จึงเกิดจากความเข้าใจมากกกว่าการท่องจำ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่เข้าใจที่ได้ไปใช้แก้ไขปัญหาหรือวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้อย่างแม่นยำ จึงทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย จึงส่งผลให้นักเรียน มีความรู้ ความเข้าใจ นำไปใช้วิเคราะห์ สังเคราะห์ได้ จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการออกแบบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการ ความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และการเชื่อมโยงองค์ความรู้จาก บทเรียนในห้องเรียนเพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง (Higher-ordered thinking) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) (พลศักดิ แสงพรมศรี, 2558) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sahin (2015) พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทั้งนี้ยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น. 70) ได้ศึกษาการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อนักเรียน และนักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิณี เทียมดี และปิยวรรณ พันสี (2562) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีปีที่ 3 และ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการ เกิดปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในชีวิตประจำวัน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 สอดคล้องกับ บุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560) การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ อชิรวัตติ์ ตั้งสมบัติสันติ (2560) ผลการจัดการผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ . 05

2.1.2 ด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม จำนวน 3 เรื่อง สมดุลของวัตถุ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง และเรื่องงานพลังงาน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนจึงทำให้ง่ายต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และทำให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจได้มากขึ้น โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ

7E เป็นฐาน ที่ออกแบบขึ้นประกอบด้วย 3 กิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 รถเครนจอมพลัง กิจกรรมที่ 2 กิจกรรมรถบรรทุกจอมพลัง กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมรถแข่งนิรภัยไฮเทคพลังงานลม ผู้วิจัยฯ ขออภิปรายในส่วนของ กิจกรรมที่ 1 รถเครนจอมพลัง เพื่อเป็นตัวอย่าง 1 กิจกรรม ดังนี้ แนวคิดที่ผู้เรียนได้รับ ในกิจกรรมที่ 1 คือ เรื่องโมเมนต์ การสมดุลของวัตถุ มวล สมดุลสถิต โดยในกิจกรรมนี้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่า จะออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไรเพื่อให้สามารถยกวัตถุขึ้น-ลงในแนวดิ่ง จากวัสดุที่กำหนดให้ได้และให้รถเครนสามารถยกมวลให้ได้มากที่สุด ล้อของรถเครนจะต้องไม่ยกขึ้นจากพื้น และส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถเครนจะต้องไม่หักหรือพังลงมา และใช้งบประมาณในการก่อสร้างน้อยที่สุด เป็นการฝึกให้นักเรียนทำงานเป็นทีม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น รู้จักการสืบค้นข้อมูลใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และการใช้ทักษะการสื่อสารที่ถูกต้อง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะพยายามสร้างชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ชิ้นงานของตนสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้กลุ่มของตัวเองเป็นทีมที่ชนะในการยกน้ำหนักได้มากที่สุด โดยผู้เรียนจะคำนึงถึงการประดิษฐ์ชิ้นงานที่สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุดให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เลือกใช้วัสดุที่ผู้สอนกำหนดมาให้น้อยที่สุด โดยจะเลือกหาวัสดุที่หาได้ง่ายในวิทยาลัยฯ แม้จะมีวัสดุอุปกรณ์อย่างจำกัดผู้เรียนก็สามารถที่จะประดิษฐ์ชิ้นงานขึ้นมาได้ ซึ่งชิ้นงานที่ประดิษฐ์ขึ้นนั้นส่วนใหญ่สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไข แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถแก้ไขปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้นได้เป็นอย่างดี การจัดการเรียนการสอนด้านเนื้อหาที่ผู้วิจัยเลือกมาจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนบูรณาการเนื้อหาร่วมกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการแก้ปัญหาร่วมกับการใช้เทคโนโลยี ส่งเสริมทักษะสะเต็ม (STEM) ในขั้นตอนสุดท้ายของการสืบเสาะ 7E ขั้นการนำความรู้ไปใช้ ทำให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนดและประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันโดยผู้สอนทำการสอนสะเต็มศึกษาโดยใช้การศึกษาตามขั้นตอน 1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2. ขั้นเร้าความสนใจ 3. ขั้นสำรวจและค้นหา 4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 5. ขั้นขยายความคิด 6. ขั้นประเมินผล 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (สอดแทรกสะเต็มศึกษา) จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญญพัฒน์ โคตรบุตร (2560)

2.2 เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จากผลการวิจัยที่พบว่า เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนการสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมที่อำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนโดยจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่น่าตื่นเต้นน่าสนใจ ให้มีความสนุกสนาน และมีชีวิตชีวา ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาใน

สถานการณ์จริง ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นกิจกรรมที่ท้าทายความรู้ความสามารถของนักเรียน กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยครูได้กำหนดเงื่อนไขหรือสถานการณ์ขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาและสถานการณ์นั้นตามกำหนดเวลาและจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (จำรัส อินทลาภาพร, 2558, น. 64-65) ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากคิดอยากลงมือทำเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง นักเรียนสามารถเรียนรู้ตามความสนใจของตนเอง ย่อมทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสรินทร์ บือซา (2558) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก บ่งบอกว่านักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการการเรียนวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับ สะเต็ม STEM และยัง สอดคล้องบางส่วนกับ โดเวย์ (Dowey, 2013) ที่ได้ศึกษาเจตคติความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนในหลักสูตร STEM พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรสะเต็ม STEM มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและสอดคล้องกับ Tseng (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษา STEM มีเจตคติต่อวิศวกรรม เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามเพื่อให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมและมีเจตคติที่ดีต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างต่อเนื่องโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถของผู้เรียนให้ผู้เรียนได้ทักษะกระบวนการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอน ก็จะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ได้แก่ การบูรณาการเนื้อหา การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ โดยผู้สอนจะต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในกรณีที่กิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลาไม่มาก ถ้ากิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลามากอาจมอบหมายให้ทำนอกชั้นเรียนร่วมด้วย โดย

อาจอยู่ในรูปของการมอบหมายให้ออกแบบชิ้นงานกลุ่ม หรือในรูปของโครงงาน ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558, น. 7-8) ระบุไว้คือ 1) การบูรณาการเนื้อหา 2) การบูรณาการกระบวนการ 3) การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ และตามที่ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย

(2555, น. 50) กล่าวว่า STEM Education เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด และลักษณะดังนี้ (Dejarnette, 2012; Wayne, 2012; Breiner, 2012; ธวัช ชิตตระการ, 2555; รักษพล ธนานุวงศ์, 2556; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2555 อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50) 1) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) 2) เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น นอกจาก STEM Education จะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์แล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่าและสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้ ซึ่งสอดคล้องกับสุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น. 4) ที่กล่าวว่า โรงเรียนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในกรณีที่กิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลาไม่มาก ถ้ากิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลามากอาจมอบหมายให้ทำนอกชั้นเรียนร่วมด้วยก็ได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการมอบหมายให้ออกแบบชิ้นงานกลุ่มหรือในรูปของโครงงานก็ได้ โดยมีการกำหนดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงสู่การบูรณาการความรู้ของเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนตามความเหมาะสม เนื่องจากความรู้พื้นฐานของการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือเนื้อหาสาระตามหลักสูตรแกนกลาง ซึ่งครูควรจะยึดเนื้อหาสาระเป็นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถจัดให้มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติได้ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่ได้เข้าไปแทนที่หรือเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของหลักสูตร เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อฝึกประสบการณ์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมในเรื่องขั้นตอนในการจัดกิจกรรม การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้เพียงพอต่อความต้องการของนักเรียนสำหรับนำมาใช้ในกิจกรรมกาเรียนการสอนตามสถานการณ์และเงื่อนไขต่างๆ ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีข้อจำกัดเรื่องเวลา ดังนั้น ผู้สอนควรวางแผนและพยายามใช้เวลาให้เหมาะสม ควรออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา และบริบทของสถานศึกษาของตนเอง

3) ครูผู้สอนควรศึกษาแนวคิดสะเต็มศึกษาระดับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

3.1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหาร

1) ผู้บริหารควรนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการวิจัยไปใช้ไปในการปรับปรุงงานพัฒนางานบริหารจัดการในด้านการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนเป็นแนวทางในการดำเนินงานหรือกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการนำรูปแบบการสอนอื่นๆ มาบูรณาการร่วมกับรูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เช่น รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และรูปแบบการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน

3.2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มนักเรียนสาขางานยานยนต์ ระดับชั้น ปวช. ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรศึกษาในกลุ่มของนักเรียนสาขางานสาขางานอิเล็กทรอนิกส์ และสาขางานไฟฟ้ากำลังในดับชั้น ปวส. บ้าง ซึ่งมีพื้นฐานทางด้านกระบวนการทางด้านวิศวกรรมเป็นทุนเดิม

3.2.3 ควรมีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในเนื้อหาอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิศวกรรมโดยตรง เช่น สารชีวโมเลกุล หรือพันธะเคมี

3.2.4 ควรดำเนินการศึกษาโดยใช้รูปแบบการวิจัยอื่นๆ เช่น การวิจัยเชิงคุณภาพ แบบผสมผสาน เพื่อทำให้ได้ข้อมูลที่รอบด้านและเชิงลึก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม และคณะ. (2557). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334-339.

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). 5 *คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry)*. (เอกสารประกอบการสอน ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ PDF). สืบค้นจาก http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5 Essential features of inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462.

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2545*. กรุงเทพฯ: องคการรับสงสินค้าและและพัสดุภัณฑ (ร.ส.พ.).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องและพระราชบัญญัติการศึกษาบังคับ พ.ศ. 2545.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร. *นิตยสาร สสวท.*,42(190), 37-41.

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา. (ม.ป.ป.). *โครงการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา ในสถานศึกษา 2,250 โรงเรียน.* สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2016/07/STEM-Policy.pdf.คณะศิลปศาสตร์และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี.

จรียารัตน์ ใช้ช้าง. (2556). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ 7 ขั้น ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองยางพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารสาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 8*(1), 62-74.

จิราณี เมืองจันทร์. (2557). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสาน เรื่อง-คำสั่ง ควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ชนิดา ยอดสาลี และกาญจนา บุญส่ง. (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์ เขต 2. *วารสารสาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร,* 9(1), 1208-1223.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง.* กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ชาญชัย ลิมปิยาภร. (2558). การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ STEM ศึกษา. ใน *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ STEM ศึกษา.* จัดโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2520). *การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒประสานมิตร.

ซายูตี อับดุลราฮิม. (2557). *ผลการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในกลุ่มโรงเรียนไผ่ศรีทอง จังหวัดสิงห์บุรี.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ณัฐปภัสร์ เจือจันทร์. (2561). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.

ดารณี พุฒจันทร์หอม. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,* 18(4), 210-222.

ทวีป แซ่ฉิน. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี Constructionism เพื่อพัฒนาทักษะการเขียน โปรแกรมด้วยโปรแกรม App Inventor สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ทิพธัญญา ดวงศรี. (2560). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 “นวัตกรรมสร้างสรรค์ศาสตร์ พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0”,* 1, 1006-1012.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

_____. (2560). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 21). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ธานี จันทร์นาง. (2556). สะท้อนความคิดจากประสบการณ์การใช้กิจกรรม STEM Education ในห้องเรียน. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,* 19, 29-36.

นราภรณ์ ชัยบัวแดง. (2561). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

นฤมล ยุตาคม และคณะ. (2558). ประเด็นสัมมนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์. ใน *แนวการศึกษาชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 12). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism. *วารสาร สสวท.,* 96, 11-15.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,จังหวัดสงขลา.

นิรมิษ เพียรประเสริฐ. (2556). เรียนรู้เรียนรู้แบบ STEM ผ่าน “หุ่นยนต์”: สร้างการมีส่วนร่วมของนักเรียน. *วารสาร สสวท., 42*(185), 23-25.

นูรอาซีกีน สา และคณะ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, 4(1), 42-53

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

_____. (2551). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

บุญยงค์ พุ่มพุก. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยผู้เรียนสร้างความรู้กับการสอนตามปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

บุญเรือน คะเช็นแก้ว. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนประทาย จังหวัดนครราชสีมา.* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

เบญจกาญจน์ ใส่ละม้าย และชลาธิป สมาหิโต. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็ก ปฐมวัย โดยผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อาชีพในท้องถิ่นจังหวัดสงขลา. *วารสารวิทยบริการ*, 26(2), 104-110.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ*, 10(4), 24-30.

ปราณี นันทะแสน. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ปรารถนา รักศิลป์. (2557). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การคิดอย่างมีวิจารณาญาณและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ปุญญพัฒน์ โคตรบุตร. (2560). *การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร, 33*(2), 49-54.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(พิเศษ), 401-418.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ออฟเคอร์มิสท์.

พิมพ์ประภา อรัญมิตร. (2552). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุระดับ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2554). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ฟแมเนจเม้นท์.

ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2556). *การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.* สืบค้นจากwww.wattoongpel.com Sarawichakarn/wichakarn/1-10 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 10.pdf.

ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภพ เลาหไพบูรณ์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.

ภาวิณี เทียมดี และปิยวรรณ พันสี (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในชีวิตประจำวัน. *รายงานสืบเนื่อง การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2562*, 503.

มนตรี จุฬาวัฒนฑล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท., 42*(185), 14-18.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). *เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

รุ่งระวี ศิริบุญนาม. (2551). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นการเรียนรู้แบบ KWL และการเรียนรู้แบบปกติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

รุ่งอรุณ คูณแก้ว. (2560). *ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ฤทัย เพลงวัฒนา. (2556). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ. *นิตยสาร สสวท., 42*(185), 19-22.

ล้วน สายยศ. (2537). ระเบียบวิธีทางสถิติบางประการเพื่อการวิจัย. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน*. (หน่วยที่ 4). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์ และอัจรา ชำนิประศาสน์. (2547). *ระเบียบวิธีการวิจัย.* กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.

ลือชา ลดาชาติ. (2555). *การสร้าง Learning Progression*. สืบค้นจาก http://www.inquiringmind.in.th/ archives /940.

วรรณธณะ ปัดชา. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โรงเรียนวัดห้วยจรเข่วิทยาคม.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

วรรณา ขุนเพ็ง. (2553). *ผลการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ลวงสวาส. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาระยอง เขต 1. *วารสาร "ศึกษาศาสตร์ มมร" คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย*, 6(1), 236-254.

วลัยลักษณ์ คตะวงศ์. (2555). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี

วันชัย แช่มตระกูล. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทับทอง เรื่อง ดาราศาสตร์ และอวกาศโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง. (2554). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนร้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วินุรักษ สุขสำราญ. (2553). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก่ปญหาทางวิทยาศาสตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 4 ที่ไดรับการจัดการเรียนรูแบบรวมมือโดยใช่เทคนิค TGT*. (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วิมล ประจงจิตร. (2553). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยภูมิ เขต 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, ชัยภูมิ.

วิษณุ ทุมมี. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

วุฒิชัย จารุภัทรกูล. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาชีววิทยา และพฤติกรรมการทำงานร่วมกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนการสอนแบบร่วมมือเทคนิค STAD.* (วิทยานิพนธ์-ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ศานิกานต์ เสนีวงศ์. (2556). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอริงามิ. *วารสาร สสวท., 42*(185), 30-31.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2558). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อยสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 26(1), 224-236.

ศิริลักษณ์ นำไชย. (2553). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *ความเป็นมาของการศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบInquiry Cycl (5Es).* สืบค้นจาก http://www.ipst.ac.th/biology/Articles-pic/year4th/no35/5Es ThaiBio/ cass 24 Nov. 2004 pdf.

_____. (2548). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2555). *การวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

_____. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท., 42*(186), 3-5.

_____. (2558ก). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม.* กรุงเทพฯ: สกวค ลาดพร้าว.

_____. (2558ข). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015.* สืบค้นจาก https://drive.google.com/file/d/0BwqFSkq5b7zScUJOOV9ldUNfTlk/view.

_____. (2559). สะเต็มศึกษาบนเส้นทางวิชาการรับใช้สังคม: จุดเปลี่ยนสู่อนาคต. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31*(3), 34-47.

_____. (ม.ป.ป.). *สะเต็มศึกษา.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

_____. (2558ค). *เอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.

สมคิด พรมจุ้ย. (2552). *เทคนิคการประเมินโครงการ.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สมจิตต์ พิพิธกุล. (2555). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องระบบนิเวศ โดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา.* มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.* กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบูรณ์ สุริยวงศ์. (2544). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา.

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2542). *มุ่งสู่คุณภาพการศึกษา.* กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

สายฝน ชวรางพงษ์. (2561). *การเปรียบเทียบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุรอบตัวโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี.

สายพิณ มาวรรณ. (2551). *ผลการใช้ผังมโนทัศน์ประกอบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). *สร้างสรรค์นักคิด คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง.* กรุงเทพฯ: ศูนย์แห่งชาติเพื่อพัฒนาผู้ที่มีความสามารถพิเศษ สกศ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201.

สุขฤกษ์ ดีโนนโพธิ์. (2554). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, ชัยภูมิ.

สุชีรา ศรีวรวุฒิชัย. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงาน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการจัดการเรียนรู้แบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมบ้านบางกะปิ. *วารสารออนไลน์บัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง,* การสอนวิทยาศาสตร์.

สุทธิดา จำรัส. (2558ก). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 1. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. (หน่วยที่ 8). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกศาสตร์ มหาวิทยาลัย-สุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2558ข). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 13-34.

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (2557). *การสร้างเครื่องมือวัดผลทางการเรียน.* สืบค้นจาก http://www.mathayom9.go.th/nitad/analyze/achiev-1.pdf.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย.* สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

_____. (2558ก). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 14-16.

_____. (2559). *ถอดรหัสการสอนสะเต็ม.* สงขลา: หน่วยจัดการกลางโครงการเพาะพันธ์ปัญญา.

สุพร สีเงินยวง.(2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสตูล.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท., 42* (185), 10-13.

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

สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). *การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.* ขอนแก่น. ม.ป.พ.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *ครบเครื่องเรื่องการคิด.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อโนทยา เรืองศรี. (2557). *คู่มือครูพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะชีวิต.* กรุงเทพฯ: ที.เค. ออฟเซท แอนด์ พริ้นท์.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *วารสาร สสวท., 42*(185), 35-37.

อัจฉรา บุญสุข. (2552). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 2.* (วิทยานิพนธ์-ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อาร์เธอร์ ไอเซนคราฟท์. (ม.ป.ป.). *แอ็คทีฟฟิสิกส์ [Active Physics]*. (ณัฐธิดา พรหมยอด และนิพนธ์ จันเลน, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

อารี พันธ์มณี. (2543). *ความคิดสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

อาหวี ภิญโญดม. (2551). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อุปการ จีระพันธุ. (2556). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *วารสาร สสวท., 42*(185), 32-34.

Anderson, G.L. (1991). Toward Authentic Participation : Deconstructing theDiscourses of Participatory Reforms in Education. *American Educational Research Joumal,* 35(4), 571–603.

Anderson, H. (1959). *Creativity in Perspective. In Creativity and Its Cultivation*. New York: Harper Brothers.

Barman, C.R. and Kotar M. (1989). The Learning Cycle. *Science and Children*, 26(7), 29-32.

Becker, Kurt and Park, Kyungsuk. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis, Utah State University, Kyungpook National Universitynuu. *Journal of STEM Education, 12*(5 & 6), 23-37.

Bergman, J. (1996). Understanding Educational Measurement and Evaluation. Boston: Houghton Mifflin.

Biological Science Curriculum Society. (1997). *Teacher's guide BSCS biology: A human approach*. Kendell//Hunt.

Bransford, J.D., A.L. Brown, and R.R. Cocking. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Brown, Josh. (2012). The Current of STEM Education Research, Illinois State University. *Journal of STEM Education, 13*(5), 7-11.

Bybee, R. W. andothers. (1991). *Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum*. Science Education.

Chung, CJ Chanjin et al. (2014). Assessing the Impact of an Autonomous Robotics Competition for STEM Education, Lawrence Technological University. *Journal of STEM Education*, 15(2), 24-29.

Dewey, John. (1976). *Moral Principle in Education*. Boston: Houghton Miff.

Eberle, B., And Stanish, B. (1996). *Be a problem solver*. Waco, TX: Prufrock Press.

Eisenkraf, A. (2003) Expandingthe 5E Model. *The Science teacher*, 70(6), 57-59.

Good, C.V. (1973). *Dictionary of education*. (3rd ed.). In W.R. Merkel (Ed.). New York: McGraw-Hill.

Hopkins Public School. (2016a). STEM Curriculum. Retrieved from https://www.hopkinsschools.org/servicesdepartments/teaching-learningassessment/curriculum-areas/stem-curriculum.

Karplus, R. and Thier, H. (1967). *A New Look at Elementay School*. ScienChicago: Rand-McNall.

Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy: a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, 14(3), 5-12.

Laboy-Rush, Diana. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. STEM Solutions Manager at Learning.com.

Mehrens, W. A. & Lehmann, I. J. (1984). *Measurement and education in evaluation and psyschology.* New York: Holt, Rinehart and Winston.

Newstrom, J. W. & Davis, K. (1970). *Organizational Behavior: Human Behavior at Work*. New York: McGraw - Hill.

Piaget, J. (1962). *The Origins of Intelligence in Children*. New York: W.W. Norton. (1964). Cognitive Development in children : Piaget Development and Learning. *Journal of Research in Science teaching*, 2, 176-186.

Pinnell, Margaret et al. (2013). Bridging the Between Engineering Design and PK-12 Curriculum Development Through the use the STEM Education Quality Framework, University of Dayton. *Journal of STEM Education, 14*(4), 28-35.

Rokeach, Milton. (1970). *Beliefs, Attitudes and Values*. San Francisco: Jossey Basso.

Sanders, M. E. et al. (2012). Integrative stem education as best practice. *Design, & Engineering Education, 2*, 103-117.

Sandra K. Abell. (2002). *Trends and Issues in Science Education. Research Policy and Practice in Teaching Science as Inquiry*. [n.p.].

Stohlmann, Micah et al. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education, University of Minnesota, Twin Cities. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2*(4), 28-34.

Sun, Robert B., and Trowbridge, Leslie W. (1973). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. (2nd ed.). Columbus: Charles E. Merrill.

Thorndike E.I. (1923). *The Psychology of Learning. nin Educationnal Psychology*. New York: Teacher College, Columbia University.

Torrance, E. P. (1971). Are the torrance tests of creative thinking biased against or in favor of ‘‘disadvantaged’’ groups?. *Gifted Child Quarterly, 15*, 75–80.

Weir, J. J. (1974). Problem solving is everybody’s problem. *The Science Teacher, 41*, 16-18.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ	นายวิวัฒน์ รอดเกิด
ตำแหน่ง	ครู วิทยะฐานะ : เชี่ยวชาญ
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยการอาชีพไชยา 221 หมู่ที่ 1 ต.เวียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี 84110
วุฒิการศึกษา	การศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	วิทยาศาสตร์ศึกษา สะเต็มศึกษา วิทยาศาสตร์ Active Learning, Project-based Learning
2. ชื่อ	นางณัฐวรรณ แสงสวี
ตำแหน่ง	ครู วิทยะฐานะ : ชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยอาชีวศึกษาชุมพร 146 ถ.พิศิษฐ์พยาบาล ต.ท่าตะเภา อ.เมือง จ.ชุมพร 86000
วุฒิการศึกษา	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ศษ.บ. (เคมี) ปริญญาโท ศศม. หลักสูตรและการสอน (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	ด้านเนื้อหา วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือวัดผลประสบการณ์สอน ปฏิบัติหน้าที่เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาชุมพร ตั้งแต่ปี 2531-ปัจจุบัน
3. ชื่อ	นางสาวสุพร สีเงินยวง
ตำแหน่ง	ครู วิทยะฐานะ : ชำนาญการ
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคสตูล 217 ถ.ศุลกานุกูล ต.พิมาน อ.เมือง สตูล จ.สตูล 91000
วุฒิการศึกษา	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	ด้านเนื้อหา วิทยาศาสตร์ศึกษา สะเต็มศึกษา วิทยาศาสตร์ Active Learning, Project-based Learning

ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	**หน่วยที่ 3**
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	**สอนครั้งที่ 5-6**
	ชื่อหน่วย การสมดุลของวัตถุ	**ชั่วโมงรวม 6 ชั่วโมง**

สาระสำคัญ

สมดุลของวัตถุ หมายถึง การคงสภาพของวัตถุ ซึ่งก็คือวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่ ก็จะหยุดนิ่งตลอดไปหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวเส้นตรง โดยสภาวะสมดุลของวัตถุมี 2 ชนิดคือ

1. สภาพสมดุลสถิต (Static equilibrium) คือ สภาพสมดุลของวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่นิ่ง เช่น สะพาน เขื่อน

2. สภาพสมดุลจลน์ (Kinetic equilibrium) คือ สภาพสมดุลของวัตถุที่เครื่องที่ด้วยความเร็วคงตัว เช่น รถไฟ เครื่องบิน ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ลักษณะของสมดุล แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. สมดุลต่อการเลื่อนที่ (Translational Equilibrium) คือ วัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว โดยไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน จะมีค่าแรงลัพธ์หรือผลรวมของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทั้งหมดเป็นศูนย์ หรือเขียนได้ว่า $\Sigma F = 0$

2. สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium) คือ สมดุลที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุมีอัตราการหมุนคงตัว และไม่เปลี่ยนสภาพการหมุน

3. สมดุลสัมบูรณ์ของวัตถุ คือ สภาพที่วัตถุนั้นเกิดสมดุลต่อการเลื่อนที่ (อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่) และสมดุลต่อการหมุน (ไม่หมุน) ไปพร้อมๆ กัน แรงต่างๆ ที่กระทำต่อวัตถุเป็นไปตามเงื่อนไข 2 ประการ คือ

3.1 แรงลัพธ์เป็นศูนย์ หรือผลรวมของแรงทุกแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ($\Sigma F = 0$)

3.2 ผลรวมของโมเมนต์ของแรงทุกแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ($\Sigma F = 0$)

การนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ คือ การนำหลักสมดุลไปใช้กับเครื่องกลอย่างง่าย เช่น คาน คีมตัดลวด ไขควง ล้อและเพลา กว้าน เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาช่วยในการทำงาน

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสมดุล สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง และสภาพสมดุล
2. คำนวณค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลของวัตถุตามหลักการ
3. ทดลองเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. สร้างชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุโดยใช้กระบวนการของสะเต็มศึกษา
5. นำเสนอชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา

6. ประเมินชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุด้วยวิธีการที่กำหนด

7. แสดงพฤติกรรมความมีระเบียบวินัยฯ ใฝ่หาความรู้ฯ แก้ปัญหาฯ และรู้จักดำรงตนโดยใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ

ด้านความรู้

1. บอกความหมายของสมดุลของวัตถุได้ถูกต้อง
2. อธิบายสภาวะสมดุลของวัตถุได้ถูกต้อง
3. ระบุประเภทของการสมดุลแบบต่าง ๆ
4. ระบุเงื่อนไขของการสมดุลแต่ละประเภท
5. คำนวณโมเมนต์ของแรงจากโจทย์ที่กำหนด
6. อธิบายลักษณะสมดุลและหาขนาดทิศทางของโมเมนต์ของแรงชนิดต่างๆได้
7. คำนวณค่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลของวัตถุได้ถูกต้อง
8. อธิบายการนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ในชีวิประจำวันได้ถูกต้อง

ด้านทักษะ

1. ทดลองเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง
2. ออกแบบและทำชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุโดยใช้กระบวนการของสะเต็มศึกษาได้ครบถ้วน
3. นำเสนอชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุโดยบูรณาการสะเต็มศึกษาได้ถูกต้อง
4. ประเมินชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุด้วยวิธีการที่กำหนดให้ได้
5. คำนวณต้นทุนในการทำชิ้นงานเกี่ยวกับสมดุลของวัตถุได้ตามหลักการ

ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ประพฤติตนตรงต่อเวลา
2. แสวงหาความรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม
3. แก้ปัญหาและพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ จนบรรลุสำเร็จ
4. ใช้วัสดุถูกต้อง พอเพียง และเหมาะสมกับงาน
5. ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย สำเร็จตามกำหนดโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

เนื้อหาสาระการเรียนรู้

3.1 ความหมายของสมดุล

3.2 สภาวะสมดุลของวัตถุ

3.2.1 สมดุลสถิต (Static equilibrium)

3.2.2 สมดุลจลน์ (Kinetic equilibrium)

ใบกิจกรรมที่ 3.1 สภาวะสมดุลของวัตถุ

3.3 ลักษณะของสมดุล

3.3.1 สมดุลต่อการเลื่อนที่

3.3.2 สมดุลต่อการหมุน

3.3.3 สมดุลสัมบูรณ์ของวัตถุ

ใบกิจกรรมที่ 3.2 การเขียนภาพวัตถุอิสระ

3.4 การนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้

ใบกิจกรรมที่ 3.3 กิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลของแรง

ใบกิจกรรมที่ 3.4 กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องมือที่นำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้

ใบกิจกรรมที่ 3.5 กิจกรรมรถเครนจอมพลังโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

สอนครั้งที่ 5 เวลา 3 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 13)

1. ทักทายนักเรียน จากนั้นเช็คชื่อ และสำรวจการแต่งกายของนักเรียน พร้อมทั้งบันทึกลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียนตรงเวลา

2. ทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3 สมดุลของวัตถุ จำนวน 20 ข้อ

2.1 เตรียมความพร้อมในการเรียนโดยการเรียกชื่อสำรวจการแต่งกายพร้อมบันทึกลงในแบบสังเกต ความมีวินัย และความรับผิดชอบ

2.2 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

2.2.1 ครูฉายภาพบ้านทีมีสภาพทรุดเอียงลงมา ภาพตึกที่พังถล่ม แล้วถามนักเรียนว่าการที่บ้านหรือตึกถล่มพังลงมา เป็นเพราะสาเหตุใดให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น จากนั้นครูก็สรุปความคิดว่าการที่บ้านทรุดตัว ตึกพังเป็นเพราะเสียสมดุล เพื่อโยงเข้าสู่การเรียนเรื่องการสมดุลของแรง

2.2.2 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนข้อ 1 – 4

2.2.3 นักเรียนจัดกลุ่มๆ ละ 5 คน

3. ขั้นเรียนรู้

3.1 นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากเอกสารประกอบการสอนในหัวข้อเรื่อง

3.1.1 ความหมายของการสมดุล

3.2 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับความหมายของสมดุล และประเภทของสมดุล โดยใช้สื่อ PowerPoint จากนั้นให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3.1 เรื่องลักษณะการสมดุลของวัตถุ

3.3 ครูให้ความรู้เพิ่มเติม เรื่องเงื่อนไขของการสมดุล การเขียนภาพวัตถุอิสระสื่อ PowerPoint นักเรียนซักถามข้อสงสัย

3.4 ครูให้นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3.2 เรื่อง การเขียนภาพวัตถุอิสระ (F.B.D)

3.5 ขณะนักเรียนทำกิจกรรมครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม

4. ขั้นสรุป

4.1 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยใบกิจกรรม และร่วมอภิปรายกับนักเรียน และเน้นให้นักเรียนเห็นว่า การเขียนภาพวัตถุอิสระ นักเรียนต้องฝึกเขียนเนื่องจากการเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เกี่ยวกับการสมดุลของแรง

4.2 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปฝึกเขียนภาพ F.B.D.ต่อและนำมาส่งในครั้งต่อไป

สอนครั้งที่ 5 เวลา 3 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 13-15) ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสืบเสาะรูปแบบ 7E เป็นฐาน

1. ทักทายนักเรียน จากนั้นเช็คชื่อ และสำรวจการแต่งกายของนักเรียน พร้อมทั้งบันทึกลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียนตรงเวลา

2. อธิบายกิจกรรมการเรียนการสอนโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์

3. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และเรื่องที่จะเรียน

การนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

1) ให้นักเรียนดูภาพเด็กเล่นไม้กระดก

2) ตั้งคำถามถามนักเรียนว่า จากภาพนักเรียนเห็นอะไรบ้าง

ขั้นสร้างความสนใจ

3) ครูให้นักเรียนดูวิดิโอจาก https://www.youtube.com/watch?v=i2ouh2oCnP8 การใช้คานงัดยกวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง

4) ตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า “นักเรียนเห็นอะไรเกิดขึ้นบ้าง”

5) ให้นักเรียนตอบคำถาม 2-3 คน และกล่าวเชื่อมโยงว่า “เหตุการณ์ที่นักเรียนเห็นเรียกว่า โมเมนต์ของแรง คือ ความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุด้วยแรงกระทำ ค่าของโมเมนต์

วัดได้จากผลคูณของแรงกับระยะทางของเส้นตรง ซึ่งลากจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับทิศที่แรงกระทำ โดยผลของแรงที่ใช้ในการหมุนจะมากหรือน้อยอยู่ที่ 2 สิ่ง คือ ขนาดของแรง และระยะระหว่างแรงกับจุดหมุน”

6) ถามนักเรียนต่อว่า “เมื่อคานอยู่ในลักษณะสมดุลโมเมนต์จะเป็นอย่างไร”

การเรียนรู้

ขั้นสำรวจและค้นหา

7) ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน โดยให้ได้อย่างน้อย 4 กลุ่ม

8) ใบกิจกรรมที่ 3.3 กิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลของแรง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

9) นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านและทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทดลองจากใบกิจกรรม

10) นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองตามใบกิจกรรมที่ 3.3 โดยมีครูคอยอำนวยความสะดวกและแนะนำเพิ่มเติม

11) นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่ออกแบบขึ้น และสรุปผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 3.3

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

12) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่เกิดขึ้นหน้าชั้นเรียน โดยใช้กระดาษฟลิปชาร์ต

13) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองระหว่างกลุ่มของตนเองและกลุ่มอื่น ๆ ในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง

ขั้นขยายความรู้

14) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม ที่ 3.4 กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องมือที่นำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ โดยใช้โทรศัพท์มือถือสืบค้นข้อมูล และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรมที่ 3.4

การสรุป

ขั้นประเมิน

15) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียนเป็นแผนผังความคิด และแต่ละกลุ่มยกตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้เรียนนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันในเรื่องใดบ้าง โดยเขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ต

16) ทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3 สมดุลของวัตถุ จำนวน 20 ข้อ

17) ให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจโดยครูเฉลยและบันทึกคะแนนเพื่อเป็นคะแนนเก็บระหว่างภาคเรียน

ขั้นนำความรู้ไปใช้

สอนครั้งที่ 6 เวลา 3 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 16-19) ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสืบเสาะรูปแบบ 7E เป็นฐาน

ขั้นระบุปัญหา

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น กลุ่มละ 3-5 คน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายว่าถ้านักเรียนจะยกวัตถุที่มีมวลมากๆ ขึ้นในแนวดิ่ง นักเรียนจะทำอย่างไรและนำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง

2. สมมติสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษารายละเอียดและเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมที่ 3.5 กิจกรรมรถเครนจอมพลังโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา ดังนี้

สถานการณ์ : ถ้าหากนักเรียนเป็นวิศวกรจะออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไรเพื่อให้สามารถยกวัตถุขึ้น-ลงในแนวดิ่ง ซึ่งจะต้องออกแบบและสร้างรถเครนจากวัสดุที่กำหนดให้ และให้รถเครนสามารถยกมวลให้ได้มากที่สุด ในขณะที่ยกมวลนั้นล้อของรถเครนจะต้องไม่ยกขึ้นจากพื้น และส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถเครนจะต้องไม่หักหรือพังลงมา และใช้งบประมาณในการก่อสร้างน้อยที่สุด

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดในใบกิจกรรม และร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- รถเครนควรมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
- ปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดคืออะไร

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. กำหนดวัสดุที่จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำไปออกแบบเพื่อสร้างรถเครน และกำหนดราคาดังนี้

- ไม้ตะเกียบ ราคาชิ้นละ 2 บาท
- สก๊อตเทป ราคาเมตรละ 15 บาท
- เชือกด้ายดิบ ราคาเมตรละ 8 บาท
- ยางเส้น ราคาเส้นละ 1 บาท
- เอ็นตกปลา ราคาเมตรละ 25 บาท
- หลอดดูด ราคาชิ้นละ 2 บาท
- ปืนกาว ราคาชิ้นละ 250 บาท
- กาวแท่ง ราคาชิ้นละ 50 บาท
- ฟิวเจอร์บอร์ด ราคาชิ้นละ 20 บาท
- ขวดน้ำพลาสติกพร้อมฝา ราคาขวดละ 50 บาท

- กระบอกฉีดยาขนาด 10 ml พร้อมสายยาง หลอดละ 100 บาท
- กระบอกฉีดยาขนาด 25 ml พร้อมสายยาง หลอดละ 200 บาท
- กระบอกฉีดยาขนาด 50 ml พร้อมสายยาง หลอดละ 400 บาท

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครน และใบความรู้ที่ 3.2 ไฮดรอลิค

6. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

- รถเครนของนักเรียนควรมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพราะอะไร
- นักเรียนจะนำหลักการของไฮดรอลิคไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไร
- นักเรียนจะนำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไร

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

7. ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบกระบวนการสร้างรถเครน

8. ให้นักเรียนศึกษาต้นทุนของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างรถเครน รวมทั้งเงื่อนไขในการให้คะแนนการออกแบบและสร้างรถเครน

9. ให้นักเรียนเขียนแบบร่างรถเครน พร้อมระบุหลักการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องส่งแบบร่างให้ครูตรวจ

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

10. ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการทำสร้างรถเครน เช่น จะซื้อวัสดุและอุปกรณ์ใดบ้างและซื้อจำนวนเท่าใด

11. ให้สัญญาณกับนักเรียนในการซื้อซื้อวัสดุและอุปกรณ์และจากนั้นนักเรียนดำเนินการทำตามขั้นตอนที่ได้ร่วมกันวางแผนไว้

ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

12. นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งขันทดสอบการใช้งานรถเครนให้เป็นไปตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้โดยมีครูเป็นกรรมการ

13. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลงานของตนเอง รวมทั้งอภิปรายเพื่อปรับปรุงผลงาน เช่น ถ้าขณะที่รถเครนยกมวลขึ้น แล้วล้อรถเครนยกขึ้นจากพื้นจะทำอย่างไร หรือถ้ากลุ่มใดไม่สามารถสร้างรถเครนได้ให้ร่วมกันอภิปรายเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานอีกครั้งหนึ่ง

14. ครูเดินตรวจสอบการทำรถเครนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยถ้านักเรียนกลุ่มใดไม่สามารถทำรถเครนตามกระบวนการที่ได้ออกแบบไว้ ครูควรให้ความช่วยเหลือและในกรณีที่มีการทำรถเครนต่างจากแบบเดิมที่วางแผนไว้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ปรับปรุงไปจากแบบเดิม

15. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคำนวณต้นทุนในการสร้างรถเครน

นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

16. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานของตนเองหน้าชั้นเรียนด้วยการเขียนบนกระดาษฟลิปชาร์ต

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ครูให้นักเรียนดูวิดีโอจาก https://www.youtube.com/watch?v=i2ouh2oCnP8 การใช้คานงัดยกวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง

2. เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง สมดุลของวัตถุ

สื่อสิ่งพิมพ์

-

สื่อโสตทัศน์

1. คอมพิวเตอร์ เครื่องฉาย และจอภาพ

2. สื่อเพาเวอร์พอยต์หน่วยที่ 3 เรื่อง สมดุลของวัตถุ

3. โทรศัพท์มือถือ

หุ่นจำลอง/ของจริง

1. วัสดุอุปกรณ์ตามใบกิจกรรมที่ 3.1 และ 3.4

2. กระบอกฉีดยา

อื่น ๆ

1. กระดาษฟลิปชาร์ต

2. ปากกาเคมี

เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ (ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ฯลฯ)

1. ใบกิจกรรมที่ 3.1-3.5

2. ใบความรู้ที่ 3.1-3.2

3. แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม

การวัดและประเมินผล

การวัดผล

ก่อนเรียน

การทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3 สมดุลของวัตถุ

ขณะเรียน

1. การสังเกตพฤติกรรมความมีระเบียบวินัยฯ ใฝ่หาความรู้ฯ แก้ปัญหาฯ และรู้จักดำรงตน โดยใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. การตรวจผลงานการทำกิจกรรมที่ 3.1-3.5

3. การสังเกตการณ์นำเสนอผลงานกิจกรรมที่ 3.1 และ 3.5

หลังเรียน

การทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

การประเมินผล

นักเรียนที่ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่านการประเมิน

บันทึกหลังสอน

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

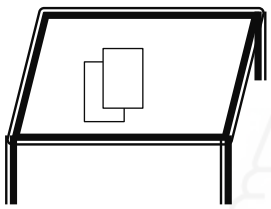
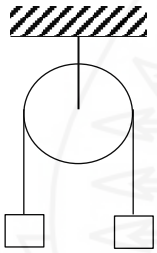
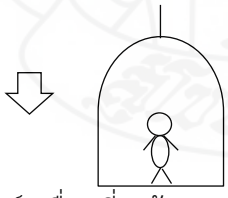
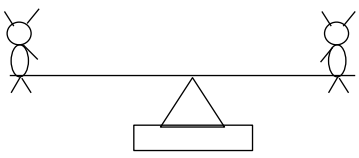
ลงชื่อ.....

(นางสาวบังอร ดำด้วงโรม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ. .....

	ใบกิจกรรมที่ 3.1	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สมดุลของวัตถุ เรื่อง สภาวะสมดุลของวัตถุ	ชั่วโมงรวม 3

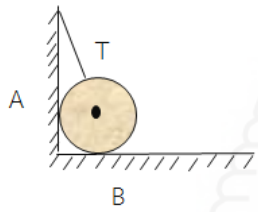
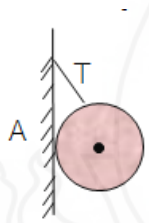
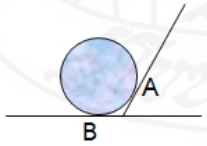
คำชี้แจง ให้นักศึกษาพิจารณาดูว่าภาพในตารางที่กำหนดให้อยู่ในสมดุลประเภทใด และทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่กำหนดให้

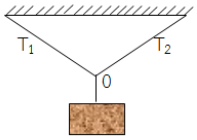
สถานการณ์	สมดุลสถิต	สมดุลจลน์	สมดุลต่อการหมุน
1.  หนังสือวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ			
2.  เชือกผูกวัตถุคล้องรอกและอยู่นิ่ง			
3.  ลิฟต์เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่			
4.  กระดานหกอยู่ในแนวระดับ			

	ใบกิจกรรมที่ 3.2	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สมดุลของวัตถุ เรื่อง การเขียนภาพวัตถุอิสระ (F.B.D)	ชั่วโมงรวม 3

จุดประสงค์การปฏิบัติ เขียนภาพวัตถุอิสระ (F.B.D) จากภาพที่กำหนดให้

คำชี้แจง จงเขียนภาพวัตถุอิสระ (F.B.D) ลงในช่องว่างทางขวามือ

ภาพที่กำหนด	ภาพวัตถุอิสระ (F.B.D)
ทรงกลมผูกเชือกวางอยู่ ดังรูป  	(F.B.D)ของทรงกลม
ทรงกลมผูกเชือกห้องกับผนัง  	(F.B.D)ของทรงกลม
 ทรงกลมวางบนพื้นผิงผนัง	(F.B.D)ของทรงกลม

ภาพที่กำหนด	ภาพวัตถุอิสระ (F.B.D)
เชือกผูกวัตถุห้อยจากเพดาน ดังรูป 	(F.B.D)ของทรงกลม

	ใบกิจกรรมที่ 3.3	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สมดุลของวัตถุ เรื่อง การทดลองเรื่องสมดุลของแรง	ชั่วโมงรวม 3

คำชี้แจง: ให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมการทดลองตามใบกิจกรรม

จุดประสงค์ เพื่อแสดงว่า ในการสมดุลของแรงขนานหลายแรง ผลบวกของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาจะเท่ากับผลบวกของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

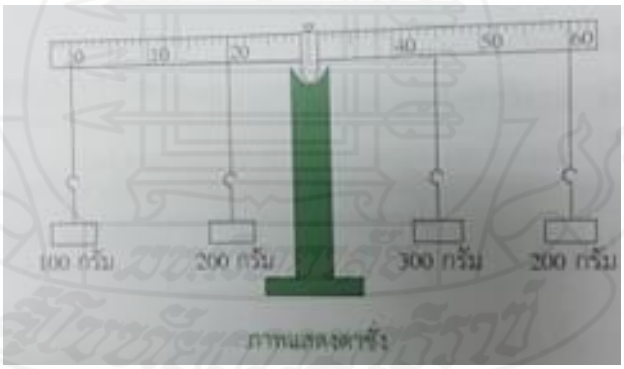
วัสดุอุปกรณ์

1. คาน 2. น้ำหนัก

วิธีทำการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 แสดงโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

1. เจาะรูเล็กๆ ตรงกลางไม้เมตรที่ขีด 30 เซนติเมตร
2. แขวนไม้เมตรให้ไม้เมตรหมุนตัวในแนวดิ่ง
3. ถ้าไม้เมตรข้างใดข้างหนึ่งหนักกว่ากัน ให้ใช้ลวดดัดเป็นรูปตัว U (ตัวยู) วางคร่อมบนไม้เมตรไว้ทางข้างที่เบากว่า และปรับระยะจนกระทั่งทำให้ไม้เมตรอยู่ในระดับ ดังภาพ



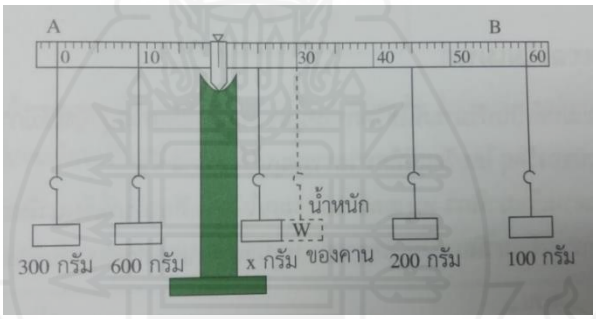
4. เมื่อไม้เมตรอยู่แนวระดับแล้ว ให้ห้อยน้ำหนักต่างๆ ไว้บนไม้เมตร ดังนี้
   ที่ขีด 0 เซนติเมตร 100 กรัม ที่ขีด 20 เซนติเมตร 200 กรัม ที่ขีด 45 เซนติเมตร 300 กรัม ที่ขีด 60 เซนติเมตร 200 กรัม บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
5. แขวนน้ำหนักใหม่ ดังนี้
   ที่ขีด 0 เซนติเมตร 200 กรัม ที่ขีด 20 เซนติเมตร 150 กรัม ที่ขีด 25 เซนติเมตร 300 กรัม ที่ขีด 50 เซนติเมตร 200 กรัม 60 เซนติเมตร 400 กรัม บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

ก		ข	
โมเมนต์ตามเข็มเข็ม นาฬิกา	โมเมนต์ทวนเข็ม นาฬิกา	โมเมนต์ตามเข็ม นาฬิกา	โมเมนต์ทวนเข็ม นาฬิกา
300x15=	100x30=	100x30=	200x30=
200x30=	200x10=	200x20=	150x10=
ผลบวก	500x.....=	300x5=	.....x10=
	ผลบวก	ผลบวก	ผลบวก

คำถาม

1. จงหาว่าน้ำหนัก 100 กรัม จะวางไว้ที่ใด
2. จงหาว่าใช้น้ำหนักเท่าไหร่วางที่ 10 เซนติเมตร คานจึงจะสมดุล

กิจกรรมที่ 2 หาน้ำหนักของคาน



1. วางคานดังรูป
2. ที่ขีด 0 เซนติเมตร 300 กรัม ที่ขีด 10 เซนติเมตร 600 กรัม ที่ขีด 20 เซนติเมตร เป็นจุดหมุน ที่ขีด 45 เซนติเมตร แขวนน้ำหนัก 200 กรัม 60 เซนติเมตร 100 กรัม บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
3. จงทดลองน้ำหนักที่แขวนที่ขีด ขีด 25 เซนติเมตร เพื่อให้คานอยู่ในสมดุล บันทึกผลการทดลองในตาราง

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา	โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา
น้ำหนักคาน Wx10 =.....	300x20 =.....
200x25 =.....	600x10 =.....
100x25 = ...	
.....x25 =.....	
ผลบวก=.....	ผลบวก =.....

คำถาม น้ำหนัก (**W**) ของคานมีค่าเท่าไหร่.....

	ใบกิจกรรมที่ 3.4	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สมดุลของวัตถุ เรื่อง กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลอุปกรณ์	ชั่วโมงรวม 3

กิจกรรม 3.4 การสืบค้นข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องมือที่นำหลักสมดุลไปประยุกต์ใช้ โดยใช้โทรศัพท์มือถือสืบค้นข้อมูล และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรมที่ 3.4

1. จงบอกวัสดุอุปกรณ์หรือเครื่องมือ ที่นำหลักสมดุลไปใช้ มีอะไรบ้าง โดยใช้โทรศัพท์มือถือสืบค้นข้อมูล และตอบคำถามลงในใบงานมามากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการดำเนินงานของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1
แผนกช่างยนต์ ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
หน่วยที่ 3 สมดุลวัตถุ
เรื่อง รถเครนจอมพลังโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา

แผนก.....

กลุ่ม	ระดับคะแนนของรายการประเมิน					คะแนนรวม
	ผลงาน (20คะแนน)	งบประมาณ (10คะแนน)	การนำเสนอผลงาน (20คะแนน)	การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (15 คะแนน)	การบูรณาการความรู้ (STEM) (15 คะแนน)	(100 คะแนน)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

ที่มา: (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์, 2557)

เกณฑ์การให้คะแนน (100 คะแนน)

ระดับ / รายการประเมิน	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
ผลงาน (20%)				

แบบประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหน่วยที่ 3 รถเครนจอมพลังโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา

ชื่อ- นามสกุล	รายการประเมิน		คะแนนรวม	การตัดสิน
	มีความมุ่งมั่นในการทำงาน	ความรับผิดชอบ		
	(5)	(5)	(10)	(ผ/มผ)

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

คะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในระดับต่ำ

คะแนน เท่ากับ 5-7 คะแนน มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในระดับปานกลาง

คะแนนสูงกว่า 8-10 คะแนน มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในระดับสูง

เกณฑ์การตัดสินคะแนน

คะแนน 5-10 คะแนน ผ่านเกณฑ์

คะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์

	ใบกิจกรรมที่ 3.5	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สมดุลของวัตถุ เรื่อง กิจกรรมรถเครนจอมพลังโดยบูรณาการสะเต็มศึกษา	ชั่วโมงรวม 3

คำชี้แจง: จงอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

สถานการณ์ : ถ้าหากนักเรียนเป็นวิศวกรจะออกแบบและสร้างรถเครนอย่างไรเพื่อให้สามารถยกวัตถุขึ้น-ลงในแนวดิ่ง ซึ่งจะต้องออกแบบและสร้างรถเครนจากวัสดุที่กำหนดให้ และให้รถเครนสามารถยกมวลให้ได้มากที่สุด ในขณะที่ยกมวลนั้นล้อของรถเครนจะต้องไม่ยกขึ้นจากพื้น และส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถเครนจะต้องไม่หักหรือพังลงมา และใช้งบประมาณในการก่อสร้างน้อยที่สุด

ข้อที่ 1 ปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร

ข้อที่ 2 มีหลักการอะไรบ้างที่ใช้ในการสร้างรถเครนให้สามารถยกวัตถุขึ้นลงได้

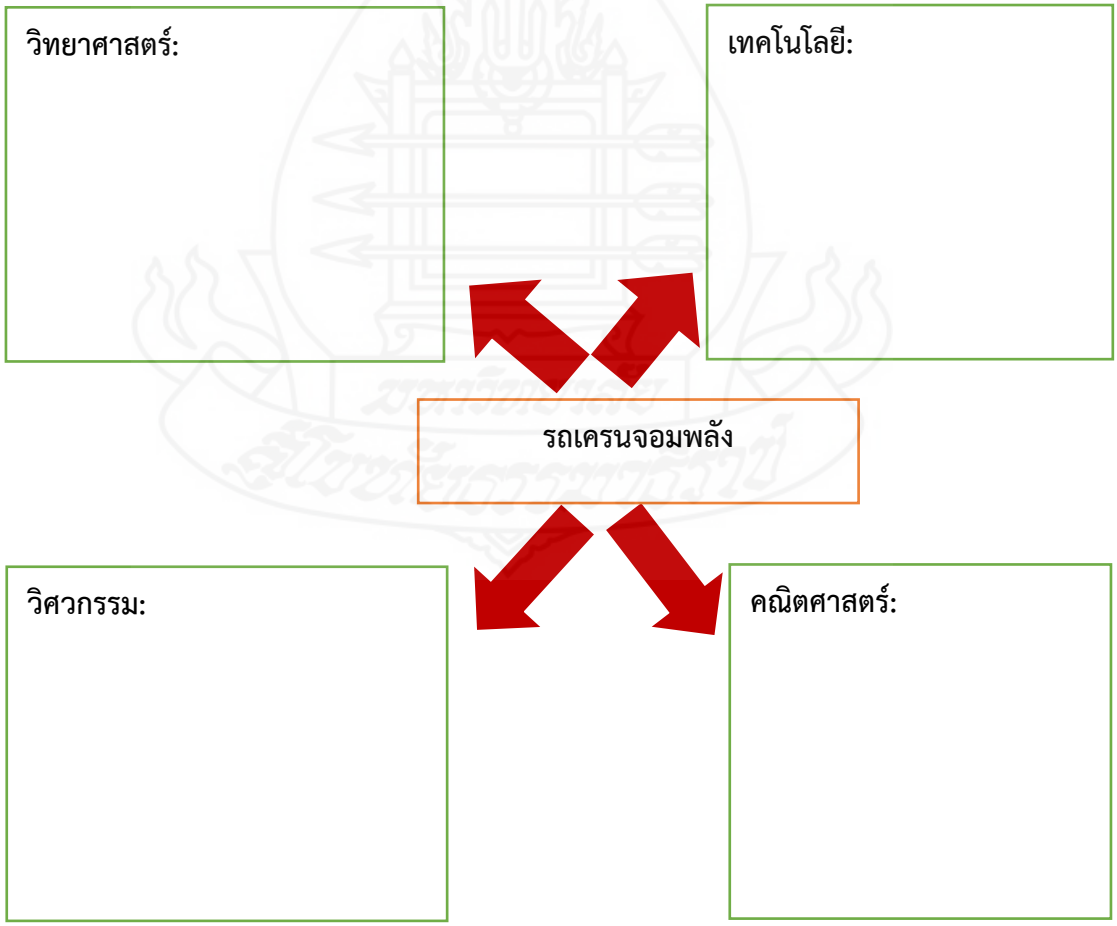
ข้อที่ 3 รูปทรงของรถเครนมีผลต่อการรับน้ำหนักหรือไม่ อย่างไร

ข้อที่ 4 ระบุข้อมูล ทฤษฎีและหลักการใดบ้าง ในการสร้างรถเครนตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 5 จงออกแบบและสร้างรถเครนเพื่อให้สามารถยกวัตถุขึ้น-ลงในแนวดิ่ง ที่นักเรียนจะดำเนินการสร้างตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 6 ข้อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงและแก้ไขรถเครนของตนเอง

ข้อที่ 7 ในการดำเนินการสร้างรถเครน จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนบูรณาการสะเต็มศึกษาอย่างไร



ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่ออวิชาวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม (20000-1302)

จำนวน 20 ข้อ **ใช้เวลา 20 นาที**

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในช่อง ☐ ในกระดาษคำตอบ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม บอกความหมายของสมดุลได้

1. ข้อใดแสดงว่าวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล
   - ก. วัตถุมีความเร่ง
   - ข. วัตถุหมุน
   - ค. วัตถุมีความเร็วเปลี่ยนไป
   - ง. วัตถุไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่
2. วัตถุในข้อใดอยู่ในสภาวะสมดุล
   - ก. วัตถุถูกแรงกระทำ วัตถุนั้นไม่เปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม
   - ข. วัตถุเดิมอยู่นิ่งเมื่อถูกแรงกระทำ แล้วมีความเร็วคงที่
   - ค. วัตถุเดิมมีความเร็วคงที่ เมื่อถูกแรงกระทำ ๆ ให้หยุดนิ่ง
   - ง. วัตถุหมุนรอบจุดคงที่จุดหนึ่ง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จำแนกประเภทของสมดุลได้

3. วัตถุวางนิ่งบนพื้นราบ ข้อใดถูกต้อง
   - ก. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลสถิต
   - ข. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลจลน์
   - ค. วัตถุอยู่ในสภาพไม่สมดุล
   - ง. วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม บอกเงื่อนไขของสมดุลได้

4. ข้อใดเป็นเงื่อนไขสมดุลต่อการหมุน
   - ก. $\sum\vec{M} = 0$
   - ข. $\sum\vec{F} = 0$
   - ค. $M = FL$
   - ง. $\frac{F_1}{\sin\theta} = \frac{F_2}{\sin\theta} = \frac{F_3}{\sin\theta}$

จุดประสงค์ ระบุเงื่อนไขของการสมดุลแต่ละประเภท

5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. เงื่อนไขของสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ คือ $\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$

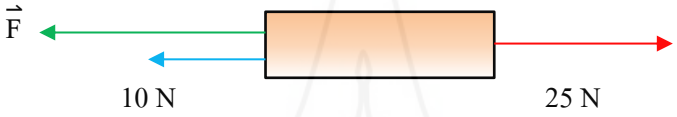
ข. เงื่อนไขของสมดุลต่อการหมุน คือ $\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$

ค. เงื่อนไขของสมดุลสัมบูรณ์ คือ $\sum \mathbf{M} = \mathbf{0}$

ง. ข้อ ก. และ ค.

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมดุลได้

6. จากรูป ถ้าวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล $\vec{F}$ มีค่าเท่าไร



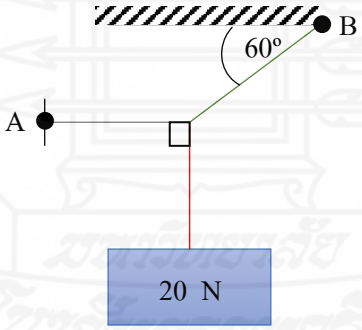
ก. 5 N

ข. 10 N

ค. 15 N

ง. 35 N

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมดุลได้จากรูปตอบคำถามข้อ 7



7. จากรูป จงหาแรงตึงเชือกที่ดึง ณ จุด A

ก. 10 N

ข. 12 N

ค. 14 N

ง. 16 N

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม อธิบายลักษณะสมดุลและขนาดและทิศทางของโมเมนต์ของแรงต่างๆ ได้

8. เมื่อมีแรง 2 มากระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ ข้อใดไม่ถูกต้อง
   ก. แรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน
   ข. แรงทั้งสองไมอยู่ในแนวเส้นตรง
   ค. แรงทั้งสองมีทิศทางตรตรงกันข้าม
   ง. แรงลัพธ์ของแรงทั้งสองเท่ากับ ศูนย์

จุดประสงค์ อธิบายความหมายของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

9. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความเร็ว (ความเข้าใจ)
   ก. เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
   ข. เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วกับการกระจัดที่ใช้ในการเคลื่อนที่
   ค. เป็นอัตราส่วนระหว่างการกระจัดกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
   ง. เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
10. ปริมาณใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวข้องเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ (ความจำ)
   ก. ระยะทาง
   ข. อัตราเร็ว
   ค. อัตราเร่ง
   ง. การกระจัด

จุดประสงค์ ระบุความแตกต่างระหว่างการกระจัดกับระยะทางในการเคลื่อนที่

11. ระยะทางกับการกระจัดต่างกันอย่างไร (การวิเคราะห์)
   ก. ระยะทางมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับการกระจัด
   ข. ระยะทางมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากันกับการกระจัด
   ค. ระยะทางมีค่าเท่ากับการกระจัด
   ง. ระยะทางเป็นปริมาณเวกเตอร์
12. ข้อความใดอธิบายความหมายของการกระจัดได้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)
   ก. ความยาวของเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่
   ข. ความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย
   ค. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
   ง. ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา

จุดประสงค์ คำนวณค่าอัตราเร็ว และความเร็วเฉลี่ย และความเร่งของการเคลื่อนที่

13. แดงเดินไปทางทิศเหนือได้ระยะทาง 500 เมตร ใช้เวลา 2 นาที และเดินเลี้ยวไปทางตะวันออกเป็นระยะทาง 400 เมตร ใช้เวลา 3 นาที อัตราเร็วเฉลี่ยในการเดินมีค่าเท่าไร (นำไปใช้)

ก. 2 เมตร/วินาที ข. 3 เมตร/วินาที

ค. 4 เมตร/วินาที ง. 5 เมตร/วินาที

14. รถคันหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที มองเห็นไฟแดงลดความเร็วเหลือ 5 เมตร/วินาที ภายในเวลา 5 วินาที ความเร่งของรถคันนี้มีค่าเท่าไร (นำไปใช้)

ก. -3 เมตร/วินาที^{2} ข. -3.5 เมตร/วินาที^{2}

ค. 3.5 เมตร/วินาที^{2} ง. 3 เมตร/วินาที^{2}

จุดประสงค์ อธิบายการนำหลักการเคลื่อนในแนวเส้นตรงไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง

15. ในการทดลอง นักเรียนวางหุ่นดินน้ำมันบนรถเลื่อนที่อยู่นิ่งบนโต๊ะ จากนั้นให้รถอีกคันที่มวลเท่ากันชนเข้ากับรถที่จอดอยู่นักเรียนสังเกตเห็นว่าหุ่นดินน้ำมันนั้นพลิกหงายไปด้านหลัง หลักฟิสิกส์ใดที่อธิบายว่าทำไมหุ่นจึงพลิก (ความเข้าใจ)

ก. กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน ข. ข้อที่ 2 ของนิวตัน

ค. กฎของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา ง. วิปแลช

16. การชนใน คำถามข้อที่ 17 หุ่นดินน้ำมันจะได้รับการป้องกันจากการพลิกไปด้านหลังโดยคำตอบข้อใด (ความเข้าใจ)

ก. การใช้เข็มขัดนิรภัย ข. การมีถุงลมด้านหน้า

ค. การนั่งบนที่นั่งที่มีพนักพิงศีรษะ ง. ถูกทุกข้อ

17. งานมีความหมายสอดคล้องกับข้อใด (ความจำ)

ก. เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ข. เกิดจากแรงไปกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง

ค. เกิดจากที่แรงไปกระทำกับวัตถุ

ง. เป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็นจูล

18. งานในข้อใดมีค่าเป็นศูนย์ (ความเข้าใจ)

ก. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ตั้งฉากกัน

ข. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่มีทิศเดียวกัน

ค. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ทำมุมกัน

ง. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ตรงข้ามกัน

19. งานสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ในข้อใด (การวิเคราะห์)

ก. แรง x ระยะทางตามแนวแรง

ข. มวล x ระยะทาง

ค. แรง x ระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรง

ง. มวล x ระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรง

20. ชายคนหนึ่งออกแรงแบกวัตถุ 100 นิวตัน แล้วเดินขึ้นบันไดสูง 5 เมตร จงหางานที่ชายคนนี้ทำ (ประยุกต์ใช้)

ก. 500 จูล

ข. 1,500 จูล

ค. 2,050 จูล

ง. 2,500 จูล

****

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม มีทั้งหมด จำนวน 20 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยข้อความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อยู่ทางด้านซ้ายมือ ส่วนด้านขวามือเป็นระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4 หมายถึง เห็นด้วย
3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความเห็นของนักเรียนมากที่สุดในการตอบแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ฉบับนี้ไม่มีความคิดเห็นใดที่ถือว่าถูกหรือผิด เพราะเกิดจากความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียนและคำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนทั้งสิ้น

ตัวอย่าง :

ความคิดเห็นของนักเรียน	**เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5**	**เห็นด้วย 4**	**ไม่แน่ใจ 3**	**ไม่เห็นด้วย 2**	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1**
วิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรมเป็นวิชาที่น่าสนใจ		/			

แบบสอบถามเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของนักเรียน	เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5	เห็นด้วย 4	ไม่แน่ใจ 3	ไม่เห็นด้วย 2	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1
ด้านคุณภาพการสอน						
1	ฉันรู้สึกว่าครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนเพื่อส่งเสริมให้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง					
2	ฉันรู้สึกว่าครูผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดจัดการเรียนการสอนเป็นขั้นตอน เหมาะสมเข้าใจง่าย					
3	ฉันรู้สึกว่าครูผู้สอนมีความตรงต่อเวลาสม่ำเสมอ					
4	ฉันรู้สึกว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนที่ไม่ทันทันสมัย					
5	ฉันรู้สึกว่าครูผู้สอนที่มาสอนไม่ได้จบวิทยาศาสตร์					
ด้านเนื้อหา						
1	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สร้างความท้าทายให้กับผู้เรียน					
2	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์					
3	ฉันรู้สึกมีความพยามทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์					
4	ฉันรู้สึกว่าการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน					
5	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก					

ข้อที่	ความคิดเห็นของนักเรียน	เห็นด้วยอย่างยิ่ง 5	เห็นด้วย 4	ไม่แน่ใจ 3	ไม่เห็นด้วย 2	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1
ด้านกิจกรรมการเรียน						
1	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์					
2	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ					
3	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์มีการสอดแทรกรูปแบบการเรียนรู้และกิจกรรมที่หลากหลาย					
4	ฉันรู้สึกชอบวิธีการสอนแบบทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์					
5	ฉันรู้สึกไม่ชอบโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนของวิชาวิทยาศาสตร์					
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้						
1	ฉันรู้สึกอยากมาโรงเรียนทุกวันที่มีเรียนวิชาวิทยาศาสตร์					
2	ฉันรู้สึกไม่กล้าตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียนบ่อยครั้ง					
3	วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนแล้วสนุกไม่น่าเบื่อ					
4	ฉันรู้สึกไม่กล้าแสดงออกทุกครั้งในการเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์					
5	ฉันรู้สึกว่าวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยสร้างเสริมลักษณะนิสัยที่ดีงามและความมีระเบียบวินัยให้แก่ผู้เรียน					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			∑R	IOC	แปลผล
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			∑R	IOC	แปลผล
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
32	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
34	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
37	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ได้วัด ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	p	q	pq	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล
1	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
2	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ปานกลาง
3	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
4	0.41	0.59	0.24	0.41	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
5	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ปานกลาง
6	0.75	0.25	0.19	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.21	ปานกลาง
7	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ปานกลาง
8	0.34	0.66	0.22	0.34	ค่อนข้างยาก	0.85	ดีมาก
9	0.34	0.66	0.22	0.34	ค่อนข้างยาก	0.85	ดีมาก
10	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
11	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
12	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
13.	0.74	0.26	0.19	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.79	ดีมาก
14	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
15	0.74	0.26	0.19	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.79	ดีมาก
16	0.75	0.25	0.19	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.21	ปานกลาง
17	0.74	0.26	0.19	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.79	ดีมาก
18	0.66	0.34	0.22	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.85	ดีมาก
19	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
20	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.65	ดีมาก
21	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.65	ดีมาก
22	0.33	0.67	0.22	0.33	ค่อนข้างยาก	0.37	ดี
23	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
24	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
25	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี

ข้อที่	p	q	pq	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล
26	0.66	0.34	0.22	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.85	ดีมาก
27	0.74	0.26	0.19	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.79	ดีมาก
28	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ดี
29	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ดี
30	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ดี
31	0.75	0.25	0.19	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.21	ปานกลาง
32	0.67	0.33	0.22	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.37	ดี
33	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
34	0.59	0.41	0.24	0.59	ยากพอเหมาะ	0.51	ดี
35	0.74	0.26	0.19	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.79	ดีมาก
36	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ดี
37	0.75	0.25	0.19	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.21	ปานกลาง
38	0.50	0.50	0.25	0.50	ยากพอเหมาะ	0.34	ดี
39	0.25	0.75	0.19	0.25	ค่อนข้างยาก	0.21	ปานกลาง
40	0.25	0.75	0.19	0.25	ค่อนข้างยาก	0.21	ปานกลาง
ผลรวม	-	-	**8.92**	-	-	-	-

หาค่าความเที่ยงของแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

$$= \frac{40}{40-1}\left[1-\frac{8.92}{49.23}\right]$$

$$= 0.86$$

ดังนั้น ความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่า 0.86

ตารางภาคผนวกที่ 3 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน

กลุ่มทดลอง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	6	16
2	5	16
3	6	15
4	5	14
5	7	13
6	5	15
7	5	18
8	8	12
9	5	19
10	6	16
11	10	17
12	5	18
13	10	16
14	6	16
15	9	14
16	8	16
17	5	17
18	6	16
19	8	16
20	8	16
21	8	18
22	8	16
23	6	16
24	10	14
25	8	11
26	8	16

กลุ่มทดลอง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
27	5	17
28	9	16
29	6	15
30	5	15
ΣX	206	470
$\bar{X}$	6.87	15.67
S.D.	1.71	1.72

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียน	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
1	6	8
2	5	5
3	6	10
4	5	5
5	7	7
6	5	10
7	5	8
8	8	6
9	5	4
10	6	6
11	10	10
12	5	6
13	10	6
14	6	6
15	9	5
16	8	6
17	5	5
18	6	6
19	8	6
20	8	8
21	8	10
22	8	8
23	6	6
24	10	9
25	8	5

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียน	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
26	8	10
27	5	4
28	9	6
29	6	6
30	5	6

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนระหว่างระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับแบบปกติ

คนที่	**คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียน**	
	กลุ่มสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน	**กลุ่มปกติ**
1	16	10
2	16	11
3	15	10
4	14	10
5	13	9
6	15	10
7	18	10
8	12	10
9	19	10
10	16	12
11	17	11
12	18	10
13	16	11
14	16	13
15	14	9
16	16	9
17	17	10
18	16	11
19	16	10
20	16	11
21	18	13
22	16	10
23	16	10
24	14	10
25	11	11

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียน	
	กลุ่มสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน	กลุ่มปกติ
26	16	13
27	17	9
28	16	10
29	15	10
30	15	9

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ คะแนนแบบสอบสอบวัดเจตคติก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คนที่	**คะแนนแบบวัดเจตคติก่อนเรียน**	
	กลุ่มทดลอง	**กลุ่มควบคุม**
1	3.68	3.85
2	3.47	4.3
3	3.26	2.75
4	3.31	3.95
5	3.26	2.9
6	3.52	2.15
7	3.78	3.4
8	3.78	3.8
9	3.63	3.65
10	3.21	3.2
11	3.78	2.25
12	3.57	2.45
13	3.36	2.95
14	3.31	3.45
15	3.05	3.35
16	3.15	3.6
17	2.68	2.45
18	3.31	3.05
19	3.1	4.1
20	3.05	3.7
21	3.05	3.65
22	3.73	3.35
23	3.1	2.9
24	3.73	3.95
25	3.36	3.45

คนที่	คะแนนแบบวัดเจตคติก่อนเรียน	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
26	3.68	3.7
27	3.57	3.9
28	3.52	3.6
29	3.73	4.25
30	3.68	3.8

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงคะแนนแบบวัดเจตคติของนักเรียนหลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐานกับแบบปกติ

คนที่	**คะแนนแบบวัดเจตคติของนักเรียนหลังเรียน**	
	กลุ่มสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน	**กลุ่มปกติ**
1	4.60	3.85
2	4.47	4.30
3	4.60	3.20
4	4.47	3.70
5	4.00	2.90
6	4.40	2.75
7	4.20	3.50
8	4.13	3.95
9	4.47	3.85
10	4.60	4.15
11	4.53	3.75
12	4.87	3.55
13	4.33	3.35
14	4.33	3.85
15	4.60	3.60
16	4.13	3.55
17	4.80	3.35
18	4.67	3.30
19	4.67	3.50
20	4.87	3.15
21	4.93	3.20
22	4.60	3.05
23	4.47	3.25
24	4.20	3.45
25	4.40	3.60

คนที่	คะแนนแบบวัดเจตคติของนักเรียนหลังเรียน	
	กลุ่มสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน	กลุ่มปกติ
26	4.47	3.30
27	4.80	3.70
28	4.60	3.35
29	5.00	3.45
30	5.00	3.45

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			∑R	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่2	คนที่ 3			
ด้านคุณภาพการสอน						
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
ด้านเนื้อหา						
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้						
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

+1 = มีความสอดคล้องกับการวัดเจตคติ

0 = ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับการวัดเจตคติ

-1 = ไม่มีความสอดคล้องกับการวัดเจตคต

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

ข้อที่	อำนาจจำแนก
1	0.33
2	0.5
3	0.33
4	0.58
5	0.67
6	0.5
7	0.42
8	0.58
9	0.42
10	0.5
11	0.58
12	0.42
13	0.5
14	0.42
15	0.58
16	0.42
17	0.33
18	0.5
19	0.42
20	0.58

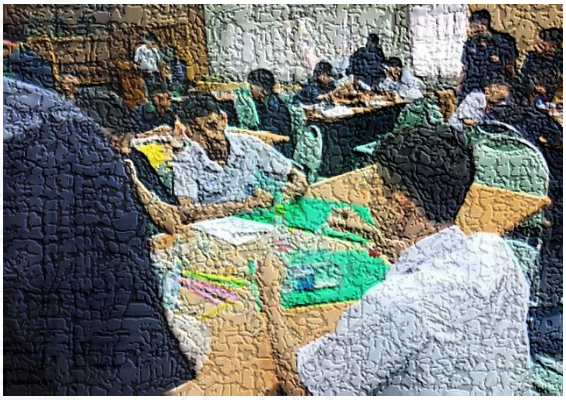
ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดเจตคติทั้งฉบับเท่ากับ 0.81

ภาคผนวก จ

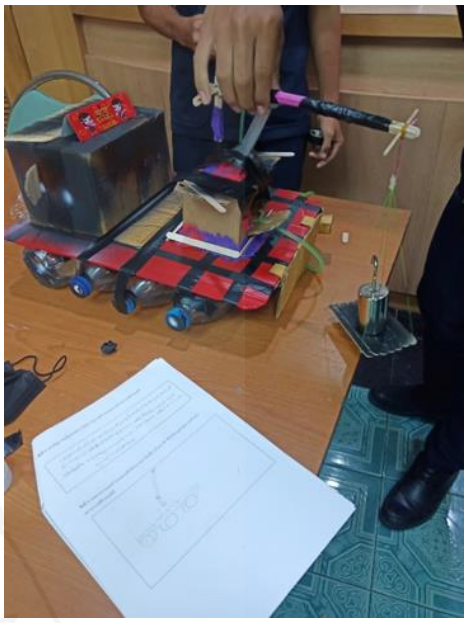
ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง สมดุลวัตถุ

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง สมดุลวัตถุ กิจกรรม รถเครนจอมพลัง



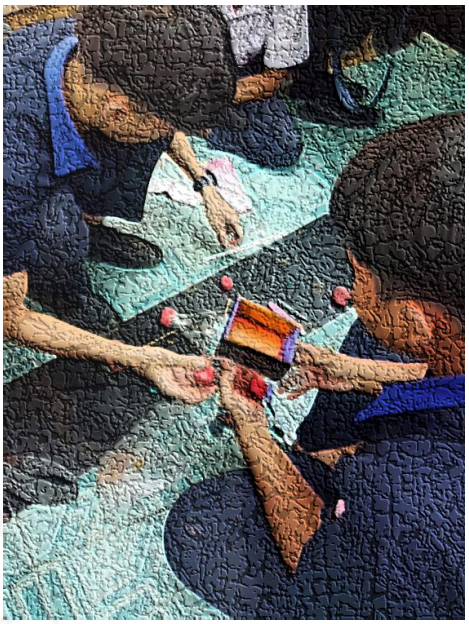
ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง สมดุลวัตถุ กิจกรรม รถเครนจอมพลัง (ต่อ)

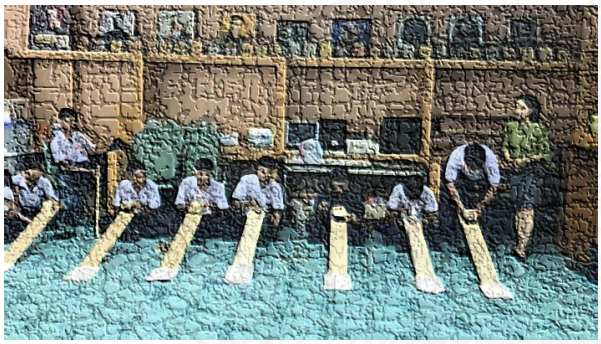


ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง สมดุลวัตถุ กิจกรรม รถเครนจอมพลัง (ต่อ)

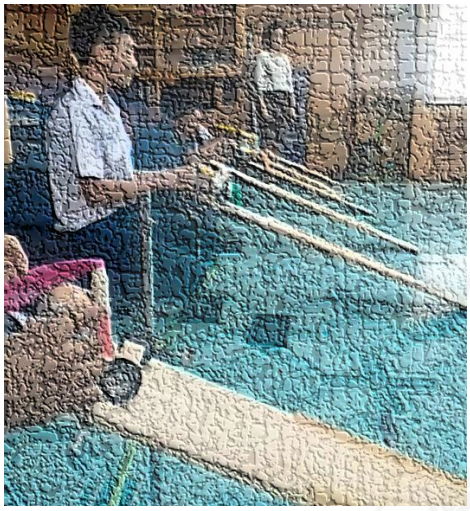
ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กิจกรรม รถบรรทุกจอมพลัง

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กิจกรรม รถบรรทุกจอมพลัง (ต่อ)

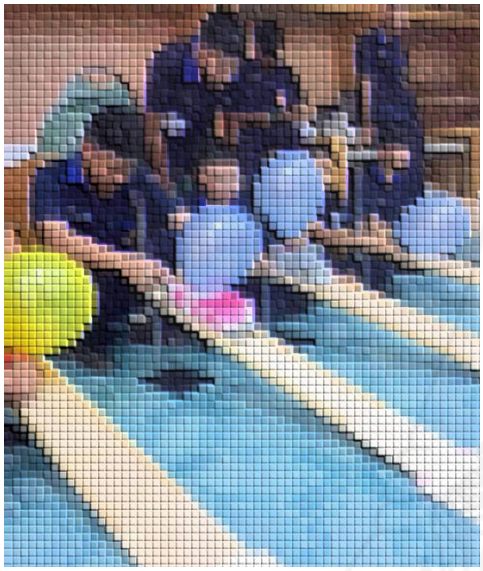


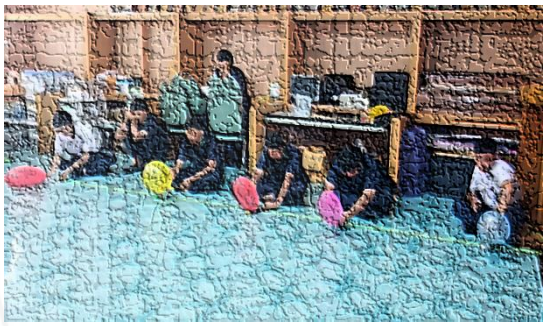


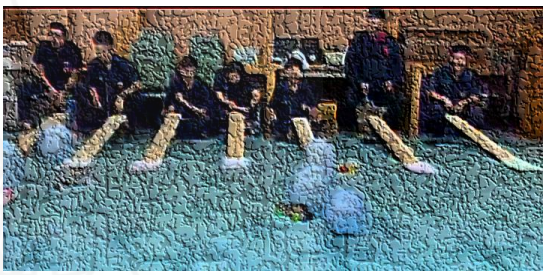
ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กิจกรรม รถบรรทุกจอมพลัง (ต่อ)

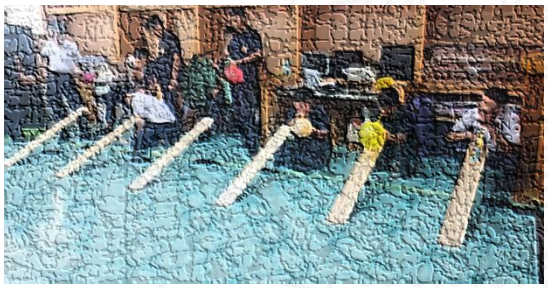


ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
โดยใช้การสืบเสาะ 7E เป็นฐาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กิจกรรม รถนิรภัยไฮเทคพลังงานลม









ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวบังอร ดำด้วงโรม
วัน เดือน ปีเกิด	21 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตรบัญฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2547
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ตำแหน่ง	ครู คศ.1