

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION-BASED LEARNING
MANAGEMENT ON A BASIC DIGITAL ELECTRONICS CIRCUIT APPLICATION
FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS

ศุภชัย ราชผิ๊ง

SHUPHACHAI RATCHAPUENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2109-ED-M-232-077

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION-BASED LEARNING
MANAGEMENT ON A BASIC DIGITAL ELECTRONICS CIRCUIT APPLICATION
FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS

ศุภชัย ราชผิ๊ง
SHUPHACHAI RATCHAPUENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2109-ED-M-232-077

THE DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION BASED LEARNING
MANAGEMENT ON A BASIC DIGITAL ELECTRONIC CIRCUIT
APPLICATION FOR THE VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS

SHUPHACHAI RATCHAPUENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONICS
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2109-ED-M-232-077

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
นักศึกษา	นายศุภชัย ราชผึ้ง
รหัสนักศึกษา	57603102
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร กิติพงศ์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.ดร ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีคุณภาพ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ใบกิจกรรมและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีวพนมสารคาม จำนวน 16 คน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ t-test แบบ Dependent ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพมีคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.58, S.D. = 0.52$) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53, S.D. = 0.52$)

Thesis Title	The Development of STEM Education-Based Learning Management on A Basic Digital Electronics Circuit Application for Vocational Certificate Students.
Student	Mr.Shuphachai Ratchapueng
Student ID	57603102
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2562
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kittipong Mano
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Piya Supavarasuwat

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop STEM education-based learning management on a basic digital electronics circuit application for vocational certificate students and compare student academic achievement on pre-test and post-test scores as well as learner satisfaction. The sample for this study consisted of 16 vocational certificate students from the Electronics Department, Phanomsarakham Industrial and Community Education College. The tools for data collection were a leaning activity sheet, STEM education-based learning achievement test, and an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were mean, standard deviation, and a paired sample t-test. The results of the study showed that the quality of STEM education-based learning was at the great level ($\bar{X} = 4.58, S.D. = 0.52$) When the pre and post-test scores were compared, it was found that the average of the post-test scores ($\bar{X} = 26.44, S.D. = 2.19$) was statistically higher than the average of the pre-test ones ($\bar{X} = 16.44, S.D. = 2.97$) at the .01 level. Learner satisfaction was at the most level ($\bar{X} = 4.53, S.D. = 0.52$)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. กิติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในขั้นตอนสุดท้าย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ นางสุกัญญา ธรรมสุขิโย นายคชาวุธ เทพยศ นายพนมไพโร สุขมา นางสาวผกายมาศ เขียวสอาด และนางสาวฉัตรชลากรณ์ โลระลุน ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการวิจัย และขอขอบใจนักเรียน สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นกลุ่มตัวอย่างให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในงานวิจัยได้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ บิดา มารดา ของ ผู้วิจัย และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ศุภชัย ราชผึ้ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	V
สารบัญตาราง.....	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วิชาวงจรดิจิทัล	5
2.2 สะเต็มศึกษา	15
2.3 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล	35
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	40
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	40
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	40
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	50
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	51
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	52
3.7 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน	53

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	56
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	57
4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.....	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	63
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	64
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....	66
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	73
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	78
ภาคผนวก ง ใบกิจกรรม.....	90
ภาคผนวก จ แบบสังเกต.....	99
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินความพึงพอใจ.....	104
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์หาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	113
ภาคผนวก ซ คู่มือใบกิจกรรม.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	134

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสถานะทาง ลอจิก 0 และลอจิก 1.....	6
2.2 แสดงความแตกต่างการประเมินผล Formative และ Summative	32
4.1 ตารางวิเคราะห์คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร ดิจิทัลเบื้องต้น.....	56
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น.....	57
4.3 ตารางวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการ ประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น.....	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วงจรดิจิทัลที่ตอบสนองกับ สัญญาณอินพุตไบนารีที่ระดับลอจิกแต่ไม่ใช่ค่าแรงดันจริง.....	7
2.2 ลอจิกเกตที่มีสองอินพุต.....	8
2.3 ตารางความจริง ลอจิกเกตสองอินพุต	8
2.4 ออร์เกต จากทรานซิสเตอร์-ตัวต้านทาน.....	9
2.5 ตารางความจริงของออร์เกต แบบสองอินพุต (ก) และสัญลักษณ์ (ข)	9
2.6 แอนด์เกตเกต จากทรานซิสเตอร์-ตัวต้านทาน.....	10
2.7 ตารางความจริงของแอนด์เกตแบบสองอินพุต (ก) และ สัญลักษณ์ (ข)	10
2.8 นอตเกต จากทรานซิสเตอร์-ตัวต้านทาน.....	11
2.9 ตารางความจริงของ นอตเกต (ก) และสัญลักษณ์ (ข)	11
2.10 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจร	11
2.11 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจรมีการใส่วงเล็บ	12
2.12 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจรมีการใช้นอตเกตหรือ อินเวอร์เตอร์	12
2.13 ตัวอย่างวงจรถูกที่ที่มีความซับซ้อน	12
2.14 การหาค่าลอจิกเอาต์พุตของวงจรถูกโดยการแทนค่าลอจิกลงในรูปวงจร	13
2.15 การสร้างวงจรถูกจากนิพจน์บูลีนโดยวิธีทางตรง	13
2.16 แสดงการระบับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา	32
3.1 ขั้นตอนการสร้างใบกิจกรรม	43
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	44
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....	45
3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	47
3.6 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีจุดมุ่งหมายของหลักสูตรในด้านความรู้ เพื่อให้เป็นผู้มีปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ มีทักษะในการจัดการและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ จากคู่มือการใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ระบุว่าให้ครูผู้สอนได้นำมาใช้ในการเรียนการสอนมีประเด็นที่สำคัญ คือ เป็นการจัดการเรียนการสอนเน้นการปฏิบัติจริง สามารถจัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะในวิชาการที่สัมพันธ์กับวิชาชีพ ในการวางแผน แก้ปัญหาและจัดการทรัพยากรในการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม มีส่วนร่วมในการพัฒนาวิชาการ ริเริ่มสิ่งใหม่ มีความรับผิดชอบต่องานของตนเอง ผู้อื่นและหมู่คณะ เป็นอิสระในการปฏิบัติงานที่ซับซ้อนหรือจัดการงานผู้อื่น มีส่วนร่วมที่เกี่ยวข้องกับการวางแผน การประสานงานและการประเมินผล รวมทั้งมีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ เจตคติและกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2556 : 3)

นอกจากนี้ กระบวนการเรียน ตามที่ สิริรักษา กิจเกื้อกูล (2557 : 57) ระบุไว้ว่า “ แนวทางคิดการสอนที่มุ่งมั่นพัฒนาให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรียนรู้ มีทักษะการคิด ทักษะการสื่อสาร และตามคุณลักษณะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสถาบันวิจัยแห่งชาติของประเทศไทยสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกันและมุ่งเน้นให้เยาวชนมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรมีการแทรกเนื้อหา แนวคิดด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน ” และวารินทร์พร ฟันเฟื่องฟู (2559 : 198) ได้อธิบายว่า “ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะความคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ”

สำหรับวิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม เป็นสถานศึกษาที่เปิดสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาวงจรดิจิทัล ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มวิชาชีพเฉพาะ เป็นรายวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณระบบตัวเลข คณิตศาสตร์ทางลอจิก วงจรดิจิทัลต่าง ๆ เช่น วงจรคอมบิเนชันเบื้องต้น ฟลิปฟลอป วงจรนับ วงจรเลื่อนข้อมูล การเข้ารหัส ถอดรหัส และการประยุกต์ใช้งานไอซีดิจิทัล เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่แยกสอนทฤษฎีและปฏิบัติไม่มีการบูรณาการกระบวนการคิด การหาข้อมูล การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา เพื่อการใช้ประโยชน์จริง ทำให้นักเรียนทำตามใบงานและบันทึกผล โดยไม่คิดวิเคราะห์ ไม่เห็นคุณค่าการใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเกิดความเบื่อหน่ายเกิดความไม่สนใจหรือตั้งใจเรียนอย่างจริงจัง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนักศึกษาประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดกรมอาชีวศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่พบว่า “ ในด้านการจัดการเรียนการสอนวิธีการสอนที่เหมาะสมจะเป็นสิ่งที่เพิ่มพูนประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการสอนมาก เพราะฉะนั้นการเลือกวิธีการสอนให้เหมาะสมกับภาวการณ์หนึ่งเท่านั้นยังไม่เพียงพอจะต้องคาดการณ์ว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไร และต้องมีวิธีการสอนหลักและวิธีการสอนรอง ” ศรีธัญญา สุธิมารา (2542:63) ในกระบวนการถ่ายทอดความรู้ จึงเป็นกระบวนการที่จุดหมาย มีหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ และกิจกรรมที่ใช้ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียน

จากสภาพปัญหาผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนรายวิชาวงจรดิจิทัล สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม สนใจและเห็นประโยชน์ของกระบวนการสะเต็มศึกษาจึงศึกษาวิจัย การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และนำความรู้ ประสบการณ์มาบูรณาการ พัฒนาการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ทักษะวิชาชีพ และการทำงานเป็นทีม นอกจากนั้น ยังเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนการสอนของผู้สอนและผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ใช้ในงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วย การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.3.2 นักเรียนที่เรียนด้วยจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญที่ .01

1.3.3 ความพึงพอใจนักเรียนที่เรียนด้วย การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วัดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.4 กรอบแนวความคิด

ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบของสะเต็มศึกษา ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา ในสถานศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (วารินทร์ ฟันเฟื่องฟู, 2559) ดังนี้

1. ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรดิจิทัล ปีการศึกษา 2561

1.5.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรดิจิทัล ปีการศึกษา 2561 จำนวน 16 คน โดยการคัดเลือกตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

1.5.3 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับผู้เรียนแผนกอิเล็กทรอนิกส์ เป็นส่วนหนึ่งของวิชา วงจรดิจิทัล รหัสวิชา 2105 - 2007 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภท วิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

1.5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
2. ตัวแปรตาม คือ คุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน, ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวงจรดิจิทัล เรื่อง ประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้ชื่อกิจกรรม “รถขนของเดินตามเส้นทาง”

1.6.2 การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หมายถึง การออกแบบและสร้างวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เพื่อความคุมการทำงานอุปกรณ์เพื่อใช้ใน กิจกรรม “รถขนของตามเดินเส้นทาง ”

1.6.3 ใบกิจกรรม หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม “รถขนของเดินตามเส้นทาง ” จุดประสงค์ วัสดุและอุปกรณ์ วิธีการดำเนินกิจกรรมและคำถามท้ายกิจกรรม

1.6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบซึ่งลักษณะข้อสอบจะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ สำหรับนำไปใช้ทดสอบนักเรียน ก่อนและหลังเรียน

1.6.5 แบบสังเกต หมายถึง แบบที่แสดงรายการพฤติกรรมการทำงานและระดับคะแนน เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.6 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกในสิ่งที่ดีเป็นที่พอใจประทับใจของนักเรียนที่เรียน ด้วยการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.7 แบบประเมินความพึงพอใจ หมายถึง รายการและระดับความคิดเห็น เพื่อใช้ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.8 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์การ ไม่น้อยกว่า 2 ปี ในวิชาวงจรดิจิทัล หรือวิชาที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กัน หรือการจัดการเรียนการสอน หรือการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และมีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี

1.6.9 คุณภาพ หมายถึง ความสอดคล้องของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับวัตถุประสงค์ ที่ผ่านการประเมิน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารายละเอียดข้อมูล เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเรียงลำดับความสำคัญ ดังนี้

1. วิชาวงจรดิจิทัล
2. สะเต็มศึกษา
3. การหาคุณภาพของเครื่องมือวัด
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิชาวงจรดิจิทัล

รายละเอียดของรายวิชาวงจรดิจิทัล รหัสวิชา 2105 – 2007 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นำมาวิเคราะห์เป็นแนวทางวางแผนการสอน ตรงตามความต้องการของหลักสูตร ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานของวงจรดิจิทัล
2. มีทัศนคติในการประกอบและทดสอบวงจรดิจิทัล
3. มีทัศนคติในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมและปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ และปลอดภัย

2.1.2 สมรรถนะรายวิชา

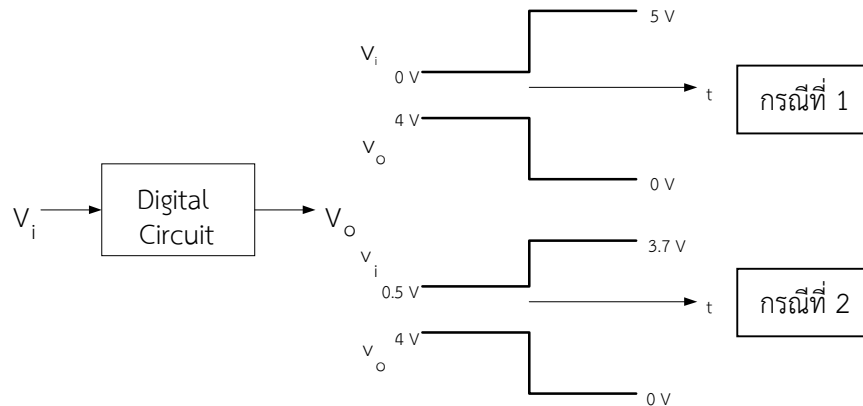
1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานวงจรดิจิทัล
2. ประกอบและทดสอบวงจรดิจิทัล

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบตัวเลข การคำนวณและการแปลงเลขฐานต่าง ๆ รหัสไบนารีและรหัสต่าง ๆ คณิตศาสตร์ทางลอจิก การลดรูปสมการลอจิก ลอจิกไดอะแกรม วงจรบวก ลบ เลขไบนารี การเข้ารหัส ถอดรหัส วงจรคอมบินเนชัน ฟลิปฟลอป วงจรนับ วงจรเลื่อนข้อมูล วงจรแสดงผลหน่วยความจำ คุณสมบัติไอซีตระกูลต่าง ๆ และการอ่านคู่มือไอซีดิจิทัล

2.1.4 วงจรดิจิทัลและวงจรถอดจิก

วงจรถอดจิกจะถูกออกแบบให้สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตภายใต้การนิยามระดับลอจิก ดังที่ยกตัวอย่างไว้ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วงจรถอดจิกที่ตอบสนองกับ สัญญาณอินพุตไบนารีที่ระดับลอจิกแต่ไม่ใช่ค่าแรงดันจริง

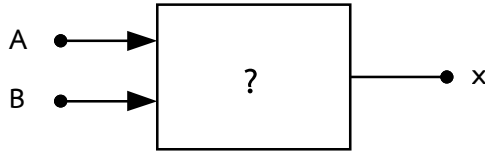
วงจรถอดจิก หมายถึง วงจรถอดจิกทำงานตามลอจิกของสัญญาณอินพุต จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วงจรถอดจิก (Logic Circuit) การทำงานของระบบดิจิทัล สามารถอธิบายได้โดยสมการพีชคณิตลอจิก (Logic Equation) ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรลอจิก (Logic Variable) เป็นตัวแปรที่รับค่าเพียงสองค่า หรือเรียกอีกอย่างว่า ตัวแปรสองสถานะ (Bi-State Variable) โดยมีข้อกำหนดคือ สามารถมีสถานะได้เพียงสองสถานะเท่านั้น และจะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งเท่านั้น จะอยู่พร้อมกันทั้งสองสถานะในเวลาเดียวกันไม่ได้ สถานะดังกล่าวอาจแทนความหมายต่าง ๆ เช่น เปิด - ปิด, สูง - ต่ำ, หนึ่ง - ศูนย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงสถานะทาง ลอจิก “0” และลอจิก “1”

ลอจิก “0”	ลอจิก “1”
เท็จ (False)	จริง (True)
ปิด (Off)	เปิด (On)
ต่ำ (Low)	สูง (High)
ไม่ใช่ (No)	ใช่ (Yes)
เปิดสวิตช์ (Open Switch)	ปิดสวิตช์ (Closed Switch)

ตัวกระทำทางลอจิก (Logic Operators) เป็นการเอาตัวแปรลอจิกมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดตัวกระทำและสถานะของตัวแปรลอจิกที่ถูกกระทำดังแสดง

ในภาพที่ 2.2 การดำเนินการเหล่านี้เรียกว่าการดำเนินการทางลอจิก (Logic Operation) และวงจรดิจิทัลที่ใช้ดำเนินการทางลอจิกเหล่านี้เรียกว่า ลอจิกเกต (Logic Gate) ซึ่งสามารถสร้างได้จาก ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และตัวต้านทาน



ภาพที่ 2.2 ลอจิกเกตที่มีสองอินพุต

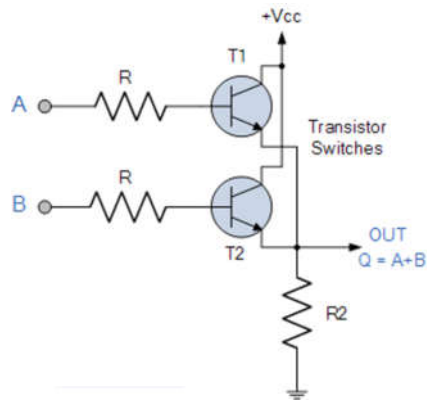
1. ตารางความจริง (Truth Table) เป็นตารางที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกิดจาสมการลอจิกของลอจิกเกตนั้น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.3

A	B	x
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

ภาพที่ 2.3 ตารางความจริง ลอจิกเกตสองอินพุต

2. วงจรลอจิกเกต เป็นวงจรขนาดเล็กที่สุดของวงจรดิจิทัลและคอมพิวเตอร์ วงจรพื้นฐานมีอยู่ 3 ชนิด คือ OR Gate, AND Gate, NOT Gate และสามารถพัฒนาเป็นเกตแบบต่าง ๆ ได้

2.1 ออร์เกต (OR Gate) เป็น ออร์เกตคือเกตที่ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 0 เมื่อสัญญาณอินพุตทุกตัวเป็น 0 และจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 1 เมื่อสัญญาณอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็น 1 ซึ่งเปรียบเสมือนกันบวกกันของอินพุต สามารถประกอบวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.4 ออร์เกตจากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน และตารางความจริงและสัญลักษณ์ดังแสดงในภาพ 2.5 (ก) และภาพที่ 2.5 (ข)

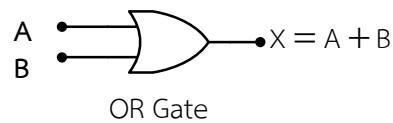


ภาพที่ 2.4 ออร์เกต จากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน

ที่มา : https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_3.html

OR		
A	B	x = A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ก)

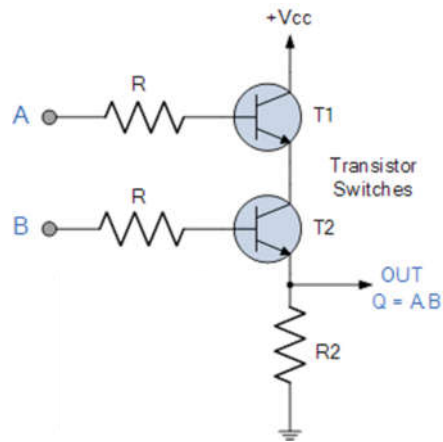


(ข)

ภาพที่ 2.5 ตารางความจริงของออร์เกต แบบสองอินพุต (ก) และสัญลักษณ์ (ข)

สมการบูลีนของออร์เกตสามารถเขียนได้ดังนี้ $X = A + B$ เครื่องหมาย (+) ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงการบวก แต่เป็นเครื่องหมายแทนการออร์

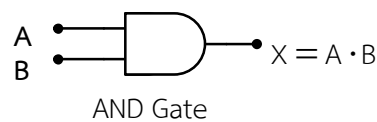
2.2. แอนด์เกต (AND Gate) คือเกตที่ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 1 เมื่อสัญญาณอินพุตทุกตัวเป็น 1 และจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 0 เมื่อสัญญาณอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็น 0 ซึ่งเปรียบเสมือนกันคู่กันของอินพุต สามารถประกอบวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ แสดงไว้ในภาพที่ 2.6 แอนด์เกตจากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน และตารางความจริงและสัญลักษณ์ดังแสดงในภาพ 2.7 (ก) และภาพที่ 2.7 (ข)



ภาพที่ 2.6 แอนด์เกต จากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน

ที่มา : https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_2.html

AND		
A	B	$X = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



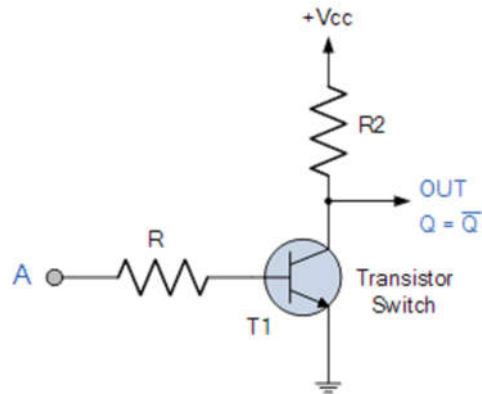
(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.7 ตารางความจริงของแอนด์เกตแบบสองอินพุต (ก) และ สัญลักษณ์ (ข)

สมการบูลีนของแอนด์เกตสามารถเขียนได้ดังนี้ $X = A \cdot B$ เครื่องหมาย (\cdot) แสดงถึงการแอนด์ ซึ่งไม่ใช่การคูณ

2.3 นิเสธเกต (NOT Gate) หรือ นอตเกต เป็นเกตที่มีอินพุตเดียว โดยเอาต์พุตของนอตเกตจะมีค่าตรงกันข้ามกับอินพุต หมายถึง เอาต์พุต X จะเท่ากับลอจิกตรงกันข้ามกับลอจิกของ A หรือ Complement ของ A สามารถประกอบวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในภาพที่ 2.8 นอตเกตจากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน และตารางความจริงและสัญลักษณ์ แสดงในภาพ 2.9 (ก) และภาพที่ 2.9 (ข)

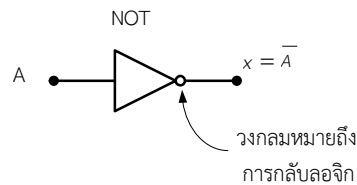


ภาพที่ 2.8 นอตเกต จากทรานซิสเตอร์ – ตัวต้านทาน

ที่มา : https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_4.html

NOT	
A	$x = \bar{A}$
0	1
1	0

(ก)

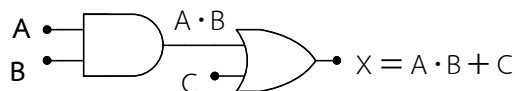


(ข)

ภาพที่ 2.9 ตารางความจริงของ นอตเกต (ก) และสัญลักษณ์ (ข)

3. พีชคณิตบูลีน (Boolean) เป็นเครื่องมือ ที่ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบดิจิทัล พีชคณิตบูลีนทำให้เราสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง เอาต์พุตและอินพุตของลอจิกเกต ในรูปของสมการพีชคณิตหรือ นิพจน์บูลีน (Boolean Expression)

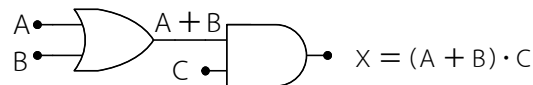
3.1 การอธิบายวงจรลอจิกในรูปพีชคณิต



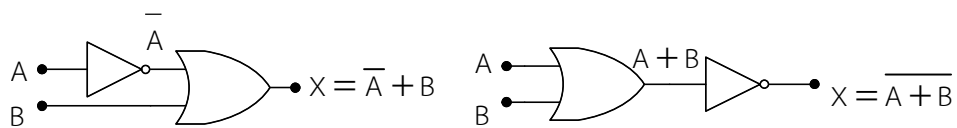
ภาพที่ 2.10 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจร

วงจรลอจิกใด ๆ ไม่ว่าจะมีความซับซ้อนมากเพียงใด ก็สามารถจะอธิบายด้วยการดำเนินการบูลีนได้ เนื่องจากการดำเนินการ OR, AND และ NOT เป็นการดำเนินการพื้นฐานของระบบดิจิทัล ตัวอย่างในภาพที่ 2.10 แสดงการเขียนนิพจน์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอาต์พุต X กับ อินพุต A, B และ C ของวงจรลอจิก จะเห็นได้ว่าแอนด์เกตทำการแอนด์ อินพุต A และ B

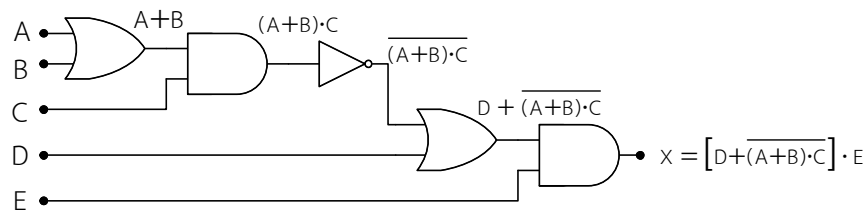
จากนั้นจึงถูกออร์กับ อินพุต C โดย ออร์เกต ได้ผลลัพธ์เป็นเอาต์พุต X ในที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน ในกรณีที่มีการออร์และแอนด์ในวงจรลอจิก จะกำหนดให้การดำเนินการแอนด์เกิดขึ้นก่อนการออร์ ยกเว้นหากมีการใส่วงเล็บกำหนดการดำเนินการไว้อย่างชัดเจน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ อันดับของการดำเนินการทางพีชคณิตทั่วไป ที่จะทำการคูณตัวเลขก่อนทำการบวก ภาพที่ 2.11 และ 2.12 แสดงตัวอย่างวงจรลอจิกและการเขียนนิพจน์ของวงจรลอจิกที่มีการดำเนินการออร์ก่อน แอนด์ และวงจรที่มีการใช้นอตเกตหรือ อินเวอร์เตอร์ ตามลำดับ ภาพที่ 2.13 แสดงตัวอย่างวงจรลอจิกที่มีความซับซ้อน การใส่วงเล็บหลายแบบมาแยกการดำเนินการจะช่วยให้นิพจน์ดูง่ายไม่สับสน



ภาพที่ 2.11 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจรที่มีการใส่วงเล็บ



ภาพที่ 2.12 วงจรลอจิกและนิพจน์บูลีนของวงจรที่มีการใช้นอตเกตหรือ อินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างวงจรลอจิกที่มีความซับซ้อน

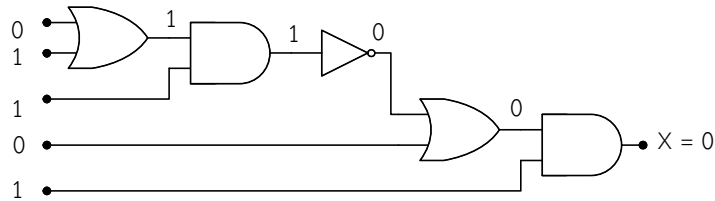
3.2. การหาค่าเอาต์พุตของวงจรลอจิก

เมื่อนิพจน์บูลีนของเอาต์พุตของวงจรลอจิกสามารถเขียนออกมาได้ การหาค่าเอาต์พุตสำหรับชุดอินพุตหนึ่ง ๆ สามารถหาได้โดยการแทนค่าระดับลอจิก “0”, “1” ของอินพุตนั้น ๆ ลงไปในตัวแปรภายในนิพจน์ ยกตัวอย่างการหาลอจิกเอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2.13 สำหรับกรณีที่อินพุตเป็น $A = 0, B = 1, C = 1, D = 0$ และ $E = 1$ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\begin{aligned} X &= [D + \overline{(A+B)C}] \cdot E \\ &= [0 + \overline{(0+1) \cdot 1}] \cdot 1 \\ &= [0 + \overline{1 \cdot 1}] \cdot 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= [0 + \bar{1}] \cdot 1 \\
 &= [0 + 0] \cdot 1 \\
 &= 0 \cdot 1 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

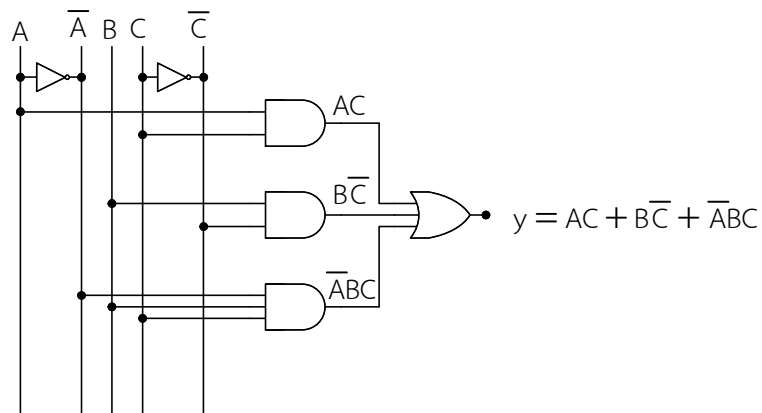
นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถหาค่าลอจิกเอาต์พุตของวงจรลอจิกได้โดยการแทนค่าลอจิกลงในวงจร ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 การหาค่าลอจิกเอาต์พุตของวงจรลอจิกโดยการแทนค่าลอจิกลงในรูปวงจร

3.3 การสร้างวงจรลอจิกจากนิพจน์บูลีน

การดำเนินการของวงจรลอจิกเขียนอยู่ในรูปนิพจน์บูลีน สามารถนำมาสร้างวงจรลอจิกได้โดยตรง พิจารณานิพจน์ $y = AC + \bar{B}C + \bar{A}BC$ จะเห็นว่านิพจน์นี้ประกอบไปด้วยสามเทอม (AC , $\bar{B}C$, และ $\bar{A}BC$) ที่ออร์กัน ดังนั้น ต้องใช้ออร์เกตที่มีสามอินพุตมาใช้ในวงจร และอินพุตของออร์เกต ก็เป็นเทอมการแอนด์ ซึ่งนิยมเรียกว่า เทอมของผลคูณ (Product Term) จะสามารถวาดรูปวงจรลอจิกสุดท้ายได้ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 การสร้างวงจรลอจิกจากนิพจน์บูลีนโดยวิธีทางตรง

3.4 ทฤษฎีบทของบูลีน

ประโยชน์ของการใช้พีชคณิตบูลีน ในการวิเคราะห์วงจรลอจิก และแทนการดำเนินการของวงจรลอจิกในรูปแบบนิพจน์คณิตศาสตร์ได้ เรียนรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทของบูลีนหรือ กฎของบูลีน ซึ่งจะสามารถช่วยให้ลดรูปวงจรลอจิกให้มีขนาดเล็ก

3.4.1 ทฤษฎีบทที่ 1 : Commutative Law (กฎการสลับที่)

$$A + B = B + A$$

$$A \cdot B = B \cdot A$$

3.4.2 ทฤษฎีบทที่ 2 : Associative Law (กฎการจัดหมู่)

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

$$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$$

3.4.3 ทฤษฎีบทที่ 3 : Distributive Law (กฎการกระจาย)

$$A \cdot (B + C) = (A \cdot B + A \cdot C)$$

$$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$$

3.4.4 ทฤษฎีบทที่ 4 : Identity Law (กฎของเอกลักษณ์)

$$A + A = A$$

$$A \cdot A = A$$

3.4.5 ทฤษฎีบทที่ 5 : Negation Law (กฎการลบข้าง)

$$\overline{\overline{A}} = A$$

$$\overline{\overline{\overline{A}}} = \overline{\overline{A}}$$

3.4.6 ทฤษฎีบทที่ 6 : Redundance Law (กฎการลดทอน)

$$A + (A \cdot B) = A$$

$$A \cdot (A + B) = A$$

3.4.7 ทฤษฎีบทที่ 7

$$0 + A = A$$

$$1 \cdot A = A$$

$$1 + A = 1$$

$$0 \cdot A = 0$$

3.4.8 ทฤษฎีบทที่ 8

$$\overline{\overline{A}} + A = 1$$

$$\overline{\overline{A}} \cdot A = 0$$

3.4.9 ทฤษฎีบทที่ 9

$$A + (\overline{A} \cdot B) = A + B$$

$$A \cdot (\bar{A} + B) = A \cdot B$$

3.4.10 De Morgan's Theorem

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

4. วงจรคอมไบเนชัน

เกิดพื้นฐานชนิดต่าง ๆ และ พีชคณิตของบูลีนที่ช่วยในการอธิบายการดำเนินการของวงจรให้อยู่ในรูปนิพจน์และวิเคราะห์การทำงานของวงจรที่สร้างจากวงจรลอจิกเกตหลาย ๆ แบบมาต่อรวมกันหรือ เรียกว่าเป็นวงจรแบบคอมไบเนชัน (Combination) วงจรคอมไบเนชัน นี้ไม่มีลักษณะของความจำ (Memory) เอาต์พุตของวงจรคอมไบเนชัน ขึ้นอยู่กับอินพุตในขณะนั้น ๆ

4.1 ผลบวกของผลคูณ (Sum-of-Product) ในการลดรูปวงจรลอจิก จะต้องการเรียนรู้การเขียน นิพจน์ในรูปของผลบวกของผลคูณ

$$ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C}$$

$$AB + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + CD + D$$

ความหมายของผลบวกของผลคูณ คือ เทอมของการแอนด์หลาย ๆ เทอม ออรักัน โดยที่เทอมแอนด์แต่ละเทอมอาจมีตัวแปรอยู่ในรูปคอมพลิเมนต์หรือ อยู่ในภาพที่ไม่เป็นคอมพลิเมนต์ (ไม่กลับผลลอจิก) เพียงเท่านั้น

4.2 ผลคูณของผลบวก (Product-of-Sum) รูปแบบทั่วไปอีกชนิดหนึ่งคือ ผลคูณของผลบวก ที่ประกอบไปด้วยเทอมออร์หลาย ๆ เทอม แอนด์กันอยู่

$$(A + \bar{B} + C)(A + C)$$

$$(A + \bar{B})(\bar{C} + D)F$$

ในการลดรูปสามารถใช้นิพจน์ในรูปผลบวกของผลคูณแต่เพียงอย่างเดียวได้ ดังนั้นจะไม่กล่าวถึงการลดรูปโดยใช้รูปผลคูณของผลบวก

2.2 สะเต็มศึกษา

2.2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

มนุษย์เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าในสังคมโลก เพราะมนุษย์เป็นผู้มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลง สร้างสรรค์พัฒนาสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี ระบบกลไก และภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโลก หรือแม้แต่การทำลายล้าง โดยที่มนุษย์เป็นผู้เลือกได้ว่าจะทำสิ่งต่าง ๆ เพื่อพัฒนาหรือทำลายล้างสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบันเกิดจากสิ่งแวดล้อมความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง เป็นตัวแปรทำให้เกิดทั้งผลดีและผลเสียต่อมนุษย์ สังคม หรือทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสิ่งที่จะช่วยพัฒนาและแก้ไขการเปลี่ยนแปลงในโลก

ปัจจุบันให้ดีขึ้นคือ การพัฒนามนุษย์โดยองค์รวม ซึ่งควรพัฒนาตั้งแต่มนุษย์เริ่มเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ การศึกษาจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามนุษย์ หล่อหลอมให้มนุษย์เป็นผู้สร้างหรือผู้ทำลาย ทั้งโดยรู้เท่าทันหรือไม่ทันก็ตาม เพื่อให้มนุษย์มีทักษะในการดำรงชีวิตต่อเทคโนโลยีที่ทันสมัย ใฝ่เรียนรู้ มีทักษะการเรียนรู้ และเรียนรู้ตลอดเวลาอย่างยั่งยืน รวมทั้งมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งปัจจุบันและอนาคต ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ล้วนอยู่ในช่วงพัฒนาการศึกษาเพื่อพัฒนามนุษย์ ทั้งนี้ เพราะการศึกษาทำให้คนมีความรู้ที่จะนำมาพัฒนาตนเองและประเทศชาติได้

การจัดการศึกษาที่กำลังเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 คือ การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หรือการศึกษาสะเต็ม ซึ่งเกิดจากการนำศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการการเรียนรู้เข้าด้วยกันได้แก่ S หมายถึง Science หรือวิทยาศาสตร์ T หมายถึง Technology หรือเทคโนโลยี E หมายถึง Engineering หรือวิศวกรรม M หมายถึง Mathematics หรือคณิตศาสตร์ สะเต็ม อาจหมายถึง รากหรือแง่ง ในที่นี้ สะเต็ม อาจหมายถึงสิ่งที่เป็นจุดกำเนิดเป็นรากฐานที่จะก่อให้เกิดการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ในโลกอนาคต ซึ่งทักษะทั้ง 4 ด้านนี้เป็นทักษะที่จำเป็นต่อมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต เพราะการศึกษาแบบ สะเต็ม เป็นการสอนที่ต่างจากในอดีตที่สอนให้เด็กท่องจำ สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้เด็กเรียนรู้ด้วยการลงมือทดลองปฏิบัติและเน้นการคิดเพื่อสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาต่าง ๆ เมื่อเจอปัญหาใหม่ ๆ ในการเรียนรู้แต่ละวัน สะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ควรสอนเริ่มตั้งแต่เด็กตั้งแต่ระดับอนุบาล เพื่อให้เด็กชอบสนุกที่จะเรียนรู้และมีพื้นฐานในการแก้ปัญหาเรียนรู้ที่จะคิดอย่างมีระบบตั้งแต่เล็กเมื่อเติบโตขึ้น จะได้มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาของโลกและพัฒนาการทางเทคโนโลยีการสอน สะเต็ม ตั้งแต่ยังเล็กจะช่วยสร้างทัศนคติที่ดีในวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาที่เด็กส่วนใหญ่รู้สึกว่ายาก ไม่ชอบที่จะเรียน เป็นการช่วยให้เด็กมีทางเลือกในการประกอบอาชีพสายวิทย์และสายคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มจำนวนให้ผู้เรียนสายนี้มีจำนวนพอเพียงกับความต้องการของตลาดเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในปัจจุบันในโลกอนาคต ซึ่งมีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่งการสอนสะเต็มร่วมกับวิชาอื่น ๆ ทางด้านภาษา ศิลปะ สังคม และจริยธรรมจะเป็นการสร้างมนุษย์ให้มีความรู้และทักษะให้การเป็นมนุษย์โดยองค์รวมที่มีคุณภาพในการพัฒนาสังคมโลก

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งผู้สำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในสหรัฐอเมริกา (Koehler, et al., 2013 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกุล, 2557 : 84) ดังนั้นประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวិทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายว่าต้องพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่ความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการสอดแทรกเนื้อหา/แนวความคิด ด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557 : 85)

สำหรับในประเทศไทยที่มีการศึกษาแบบท่องจำมาเป็นเวลานาน ต่อมาแนวการศึกษาเริ่มต้นตัวและเริ่มการศึกษาแบบที่ให้นักเรียนลงมือทดลองและคิดมากขึ้น มีการออกพระราชบัญญัติทางการศึกษา พ.ศ. 2545 ในมาตรา 23 ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้และการบูรณาการที่เหมาะสมความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้มีการจัดเนื้อหาและสาระฝึกทักษะกระบวนการคิดการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จัดการสอนโดยผสมผสานความรู้ด้านต่าง ๆ สนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดสภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้รอบรู้ได้ตลอดเวลาและทุกสถานที่ โดยร่วมมือกับผู้ปกครองและชุมชน และจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 11 พุทธศักราช 2555 - 2559 ที่เน้นการพัฒนาเด็กวัยเรียนให้มีความรู้ทางวิชาการและสติปัญญาทางอารมณ์ที่เข้มแข็ง สามารถศึกษาหาความรู้และต่อยอดองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยพัฒนาหลักสูตร และปรับกระบวนการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้านที่เชื่อมโยงกับภูมิสังคม โดยบูรณาการการเรียนรู้ให้หลากหลาย ทางด้านวิชาการ ทักษะชีวิต นันทนาการที่ครอบคลุมทั้งศิลปะ ให้ความสำคัญสัมพันธ์กับการเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียนโดยการสร้างนิสัยใฝ่รู้ มีทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และการต่อยอดสู่ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแบบสะเต็มที่เน้นการคิดทดลองและลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมีนโยบายที่จะปรับหลักสูตรโครงสร้างทางการศึกษา 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้เป็น 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ภาษาและวัฒนธรรม 2) กลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ 3) การดำรงชีวิตและโลกของงาน 4) ทักษะสื่อและการสื่อสาร สังคมและมนุษย์ 6) อาเซียนภูมิภาคและโลก และมีวิชาสะเต็ม อยู่ด้วยซึ่งกำลังอยู่ในขั้นพิจารณาว่าจะปรับหลักสูตรอย่างไรให้เหมาะกับการศึกษาในประเทศไทย เนื่องจากการศึกษาในประเทศไทยมีความต้องการพัฒนาอีกมาก จากผลการสอบของเด็กไทยในการสอบ PISA วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในปีพ.ศ. 2552 ได้คะแนนคณิตศาสตร์ที่ 51 และคะแนนวิทยาศาสตร์ที่ 44 ของโลกและในปีพ.ศ. 2556 คุณภาพระบบการศึกษาไทยอยู่ในอันดับ 8 ของกลุ่มประเทศอาเซียน ประเทศไทยจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาการศึกษาด้านสะเต็มศึกษา เพื่อให้เด็กรู้จักวิธีคิดและแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ไม่ใช่การเรียนแบบท่องจำ เนื่องจากการสอนแบบสะเต็มเป็นการสอนแบบใหม่ ยังไม่เคยมีโรงเรียนใดทำการสอนวิจัยและพัฒนาการเรียน ครูส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจเรื่อง สะเต็มศึกษาอย่างถูกต้อง ยังขาดผู้เชี่ยวชาญในการสอน และเผยแพร่ความรู้อีก

จำนวนมาก จึงควรมีผู้เชี่ยวชาญและแหล่งเรียนรู้ให้เพียงพอในการพัฒนาการศึกษาของชาติ ซึ่งจริง ๆ แล้ว สะเต็มศึกษา อาจเป็นการสอนที่บางโรงเรียนได้จัดการเรียนการสอนแบบนี้ในบางส่วน แต่ผู้สอนไม่เข้าใจวิธีถ่ายทอดความรู้แบบสะเต็มอย่างถ่องแท้ทำให้ไม่เข้าใจว่า การจัดการเรียนการสอนแบบใดที่จะครบองค์ประกอบเป็นสะเต็มศึกษา ขาดกระบวนการหรือขาดในส่วนของความรู้ในด้านสะเต็มศึกษาว่าจะนำไปใช้อย่างไรให้ถูกต้องและเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนที่ตนเองสอนสะเต็ม หรือความเข้าใจใน สะเต็มเพื่อให้ความรู้ และทักษะที่สามารถแก้ปัญหาและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตสามารถอธิบายธรรมชาติและการออกแบบในโลกด้วยการวาดภาพ และสรุปปรากฏการณ์ที่เชื่อมโยงกับสะเต็มได้ เข้าใจคุณลักษณะของการศึกษาสะเต็ม ในการสร้างองค์ความรู้ การสืบค้นและการออกแบบ รู้ว่าสะเต็มศึกษาประกอบด้วยรูปแบบในการสร้างองค์ความรู้ การสืบค้น และการออกแบบ การศึกษาสะเต็มประกอบด้วยรูปแบบในการสร้างสิ่งต่าง ๆ ความรู้และสิ่งแวดล้อมทางวัฒนธรรมสามารถเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการศึกษาสะเต็ม ด้วยความคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สะท้อนภาพออกมา (Bybee, 2006 :X - XI) การที่เราจะพัฒนาคนได้ต้องเริ่มจากการพัฒนาครูให้มีความสามารถในการจัดกิจกรรมการสอนด้วยความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการสอน สะเต็ม ครูให้โอกาสเด็กได้คิดได้ลงมือทำตามกระบวนการเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ ซึ่งเป็นรากฐานที่จะทำให้เด็กได้นำมาใช้ในชีวิตประจำวันรวมทั้งในการคิดต่าง ๆ การแก้ปัญหาจากกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนการคิดสร้างสรรค์และการคิดในขั้นที่สูงขึ้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เล็งเห็นความจำเป็นในการเร่งรัดพัฒนากำลังคนที่ไม่เพียงแต่มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี แต่สามารถประยุกต์ใช้งานด้านความรู้ดังกล่าวในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ อีกทั้งเป็นผู้ที่มีทักษะที่จำเป็นในการประกอบอาชีพ มีความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มพูนมูลค่าของผลผลิต และทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการส่งเสริมการทำงาน สสวท. จึงได้ปรับประยุกต์การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เน้นความรู้และทักษะที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพในอนาคต โดยเริ่มนำแนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามาปรับใช้กับหลักสูตรการศึกษา จะเห็นได้จากกรณีทูตสะเต็มในทุกภาคของประเทศ ฉะนั้นสะเต็มศึกษาในประเทศไทยจึงเป็นความหวังในการสร้างเยาวชนไทยรุ่นใหม่ที่มีความรู้ และทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรมและสิ่งใหม่ ที่จะนำไปสู่การประกอบอาชีพ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ประเทศไทยจะปรับตัวจากสังคมผู้บริโภคนเป็นสังคมผู้สร้างนวัตกรรม (มนตรี จุฬาวัดชนทล,2556 :18)

2.2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

STEM Education เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการจากศาสตร์ทั้ง 4 คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มี

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากการบูรณาการความรู้กับวิชาอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเข้าใจสังคมสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมในบริบทของตนเองและของโลก โดยการนำทักษะความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อพัฒนาตนเองและพัฒนาประเทศในด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศ รวมทั้งพัฒนาความเป็นสากลของมนุษย์ต่อไป

วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัวทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ได้แก่ คน สัตว์ พืช สิ่งของ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้สืบค้น ทดลอง พิสูจน์ และเรียนรู้เพื่อหาความจริงที่เกิดขึ้นในโลก

เทคโนโลยี หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ประโยชน์ให้ดีขึ้นด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การหาข้อมูลทางคอมพิวเตอร์แทนการเขียน ทำให้บันทึกข้อความได้รวดเร็วเป็นระเบียบขึ้นและสามารถเก็บข้อมูลได้

วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง การออกแบบ การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ด้วยหลักฐานคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์มักควบคู่ไปกับเทคโนโลยีที่เป็นผลพวงจากวิศวกรรมศาสตร์

คณิตศาสตร์ หมายถึง หลักการในการใช้สูตรและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน ตัวเลข พื้นผิว เรขาคณิต โครงสร้าง

สะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ฉะนั้น ความหมายของสะเต็มศึกษา จึงยังไม่ชัดและแน่นอน ซึ่งมีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน รวมไปถึงองค์กรหลายแห่งพยายามให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ดังนี้

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557 : 4) ให้ความหมายของ STEM Education หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นในความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้ หรือการทำงานแบบร่วมมือ

มนตรี จุฬาวัดนทล (2556 : 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปตลอดจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะต้องให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียน

รู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสาขาวิชาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ในชีวิตจริง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นำเอาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา มีทักษะในการนำความรู้ความเข้าใจมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน แก้ปัญหา ถ่ายทอดความรู้ ต่อยอดองค์ความรู้ ผ่านกระบวนการคิดและการลงมือทำ

2.2.3 แนวคิดและทฤษฎีสะเต็มศึกษา (STEM Education)

องค์ประกอบของทฤษฎีสะเต็มศึกษา คือความอยากรู้ อยากรูเห็น นวัตกรรมทางการศึกษา การสร้างองค์ความรู้ การเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ มีทั้งครูเป็นผู้นำในการสอน และเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยใช้พหุปัญญาการคิดต่าง ๆ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดแก้ปัญหา และระดับความคิดตามแนวของบลูม รวมทั้งการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน

พื้นฐานการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษามาจากแนวความคิดของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านซึ่งพื้นฐานการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา มาจากทฤษฎีพัฒนาการนิยม ของจอห์น ดิวอี้ ในหนังสือที่มีชื่อว่า The School and Society ที่เชื่อว่าเด็กเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำ หรือ Learning by Doing เด็กนักเรียนรู้ได้ดีจากการทำโครงการ การแก้ปัญหา การทำงานคนเดียว และการทำงานเป็นกลุ่ม การถามและการตอบปัญหา ซึ่งจากแนวความคิดของดิวอี้ สรุปได้ว่า เด็กเรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทสังคม ซึ่งความสนใจของเด็กจะเป็นแรงจูงใจในการเรียน ครูเป็นแรงบันดาลใจในการเรียนและการแนะนำให้เด็กสืบค้นมากกว่าเป็นผู้ตรวจงานเด็ก พัฒนาการทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม เป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาสติปัญญา เด็กนักเรียน เรียนรู้ได้ดีในกิจกรรมที่ใช้ร่างกายลงมือทำ เด็กควรได้ทำกิจกรรมนอกห้องเรียน เพราะเป็นสิ่งที่เด็กต้องการทางร่างกาย การร่วมมือกันระหว่างบ้านและโรงเรียนเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเด็ก โรงเรียนพิพัฒนาการนิยม คือโรงเรียนสาธิตที่ให้อิสระในการสอนและทำการทดลองในการสอน ซึ่งที่วิกิมีโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยชิคาโกไว้ทดลองในเด็ก (Warde, 1960)

1. การเรียนที่เน้นเด็กหรือผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student Centered) กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างเต็มที่เพราะเกิดจากความต้องการเรียนรู้และความสนใจของผู้เรียนเองและก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ตลอดชีวิตคือ การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเน้นเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ การเรียนแบบเน้นเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้เป็นเรื่องที่มีมานานแล้วแต่ยังนิยมใช้เป็นแนวทางการสอนอยู่ ความคิดในเรื่องการเน้นเด็กเป็นศูนย์กลางเริ่มที่ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยศาสตราจารย์จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ที่มีความเชื่อว่าเด็กเรียนรู้ได้ดีจากเนื้อหาที่เชื่อมโยงจากตัวเด็กเอง เด็กเรียนรู้จากประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมและประสบการณ์ใหม่ ๆ ของเด็ก การเรียนรู้นี้เป็นการเรียนรู้โดยตัวเด็กเองเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งเราเรียกกันต่อมาว่า “ การเรียนรู้ที่เน้นเด็กเป็นสำคัญ ” ในระหว่าง ค.ศ. 1980 ถึงต้น ค.ศ. 1990 การ นักการเมืองประเทศสหรัฐอเมริกา

ซึ่งเป็นผู้นำได้เห็นว่า ขณะนั้นเป็นช่วงวิกฤตทางการศึกษา ควรมีการปรับปรุงพัฒนาการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา เพราะเด็กสหรัฐอเมริกาประสบความสำเร็จในการเรียนน้อยกว่าเด็กชาติอื่น ๆ ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้ออกกฎหมาย Goal 2000 เพื่อพัฒนาคุณภาพทางการศึกษา โดยจัดทำมาตรฐานทางการศึกษาและประเมินผลที่เชื่อถือได้ แมคคอม (McComb, 2000 & 2003) นักการศึกษาชาวอเมริกันที่ทำการศึกษาค้นคว้าทดลองวิจัยในเรื่องการเน้นเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียน ได้ให้คำจำกัดความของการเน้นเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียนว่าเป็นมุมมองที่เน้นเด็กเป็นรายบุคคล ซึ่งประสบการณ์ และมุมมองพื้นฐาน พรสวรรค์ ความสนใจ ความสามารถและความต้องการของเด็กที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งที่ช่วยให้เด็กได้ความรู้และความสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุดคือ การเรียนที่ส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจและทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จ การเรียนนี้เกิดจากการตัดสินใจของครูและเด็กในรูปแบบการเรียนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางซึ่งเป็นการสะท้อนการกระทำของผู้เรียนที่เป็นศูนย์กลางตามแนวทางจิตวิทยา ตามองค์ประกอบหลักในการจัดโปรแกรมการเรียน เป็นการจัดการศึกษาที่เด็กลงมือทำกิจกรรมโดยมีครูเป็นผู้สนับสนุน

สำหรับในประเทศไทย การเรียนที่เน้นเด็กเป็นสำคัญค่อนข้างเป็นเรื่องที่เก่าที่เรายังคงให้ความสำคัญในเรื่องนี้เพราะเป็นที่ยอมรับของนักศึกษาว่าการเรียนที่ทำให้เด็กประสบความสำเร็จควรเปลี่ยนจากครูเป็นศูนย์กลางการเรียน เป็นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพราะจะทำให้เด็กได้เรียนรู้ในสิ่งที่เด็กสนใจ สิ่งที่เด็กชอบ สิ่งที่เด็กอยากเรียนรู้ หรือผู้เรียนได้เลือกและตัดสินใจที่จะเรียนด้วยตนเอง ตามความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าที่ครูเป็นศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว

1.1 Welmer (2012) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ

1.1.1 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการให้นักเรียนทำงานหนักและยุ่งในการเรียน : ครูต้องทำงานหนักมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการตั้งคำถาม เตรียมเนื้อหา ยกตัวอย่าง ให้ข้อมูล และแนะนำนักเรียนเพิ่มขึ้น ครูต้องทำงานมากกว่านักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะในการเรียนรู้และเพื่อพัฒนานักเรียน

1.1.2 การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางด้วยทักษะในการเรียนการสอน : ครูที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียน โดยสอนให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาและประเมินผลจากสิ่งที่เกิดขึ้นด้วยการวิเคราะห์สร้างสมมติฐาน คิดและทำกิจกรรมที่ได้แย้งกับสมมติฐาน ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและเป็นแนวทางในการเรียนรู้ โดยครูให้นักเรียนเรียนรู้ให้มากที่สุด จากการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ถ้าได้รับวิธีการสอนและเนื้อหาที่ชัดเจนหา

1.1.3 การที่เน้นผู้เรียนด้วยการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงออกในสิ่งที่ได้เรียนรู้ และวิธีการในการเรียนรู้ : ครูที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ใช้การสนทนาพูดคุยเกี่ยวกับการเรียนรู้ ถามว่านักเรียนเรียนรู้อะไร ตั้งคำถามที่ท้าทายตามสมมติฐานของนักเรียน และสนับสนุนเสริมให้นักเรียนรู้จักรับผิดชอบตัดสินใจในสิ่งที่เขาเรียนรู้

1.1.4 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการกระตุ้นนักเรียนโดยการควบคุมกระบวนการเรียนรู้บางส่วน : ครูเป็นผู้ตัดสินใจเลือกสิ่งที่เหมาะสมและวิธีการ ภายใต้เงื่อนไขที่คุณสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียนโดยครูเตรียมเนื้อหา ตำรา หลักสูตร ไม่ได้ให้นักเรียนตัดสินใจทั้งหมด เพราะเป็นการลดแรงจูงใจของนักเรียน ครูอาจให้นักเรียนเลือกบางส่วนในการเรียน เช่น วิธีการเรียนรู้ หรือการประเมินผล

1.1.5 การสอนที่เน้นผู้เรียนด้วยการส่งเสริมการทำงานร่วมกัน : อาจใช้ห้องเรียน (ออนไลน์) ในการจัดการเรียนรู้ ครูไม่ใช่เพียงสอนนักเรียนอย่างเดียว แต่ควรเรียนรู้จากนักเรียนด้วย ครูที่สอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำงานเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน และค่าการเรียนรู้รายบุคคลเป็นเป้าหมายที่สำคัญที่สุดของการจัดประสบการณ์ในการเรียน

ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม เป็นการเน้นผู้เรียนให้เป็นศูนย์กลางการเรียน นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้เอง โดยครูเป็นผู้สนับสนุนและชี้แนะให้นักเรียนเข้าสู่การเรียนรู้ เพื่อนักเรียนจะได้เรียนในสิ่งที่ตนมีความสนใจ อยากรู้และสนุกที่จะเรียนรู้ แล้วครูให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ เช่น ในการเรียนเรื่องสัตว์ ครูจะให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางนักเรียนอาจอยากเรียนรู้เรื่องปลาฉลาม ครูให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าจะทำกิจกรรมอะไรที่เป็นจุดเด่นของปลาฉลาม นักเรียนอาจบอกว่าทำฟันปลาฉลาม ครูให้นักเรียนออกแบบฟันปลาฉลามจากวัสดุต่าง ๆ โดยนักเรียนเลือกแบบและลงมือทำกิจกรรมเอง

2. การสร้างองค์ความรู้ (Constructivist) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มสอนให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากการเรียน นักเรียนเรียนด้วยกระบวนการคิด การหาความรู้ การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้างสรรค์ การลงมือทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดผลงานนำผลงานมานำเสนอแบ่งปันความรู้กับเพื่อน ซึ่งศาสตราจารย์ จอร์จ เอส มอริสัน (Professor George S. Morrison, 2012 : 128 - 130) ว่าเป็นทฤษฎีพัฒนาทางสติปัญญาและการเรียนรู้ตามแนวทางของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) จอง เพียเจต์ (Jean Piaget) และเลฟ ไวกอตสกี (Lev Vygotsky) แนวทางในการสร้างองค์ความรู้สนับสนุนความเชื่อที่ว่า เด็กเรียนรู้โดยการกระทำหรือค้นคว้าหาความรู้ พัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กจะเกิดขึ้นได้ ถ้าได้รับการแนะนำว่าจะเรียนรู้อย่างไร ครูต้องรู้ว่าอะไรเป็นสิ่งที่ต้องสอนเด็กและเราจะสอนเด็กอย่างไร ขึ้นอยู่กับการจัดสิ่งแวดล้อมของครูและพ่อแม่ เด็กเรียนรู้และเกิดความคิดรวบยอดซึ่งความคิดรวบยอดของการสร้างองค์ความรู้เกิดจาก

- 2.1 เด็กสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์หรือสิ่งที่ได้รู้อยู่แล้ว
- 2.2 เด็กเป็นผู้ที่กระตือรือร้นในการสร้างองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาและคิดด้วยตนเอง
- 2.3 เด็กได้รับประสบการณ์จากผู้คน สถานที่ และสิ่งต่าง ๆ ในการสร้างองค์ความรู้
- 2.5 เด็กเรียนรู้จากประสบการณ์และกิจกรรมต่าง ๆ ที่เด็กเริ่มต้นและสนใจ
- 2.6 การจัดการเรียนการสอนที่เด็กเป็นศูนย์กลางการเรียน

3. การเรียนรู้ด้วยการลงมือทำ/การเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น (Active Learning) หมายถึง เด็กสร้างองค์ความรู้จากการลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ และกิจกรรมนั้น ๆ อย่างกระตือรือร้น

ซึ่งกิจกรรมนั้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาต่าง ๆ หรือหมายถึงเด็กสร้างองค์ความรู้ผ่านกิจกรรมโดยใช้ร่างกายและจิตใจ เด็กกระตือรือร้นในการตั้งคำถามหรือการเรียนรู้ที่เด็กได้รับกระทำกับวัตถุ ได้มีปฏิสัมพันธ์กับบุคคล ความคิดและเหตุการณ์ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง หลักการของการเรียนรู้แบบลงมือทำคือ 1) การกระทำโดยตรง 2) การสะท้อนของการกระทำ 3) การเสริมแรงภายในการคิดค้นและกิจกรรมทั่วไป 4) การแก้ปัญหา ทฤษฎีของเพียเจต์คือ Schemes หรือโครงสร้างทางสติปัญญาของคนที่มีการพัฒนาที่ปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา หมายถึง เด็กได้รับข้อมูลโดยการเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้งห้าจากคนหรือสิ่งของโดยผ่านประสบการณ์เดิม และความประทับใจ/การซึมซับ (Assimilation) ร่วมกับกระบวนการที่เด็กเปลี่ยนความคิดพฤติกรรมหรือความเชื่อโดยใช้จริง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนความคิดใหม่ (Accomodation) และเกิดความสมดุลทั้งสองอย่างที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูล หรือความรู้ที่มีอยู่ในตอนนี้ (Equilibrium) สำหรับเพียเจต์แล้วการสร้างองค์ความรู้เป็นการกระทำที่เกิดขึ้นในบุคคล กระบวนการสร้างการกระทำด้วยเหตุผล และการกระทำเกิดขึ้นระหว่างประสบการณ์ ความคิด และพื้นฐานที่เด็กสร้างองค์ความรู้ เกิดจากมุมมองของเด็กที่มองโลกอย่างไร ซึ่งภาษาเป็นสิ่งที่สื่อว่าเด็กมองโลกเป็นอย่างไร เพียเจต์มองว่า เด็กกระตือรือร้นในการสร้างองค์ความรู้เพื่อจะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ด้วยกระบวนการที่เด็กค้นพบสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง เพียเจต์มองว่าเด็กเป็นนักวิทยาศาสตร์น้อย เด็กแต่ละคนเป็นนักคิด บทบาทของผู้ใหญ่คือการสร้างสิ่งแวดล้อมให้เด็กตั้งสมมติฐาน ใช้คำถามที่เหมาะสมกับเด็ก

บรุนเนอร์ (Bruner) มีแนวคิดในเรื่องการเรียนรู้จากสิ่งที่ตนเองสนใจและด้วยการค้นพบด้วยตนเองบรุนเนอร์ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ว่าแบ่งเป็น 3 ประการ ได้แก่ 1) การเรียนรู้ด้วยการกระทำ (Enactive Stage) เด็กแรกเกิดถึงอายุประมาณ 2 ปี เรียนรู้จากการสัมผัสจับต้องและการเรียนแบบ 2) การเรียนจากความคิด (Iconic Stage) เด็กอนุบาลและเด็กประถมศึกษาถ่ายทอดความคิดจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการมองและสัมผัสไปสู่การคิดและจินตนาการ 3) การเรียนรู้ด้วยสัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) เป็นพัฒนาการขั้นสูงสุดในความเข้าใจจากการเรียนรู้ด้วยนามธรรม การคิดแก้ปัญหา การคิดด้วยเหตุผล เป็นต้น นอกจากนี้ บรุนเนอร์ยังมีแนวคิดในเรื่องการการเรียนรู้ ได้แก่

1. ควรจัดหลักสูตรการเรียนรู้ให้สัมพันธ์กับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก และให้เหมาะสมกับความพร้อมและการพัฒนาการของเด็ก
2. พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการคิดอย่าง (Intuition) ที่เป็นการคิดหาเหตุผลอย่างอิสระ
3. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการเรียนคือ แรงจูงใจภายใน
4. การเรียนรู้เธอจากมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด
5. การเรียนรู้ที่ได้ผลมากที่สุดมาจากการเรียนรู้ที่ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558)

4. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เลฟ ไวทอตสกี (Lev Vygotsky) เชื่อในทฤษฎีสังคมวัฒนธรรมของมนุษย์ หรือ Sociocultural Theory ที่กล่าวถึงการเรียนรู้ของเด็กจากบริบททางสังคมที่เด็กได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ สิ่งที่เด็กได้เรียนรู้หรือคิดผ่านประสบการณ์ที่มีความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเหล่านั้น ซึ่งไวทอตสกี ได้กล่าวถึงความหมายของ Zone of Proximal Development ว่าเป็นการเรียนรู้ของเด็กโดยการช่วยเหลือของผู้ใหญ่หรือเด็กด้วยกัน การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นการสนับสนุนเด็กในการเรียนรู้ทางด้านจิตใจ ภาษา และสังคม การสื่อสารหรือการสนทนาระหว่างเด็กกับผู้ใหญ่เป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้เด็กพัฒนาความคิดรวบยอดและความคิดระดับที่สูงขึ้น เรียกว่า Scaffolding (Morrison, 2012 : 134-136) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ผู้ใหญ่ หมายถึง ครู ผู้ปกครอง เพื่อน หรือพี่ที่โตกว่า มีหน้าที่สนับสนุนให้คำแนะนำ โดยให้โอกาสเด็กได้คิดก่อน เป็นการทำกิจกรรมกลุ่มหรือการให้พี่ที่โตกว่าทำกิจกรรมกับน้อง ช่วยให้เด็กเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

5. การสร้างองค์ความรู้ - การเรียนอย่างกระตือรือร้น การสร้างองค์ความรู้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เพราะเด็กต้องเกิดองค์ความรู้ในการเรียนสิ่งต่าง ๆ ซึมซับความรู้และนำความรู้ใหม่มาประยุกต์ให้เกิดความสมดุลกับความรู้เดิม เด็กเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากการค้นพบจากความเข้าใจของเด็กเอง โดยมีผู้ใหญ่หรือเพื่อนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ เด็กเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับ คน สิ่งต่าง ๆ และวัสดุเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ ผู้ใหญ่ หรือผู้ที่โตกว่าเป็นผู้ที่สนับสนุนให้เด็กเกิดการเรียนรู้ เด็กเล็ก ๆ เรียนรู้จากการสนทนาและการลงมือปฏิบัติ การลงมือทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นหรือ Active Learning เป็นการเรียนที่让孩子ได้มีปฏิสัมพันธ์กับคนแต่สิ่งของต่าง ๆ เด็กใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานการเรียนรู้เพื่อสร้างองค์ความรู้ของเด็กเล็ก ๆ คือการเรียนรู้จากประสาทสัมผัสทั้งห้า คือ การมองเห็น การได้ยิน การรู้รส การได้กลิ่น และสัมผัส และพัฒนาการทั้งสี่ด้านคือ ร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ครูมีหน้าที่ช่วยจัดการเรียนการสอนให้เกิดองค์ความรู้ ซึ่งสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่สร้างองค์ความรู้ให้เด็กช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งต่าง ๆ โดยเรียนรู้จากรูปรูปธรรมสู่นามธรรม ลงมือปฏิบัติให้เกิดองค์ความรู้ เช่น ในการแก้ปัญหาการเรียน เรื่องสัตว์ คือ ช้าง นักเรียนเรียนรู้เรื่องช้าง โดยการสนทนา การอ่าน การดูภาพยนตร์สั้น ๆ การหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ว่าช้างมีรูปร่างลักษณะอย่างไร โดยนักเรียนมีประสบการณ์และความรู้เดิมอยู่บ้าง เมื่อได้รับความรู้ใหม่ ๆ ก็จะปรับตัวให้เข้ากับความรู้เดิม เช่น เด็กเล็ก ๆ เคยไปสวนสัตว์เห็นช้างกินหญ้าด้วยวง แต่เมื่อเด็กอ่านหนังสือเห็นภาพในอินเทอร์เน็ตพบว่า วงช้างมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น วงงวงดูต้นไม้และจับสิ่งของ เด็กก็จะนำความรู้ใหม่มาผสมให้เข้ากับความรู้เดิม จะเกิดความคิดรวบยอดว่า วงงวงเหมือนกับมือของช้างและท่อนส่งอาหาร วงงวงมีประโยชน์ในการจับสิ่งของและการกินของช้าง ฯลฯ ครูสนทนากับเด็กให้ออกแบบสิ่งที่อยากออกแบบเช่น วงงวง สนทนาว่าการออกแบบจะเป็นอย่างไร วงงวงใช้อะไรทำ เด็กเล็ก ๆ อาจออกแบบวงงวงจากกระดาษต่าง ๆ โดยเด็กลงมือทำ สัมผัส จับ ทดลองทำสิ่งต่าง ๆ อย่างกระตือรือร้นในการเรียน และเมื่อครูให้คิดต่อไปอีกว่าจะออกแบบวงงวงที่ดูน่าขึ้นมาได้อย่างไร เด็ก

ก็อาจทดลองใส่หลอดที่ต่อเข้าไปขนาดต่าง ๆ ทดลองดูดูน้ำขึ้นมากจริง ๆ ก็ได้ เป็นต้น และถ้าทำไม่ได้ตามจุดประสงค์ เด็กก็จะมีการแก้ปัญหาอย่างไรเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การคิดสร้างสรรค์เป็นการสร้างสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น การคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เพราะในกระบวนการเรียนการสอนแบบสะเต็ม ออกแบบให้ผู้เรียนคิดเพื่อแก้ปัญหาและสร้างสิ่งใหม่ ๆ ในการเรียนรู้การคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะหนึ่งของคนในศตวรรษที่ 21 ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะสามารถสร้างและพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ในโลก คิดนอกกรอบเพื่อให้โลกได้มีนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์แนวคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้น บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์มากมีความเชื่อมั่นในตนเองสูง พึ่งพาตนเอง กล้าเสี่ยง มีพลัง มีความกระตือรือร้น ชอบผจญภัย อยากรู้อยากเห็น มีความยืดหยุ่น ชี้เล่น และมีอารมณ์ขัน ซึ่งกิลฟอร์ดและทอแรนซ์ ได้แบ่งความคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ 1) ความคิดคล่องตัว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วและรวดเร็วจนมีคำตอบเป็นจำนวนมากในเวลาจำกัด 2) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดา นำความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ 3) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลากหลาย 4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดรายละเอียดด้วยการขยายความคิดให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นซึ่งเดวิสและริมม์ (Davis and Rimm, 2004 :210 - 211) ได้กล่าวว่าคนส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่าความหมายของความคิดสร้างสรรค์ มีแค่ 4 ข้อตามกิลฟอร์ดและทอแรนซ์ แต่ที่จริงแล้วความหมายของความคิดสร้างสรรค์มีมากกว่านั้น เดวิสและริมม์ได้เพิ่มความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไปอีกคือ 5) การแก้ปัญหา ความละเอียดอ่อนของปัญหา การใช้คำจำกัดความของปัญหา (Problem findings, Problem Sensitivity, Problem Definding) ซึ่งรวมไปถึงความสามารถในการสืบค้นปัญหาแก้ปัญหาที่ยาก หาข้อมูลที่หายไป ทำให้แก้ปัญหาได้ และทำให้คำจำกัดความของปัญหาง่ายขึ้น 6) การทำให้มองเห็นภาพพจน์หรือจินตนาการในใจ (Visualization) คือความสามารถในการพิจารณาการมองเห็นภาพในใจ 7) สามารถที่จะย้อนความคิดได้ (Ability to Regress) หมายถึง มีความสามารถที่จะคิดเหมือนเด็ก ๆ สมองโล่งไม่สับสนจากความเคยชิน ประเพณี กฎเกณฑ์ และรู้ว่าอะไรควรทำให้เสร็จ 8) การคิดอุปมาอุปไมย หรือการเปรียบเทียบ (Analogical Thinking) หมายถึง ความคิดในการนำเรื่องหนึ่งปรับให้เข้ากับอีกเรื่องหนึ่งหรือความสามารถในการนำข้อสรุปจากเรื่องหนึ่งไปแก้ปัญหาอีกเรื่องหนึ่ง 9) การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถสำคัญในการแยกส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องออกจากส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง การคิดวิพากษ์วิจารณ์ ประเมินผลได้ดีหรือมีความคิดที่เหมาะสม สร้างสรรค์ หรือแก้ปัญหา 10) การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบจากส่วนใหญ่เป็นส่วนย่อย 11) การสังเคราะห์ (Synthesis) คือความสามารถที่จะมองเห็นความสำคัญแล้วเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าไปในเรื่องบางครั้งอาจเป็นการสร้างสรรค์ทั้งหมด 12) การเปลี่ยนแปลง (Transformation) รวมถึงความสามารถที่จะนำบางอย่างไปใช้แบบใหม่ เห็นความหมายใหม่มีความหมายนำไปใช้หรือสร้างสรรค์ เปลี่ยนแปลงบางอย่างหรือ

เปลี่ยนความคิด 13) การขยายความคิด (Extend Boundaries) คือความสามารถที่จะคิดไปข้างหน้า สิ่งที่ปกติใช้สิ่งต่าง ๆ ในแบบใหม่ ๆ 14) สัญชาตญาณ (Intuition) คือ ความสามารถที่จะคิดกระโดดไปข้างหน้า การอนุมานเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเล็ก ๆ น้อย ๆ เข้าใจสิ่งที่อยู่ทั้ง 2 ด้าน 15) การทำนายผล (Predict Outcomes) คือ ความสามารถในการมองเห็นผลจากการแก้ปัญหาที่ต่างกันและมองเห็นทางเลือก 16) การป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นก่อนเวลาอันควร (Resist Premature Closure) คือ ความสามารถที่จะขังใจก่อนจะตัดสินใจ โดยไม่รีบที่จะใช้ความคิดครั้งแรกที่เข้ามา 17) การมีสมาธิ (Concentration) หมายถึงความสามารถที่จะใช้เวลาจดจ่อไปยังปัญหาโดยไม่มีช่องว่างมากขึ้น 18) มีความคิดตรรกะ (Logical thinking) หมายถึง ความสามารถในการห้กลับคิดหาข้อสรุปผล แยกสิ่งที่เกี่ยวข้องออกจากสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง และ 19) มีความคิดอันสุนทรีย์ คือ ความละเอียดอ่อน และชื่นชมในความงามของศิลปะ การออกแบบและธรรมชาติ

ดังนั้น ความคิดสร้างสรรค์จึงมีหลากหลายประเภทตามความหมายของนักการศึกษา ด้านเด็กที่มีความสามารถพิเศษซึ่งการเรียนรู้อย่างแบบสะเต็มศึกษาต้องประกอบไปด้วยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ การสอนแบบสะเต็มศึกษาเน้นการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานให้เกิดกระบวนการ ผลของงานจึงเน้นการสร้างสรรคสิ่งใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การเรียนเรื่องพืช คือข้าว หลังจากที่ได้ เรียนรู้เรื่องข้าวไปทัศนศึกษาณข้าวแล้ว เด็กจะต้องออกแบบที่ใส่ข้าวจากกระดาษ A4 ให้ใส่ข้าวเหนียวได้จริง 1 กำปั้นเล็ก ๆ ที่ใส่ในถุงพลาสติก เหล็กต้องสร้างสรรค์คิดวาดภาพและออกแบบ สร้างที่ใส่ข้าวในรูปแบบต่าง ๆ จากกระดาษ บางคนอาจใช้ความรู้เดิมทำเป็นกระถาง แต่บางคนอาจสร้างสิ่งใหม่ ๆ โดยทำเป็นกล่องสานหรือพับเป็นรูปแบบต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่ โดยมีครูให้การสนับสนุนให้ความคิดใหม่ สร้างสรรคสิ่งใหม่ ๆ

7. การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) ในชีวิตคนเราต้องเจอปัญหาต่าง ๆ มากมายทั้งปัญหาเล็กและปัญหาใหญ่แทบทุกวัน แม้กระทั่งการสอบก็เป็นการแก้ปัญหา ดังนั้น ทักษะการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนรู้ของชีวิต เราควรฝึกทักษะให้เด็กตั้งแต่ปฐมวัยเพื่อให้มีพื้นฐานและมีหลักการในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เช่น การแก้ปัญหาทางสังคม การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งการเรียนรู้เกิดจากการเรียนทักษะต่าง ๆ และการคิดออกแบบต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจที่ดี การตัดสินใจในสิ่งที่ถูกต้องแล้วถูกทาง การแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับคำอื่น ๆ เช่น การคิดด้วยการใช้เหตุผล การตัดสินใจ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์

การคิดหมายถึง การประมวลความรู้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีทั้งความคิดของผู้กำหนดความคิดและการคิดแบบไร้ทิศทาง (เช่น ฝันกลางวัน) ดังนั้น ความคิดเป็นคำที่รวมถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นส่วนของความคิด (เช่น ความคิดของผู้กำหนดความคิด) ด้วยเหตุผล การตัดสินใจ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์เป็นส่วนย่อยของการแก้ปัญหา เป็นชนิดของการแก้ปัญหาด้วยการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหากับงานที่เฉพาะเจาะจง มีเป้าหมายที่จะแก้ปัญหา เราอาจว่าข้อสรุปจากสถานที่ โดยใช้ตรรกะที่ขึ้นอยู่กับการใช้เหตุหักล้าง หรือการยกเหตุผลมาใช้ในการแก้ปัญหา

(Education.com, 2014) การแก้ปัญหาคือกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายโดยตรง จุดมุ่งหมายนี้อาจเลือกโดยตัวเราหรือผู้อื่นก็ได้ การแก้ปัญหามักเกี่ยวข้องกับทั้งแง่บวกและแง่ลบ อาจใช้การประณามหรือความก้าวร้าวในการแก้ปัญหาที่มีข้อขัดแย้ง (Robson, 2006 : 218 - 219) Cash (2011) ได้กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่แก้ปัญหาได้ตั้งรู้จักการตัดสินใจ ได้แก่ ผู้ที่ 1) มีความอยากรู้อยากเห็น คือความสนใจสิ่งรอบ ๆ ตัว รู้จักเก็บข้อมูล 2) มีความยืดหยุ่น นำปัญหาเก่ามามองในแง่มุมใหม่ คิดนอกกรอบด้วยการตัดสินใจที่ได้ผลและมีประสิทธิภาพ 3) ได้ยินในสิ่งที่คนอื่นไม่ได้ยินและมองในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็นความผิดพลาดนำไปสู่การแก้ปัญหาถึงแม้ว่าเราไม่ได้สนใจในสิ่งที่พูดออกมาหรือสิ่งที่เป็นแง่ลบ 4) มีความอดทนมีความยืนกรานในการแก้ปัญหาให้ดีที่สุด 5) การตัดสินใจ 6) การสะท้อนความคิดเห็น นักแก้ปัญหาที่ดีจะสรุปว่าจะทำอะไร ทำอย่างไร ผลที่ออกมาทำให้เกิดความแตกต่างได้อย่างไร ซึ่ง Beecroff, Duffy และ Moran (2003 : 17 -19) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหามีพื้นฐาน 4 ประการ ได้แก่ 1) การชี้ปัญหาโดยการวินิจฉัยปัญหา เทคนิคคือการทำแผนภูมิ ในการชี้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เป็นกระบวนการที่ชี้เหตุและผลให้นิยามและวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา 2) หาทางแก้ไขปัญหาหลาย ๆ ทางแล้วเลือกใช้ทางที่ดีที่สุดเพียงทางเดียว 3) ประเมินผลก่อนเพื่อเลือกทางที่ถูกต้องที่สุดและดีที่สุด 4) สนับสนุนและทำตามแนวทางที่จะแก้ไข ซึ่งการแก้ปัญหามักเป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา การแก้ปัญหาเชื่อมโยงกับการคิด การมีเหตุผล การตัดสินใจ การคิด วิพากษ์วิจารณ์และแก้ปัญหา

Mayer และ Wittrock ได้แนะนำว่าเด็กจะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาควรมีความรู้ 5 อย่างคือ 1) ข้อเท็จจริง (Facts) คือ ความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะ องค์ประกอบ หรือเหตุการณ์ เช่น 100 สตางค์รวมกันเป็น 1 บาท 2) แนวคิด (Concepts) ความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ คือ ความรู้เกี่ยวกับหลักการในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รู้ว่าการแทนค่าในการคำนวณ หรือการเพิ่มความร้อนทางวิทยาศาสตร์ทำอย่างไร 3) กลยุทธ์ (Strategies) หมายถึง ความรู้ทั่วไปในเรื่องวิธีการ เช่น การแบ่งปันเป็นส่วน ๆ หรือการหาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 4) ขั้นตอนหรือกระบวนการ (Procedures) คือความรู้ในกระบวนการที่เจาะจง เช่น วิธีการหารยาว หรือการเปลี่ยนเอกพจน์หรือพหูพจน์ในภาษาอังกฤษ 5) ความเชื่อ (Beliefs) คือความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหาของแต่ละคน เช่น ถ้าฉันไม่เก่งในวิชาเลขฉันก็ทำเลขไม่ได้ หรือธรรมชาติในการแก้ปัญหา เช่น ถ้าเราไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทันทีจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้เลย

การคิดแก้ปัญหามักเป็นวิธีการเรียนรู้การสอนที่สำคัญของสะเต็มศึกษา เพราะการสอนแบบสะเต็มศึกษามีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือการสอนเด็กรุ่นใหม่ ให้มีทักษะในการแก้ปัญหาเพราะโลกในศตวรรษที่ 21 เป็นโลกแห่งวิวัฒนาการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางนวัตกรรมและเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา จะเห็นตัวอย่างชัดเจนว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือรถยนต์มีการพัฒนาออกรุ่นใหม่ ๆ อยู่แทบทุกปี พ่อแม่และครูควรสอนให้เด็กรู้จักการแก้ปัญหาเพื่อจะได้รู้จักการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน แก้ปัญหาเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมา เพราะเด็กยุคใหม่ต้องเผชิญการเปลี่ยนแปลงมากมายในชีวิต การแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในการดำรงชีวิตที่ เด็กต้องเรียนรู้ในการแก้ปัญหากับคนที่

อยู่รอบ ๆ ตัวเด็ก และสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเด็กต่าง ๆ รอบตัวเด็กรวมทั้งเทคโนโลยีใหม่ ๆ อีก ด้วยการจัดการสอนเพิ่มเติม ด้วยกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เน้นการแก้ปัญหาเป็นหลัก ข้อแรกในกระบวนการของวิศวกรรมศาสตร์ คือ ชี้ปัญหาที่เกิดขึ้นว่าจะแก้ปัญหาอย่างไรจากกระบวนการทางวิศวกรรมเช่น ในการเรียน STEM ของเด็ก เรื่องลอยจม สนทนาว่าจะสร้างเรืออย่างไร จากวัสดุอะไรที่ครูนำมาให้เลือก ซึ่งเรือนี้ต้องแข็งแรงพอที่จะทำให้ลูกแก้ว 1 ถึง 10 ลูกอยู่บนเรือโดยไม่จม โดยครูเตรียมอุปกรณ์คือ ดินน้ำมัน กระดาษสี กระดาษแข็ง ไม้ไอติม กาว กรรไกร หนังสติ๊ก เทป และฟิวเจอร์บอร์ด ให้เด็กเลือกใช้สร้างเรือเป็นกลุ่มใน 45 นาที เด็กต้องเรียนรู้ว่าวัสดุอะไรที่จะไม่ซึมน้ำ วัสดุใดลอยน้ำได้ หนักหรือเบา และวัสดุเหล่านี้ทดลองสร้างเรือเพื่อแก้ปัญหาคือ ทำอย่างไรให้เรือจากวัสดุลอยน้ำได้และบรรทุกลูกแก้วได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด และถ้าทำไม่ได้จะปรับปรุงอย่างไร ถ้าเป็นเด็กโตอาจเพิ่มการคำนวณน้ำหนัก หลักการลอยจม เรียนรู้วัสดุอย่างลึกซึ้ง และหลักการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

8. พหุปัญญา (Multiple Intelligences) คือ การค้นคว้าทางด้านสติปัญญาของนักศึกษาที่มีชื่อเสียงชาวอเมริกันคือ (Howard Gardner) ได้พบว่ามนุษย์มีความสามารถทางสติปัญญาหลากหลาย การ์ดเนอร์ได้กล่าวถึงความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ว่ามี 9 ด้าน ได้แก่

8.1 ปัญญาทางภาษา หมายถึง มีความสามารถในการเข้าใจและใช้ภาษาเรียนรู้ภาษาพูดและภาษาเขียนไว้ได้มีความสามารถในการใช้ภาษาสื่อสารที่คล่องแคล่วและบรรลุเป้าหมายสามารถใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายทางอารมณ์และความรู้สึก

8.2 ปัญญาทางตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาทางตรรกะหรือทางด้านเหตุผล ทางคณิตศาสตร์ และคิดวิเคราะห์ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์

8.3 ปัญญาทางดนตรี หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจดนตรี มีทักษะในด้านดนตรี โน้ตเพลง สร้างสรรค์ในด้านดนตรีและมีสุนทรียภาพทางดนตรี

8.4 ปัญญาทางด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึงการมีสมรรถภาพในการรับรู้และจัดการกับรูปแบบของพื้นที่ สามารถจินตนาการเชื่อมโยงรูปทรงพื้นที่ ระยะทาง และสร้างสรรค์ผลงานออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน เช่น การปั้น การวาดภาพ ออกแบบเสื้อผ้า หรือออกแบบบ้าน

8.5 ปัญญาทางการเคลื่อนไหวร่างกาย หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย ใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างคล่องแคล่ว ยืดหยุ่น ว่องไวในการแก้ปัญหา หรือ ใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างสร้างสรรค์

8.6 ปัญญาทางการมีมนุษย์สัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความรู้สึกนึกคิดความต้องการของผู้อื่น สังเกตอารมณ์ น้ำเสียง สีหน้า ท่าทาง การมีปฏิสัมพันธ์ ติดต่อสื่อสารได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งมีความสามารถเข้าใจผู้อื่น การสร้างความสัมพันธ์อันดีงามกับผู้อื่น สามารถจัดการสถานการณ์ที่ขัดแย้งได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.7 ปัญหาในการเข้าใจตนเอง หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความต้องการของตนเอง ตระหนัก รู้จักข้อดีและข้อบกพร่องของตนเอง เท่าทันอารมณ์ ความรู้สึก ความคิด และความต้องการของตนเอง ควบคุมการแสดงออกของตัวเองได้อย่างเหมาะสมต่อสถานการณ์และกาลเทศะ ใช้ชีวิตได้อย่างมีคุณค่า

8.8 ปัญหาทางธรรมชาติ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจเรื่องธรรมชาติ ปรากฏการณ์ กฎเกณฑ์ตามธรรมชาติ สามารถจำแนก รับรู้ แยกประเภทสายพันธุ์พืช สัตว์ แต่สภาพแวดล้อม

8.9 ปัญหาทางด้านการคิดใคร่ครวญ หรือปัญหาอัตถิภาวนิยม หมายถึง ความสามารถที่จะหาตัวเองที่เกี่ยวกับจักรวาลที่ไม่มีที่สิ้นสุด สิ่งที่เกิดขึ้น ความหมายของชีวิต มิติที่ลึกลับ เรื่องเหนือความเป็นจริง ความหมายของความตายเป็นชะตากรรมของร่างกายและจิตใจ ประสบการณ์ลึก ๆ เช่น เข้าใจความรักอย่างลึกซึ้ง หรือความลุ่มลึกในงานศิลปะ (Gardner, 1993, 1995)

การ์ดเนอร์ ยังได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ขั้นตอน 1) ระบบสัญลักษณ์ (Symbol System) หมายถึง ภาษาที่เกี่ยวข้องกับประโยคและเรื่องราว เพลง วาดภาพ ปัญหาเชิงพื้นที่และการเคลื่อนไหว ร่างการ เช่น การเดินร่าที่นักเรียนแสดงความสามารถ ผ่านจังหวะเพลงและท่าทาง 2) ระบบสัญลักษณ์ (Notational System) หมายถึง การสื่อความหมายผ่านสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แผนที่ ความคิดจากเพลงอื่น ๆ หรือการที่เด็กทำเครื่องหมายบนกระดาษเป็นรูปสัญลักษณ์ระบบสัญลักษณ์จะเกิดขึ้นเมื่อเด็กประสบความสำเร็จตามพัฒนาการ 3) วิชาชีพและแนวทางวิชาชีพ (Vocational System) เด็กจะใช้สติปัญญานี้อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่และวัยรุ่น สติปัญญาที่เกิดขึ้นในวัยเด็กจะทำนายบทบาทของเด็กในอนาคตเมื่อเติบโตขึ้น (Armstrong, 2000)

นอกจากนี้ อาร์มสตรอง (Armstrong, 2000) ยังเสนอความคิดเห็นในเรื่องพหุปัญญาว่า 1) ทุกคนมีความสามารถทางสติปัญญาหลากหลาย 2) คนส่วนใหญ่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่างกัน 3) ความสามารถทางสติปัญญาสามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างซับซ้อน 4) มีหลายวิธีที่จะทำให้สติปัญญาในแต่ละด้านเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจัยหลักคือความสามารถของสติปัญญาตามกรรมพันธุ์ คือ พ่อ แม่ ปู่ ย่า ตา ยาย มีสติปัญญาเป็นอย่างไร เด็กก็จะมีความสามารถเช่นนั้น เรื่องต่าง ๆ ในชีวิต หมายถึง การเลี้ยงดู การศึกษา สิ่งแวดล้อม และประสบการณ์ในชีวิตของเด็กจะหล่อหลอมให้เด็กเป็นตามที่เด็กเติบโตมา และวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมที่เด็กเติบโตมาจะมีส่วนในการพัฒนาสติปัญญาของเด็กว่าเด็กจะเติบโตจากวัฒนธรรมที่เด็ก ๆ ได้รับประสบการณ์และเรียนรู้ได้อย่างไร

การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้เชื่อมโยงกับสติปัญญาของเด็กที่หลากหลายของเด็ก โดยจัดประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมที่ช่วยพัฒนาสติปัญญาแต่ละด้าน ซึ่งพหุปัญญาเป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มเป็นส่วนใหญ่ เช่น ด้านภาษาในการสื่อสาร หาข้อมูล และนำเสนอผลงาน ธรรมชาติมิติสัมพันธ์ หรือคณิตศาสตร์

9. การเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูมหรือพุทธิพิสัย เบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom) ได้คิดทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูม (Bloom's Taxonomy) หรือจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านการพัฒนาทางสติปัญญา แบ่งเป็น 6 ชั้นได้แก่ 1) ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความจำ การรับรู้ คำศัพท์ ความคิด กระบวนการ หรือทฤษฎี 2) ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึงการแปลความหมาย 3) การนำไปใช้ (Application) หมายถึง การใช้ความคิด วิธีหรือหลักการในการเข้ากับสถานการณ์ให้เป็นรูปธรรมอย่างเจาะจง 4) การวิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง การแยกความคิดซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ การเข้าใจโครงสร้างและความสัมพันธ์ ขององค์ประกอบ เข้าใจถึงความแตกต่างทางสมมติฐาน ความจริง ตัวแปรที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง 5) การสังเคราะห์ (Synthesis) คือความคิดสร้างสรรค์ การสร้างความคิด และความคิดรวบยอดจากข้อมูลที่หลากหลาย สู่ความคิดใหม่ การบูรณาการ แยกความคิดที่มีความหมาย 6) การประเมินผล (Evaluate) หมายถึง การใช้ความคิดในการตัดสินใจ หรือวิธีการที่ใช้จากการสังเกตข้อมูล หลักฐาน หรือเกณฑ์ (Davis and Rimm, 2004 ; The Center of Teaching, 2004)

ซึ่ง ครัทวอล (Krathwohl, 2002) ได้กล่าวถึงการปรับปรุงการเรียนรู้ทางสติปัญญาของบลูมใหม่ (Bloom's Taxonomy) โดยแบ่งออกเป็น 2 มิติ คือ ความรู้และกระบวนการทางสติปัญญา ซึ่งง่ายต่อการเชื่อมโยงจุดประสงค์และการประเมินผล โดยการเปลี่ยนชื่อในบางกระบวนการเช่น เปลี่ยนความรู้ (Knowledge) เป็นความจำ (Remember) เปลี่ยนความเข้าใจ (Comprehension) ความหมายเป็นความเข้าใจ (Understanding) และตัดการสังเคราะห์ (Synthesis) ออก โดยเพิ่มการสร้างสรรค์ (Create) แทน สรุปทั้งหมด 6 ขั้นตอน พัฒนาการทางสติปัญญาของบลูมใหม่ ได้แก่ 1) ความจำ (Remember) หมายถึงการนำความรู้ที่มีจากหน่วยความจำระยะยาวในสมองได้แก่ การจำได้ และการระลึกได้ 2) ความเข้าใจ (Understanding) คือการตัดสินใจในเรื่องความหมายของข้อความจากการสื่อสาร การพูด การเขียน ได้แก่การแปลความหมาย การยกตัวอย่าง การจัดประเภท การสรุป การอ้างอิง การเปรียบเทียบ 3) การนำไปใช้ (Apply) คือการดำเนินการนำไปใช้หรือการดำเนินการในสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้แก่การนำไปปฏิบัติ การทำให้เกิดผล 4) การวิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง การแยกส่วนประกอบในแต่ละส่วน แล้วตรวจสอบว่าเชื่อมโยงกับโครงสร้างและจุดประสงค์หรือไม่ โดยดูความแตกต่าง การจัดการ และเจตนาธรรม 5) การประเมินผล (Evaluation) คือ การตัดสินใจตามเกณฑ์และมาตรฐาน ได้แก่ การตรวจสอบ และการวิพากษ์วิจารณ์ 6) การสร้างสรรค์ (Create) คือการวางแผนองค์ประกอบร่วมกัน โดยการแตงนินาย การเชื่อมโยงหรือการสร้างผลผลิตเดิม ในการสร้าง วางแผน และการผลิต

2.2.4 การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา

การสอนแบบสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ให้นักเรียนได้ลงมือทำอย่างกระตือรือร้น และได้ผลงานออกมา โดยการใช้กระบวนการต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอน นักเรียนได้เรียนรู้จากการวางแผนทำกิจกรรม สืบค้น การคิดต่าง ๆ เช่น การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดในระดับ

ต่าง ๆ และการลงมือทำกิจกรรม โดยครูเป็นผู้ช่วยสนับสนุนนักเรียนในการเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษา โดย สะเต็มศึกษาควรประกอบไปด้วย 4 วิชาคือ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ไม่ควรขาดองค์ประกอบใดไปแม้ตัวเดียว ซึ่งครูที่เข้าใจในการสอนสะเต็ม อย่างแท้จริงจะสามารถบูรณาการ การสอนได้ทั้ง 4 วิชาสามารถสอนให้สะเต็มศึกษาให้ครบในทุกระดับชั้น แต่ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้กระบวนการใดในการจัดการเรียนการสอนใช้ระยะเวลาเท่าไร ใช้กี่คาบ หรือถ้าทำการสอน โครงการอาจใช้เวลาหลายวัน หรือเป็นสัปดาห์ เช่นสำหรับเด็กก่อนวัยอนุบาล อนุบาล และ ประถมศึกษาตอนต้น เราอาจจะใช้ STEAM คือการสอน STEM ที่ใช้ศิลปะ ในการนำเข้าสู่องค์ความรู้ แบบ STEM ซึ่งในการสอนแบบ STEM มีการวาดภาพและประดิษฐ์อยู่แล้ว

1. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนแบบสะเต็ม มี 5 ประเภท ได้แก่
 - 1.1 โรงเรียนที่สอนสะเต็มอย่างเต็มรูปแบบจะจัดการเรียนการสอนทั้งระบบ
 - 1.2 โรงเรียนที่สอนสะเต็มอย่างไม่เต็มรูปแบบ
 - 1.3 โรงเรียนที่สอนสะเต็มเป็นวิชาเสริมหลักสูตร
 - 1.4 โรงเรียนที่จัดการศึกษาสะเต็มเป็นกิจกรรมเสริมหลังเลิกเรียน
 - 1.5 โรงเรียนที่จัดโปรแกรมสะเต็มศึกษาให้กับนักเรียนช่วงปิดเทอม

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มขึ้นอยู่กับความพร้อมของโรงเรียน หน่วยงานต่าง ๆ ผู้บริหาร ครู และบุคลากร รวมทั้งสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ สิ่งที่สำคัญคือ การประสานงานของ บริหารร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ และการบริการในโรงเรียน การสนับสนุนครูในโรงเรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจและพร้อมที่จะสอนสะเต็มได้อย่างถูกต้อง

2. หลักการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา

2.1 เน้นการบูรณาการความรู้การบูรณาการตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไปโดยครูเชื่อมโยงหลาย ๆ วิชาเข้าด้วยกันในการสอน เช่น วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษาซึ่งการสอนแบบนี้เรา เรียกว่า สหวิทยาการหรือ Interdisciplinary การสอนแบบนี้จะให้ให้นักเรียนเชื่อมโยงความคิดรวมยอด กับความรู้ที่ได้รับโดยใช้นวัตกรรมการเรียนการสอนใช้ความคิดในด้านต่าง ๆ เช่น สร้างสรรค์ และ ความคิดเพื่อแก้ปัญหาหรือคิดในสถานการณ์ที่ได้รับมอบหมาย

2.2 การสร้างความสัมพันธ์ คือการคิดว่าจะนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์อะไร ต่อไปโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับการนำไปใช้ประโยชน์

2.3 การเน้นทักษะของศตวรรษที่ 21 เน้นที่เราจะหาความรู้ได้อย่างไรและใช้ความรู้ได้ อย่างไร โดยการสอนสิ่งที่ทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาสื่อสารความรู้และความคิด ทำงานเป็นทีม เพื่อจะได้มีความรู้และความคิดในอนาคต

2.4 สร้างการสอนที่ทำทลายความรู้ความสามารถตามวัยและระดับชั้นเน้นทักษะใน ศตวรรษที่ 21 และความรู้ที่หลากหลายไม่ใช่แค่เนื้อหาที่เรียนเพียงอย่างเดียว

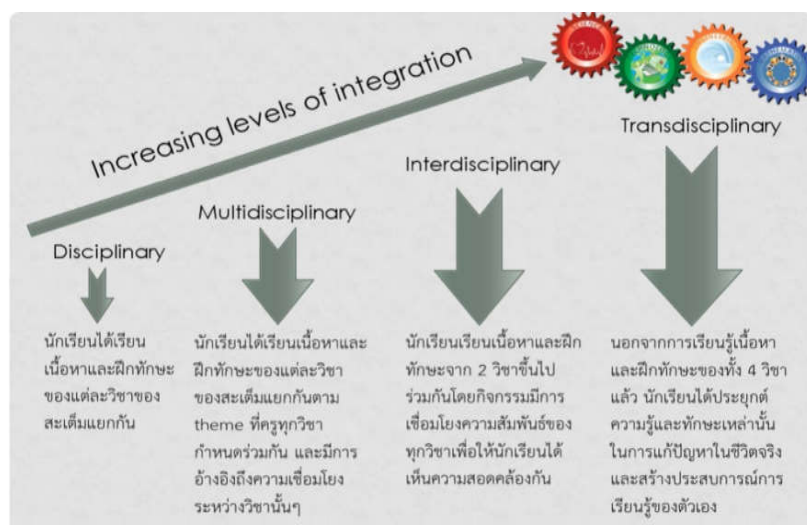
2.5 รู้จักประยุกต์โดยผสมผสานในการเรียนการสอนแบบสะเต็มสามารถนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอน เช่น ครูอาจใช้กระบวนการสอนแบบวิศวกรรมศาสตร์ให้เด็กเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหา และนำคุณลักษณะของการเรียนแบบโครงการมาประกอบในการสอนด้วย เพื่อให้เด็กเรียนรู้ในหัวข้อที่ตนเองแก้ปัญหาหรือสนใจให้เข้าใจได้ลึกซึ้งไป

หลักการบูรณาการคือการบูรณาการอย่างมีความหมาย ครูควรสนับสนุนความรู้ของเด็กในแต่ละวิชาและไม่จำเป็นต้องบูรณาการหลาย ๆ วิชา สิ่งที่สำคัญคือ การประเมินผลและกลยุทธ์ในการบูรณาการสะเต็มเพื่อการเรียนรู้และสติปัญญา (Honey, Pearson and Schweingruber, 2014 : 5)

3. แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวทางหนึ่งในการเตรียมคนให้มีสมรรถนะให้ดำรงชีวิตอยู่ในศตวรรษที่ 21 และเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

วาสเกซ ไนเดอร์ แชะโคเมอร์ (Vasquez, Sneider, and Comer, 2013, : 185) กล่าวถึงระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาว่าสามารถแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) ดังแสดงในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แสดงการระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา

การบูรณาการภายในวิชา คือการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้ที่แยกวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ตามแต่ละรายวิชา

การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ แยกกันโดยมีหัวข้อหลัก ที่กำหนดร่วมกันและมีการเชื่อมโยงระหว่างรายวิชานั้น การจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้เป็นช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน ได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 อย่างร่วมกัน โดยกิจกรรมมีความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้อง ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในแต่ละสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหา หรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

การบูรณาการข้ามสาขาวิชา คือการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนจากวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้น ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากปัญหาที่นักเรียนมีความสนใจ โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนของนักเรียนกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ ตัวชี้วัดในวิชาที่เกี่ยวข้อง และความรู้เดิมของนักเรียน

การบูรณาการของสะเต็มศึกษาทั้งหมด 4 ชั้น ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การบูรณาการแบบพหุวิทยาการเพื่อให้ผู้เรียนนำทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาใช้ในการเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชา

4 การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษามีการสอน 6 -ขั้นตอนได้แก่

- 1) การมุ่งประเด็นที่แท้จริง และปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นบนโลกใบนี้ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าจะมีผลกระทบต่อมนุษย์ทุกคน
- 2) กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะของการยืดหยุ่น โดยการกำหนดโจทย์ปัญหาต่าง ๆ ให้มีความท้าทาย สร้างสรรค์ และพัฒนา
- 3) ให้ผู้เรียนเปิดกว้างในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
- 4) เน้นการทำงานเป็นทีม
- 5) ประยุกต์ทั้ง สี่ศาสตร์ในลักษณะการบูรณาการ
- 6) ฝึกให้หาคำตอบที่มีหลายทางเลือก รวมทั้งเรียนรู้จากความผิดพลาดหรือความล้มเหลวในเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาครั้งต่อไป

6 ขั้นตอน ดังกล่าวได้ สอดคล้องของขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (วารินทร์ ฟันเฟื่องฟู : 2559)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Science + Math & Technology)

ขั้นที่ 4 วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา (Engineering)

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (Engineering)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม

2.2.5. การประเมินผล

การประเมินผลทางการศึกษาเพื่อประเมินผู้เรียนถึงความรู้ความเข้าใจ ทักษะ กระบวนการ ความสนใจ พัฒนาการการเรียนรู้ ผลงาน ความสำเร็จของผู้เรียน ทางสติปัญญา อารมณ์ และสังคม ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ การประเมินผลมี 2 แบบ คือ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ (Formative) เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียน การสอนและการประเมินผล เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน (Summative) เพื่อตัดสินคุณภาพของผู้เรียนและการจัดการเรียนรู้ซึ่งการประเมินผลระหว่างกาลการจัดการเรียนรู้มักใช้คำว่า Assessment เพราะเป็นการประเมินผลเพื่อหาจุดเด่นและจุดด้อยเพื่อแก้ไขและพัฒนาการเรียนของเด็กแต่การประเมินผลเมื่อสิ้นสุดลงมาใช้คำว่า Evolution เพราะเป็นการตัดสินผู้เรียนว่ามีความรู้ความสามารถเพียงใดมีผู้สรุปความแตกต่างระหว่าง Formative และ Summative ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความแตกต่างการประเมินผล Formative และ Summative

ประเมินผลระหว่างผู้เรียนเรียนรู้ (Formative)	ประเมินผลเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ (Summative)
1. ประเมินผลอย่างไม่เป็นทางการเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน	1. ประเมินผลอย่างเป็นทางการเพื่อครูและนักเรียนจะได้ทราบว่าผู้เรียนได้รับความรู้แค่ไหน
2. ประเมินผลจากการสะท้อนการเรียนของผู้เรียนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ เพื่อครูและเด็กจะได้จัดการเรียนที่ทำให้เด็กประสบความสำเร็จ	2. ประเมินผลตามมาตรฐานการเรียนรู้และอย่างเป็นระบบ
3. ประเมินผลแบบต่อเนื่องเพื่อพัฒนาการเรียนเน้นกระบวนการเรียนรู้	3. เน้นผลลัพธ์ที่คุณภาพ ผลการเรียนรู้
4. วินิจฉัยเพื่อปรับปรุง	4. ตัดสินผลจากเกรด
5. รูปแบบการวัดที่ยืดหยุ่น	5. มีบรรทัดฐานในการวัด

1. การประเมินผลระหว่างเรียนได้แก่
 - 1.1 การประเมินผลที่สะท้อนผู้เรียนจากการสนทนา การเขียน และการทำงาน
 - 1.2 ประเมินผลจากหลักสูตร
 - 1.3 การประเมินตนเอง
 - 1.4 การสังเกต
 - 1.5 แฟ้มสะสมงาน
2. การประเมินผลระหว่างเรียนได้แก่
 - 2.1 การสอบหลังบทเรียนหรือการประเมินผลเมื่อสิ้นสุดโครงการ
 - 2.2 การประเมินผลเมื่อจบคอร์ส
 - 2.3 ประเมินผลตามมาตรฐานการเรียนรู้
 - 2.4 แฟ้มสะสมงาน

2.3 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจากพิชิต ฤทธิจรูญ (2551: 139-160) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรม หรือคุณลักษณะของคน สัตว์ หรือสิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ผู้วัดต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.3.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งหมดจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วยความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่ำนักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ไม่ได้ถูกวัด ข้อสอบวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จากการวัดครั้งนั้น ๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริง ๆ ไม่ได้และเมื่อนำผลการวัดครั้งนั้น ๆ ไปประเมินผล ผลการประเมินครั้งนั้น ๆ ก็ขาดความเชื่อถือตามไปด้วยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหา หรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวด

หรือหน่วยย่อย ๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

2. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่วัดกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัดหรือไม่ วิธีนี้เป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน เป็นผู้พิจารณาให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้

- 1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์
- +1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรวินेलลี และแฮมเบิลตัน ดังนี้ (Rowinelli and Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2539 : 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.1)$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2.3.2 ความยากง่าย

ความยากง่าย เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่ามีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากง่ายหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n} \quad (2.17)$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
 P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาความยาก

ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.02 - 0.08 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$0.08 < P \leq 1.00$ แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

$0.06 < P \leq 0.08$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

$0.04 < P \leq 0.06$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

$0.02 < P \leq 0.04$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

$0.00 < P \leq 0.02$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.3.3 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad (2.19)$$

เมื่อ r แทน ค่าความจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีอำนาจจำแนกตั้ง 0.12 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่น ๆ มีความหมายดังนี้

$0.04 < r \leq 1.00$ แสดงว่า จำแนกได้ดีเป็นข้อสอบที่ดี

$0.03 < r \leq 0.39$ แสดงว่า จำแนกได้เป็นข้อสอบที่ดีพอสมควรอาจต้องปรับปรุงบ้าง

$0.02 < r \leq 0.29$ แสดงว่า จำแนกพอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุง

$-1.00 < r \leq 0.19$ แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อสอบนั้นจำแนกกลับ แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้ คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิตยา ภูผาบาง(2559: 102) ได้ทำการวิจัยการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 พบว่ากิจกรรมดังกล่าวสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษา และนักเรียนมีคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการในกิจกรรมที่ 2 ($\bar{X} = 1.78$, S.D. = 0.42, 89.0 %) สูงกว่ากิจกรรมที่ 1 ($\bar{X} = 1.36$, S.D. = 0.43, 68.0 %) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

กำธร คงอรุณ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ หลังจากที่ได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางไว้พบว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสูงกว่าก่อนเรียน

นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) ได้วิจัยเรื่อง การปฏิบัติการความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง งานและพลังงาน มีลักษณะดังนี้ คือ ชั้นยืนยันปัญหาควรรยกสถานการณ์ใช้ชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน และสามารถบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาได้ อีกทั้งมุ่งเน้นให้นักเรียนอภิปรายกลุ่มและอภิปรายหน้าชั้นเรียน ชั้นชี้แจงควรใช้คำถามต่อเนื่องจากขั้นตอนก่อนหน้า ประกอบกับการให้นักเรียนอธิบายถึงสาเหตุผ่านการอภิปรายกลุ่มและการอภิปรายหน้าชั้นเรียนนอกจากนี้นักเรียนต้องได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาชั้นวางแผนและชั้นวางแผนสำรอง ผู้สอนควรแสดงอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย แต่ต้องจำกัดอุปกรณ์เพื่อลดปัญหา การลองผิดลองถูก อีกทั้งตรวจสอบการวางแผนของนักเรียนว่าใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ชั้นปรับโครงสร้างนักเรียนต้องลงมือสร้างแบบจำลองที่ได้วางแผนไว้

ด้วยตนเองในชั้นประเมินผู้สอนและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามที่กำหนด

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเป็นการเรียนรู้ที่เน้นการทำและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา และสร้างสรรค์ โดยนำเอาจุดเด่นของในแต่ละสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณากันอย่างลงตัว ส่วนใหญ่จะออกแบบในลักษณะกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้รับความพึงความคิดเห็นที่หลากหลาย มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ในแต่ละกิจกรรมจะให้เกิดความเชื่อมโยงในมิติต่าง ๆ ขององค์ความรู้ ทักษะกล้ามเนื้อ และจิตพิสัยในการทำงาน ในกิจกรรมการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา การทดสอบ ทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกับความรู้ที่ได้รับมา และต่อยอดความรู้เดิมให้ได้พัฒนาขึ้นเป็นกระบวนการ แก้ปัญหา หรือความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม จะเป็นความรู้ที่คงทน นำไปใช้ในการประยุกต์เข้ากับเรื่องที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกระบวนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรถอดลอออิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วย การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย
7. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรถอดลออ ปีการศึกษา 2561

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรถอดลออ ปีการศึกษา 2561 จำนวน 16 คน โดยการคัดเลือกตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1. ใบกิจกรรม
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1. แบบประเมินคุณภาพของใบกิจกรรม
2. แบบประเมินคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน
3. แบบประเมินคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจ

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 แบบสังเกต

3.2.5 แบบประเมินความพึงพอใจ

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 การวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล คำอธิบายรายวิชาในรายวิชาวงจรดิจิทัล มีจุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรดิจิทัล มีทักษะในการประกอบและทดสอบวงจรดิจิทัล และมีกิจนิสัยในการหาความรู้เพิ่มเติม เมื่อผ่านการเรียนการสอนในรายวิชาดังกล่าว นักเรียนจะแสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งาน การประกอบและการทดสอบวงจรดิจิทัล และจากคำอธิบายรายวิชา การเรียนการสอนของวิชาดิจิทัลมีพื้นฐานของรายวิชาคือ ระบบตัวเลข การคำนวณการแปลงเลขฐานต่าง ๆ รหัสไบนารีและ รหัสต่าง ๆ คณิตศาสตร์ทางลอจิก การลดรูปสามการลอจิก เพื่อต่อยอดในการแสดงความรู้ในการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และผู้วิจัย จึงมีแนวความคิดในการนำความรู้พื้นฐานของวิชามาใช้ในรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ บูรณาการเข้ากับการเรียนการสอน “ กิจกรรมรถขนของเดินตามเส้นทาง ”

3.3.2 การสร้างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและใบกิจกรรม

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เนื้อหารายวิชา รูปแบบและการสร้างสื่อการเรียนการสอน ประเภทกิจกรรม หลักการสร้างวงจร และรายละเอียดต่าง ๆ ของกิจกรรม ด้วยแนวทางการสอนแบบสะเต็มศึกษา

2. เลือกกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มี 6 ชั้นได้แก่ 1) ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา 2) การรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง 6) นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา หรือผลงานการพัฒนานวัตกรรม

3. ออกแบบใบกิจกรรมการพัฒนากิจกรรมจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ภายใต้ชื่อ “กิจกรรมรถขนของเดินตามเส้นทาง ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พิจารณาจากสมรรถนะรายวิชา ให้เหมาะสมกับกิจกรรม เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ ความท้าทาย การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีค่าความผิดพลาดต่ำ และอุปกรณ์รับการพัฒนาง่ายต่อการออกแบบและใช้งาน สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่ได้ออกแบบไว้ วิเคราะห์เลือกวงจรที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา

4. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของวงจร เพื่อหาข้อผิดพลาดจากการประกอบวงจรจริงเทียบกับการคำนวณ และแก้ไขค่าอุปกรณ์และวงจรให้การทำงานเป็นไปตามทฤษฎี

5. นำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและใบกิจกรรม ที่ผู้วิจัยออกแบบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อขอคำแนะนำแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

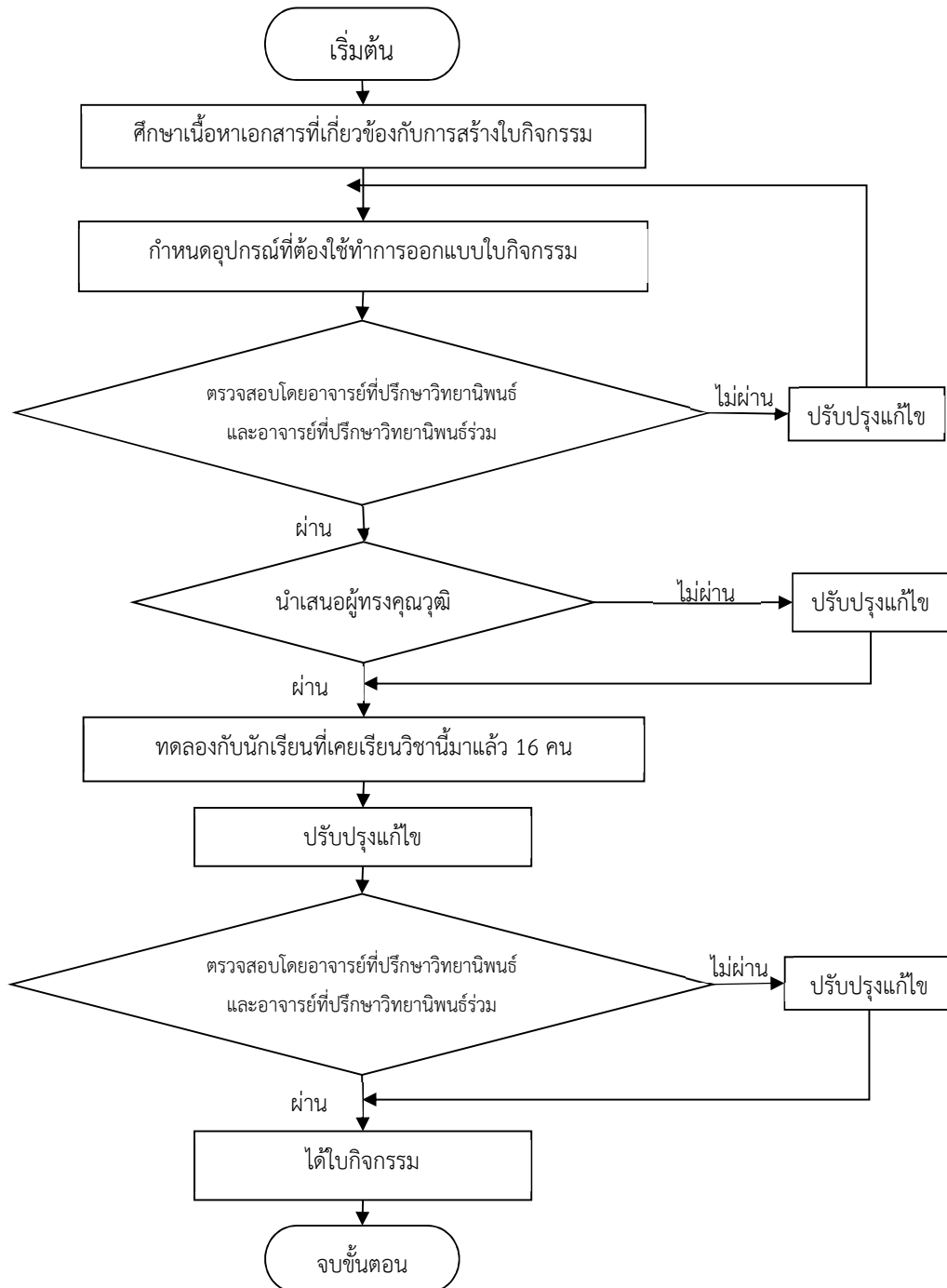
6. นำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพของใบกิจกรรม

7. นำมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะ

8. ทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่เคยเรียนมาแล้ว จำนวน 16 คน โดยการคัดเลือกนักเรียน เพื่อสังเกตหาข้อบกพร่องกิจกรรมแล้วปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

9. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

10. เมื่อผ่านการตรวจสอบและแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ได้นำใบกิจกรรมไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบกิจกรรม

3.3.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามขั้นดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ใช้รูปแบบการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพดีระดับดี

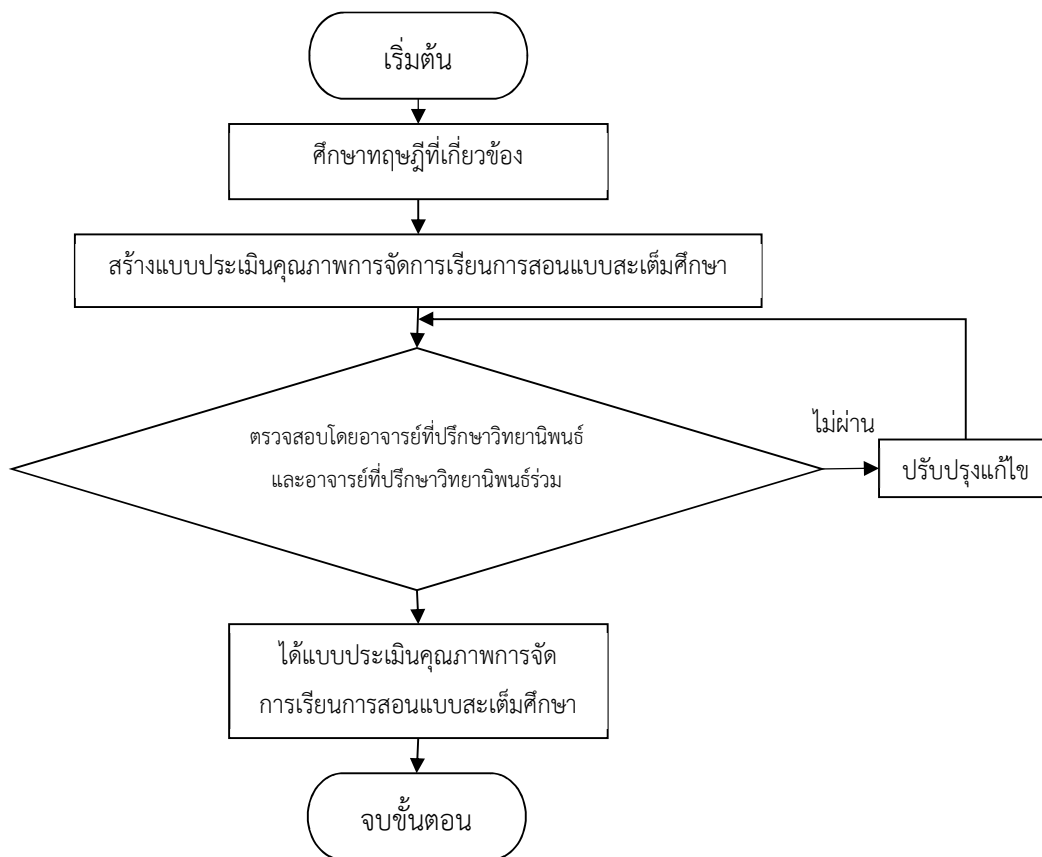
ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพระดับควรปรับปรุง

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ได้แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พร้อมเสนอผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน แสดงดังภาพที่ 3.2

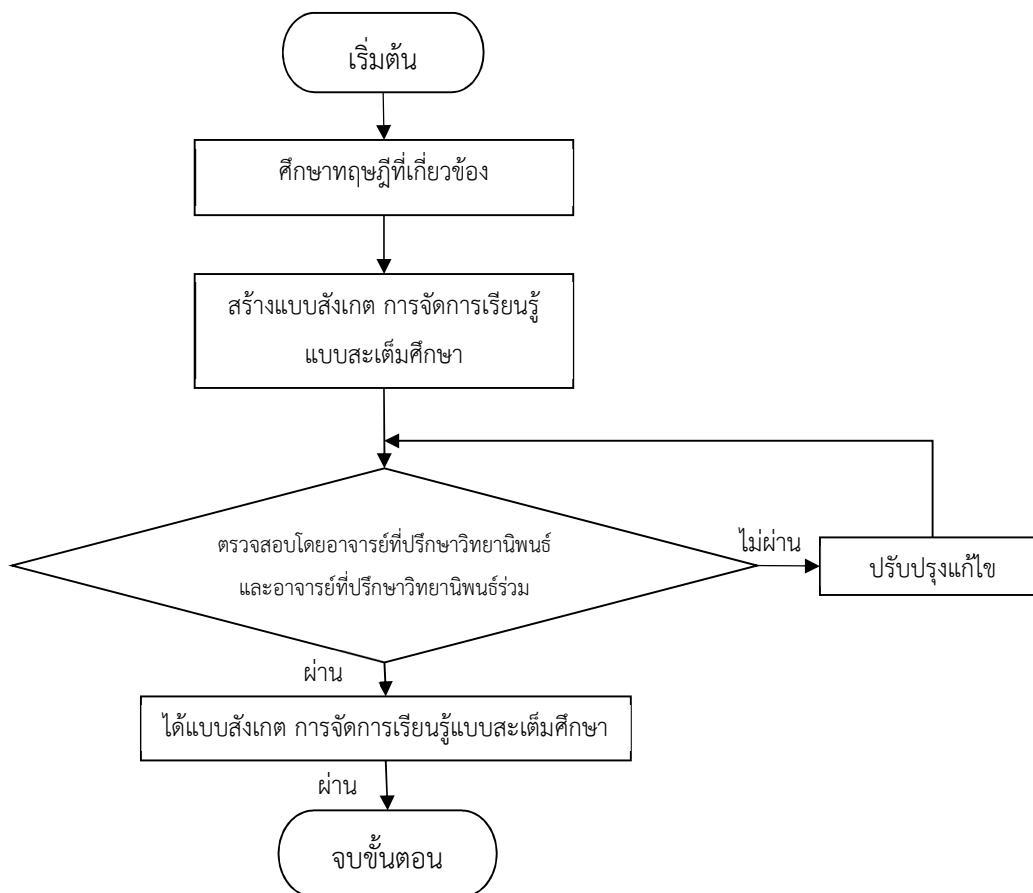


ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.3.4 การสร้างแบบสังเกต

การสร้างแบบประเมินผลการสังเกต จะนำมาใช้ประเมินพฤติกรรมการทำงานและชิ้นงานของนักเรียนมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาวิธีการสร้างแบบสังเกตจากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชาของวิชาวงจรดิจิทัล และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. สร้างแบบสังเกต ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
4. ได้แบบสังเกต ที่พร้อมจะนำไปใช้เพื่อทำการวิจัยต่อไป



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.3.5 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งมีลักษณะแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก โดยมีขั้นตอนการสร้างตามลำดับดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับ ขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์หลักสูตรและ กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียน มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว และคำตอบลวง 3 คำตอบ ให้ครอบคลุมจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม ตรงตามเนื้อหา ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ข้อที่ตอบถูกเป็น 1 และข้อที่ ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้คะแนนเป็น 0

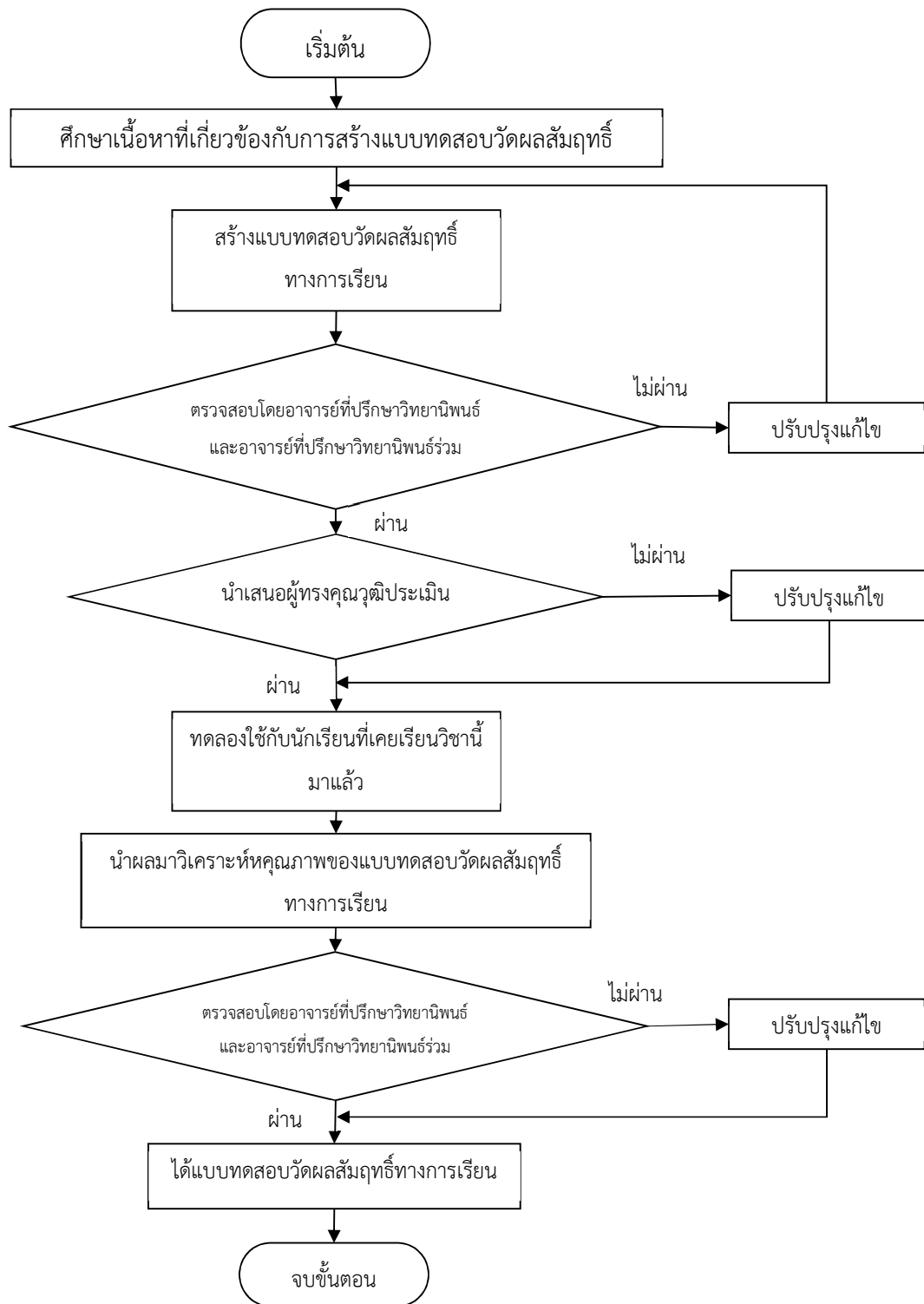
3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วทำการนำมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นรายข้อ แล้วทำการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

5. ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียน วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่เคยเรียนวิชานี้ มาแล้ว จำนวน 16 คน เพื่อนำผลที่ได้ มาวิเคราะห์ ความยากง่าย และอำนาจจำแนก ของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ แล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

7. ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สมบูรณ์พร้อมใช้ในการทำวิจัย ซึ่งลำดับ ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงได้ดังภาพที่ 3.5

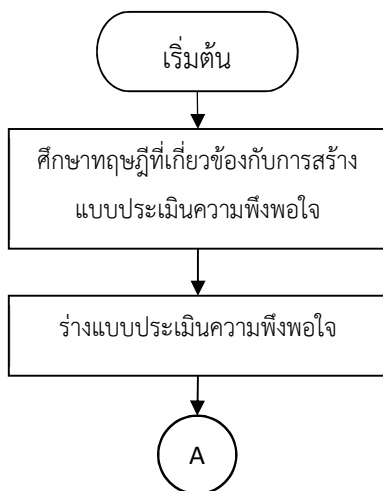


ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

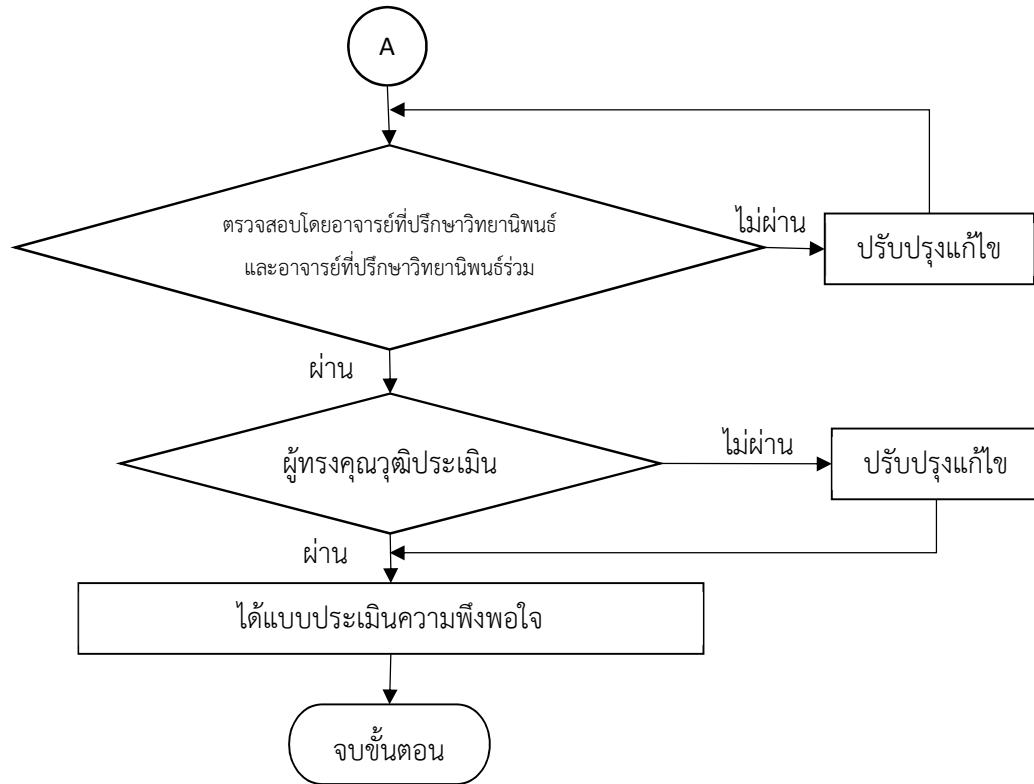
3.3.6 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
2. ร่างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. นำแบบประเมินความพึงพอใจของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ร่วมตรวจสอบและผู้วิจัยนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ
4. นำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำไปใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้จากการประเมินมาวิเคราะห์
5. ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้รูปแบบแบบการประเมินโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง	ความพึงพอใจระดับมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง	ความพึงพอใจดีระดับมาก
ระดับ 3 หมายถึง	ความพึงพอใจระดับปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อย
ระดับ 1 หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อยมาก
6. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ สมบูรณ์พร้อมใช้ในการทำวิจัย ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจได้ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ



ภาพที่ 3.6 (ต่อ)

งานวิจัยนี้ในขั้นตอนของการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประเมินคุณภาพของการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรถอดล็อกอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แบบ สังเกต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ ดังรายนามต่อไปนี้

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. นางสุกัญญา ธรรมสุขชีโย | รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม |
| 2. นายคชาวุธ เทพยศ | รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
วิทยาลัยเทคนิคบางแสน |
| 3. นายพนมไพโร สุขมา | ครูชำนาญการ
วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม |
| 4. นางสาวฉัตรชลภรณ์ โลระลุน | ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์
วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม |
| 5. นางผกายมาศ เขียวสะอาด | ครูผู้สอนกลุ่มการทำงานอาชีพและเทคโนโลยี
โรงเรียนวัดท่าเกวียน |

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ดำเนินการกิจกรรมและเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อหาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิ สนับสนุนการทำวิจัย ได้แก่ หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพใบกิจกรรม แบบสังเกต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อและขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิรวมทั้งนัดหมายวัน เวลา และสถานที่

3.4.3 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพใบกิจกรรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสังเกต และแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4.4 จัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการนำเอากิจกรรมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จำนวน 16 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

3.4.5 จัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการนำประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จำนวน 16 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนของแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม

3.4.6. นัดหมายนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรถอดลออิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้ชื่อกิจกรรมว่า รถขนของเดินตามเส้นทาง ตามวัน เวลา และสถานที่ที่กำหนด

3.4.7. แจ้งให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

3.4.8. ชี้แจงขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรถอดลออิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ให้กับนักเรียน

3.4.9. แบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยใช้วิธีการจับฉลาก

3.4.10. ดำเนินกิจกรรมขั้นตอนดังนี้

1. สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทาง

2. เลือกแบบจากที่ได้ออกแบบโครงร่างรถขนของเดินตามเส้นทางที่ดีที่สุด

3. สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงร่าง

4. สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง

5. คำนวณหาค่าความเร็วของรถขนของเดินตามเส้นทาง

6. อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง ไปยังเป้าหมาย

3.4.11. นักเรียนทำแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

3.4.12. นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรถอดลออิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้แปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง

กลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง คุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้ได้ต้องคุณภาพอยู่ในระดับดี คือต้องได้คะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.2 การประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินความพึงพอใจของกิจกรรมมีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้แปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับน้อยมาก

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้ได้ต้องคุณภาพอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือต้องได้คะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติดังต่อไปนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (ถ้วน สายยศและ อังคณา สายยศ. 2538 : 73)

สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2549 : 79)

สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3.2)$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น

$\sum X^2$ คือ ผลรวมกำลังสองของค่าคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิยก

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.6.3 การหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551 : 150)

สูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.3)$$

เมื่อ IOC คือ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.7 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ผู้วิจัยใช้ t - test แบบ Dependent Samples โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรรค้ำ, 2558 : 350)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}; df = N-1 \quad (3.4)$$

เมื่อ t คือ ค่าที่ใช้พิจารณาใน t - Distribution

$\sum D$ คือ ผลรวมระหว่างความต่างเป็นรายคู่ของคะแนนก่อนและหลังเรียน

$\sum D^2$ คือ ผลรวมกำลังสองระหว่างความต่างเป็นรายคู่ของคะแนนก่อนและหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จำนวน 16 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบการบรรยาย ดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพของใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4.1.1 คุณภาพของใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพการเรียนรู้อย่างสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ผลการวิเคราะห์คุณภาพของกิจกรรมแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การประเมินคุณภาพใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการประเมิน	N=5		ระดับ คุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1. จุดประสงค์มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4.60	0.55	ดีมาก
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4.60	0.55	ดีมาก
3. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างวงจรกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4.80	0.45	ดีมาก
4. ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์	4.80	0.45	ดีมาก
5. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนการทดลองสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	4.40	0.55	ดี
6. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความชัดเจนในการอธิบายขั้นตอนการทดลอง	4.40	0.55	ดี
7. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
8. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์	4.80	0.45	ดีมาก
9. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามกำหนดเวลา	4.40	0.55	ดี
10. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน	4.40	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.58	0.52	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คุณภาพในภาพรวมของใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.52) โดยมีรายการที่จัดอยู่ในระดับดีมากและมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างวงจรกับกิจกรรม ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์ การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้ รายการที่จัดอยู่ในระดับดีมากและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) คือ ความสอดคล้องของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อีกทั้ง กิจกรรมมีการบันทึกผลการทดลองที่สัมพันธ์กับการทดลอง ส่วน รายการที่มีค่าเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) คือ ขั้นตอนการทดลองสอดคล้อง

ตามวัตถุประสงค์ การมีความชัดเจนในการอธิบายขั้นตอนการทดลอง การทดลองได้ตามกำหนดเวลา และความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรานซิสเตอร์เบื้องต้น

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรานซิสเตอร์เบื้องต้น ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ใช้การทดสอบสมมติฐานโดยการหาค่า t-test for Dependent Samples ดังแสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เรียน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรานซิสเตอร์เบื้องต้น

กิจกรรม	จำนวนนักเรียน(N)	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	16	30	16.44	2.97	19.07	0.00**
หลังเรียน	16	30	26.44	2.19		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t > 2.60$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรานซิสเตอร์เบื้องต้น ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนหลังเรียน ($\bar{X} = 26.44$, S.D. = 2.19) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ($\bar{X} = 16.44$, S.D. = 2.97) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัยที่กำหนดไว้

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผลการประเมินหาความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการประเมิน	N=16		ระดับคุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1. ผู้สอนได้แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อให้ทราบแนวทางในการเรียนรู้	4.31	0.70	มาก
2. ผู้สอนได้กระตุ้นนักเรียน คิด ค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง	4.69	0.48	มากที่สุด
3. ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาการสอนเป็นอย่างดี	4.88	0.34	มากที่สุด
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็นขณะสอน	4.44	0.51	มาก
5. ผู้สอนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้สอนและนักเรียน	4.44	0.73	มาก
6. นักเรียนมีการวางแผนการค้นคว้าหาคำตอบและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.19	0.54	มาก
7. นักเรียนมีความรู้เชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหาอื่น	4.81	0.40	มากที่สุด
8. นักเรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต	4.44	0.73	มาก
9. นักเรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม	4.94	0.25	มากที่สุด
10. นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและ รับฟังความคิดของผู้อื่น	4.75	0.45	มากที่สุด
11. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนเกิดการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์	4.50	0.52	มากที่สุด
12. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะการแก้ปัญหา	4.56	0.63	มากที่สุด

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

รายการประเมิน	N=16		ระดับ คุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
13. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาาร่วมกันกับเนื้อหาวิชาวงจรดิจิทัล	4.31	0.60	มาก
14. ความเหมาะสมของเวลากับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4.00	0.73	มาก
15. ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดได้เหมาะสมกับการเรียนรู้	4.50	0.52	มากที่สุด
16. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น	4.94	0.25	มากที่สุด
17. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.50	0.52	มากที่สุด
18. การให้คะแนนเกิดจากการปฏิบัติงานจริงของนักเรียน	4.50	0.52	มากที่สุด
19. นักเรียนได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำไปแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้	4.44	0.51	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.53	0.52	ดีมาก

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุด คือ นักเรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม และรายการที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ความเหมาะสมด้านเวลาของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจากนักเรียนมีความต้องการเวลาในการตกแต่งรถขนของเดินตามเส้นทางที่สร้างขึ้นให้มีความสวยงาม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้มีคุณภาพ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยทดลองกับกลุ่มประชากร นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จำนวน 16 คน ผลการวิจัย การอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มีคุณภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป
2. นักเรียนที่เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ด้วยจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จัดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรดิจิทัล ปีการศึกษา 2561

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรดิจิทัล ปีการศึกษา 2561 จำนวน 16 คน โดยการคัดเลือกตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ใบกิจกรรมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
2. แบบประเมินคุณภาพของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
3. แบบสังเกต
4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. แบบประเมินผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อหาคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

1. ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการออกหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือในงานวิจัย
2. ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา แบบสังเกต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ
3. ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการออกหนังสือขอความอนุเคราะห์สถานศึกษา เพื่อให้นักเรียน ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จำนวน 16 คน ทดลองเครื่องมือเพื่องานวิจัย
4. ให้นักเรียนที่กลุ่มตัวอย่าง ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนก่อนเรียน
5. แล้วนัดหมายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา แนวทางการ

ดำเนินกิจกรรม ขั้นตอนดำเนินกิจกรรม และสังเกตพฤติกรรมและชิ้นงาน และเมื่อได้ชิ้นงานให้นำ ชิ้นงานทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และอภิปรายผลตามลำดับ จากนั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

6. กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มี ต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ประมวลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้ได้กำหนดสมมติฐานการวิจัยไว้อยู่ในระดับดี ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นโดย กำหนดสมมติฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 หรือดีกว่า

3. การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วย การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสำหรับ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน โดยใช้การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้ได้กำหนดสมมติฐานการวิจัยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่ามีจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.52) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\bar{X} = 26.44$, S.D. = 2.19) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 16.44$, S.D. = 2.97) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องตามสมมติฐานของการวิจัยที่กำหนด

3. ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.52) สอดคล้องตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 คุณภาพการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จัดอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องตามสมมติฐานของการวิจัย และสอดคล้องกับงานวิจัยของพลสวัสดิ์ สองแคว (2558 : 164) ซึ่งได้สร้างและหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักหิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวความคิดแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีคุณภาพในระดับมากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากใบกิจกรรมและเนื้อหา มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ความสัมพันธ์รูปร่างกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง และการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ และสามารถตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ มนตรี จุฬาวัดนทล (2556 : 14 - 16) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้มีการสร้างองค์ความรู้ที่เกิดจากการทำกิจกรรมและการสร้างชิ้นงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวความคิดสะเต็มศึกษาเป็นการฝึกให้นักเรียนเรียนรู้จักวิธีการตั้งคำถาม แก้ปัญหา สร้างทักษะ การสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ นำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเพื่อแก้ไขปัญหา

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลลอจิกทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีการบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ รู้จักวิธีการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา สร้างทักษะการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์เพื่อการออกแบบและสร้าง รวมทั้งได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น ซึ่งนักเรียนได้มีการสร้างองค์ความรู้ที่เกิดจากการทำกิจกรรมและการสร้างชิ้นงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวความคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558 : 401 - 402) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติที่ดีต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จัดอยู่ในระดับที่มากที่สุด เนื่องจาก ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาการสอนเป็นอย่างดีอีกทั้งได้กระตุ้นนักเรียน คิด ค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนให้มีทักษะในการแก้ไขปัญหาสามารถเชื่อมโยงความรู้สัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาอื่นและประสบการณ์ความรู้เดิม อีกทั้งมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดของสมาชิกในกลุ่ม ตรวจสอบและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของนัสนรินทร์ บือชา (2558) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ต้องการให้นักเรียนให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ จึงควรการจัดกิจกรรมในรูปแบบของการแข่งขัน เป็นการกำหนดโจทย์หรือกติกาการเล่น การให้คะแนน และการเปรียบเทียบผลคะแนนกับนักเรียนกลุ่มอื่น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดแก้ไขปัญหาเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายของโจทย์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาศักยภาพด้านการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างชิ้นงานออกมาได้อย่างดีเยี่ยม

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับเนื้อหาในส่วนอื่น เช่น ให้กิจกรรมมีความสอดคล้องและต่อเนื่องของเนื้อหาทั้งรายวิชา
2. การนำกิจกรรมไปประยุกต์ใช้รายวิชาอื่น ๆ เช่น การออกแบบวงจรดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์ที่มีลักษณะการทำงานให้สอดคล้องกับเนื้อหาส่วนอื่น ๆ และพัฒนากิจกรรมควรมีความทันสมัย

บรรณานุกรม

- กำธร คงอรุณ. 2559. การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ. มหาวิทยาลัยเนรศวร
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2558). นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ : ฟ้าลานซ์ดีไซน์แอนด์ปริ้นติ้ง
- โชติกา ภาชีผล, ณัฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนากานนท์. 2558. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม และณภัทร วัจนเทพพิทร์. 2541. วงจรดิจิทัล(ภาคปฏิบัติ). กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊ก
- นันทชา อัมฤทธิ์. 2559. การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยเนรศวร
- นัสรินทร์ ปือชา. 2558. รายงานผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวความคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education) ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ไขปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- นิตยา ภูผาบาง. 2559. การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. มหาวิทยาลัยบูรพา
- ปิติภาค ปันรอด. 2550. วงจรพัลส์และดิจิทัล. กรุงเทพมหานคร: เอ็มพันธ์
- เพทาย ภาสว่าง และเอกชัย ดีสุข. 2551. ดิจิตอลประยุกต์. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการพิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551. หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เฮาส์ออฟ เคอร์มส์.
- พลสวัสดิ์ สองแคว. 2558. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “ อนุรักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ” ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยเนรศวร. 164

- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. 2558. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียน เคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 9. 401 - 402
- มนตรี จุฬาวัฒนทล. 2556. สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.).185 : 14 - 18
- รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538. วิธีวิจัยการศึกษา.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539. เทคนิควิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วารินทร์พร พันเพ็ญฟู. 2559. สะเต็มศึกษา. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 15 : 198-203
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557. สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.).186 : 3 - 5
- สง่า ศรีศุภปริดา และอัครี หมอยาดี. 2550. ดิจิตอลเทคนิค. กรุงเทพมหานคร: เอมพันธ์
- สมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2551. การออกแบบวงจร DIGITAL และการประยุกต์ใช้งาน. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.
- สิรินภา กิจเกื้อกุล. 2557. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : ทิศทางสำหรับครุศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์:จุลติสการพิมพ์
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2556. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : แผนกวิชาการพิมพ์วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.
- ศรัญญา สุทธิมาลา. 2542. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาประเภทวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดกรมการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร
- Armstrong, T. (2000). Multiple Intelligences in the classroom. VA : Arlington
- Beecroft, G. D, Duffy, G. L, and Moran, J.W. (2003) The Executive Guide to Improvement and Chang. USA : ASQ Quality Press.
- Bybee, W. R. (2013). The Case of STEM Education: Challenges and opportunities, USA : NTA press
- Davis, G. A. and Rimm, S. B. (2004). Education of the gifted and talented. 5th ed. USA : Allyn and Bacon
- Education.com (2014). Problem solving. Available from : file : ///User/Desktop/Problem %20solving/Problam%20Solving%20%7C%20Education.com.webarchive [2014, October 20]
- Gardner, H. (1993). Multiple Intelligences : The theory in practice. New York : Basic Book.

- Gardner, H. (1995). *The unschooled mind : How children think & how schools should teach*. New York : Basic Book.
- Honey, M., Pearson, G . and Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. USA: The National Academies.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy and overview. *Theory through Practice*. Available from : [http://www.unco.edu/cet/sir/stating_outcome/documents /Krathwohl.pdf](http://www.unco.edu/cet/sir/stating_outcome/documents/Krathwohl.pdf) [2014, October 23]
- McCombs, B.L. (2003). A framework for the redesigning of K-12 education in the context of current education reform. *Theory Intro Practice* 42 : 93 – 101
- Morrison, G.S.(2012). *Early childhood education today*. USA: Pearson.
- Robson, S. (2006). *Develop thinking and understanding in young children: an introduction for students*. USA: Routledge
- Vasquez, A.V, Sneider. C. and Comer. M. (2013). *Grade 3-4 STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. USA: Heineman
- Ward, W.F. (1960) . *John Dewey's theory of education*. Available from: <https://www.maxists.org/archive/novack/works/1960/x03.html> [2004, October 15]
- Welmer, M. *Effective teaching strategies*. Available from :<http://www.facultyfocus.com/articles/effective-teaching-strategies/five-characteristics-of-learner-centered-teaching/#sthash.x7bxnB55.dpuf> [2012, October 15]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก ง ใบกิจกรรม

ภาคผนวก จ แบบสังเกต

ภาคผนวก ฉ แบบประเมินความพึงพอใจ

ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์หาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก ซ คู่มือใบกิจกรรม

ภาคผนวก ก

หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ที่ ศธ 0524.04/3747

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 ตุลาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาวัญญา ธรรมสุขขีโย

สิ่งที่ส่งมาด้วย ข้อเสนอและแบบสังเกต

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลัง
ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร
ดิจิทัลตอลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี รศ.ดร.กิติพงศ์
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน
ข้อเสนอและแบบสังเกตนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายศุภชัย ราชผึ้ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-253-4283



ที่ ศธ 0524.04/ 3747

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 ตุลาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายคชาวุธ เทพยุทธ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ข้อเสนอและแบบสังเกต

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลัง
ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร
ดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี รศ.ดร.กิติพงศ์
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน
ข้อเสนอและแบบสังเกตนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายศุภชัย ราชผึ้ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

Soms Ahm
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-253-4283



ที่ ศธ 0524.04/ 3747

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 ตุลาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายพนมไพร สุขมา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ข้อเสนอและแบบสังเกต

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลัง
ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร
ดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี รศ.ดร.กิตติพงศ์
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน
ข้อเสนอและแบบสังเกตนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายศุภชัย ราชผึ้ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-253-4283



ที่ ศธ 0524.04/ 3747

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 ตุลาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายผกายมาศ เขียวสะอาด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ข้อเสนอและแบบสังเกต

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลัง
ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร
ดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี รศ.ดร.กิตติพงศ์
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน
ข้อเสนอและแบบสังเกตนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายศุภชัย ราชผึ้ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-253-4283



ที่ ศธ 0524.04/ 3747

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 ตุลาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาวฉัตรชลารมณ์ โลระลุน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ข้อเสนอและแบบสังเกต

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลัง
ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจร
ดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี รศ.ดร.กิตติพงษ์
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน
ข้อเสนอและแบบสังเกตนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ
ประเมินของท่านจะช่วยให้นักวิจัย ของ นายศุภชัย ราชผึ้ง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

Smur Ahn
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-253-4283



วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม

รับที่ ๑๑๙๕/๒๖๒ เวลา ๑๐.๕๕

รับวันที่ ๒๒ ส.ค. ๒๕๖๒

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/๐๕๑๒

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๘ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม

ด้วย นายศุภชัย ราชผึ้ง นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้นสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ" โดยมี รศ.ดร.กิติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ปิยะ ศุภวารสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นายศุภชัย ราชผึ้ง ทดลองใช้แบบสอบถาม แบบทดสอบและใบกิจกรรม กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ ภายในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

Smm. An
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เรียน ผอ.วท.พนมสารคาม

เพื่อ 1. โปรดทราบ

2. มอบ

- ฝ่ายบริหารงานวิชาการ
- โทรสาร ๐๒-๓๒๙๔-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒
- ฝ่ายบริหาร
- โทรสาร ๐๒-๓๒๙๔-๘๔๓๖
- ฝ่ายพัฒนาฯ
- ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๙๗-๒๕๓-๔๒๘๓
- ฝ่ายแผนงานฯ

ลงชื่อ

ศ.ดร.ราตรี ศิริพันธุ์
๒๒ ส.ค. ๒๕๖๒

ทราบ/สั่งการ/มอบฝ่าย

- ก.กณ.
- อ.อภ.ต.
- ม.อ.อ.อ.ร.ร.ก.ก.
- ม.ร.ก.ก.ก.

ลงชื่อ

Toto (ร.ก.)
๒๒ ส.ค. ๒๕๖๒

เรียนเสนอ ผอ.วท.พส.

- เพื่อโปรดทราบ
- เพื่อโปรดพิจารณาสั่งการ
- 20/22/2562
-

ลงชื่อ

อ.อภ.ต.
22 / ๒๐ / ๖2

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

แบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ ใบบัณฑิต
การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

.....
คำชี้แจง ใบบัณฑิตการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น มีคุณภาพในระดับ
 อยู่ในระดับใด

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือ ตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5 , ดี = 4 , ปานกลาง = 3 , พอใช้ = 2 , ควรปรับปรุง = 1

ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา					
2. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา					
3. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างวงจร กับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา					
4. ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร					
5. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการทดลองสอดคล้องตาม วัตถุประสงค์					
6. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความชัดเจนในการอธิบายลำดับ ขั้นตอนการทดลอง					
7. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับ ขั้นตอนการทดลอง					
8. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์					
9. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการทดลองใช้เวลาได้ตามกำหนดเวลา					
10. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของ นักเรียน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

แบบประเมินความสอดคล้องของใบกิจกรรม การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ อยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือตามความคิดเห็นของท่าน ระดับคะแนน +1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบใบกิจกรรมมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ระดับคะแนน 0 หมายถึงความคิดเห็นไม่แน่ใจว่าการออกแบบใบกิจกรรมมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ระดับคะแนน -1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบใบกิจกรรมไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. จุดประสงค์มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา			
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา			
3. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างวงจร กับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา			
4. ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร			
5. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการทดลองสอดคล้องตามวัตถุประสงค์			
6. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลอง			
7. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง			
8. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์			
9. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการทดลองใช้เวลาได้ตามกำหนดเวลา			
10. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องด้านการออกแบบสร้างใบกิจกรรมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นรายบุคคล

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					IOC	แปลผล
	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 5		
1	0	1	1	0	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
3	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
4	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
6	1	1	1	0	0	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
7	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
10	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้

ตารางที่ ข.2 ความสอดคล้องด้านการออกแบบสร้างใบกิจกรรม

ข้อที่	รายการ	$\sum R$	IOC	แปลค่า
1	จุดประสงค์มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
2	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
3	ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่าง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
4	ความเหมาะสมในการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
5	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการทดลองสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	$\sum R$	IOC	แปลค่า
6	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลอง	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
7	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
8	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
9	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการทดลองใช้เวลาได้ตามกำหนดเวลา	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
10	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์ของการ
พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง การออกแบบสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะ
เต็มศึกษา เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์อยู่ในระดับใด
โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือ ตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ความคิดเห็นไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความ คิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินทาง	1. ในการสร้างรถขนของเดินทางตามเส้นทาง การทำงานข้อใดแสดงถึงการทำงานแบบดิจิทัล ก. มอเตอร์หมุนช้า หมุนเร็วของมอเตอร์ ข. มอเตอร์หยุดหมุน มอเตอร์หมุน ค. มอเตอร์หมุนไป กลับ ง. รถเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา			
เลือกแบบโครงร่างรถขนของเดินทางเส้นทางที่ดีที่สุด	2. ขั้นตอนการออกแบบโครงร่างรถขนของเดินทางในกิจกรรมใช้วิธีการใด ก. ต่างคนต่างออกแบบ และเลือกแบบที่ดีที่สุด ข. ต่างคนต่างออกแบบ และหาข้อดีแต่ละแบบ ค. ช่วยกันออกแบบ เพื่อได้แบบที่ดีที่สุด ง. ออกแบบคนละส่วน เพื่อการมีส่วนร่วม			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	3. ข้อใดคือความหมายของเซ็นเซอร์ในกิจกรรมรถขนของเดินตามเส้นทาง ก. อุปกรณ์ตรวจจับแสง ข. อุปกรณ์ตรวจจับสี ค. อุปกรณ์ตรวจจับพื้นผิว ง. อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุ			
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	4. ข้อใดคือหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ในกิจกรรมรถขนของเดินตามเส้นทางได้ถูกต้อง ก. ตรวจจับการสะท้อนแสงที่ตกกระทบ ข. ตรวจสอบความเข้มของสีที่ปรากฏ ค. ตรวจสอบระยะห่างของพื้นกับเซ็นเซอร์ ง. ตรวจสอบวัตถุโดยรอบ			
สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงร่าง	5. ในการทำชิ้นงานอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงร่างคือข้อใด ก. PVC ข. ไม้บัลซ่า ค. ไม้อัด ง. พลาสติกวูด			
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	6. มอเตอร์ในกิจกรรมดังกล่าวเป็นมอเตอร์ประเภทใด ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ข. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ง. มอเตอร์ไดนาโม			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	7. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทำเซ็นเซอร์ในกิจกรรมนี้ ก. Light Dependent Resister ข. Photo Diode ค. Photo Transistor ง. Photovoltaic			
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย	8. เมื่อเซ็นเซอร์วางไว้ในพื้นที่สีดำ รถขนของเดินตามเส้นทางจะทำงานอย่างไร ก. เดินหน้า ข. หยุดอยู่กับที่ ค. เลี้ยวซ้าย/ขวา ง. ถอยหลัง			
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย	9. เมื่อนำรถขนของเดินตามเส้นทางวางคร่อมเส้น จะมีการทำงานอย่างไร หากกำหนดให้เส้นทางในการเดินเป็นสีขาวและพื้นที่โดยรอบเป็นสีดำ ก. เดินตามเส้นทางปกติ ข. เดินตามเส้นทางแต่จะถอยหลัง ค. ไม่เดินตามเส้นทาง (เคลื่อนที่ออกนอกเส้น) ง. ไม่เคลื่อนที่			
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	10. ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรทำหน้าที่ใด ก. ขยายสัญญาณเสียง ข. ขยายสัญญาณแสง ค. ขยายแรงดัน ง. ขยายกระแส			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้	<p>11. หากการเคลื่อนที่มีสถานะเอาต์พุต เท่ากับ ลอจิก 1 และไม่มีการเคลื่อนที่เท่ากับลอจิก 0 เซ็นเซอร์ทั้งสองตัวกำหนดให้เป็นอินพุต โดยให้สีขาวเป็นอินพุต ลอจิก 1 และให้สีดำเป็นอินพุตลอจิก 0 การทำงานของรถขนของเดินตามเส้นทางเหมือนกับลอจิกเกตชนิดใด</p> <p>ก. AND Gate ข. NOR Gate ค. NAND Gate ง. OR Gate</p>			
คำนวณหาค่าความเร็วของรถขนของเดินตามเส้นทาง	<p>12. อัตราความเร็วของการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง คือความสัมพันธ์ระหว่างอะไร</p> <p>ก. เวลา และ ระยะทาง ข. เวลา และ พื้นที่ ค. เวลา และ น้ำหนัก ง. ระยะทาง และ น้ำหนัก</p>			
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย	<p>13. ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางมากที่สุด</p> <p>ก. การเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ข. การเดินตามเส้นทาง ค. การรับน้ำหนักได้มาก ง. ไม่มีข้อถูก</p>			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความ คิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้	14. หลักการออกแบบรถขนของตามเส้นทางควรคำนึงถึงอะไรบ้าง ก. ความเร็วในการเคลื่อนที่ / ตำแหน่งอุปกรณ์ตัวจับ / โครงสร้างแข็งแรง ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่ / ความสวยงาม / โครงสร้างแข็งแรง ค. ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ / การวางตำแหน่งอุปกรณ์ / ตำแหน่งล้อ ง. ตำแหน่งล้อ / ความสวยงาม / โครงสร้างแข็งแรง			
สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงร่าง	15. เครื่องมือใดที่ใช้ในการตัดแผ่นพลาสติกที่ดีที่สุด ก. กรรไกร ข. มีดคัตเตอร์ ค. เลื่อย ง. คีมปากจิ้งจก			
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย	16. ข้อใดแสดงให้เห็นถึงการนำเสนอที่ดี ก. น้อยเลือกข้อความจำนวนมากเพื่อให้สามารถนำเสนอข้อมูลให้ครบถ้วน ข. หญิงนำเสนอข้อมูลเฉพาะหัวข้อที่ตัวเองถนัด ค. กล้าพูดจาเสียงดังฟังชัดในการนำเสนอ แทนการมีสื่อประกอบ ง. ดำพูดเสียงเบา เข้าใจเนื้อหาอย่างถ่องแท้			
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย	17. ข้อใดสำคัญที่สุดในการนำเสนอข้อมูล ก. รูปแบบการนำเสนอ ข. ข้อมูลการนำเสนอ ค. ทักษะการถ่ายทอด ง. ถูกทุกข้อ			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความ คิดเห็น		
		+1	0	-1
คำนวณหาค่าความเร็วของรถชนของเดินตามเส้นทาง	18. หากการเคลื่อนที่ถึงจุดหมายของรถชนของเดินตามเส้นทาง ใช้เวลา 30 วินาที อัตราความเร็วของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 3.0 เซนติเมตรต่อวินาที ข. 3.3 เซนติเมตรต่อวินาที ค. 13.3 เซนติเมตรต่อวินาที ง. 30.0 เซนติเมตรต่อวินาที			
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทาง	19. หากยังไม่มีการต่อมอเตอร์เพื่อใช้งานจะสังเกตการทำงานได้จากอุปกรณ์ใด ก. เซ็นเซอร์ ข. ไดโอดเปล่งแสง ค. ตัวต้านทานคงที่ ง. ทรานซิสเตอร์			
สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทาง	20. หากออกแบบเส้นทางแยก (เส้นสีดำตัดกัน) จะเกิดเหตุการณ์ใด เมื่อรถชนของเดินตามเส้นทางถึงจุดดังกล่าว ก. เลี้ยวไปทางด้านซ้าย ข. เลี้ยวไปทางด้านขวา ค. เดินตรงไป ง. หยุดการเคลื่อนที่			
สร้างโครงร่างรถชนของตามเส้นทางได้	21. ข้อใดคือขั้นตอนแรกในการออกแบบรถชนของเดินตามเส้นทาง ก. เลือกวิธีการ ข. กำหนดปัญหา ค. รวบรวมข้อมูล ง. ทดสอบ			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงร่าง	22. เครื่องมือใดใช้สำหรับเชื่อมสายสัญญาณหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแผ่นปริ้นนอเนกประสงค์ ก. คีมปากนกแก้ว ข. คีมปากจิ้งจก ค. หัวแร้ง ง. ไชควง			
สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้	23. ตารางความจริงในระบบดิจิทัลมีไว้เพื่อประโยชน์สิ่งใด ก. คำนวณขนาดของสัญญาณเอาต์พุต ข. วิเคราะห์ขนาดสัญญาณเอาต์พุต ค. แจกแจงสภาวะลอจิกที่เป็นไปได้จากสมการ ง. แสดงสภาวะต่าง ๆ ที่เวลาใด ๆ ออกมาเป็นรูปร่างสัญญาณ			
สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้	24. คุณสมบัติของลอจิกเกตเมื่ออินพุตเป็นลอจิก 0 ทั้งหมด จะทำให้เป็นลอจิก 1 เป็นคุณสมบัติของลอจิกเกตชนิดใด ก. AND Gate ข. NOR Gate ค. NAND Gate ง. OR Gate			
สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้	25. เกตชนิดใดที่สามารถเปลี่ยนเป็นคุณสมบัติของเกตชนิดอื่นได้ ก. AND Gate ข. Exclusive NOR Gate ค. NAND Gate ง. OR Gate			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินทางไปยังเป้าหมาย	26. หากแบตเตอรี่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ จะส่งผลอย่างไรต่อรถชนของเดินทางตามเส้นทาง ก. การเคลื่อนที่ไม่ตรงตามเส้นทาง ข. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ค. เคลื่อนที่ช้าสลับเร็ว ง. ไม่เคลื่อนที่			
สร้างโครงร่างรถชนของเดินทางตามเส้นทางได้	27. แสงอินฟราเรด คือแสงชนิดใด ก. แสงสีแดง ข. แสงเหนือสีแดง ค. แสงใต้สีแดง ง. แสงสีส้ม			
คำนวณหาค่าความเร็วของรถชนของเดินทางตามเส้นทาง	28. หากรถชนของเดินทางตามเส้นทางเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นด้วยอัตราความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที วิ่งจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 3 ด้วยอัตราความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วเดินทางจากจุดที่ 3 ไปยังจุดหมายด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที จงหาอัตราความเร็วเฉลี่ยในช่วง 3 นาที ก. 3.5 เมตรต่อวินาที ข. 4.0 เมตรต่อวินาที ค. 4.5 เมตรต่อวินาที ง. 5.0 เมตรต่อวินาที			
เลือกแบบโครงร่างรถชนของเดินทางตามเส้นทางที่ดีที่สุด	29. ตำแหน่งเซนเซอร์ที่ติดตั้งที่รถชนของเดินทางตามเส้นทางส่งผลต่อการเคลื่อนที่อย่างไร ก. ระยะการเลี้ยว ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่ ค. การรับน้ำหนัก ง. ความสวยงาม			

วัตถุประสงค์	ข้อที่	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
คำนวณหาค่าความเร็วของรถขนของเดินตามเส้นทาง	30. รถขนของเดินตามเส้นทางของกลุ่มที่ 1 เคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วคงตัว 20 เมตรต่อวินาที หากกลุ่มที่ 1 เคลื่อนที่ได้ 500 เมตร จะใช้เวลาเท่าไร ก. 10 วินาที ข. 15 วินาที ค. 20 วินาที ง. 25 วินาที			

.....

..

.....

..

.....

..

.....

..

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตาราง ค.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับ
วัตถุประสงค์ เรื่องการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นรายบุคคล

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					IOC	แปลผล
	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 5		
1	1	0	1	0	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
2	1	0	1	0	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
3	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
8	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
9	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
10	0	0	1	1	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
11	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
12	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
14	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
15	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
16	1	0	1	1	0	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
18	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้

ตาราง ค.1 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					IOC	แปลผล
	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 5		
23	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
24	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
25	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
26	0	1	1	0	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
27	1	0	1	0	1	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
29	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
30	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้

ภาคผนวก ง

ใบกิจกรรม

ใบกิจกรรม
การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ

กิจกรรม รถขนของเดินตามเส้นทาง

ระดับชั้น ปวช.1

8

ชั่วโมง

จุดประสงค์

1. สร้างโครงร่างรถขนของตามเส้นทางได้
2. เลือกแบบโครงร่างรถขนของเดินตามเส้นทางที่ดีที่สุด
3. สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงร่าง
4. สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง
5. คำนวณหาค่าความเร็วของรถขนของเดินตามเส้นทาง
6. อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. ตัวต้านทานค่าคงที่ 220 Ω จำนวน 2 ตัว | 11. แผ่นพลาสติก ขนาด 12 x 20 ซม. |
| 2. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 k Ω จำนวน 2 ตัว | จำนวน 2 แผ่น |
| 3. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ S8550 จำนวน 2 ตัว | 12. กาวร้อน จำนวน 1 ขวด |
| 4. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ C9013 จำนวน 2 ตัว | 13. กรรไกร จำนวน 1 ด้าม |
| 5. ไดโอดเปล่งแสง สีแดง จำนวน 2 ดวง | 14. มีดคัตเตอร์ จำนวน 1 ด้าม |
| 6. ชุดรับส่งเซ็นเซอร์ จำนวน 2 ชุด | 15. ไม้บรรทัด จำนวน 1 อัน |
| 7. แผ่นปรินอเนกประสงค์ ขนาด 5 x 7 ซม.
จำนวน 1 แผ่น | 16. หัวแร้ง |
| 8. มอเตอร์พร้อมชุดเฟืองขับ พร้อมล้อ
จำนวน 2 ชุด | 17. ตะกั่ว |
| 9. ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 ซม.
จำนวน 2 ล้อ | 18. แบตเตอรี่ AA 1.5 V 4 ก้อน |
| 10. ล้ออิสระ จำนวน 1 ล้อ | 19. รางถ่าน 1 อัน |

วิธีการดำเนินงานกิจกรรม

1. นักเรียนรับฟังสถานการณ์ในการดำเนินกิจกรรม รถชนของเดินตามเส้นทาง โดยให้สร้างรถชนของเดินตามเส้นทางจากอุปกรณ์ที่ให้และสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดดังนี้
 - ก. ใช้แบตเตอรี่ 6 โวลท์
 - ข. ใช้น้ำหนักบรรทุก ดินน้ำมันขนาด 4 ชีด
 - ค. เส้นทางรถต้องเดินตามเส้นทาง กำหนดให้เส้นทางคือ เส้นสีดำขนาด 2 เซนติเมตร และมีพื้นที่โดยรอบสีขาว มีระยะทางรวม 1 เมตร
 - ง. คะแนนของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนภายในกิจกรรม รถชนของเดินตามเส้นทาง

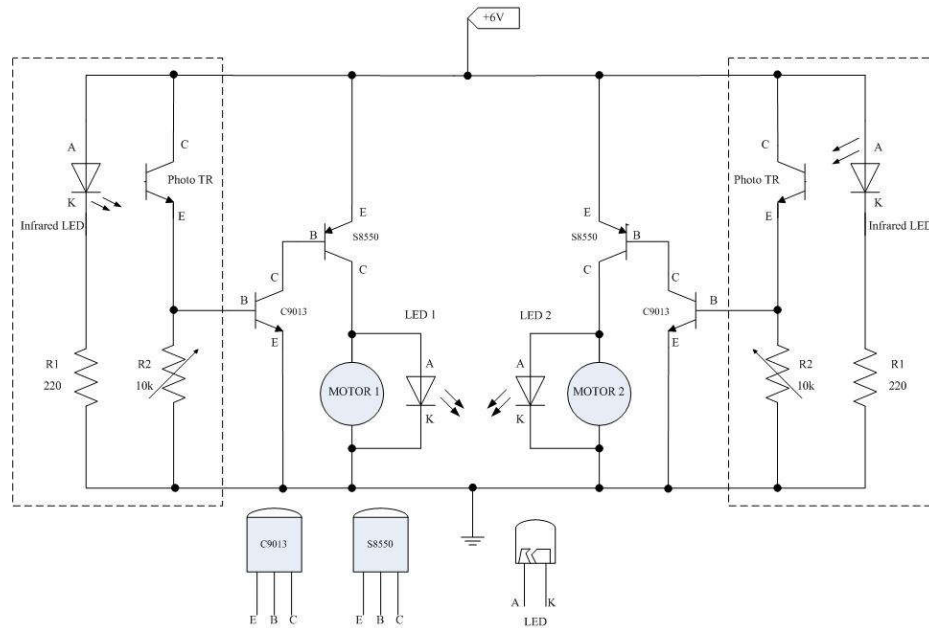
การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย (เซนติเมตร/วินาที)	คะแนน	หมายเหตุ
2.01 ขึ้นไป	100	หากไม่สามารถเคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ไม่ถึงจุดหมายจะไม่พิจารณาคะแนน
1.76 – 2.00	90	
1.51 – 1.75	80	
1.26 – 1.50	70	
1.01 – 1.25	60	
ต่ำกว่า 1	50	

2. นักเรียนจับคู่ 2 คน สืบค้นข้อมูลการออกแบบรถชนของเดินตามเส้นทาง
3. นักเรียนแต่ละคนออกแบบโครงร่างรถชนของเดินตามเส้นของกลุ่มตนเองและสร้างแบบร่างออกมาเพื่อใช้พิจารณาต่อไป
4. พิจารณาเลือกแบบจากสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อพิจารณาเลือกแบบรถชนของเดินตามเส้นทางที่เหมาะสม
5. สร้างรถชนของเดินตามเส้นทางตามที่ได้กำหนดไว้โดยประกอบด้วย ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่รถชนของเดินตามเส้นทาง และส่วน โครงสร้างพร้อมล้อในการเคลื่อนที่
6. บันทึกผลการทดลอง และ คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของรถชนของเดินตามเส้นทางจากการเดิน 3 ครั้ง และประสิทธิภาพการเคลื่อนที่
7. ปรับปรุงแก้ไขรถชนของเดินตามเส้นทางให้มีอัตราความเร็วที่เพิ่มขึ้น
8. นำรถชนของเดินตามเส้นทางมาแข่งเพื่อหาอัตราความเร็วเฉลี่ยของรถอีกครั้ง

9. อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางไปยังเป้าหมาย

เอกสารการค้นคว้าเพิ่มเติม

1. การทำงานของวงจรควบคุมการเคลื่อนที่



ภาพที่ 1 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง

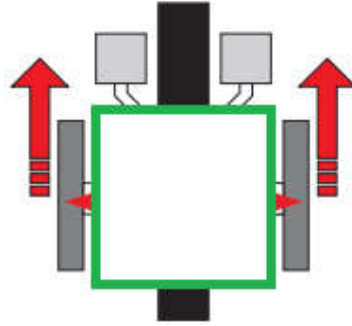
ภาพที่ 1 เป็นวงจรควบคุมการทำงานของรถขนของเดินตามเส้นทาง โดยการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ โดยหัวใจในการทำงานของวงจรนี้คือทรานซิสเตอร์ เบอร์ C9013 และ เบอร์ S8550 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และ NPN ต่อร่วมกันเพื่อขยายกระแสเพื่อขับมอเตอร์ 1 ตัว โดยในวงจรมีจำนวน 2 ชุด และรับสัญญาณมาจากชุดเซ็นเซอร์

ชุดเซ็นเซอร์ ประกอบด้วย LED Infrared ทำหน้าที่ส่งสัญญาณแสงอินฟราเรด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์รับสัญญาณอินฟราเรด ทำให้มีสภาวะเปลี่ยนแปลงของกระแสเมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยที่ในสภาวะที่มีแสงมาตกกระทบกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ จะมีกระแสไหลจากขา C ไปยังขา E ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งตำแหน่งในการติดตั้งของชุดเซ็นเซอร์ หรือระยะห่างระหว่างพื้นมีผลในการทำงานของวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง

ตัวต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่ ควบคุมการไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ร่วมกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เพื่อใช้ปรับแต่งการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C9013 และ เบอร์ S8550 ให้สามารถทำงานเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีการทำงานสัมพันธ์กับสีดำและสีขาว

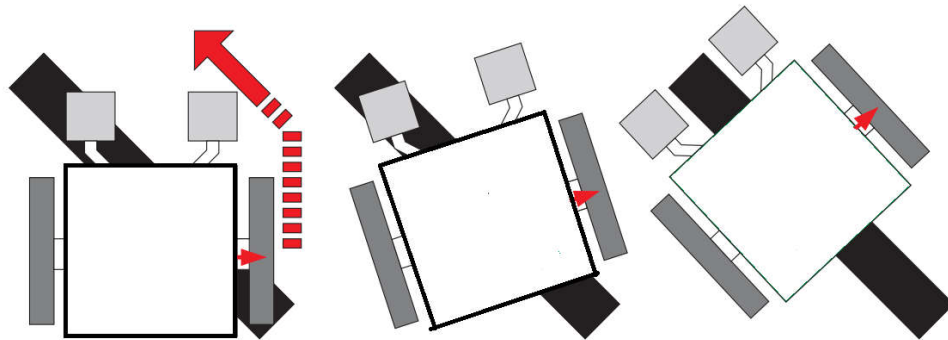
2. เงื่อนไขการเคลื่อนที่ของรถ

หากชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้ายและด้านขวา ตรวจจับพบพื้นสีขาว นั่นคือรถชนของเดินตามเส้นทางक्रमเส้นอยู่ การทำงานของวงจรจะควบคุมการทำงานให้มอเตอร์หมุนทั้งสองข้าง ดังภาพที่ 2



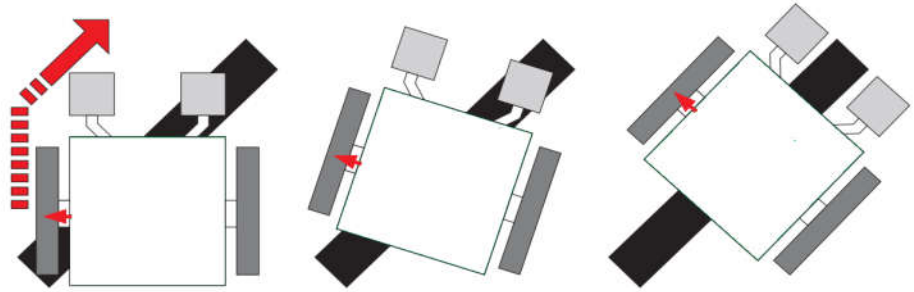
ภาพที่ 2 การทำงานเดินตรง

เมื่อใดก็ตามที่ชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้ายพบสีดำ ส่วนเซ็นเซอร์ด้านขวาพบสีขาว การทำงานของวงจรควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์ด้านซ้ายหยุดหมุนและมอเตอร์ด้านขวายังคงหมุนต่อไปทำให้รถชนของเดินตามเส้นทางค้อย ๆ เลี้ยวซ้าย ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทำงานเลี้ยวซ้าย

ในทางตรงกันข้ามหากชุดเซ็นเซอร์ด้านขวาพบพื้นที่สีดำ และชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้ายพบพื้นที่สีขาวการทำงานของวงจรควบคุมจะควบคุมให้มอเตอร์ทางด้านขวาหยุดหมุนและควบคุมมอเตอร์ทางด้านซ้ายให้ทำงานต่อส่งผลให้รถชนของเดินตามเส้นทางค้อย ๆ เลี้ยวขวา ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การทำงานเลี้ยวขวา

ตารางที่ 2 แสดงเงื่อนไขการทำงานของวงจรถควบคุมและชุดเซ็นเซอร์ทั้งสองข้าง

ชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้าย	ชุดเซ็นเซอร์ด้านขวา	การทำงาน
สีขาว	สีขาว	เดินตรง
สีขาว	สีดำ	เลี้ยวขวา
สีดำ	สีขาว	เลี้ยวซ้าย
สีดำ	สีดำ	หยุด

กิจกรรม รถชนของเดินตามเส้นทาง

1. สร้างแบบโครงร่างของรถชนของเดินตามเส้นทาง



2. สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางตามที่ได้ออกแบบได้
3. ประกอบวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางและทดสอบการทำงาน
4. บันทึกเวลาการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง ลงในตารางบันทึก

ตารางที่ 1 บันทึกเวลาผลการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง

รายการ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
รอบที่ 1						
รอบที่ 2						

หมายเหตุ หากสามารถเคลื่อนที่ถึงจุดหมาย หมายถึง ผ่าน และบันทึกเวลาลงในช่องผ่านตามเวลาในการเคลื่อนที่ หากไม่สามารถเคลื่อนที่ถึงจุดหมาย หมายถึง ไม่ผ่าน และบันทึกลงในช่องไม่ผ่านเวลา 120 วินาที

.....

.....

.....

.....

5. คำนวนผลการทดสอบอัตราความเร็วเฉลี่ย

.....

.....

.....

.....

6. บันทึกขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. อธิบายการต่อวงจรดิจิทัลของรถชนของเดินตามเส้นทางได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการปฏิบัติภารกิจของรถชนของเดินตามเส้นทาง

.....

.....

.....

.....

3. อธิบายหลักการทำงานของรถชนของเดินตามเส้นทาง

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในกิจกรรมนี้อย่างไร

.....

.....

.....

5. นักเรียนใช้กระบวนการเทคโนโลยีนี้อย่างไร

.....

.....

6. มีการใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นเรื่องใดบ้าง

.....

ภาคผนวก จ

แบบสังเกต

แบบสังเกตชิ้นงานของนักเรียน
 การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 เรื่อง การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เกณฑ์การประเมินผล

คะแนนรวม	10 - 12	คะแนน หมายถึง ดีมาก	
คะแนนรวม	5 - 10	คะแนน หมายถึง ดี	
คะแนนรวม	3 - 4	คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง	

ทำเครื่องหมายในช่องคะแนน

หัวข้อ	คะแนน			
	4	3	2	1
1. ประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง				
2. การนำเสนอข้อมูล				
3. องค์ประกอบโดยรวมของรถขนของเดินตามเส้นทาง				

คะแนนรวม.....

ชื่อ.....เลขที่.....

การประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบสั้งเกิดขึ้นงานของนักเรียนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สำหรับ ผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

คำชี้แจง การออกแบบสร้างแบบสั้งเกิดขึ้นงานของนักเรียนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกับ

วัตถุประสงค์ อยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบสั้งเกิดขึ้นงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ความคิดเห็นไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างแบบสั้งเกิดขึ้นงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบสั้งเกิดขึ้นงานไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. ประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง			
2. การนำเสนอข้อมูล			
3. องค์ประกอบโดยรวมของรถขนของเดินตามเส้นทาง			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน
 การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เกณฑ์การประเมินผล

คะแนนรวม	22 - 28	คะแนน หมายถึง ดีมาก
คะแนนรวม	14 - 21	คะแนน หมายถึง ดี
คะแนนรวม	7 - 13	คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

ทำเครื่องหมายในช่องคะแนน

หัวข้อ	คะแนน			
	4	3	2	1
1. ระบุปัญหาได้ตรงตามความต้องการ				
2. เสนอแนวทางในทางการแก้ไขปัญหา				
3. การเลือกวิธีการได้สอดคล้องกับปัญหา				
4. นำไปใช้งานได้จริง				
5. ได้ภาพร่าง 3 มิติที่สอดคล้องกับวิธีการแก้ไขปัญหา				
6. ชิ้นงานจากภาพร่างโดยวางแผนในการทำงานและปฏิบัติงานตามกระบวนการทำงานอย่างเหมาะสม				
7. การปรับปรุงแก้ไข				

คะแนนรวม.....

ชื่อ.....เลขที่.....

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำหรับ ผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง การออกแบบสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกับ วัตถุประสงค์ อยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบสังเกตการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ความคิดเห็นไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างแบบสังเกตการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบสังเกตการทำงานไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. ระบุปัญหาได้ตรงตามความต้องการ			
2. เสนอแนวทางในทางการแก้ไขปัญหา			
3. การเลือกวิธีการได้สอดคล้องกับปัญหา			
4. นำไปใช้งานได้จริง			
5. ได้ภาพร่าง 3 มิติที่สอดคล้องกับวิธีการแก้ไขปัญหา			
6. ชิ้นงานจากภาพร่างโดยวางแผนในการทำงานและปฏิบัติงานตามกระบวนการทำงานอย่างเหมาะสม			
7. การปรับปรุงแก้ไข			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

คำชี้แจง แบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ข้อมูลที่ได้จากนักเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเพื่อนำไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนต่อไปคำตอบของผู้เรียนถือเป็นความลับและไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาแต่ประการใดขอให้นักเรียนตอบคำถามให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

หลังจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาแล้วนักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ในระดับใดให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีความพึงพอใจระดับนั้น

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ผู้สอนได้แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนทราบแนวทางในการเรียนรู้					
2. ผู้สอนได้กระตุ้นให้ผู้เรียน คิด ค้นคว้า แสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง					
3. ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาการสอนเป็นอย่างดี					
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ถามตอบ ขณะสอน					
5. ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน					
6. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง					
7. ผู้เรียนนำความรู้มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหาอื่น					
8. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต					
9. นักเรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม					

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
10. ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					
11. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์					
12. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา					
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันกับเนื้อหาวิชาวงจรถิจิตอล					
14. ความเหมาะสมของเวลากับกิจกรรมการเรียนรู้					
15. ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดได้เหมาะสมกับการเรียนรู้					
16. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น					
17. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
18. การให้คะแนนเกิดจากการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียน					
19. ผู้เรียนได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำไปแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

**แบบประเมินความสอดคล้องสอดคล้องแบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาการจัดการ
เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกั่วัตถุประสงค์
สำหรับ ผู้ทรงคุณวุฒิ**

คำชี้แจง การออกแบบสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกั่วัตถุประสงค์ อยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบประเมินความพึงพอใจสังเกตการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ความคิดเห็นไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างแบบประเมินความพึงพอใจสังเกตการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ความคิดเห็นว่าการออกแบบสร้างแบบประเมินความพึงพอใจสังเกตการทำงานไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. ผู้สอนได้แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนทราบแนวทางในการเรียนรู้			
2. ผู้สอนได้กระตุ้นให้ผู้เรียน คิด ค้นคิดค้นคว้าแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง			
3. ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาการสอนเป็นอย่างดี			
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ถามตอบ ขณะสอน			
5. ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน			
6. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง			
7. ผู้เรียนนำความรู้มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหาอื่น			
8. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ต			
9. นักเรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม			

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	+1	0	-1
10. ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น			
11. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์			
12. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา			
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ร่วมกันกับเนื้อหาวิชาจริงติดต่อกัน			
14. ความเหมาะสมของเวลากับกิจกรรมการเรียนรู้			
15. ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดได้เหมาะสมกับการเรียนรู้			
16. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น			
17. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย			
18. การให้คะแนนเกิดจากการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียน			
19. ผู้เรียนได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำไปแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตาราง ฉ.1 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	\bar{X}	S.D.
1	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	3	4	3	5	4.31	0.70
2	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4.69	0.48
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4.88	0.34
4	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4.44	0.51
5	4	5	4	5	5	5	3	5	3	5	4	4	5	5	4	5	4.44	0.73
6	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4.19	0.54
7	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4.81	0.40
8	4	5	5	5	3	5	4	5	5	3	4	5	4	5	4	5	4.44	0.73
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4.94	0.25
10	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4.75	0.45
11	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4.50	0.52
12	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	3	5	4.56	0.63
13	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	3	4	4.31	0.60

ตาราง ฉ.1 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	\bar{X}	S.D.
14	4	4	5	4	5	4	4	4	3	3	5	5	3	4	4	3	4.00	0.73
15	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4.50	0.52
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.94	0.25
17	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4.50	0.52
18	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4.50	0.52
19	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4.44	0.51
เฉลี่ยรวม																	4.53	0.52

ตาราง จ.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ข้อที่	รายการ	$\sum R$	IOC	แปลค่า
1	ผู้สอนได้แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนทราบแนวทาง ในการเรียนรู้	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
2	ผู้สอนได้กระตุ้นให้ผู้เรียน คิด ค้นคิดค้นคว้าแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
3	ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาการสอนเป็นอย่างดี	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
4	ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ถามตอบ ขณะสอน	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
5	ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
6	ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
7	ผู้เรียนนำความรู้มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับเนื้อหาอื่น	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
8	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
9	นักเรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
10	ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
11	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
12	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
13	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันกับเนื้อหาวิชาวงจร ดิจิตอล	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
14	ความเหมาะสมของเวลากับกิจกรรมการเรียนรู้	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้

ตาราง ฉ.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	$\sum R$	IOC	แปลค่า
15	ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดได้เหมาะสมกับการเรียนรู้	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
16	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
17	ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
18	การให้คะแนนเกิดจากการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียน	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
19	ผู้เรียนได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำไปแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้

ภาคผนวก ช

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ข.1 คะแนนก่อนและหลังเรียน

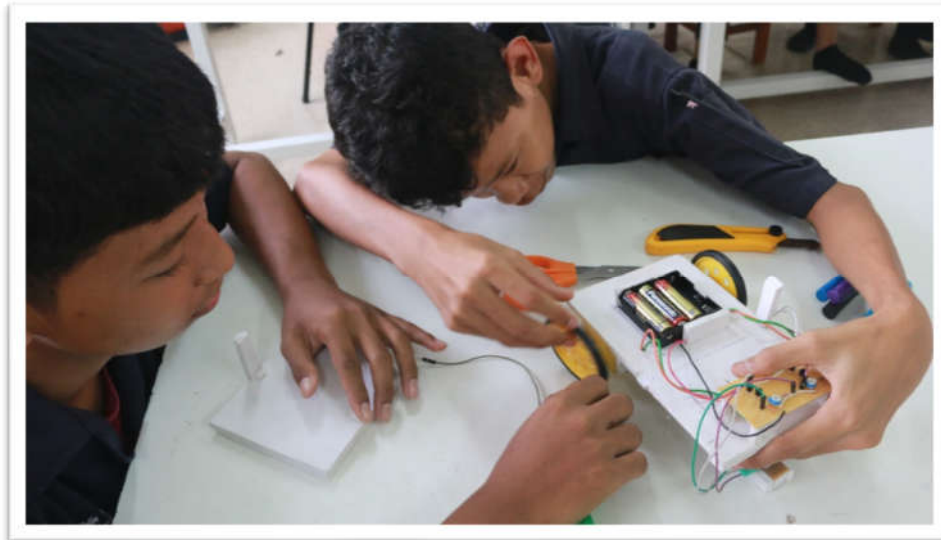
นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	17	28
2	17	24
3	18	27
4	19	29
5	19	28
6	21	29
7	16	25
8	12	23
9	9	22
10	14	26
11	18	24
12	16	27
13	14	28
14	18	27
15	18	28
16	17	28
เฉลี่ยรวม	16.44	26.44

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

กิจกรรม	จำนวนนักเรียน(N)	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	16	30	16.44	2.97	19.07	0.00**
หลังเรียน	16	30	26.44	2.19		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t > 2.60$)

ภาพกิจกรรมนักเรียนกำลังดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษา



นักเรียน ออกแบบและสร้างรถขนของเดินตามเส้นทาง





นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง





นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง



ภาคผนวก ซ

คู่มือการใช้งานใบกิจกรรม

คู่มือใบกิจกรรม
การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เรื่อง การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลเบื้องต้น ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

กิจกรรม รถชนของเดินตามเส้นทาง

ระดับชั้น ปวช.1

8 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

การออกแบบวงจรดิจิทัลเป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งของการศึกษาด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รวมถึงสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น วิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือ วิศวกรรมไฟฟ้า เป็นต้น การประยุกต์ใช้งานในรายวิชานี้จะทำให้รู้ถึงการออกแบบการทำงานโดยใช้เงื่อนไขแบบดิจิทัลเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมไปถึงการออกแบบการทำงานในรูปแบบอัตโนมัติ

ดังนั้นดิจิทัลอยู่รอบตัวเราตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็น สัญญาณโทรศัพท์แบบดิจิทัล เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล หรือแม้กระทั่งคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันในปัจจุบันก็ล้วนแต่มีพื้นฐานมาจากองค์ความรู้ด้านดิจิทัลด้วยกันทั้งสิ้น

ตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์ ประกอบวงจรดิจิทัล ทดสอบ/ทดลอง และอธิบายการทำงานของวงจรถดิจิทัล

คณิตศาสตร์ ใช้พีชคณิตศาสตร์ทางลอจิกในการออกแบบการทำงานและทดสอบผลการทำงาน พร้อมกับการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็วที่ใช้

เทคโนโลยี ค้นคว้าหารูปแบบการทำงานที่ปรากฏ การจำลองการทำงานของวงจรถ และการนำเสนอเพื่ออภิปรายผลการทดลอง

การออกแบบเชิงวิศวกรรม ออกแบบ สร้าง และพัฒนารถชนของเดินตามเส้นทาง อย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เหมาะสม และปลอดภัย

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

อุปกรณ์ลอจิกเกต ประกอบด้วยเกตพื้นฐานจำนวน 8 บิต ได้แก่ AND Gate, OR Gate, Not Gate, NAND Gate, NOR Gate, Exclusive OR Gate, Exclusive NOR Gate และ Buffer แต่ละเกตมีคุณลักษณะแตกต่างกันไป เพื่อนำคุณสมบัติของเกตมาใช้ในการออกแบบวงจรถอบบิเนชั่น ให้วงจรถดิจิทัลทำงานได้ตามต้องการ

คณิตศาสตร์

พีชคณิตบูลีนเป็นคณิตศาสตร์ทางลอจิก เป็นคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการลดรูปสมการลอจิกจากตารางความจริงที่ออกแบบให้สามารถใช้อุปกรณ์ได้น้อยลง

การคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในการเดินทางของรถชนของเดินตามเส้นทาง

เทคโนโลยี

การสืบค้นข้อมูลการออกแบบโครงสร้างของรถชนของเดินตามเส้นทาง

การจำลองการทำงานของวงจรดิจิทัลก่อน ประกอบวงจรใช้งานจริง

ชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้ว ควรมีการเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงชิ้นงานให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การออกแบบรูปทรง น้ำหนัก ขนาด ของรถที่เหมาะสมให้สามารถวิ่งด้วยอัตราความเร็วมากที่สุด สร้างสิ่งของตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 1) การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูล 3) เลือกวิธีการ 4) ออกแบบและปฏิบัติการ โดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 2 มิติ 5) ทดสอบ ปรับปรุง 6) แก้ไข 7) ประเมินผล

จุดประสงค์

1. สร้างโครงสร้างรถชนของตามเส้นทางได้
2. เลือกแบบโครงสร้างรถชนของเดินตามเส้นทางที่ดีที่สุด
3. สร้างรถชนของเดินตามเส้นทางจากแบบโครงสร้าง
4. สร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทาง
5. คำนวณหาค่าความเร็วของรถชนของเดินตามเส้นทาง
6. อภิปรายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการชนของไปยังเป้าหมาย

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|---|--------------|
| 1. ตัวต้านทานค่าคงที่ 220 Ω | จำนวน 2 ตัว |
| 2. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 k Ω | จำนวน 2 ตัว |
| 3. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ S8550 | จำนวน 2 ตัว |
| 4. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ C9013 | จำนวน 2 ตัว |
| 5. ไดโอดเปล่งแสง สีแดง | จำนวน 2 ดวง |
| 6. ชุดรับส่งเซ็นเซอร์ | จำนวน 2 ชุด |
| 7. แผ่นปริ้นนอเนกประสงค์ ขนาด 5 x 7 ซม. | จำนวน 1 แผ่น |
| 8. มอเตอร์พร้อมชุดเฟืองขับ พร้อมล้อ | จำนวน 2 ชุด |
| 9. ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 ซม. | จำนวน 2 ล้อ |
| 10. ล้ออิสระ | จำนวน 1 ล้อ |

11. แผ่นพลาสติก ขนาด 12 x 20 ซม. จำนวน 2 แผ่น
12. กาวร้อน จำนวน 1 ขวด
13. กรรไกร จำนวน 1 ด้าม
14. มีดคัตเตอร์ จำนวน 1 ด้าม
15. ไม้บรรทัด จำนวน 1 อัน
16. หัวแร้ง
17. ตะกั่ว
18. แบตเตอรี่ AA 1.5 V 4 ก้อน
19. รางถ่าน 1 อัน

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. กิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียน

- 1.1. ผู้สอนอภิปรายถึงสถานการณ์การวิวัฒนาการของเทคโนโลยี ที่มีการสร้างยานพาหนะที่ไร้คนขับ และได้เริ่มการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีแนวโน้มว่าในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า ยานพาหนะที่ไร้คนขับนั้นจะมีให้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นแนวคิดในการสร้างสิ่งเหล่านี้ต้องให้ทั้งความรู้ ความคิดสร้างสรรค์อย่างมากเพื่อให้นวัตกรรมยานพาหนะไร้คนขับสามารถใช้งานได้จริง ผู้สอนอาจใช้คำถามเหล่านี้เพื่ออภิปรายดังนี้
 - 1.1.1. ยกตัวอย่างผลงานที่ได้ถูกสร้างขึ้นว่ามีอะไรบ้าง
 - 1.1.2. ผู้ผลิตต่าง ๆ ได้มีแนวคิดหรือวิธีการอย่างไรในการออกแบบ (นักเรียน อาจตอบได้หลายคำตอบ)
- 1.2. ผู้สอนยกประเด็นเกี่ยวกับยานพาหนะที่เมื่อใส่การออกแบบที่ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอัตโนมัติ ผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับการทำงานพร้อมคลิบวิดีโอของยานพาหนะไร้คนขับมาประกอบการอภิปราย ดังนี้
 - 1.2.1. การระบุตำแหน่งของรถ ว่ากำลังอยู่ช่องทางไหนของถนน
 - 1.2.2. การพิจารณาสิ่งที่อยู่รอบตัวรถ
 - 1.2.3. การคาดการณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
 - 1.2.4. การขับซึ่งเป็นไปตามกฎจราจรได้อย่างไร

ผู้สอนยังชี้แจงเกี่ยวกับการทำงานของยานพาหนะในรูปแบบอื่น ๆ เช่น เรือ เครื่องบิน เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน
- 1.3. ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์ของกิจกรรมว่าผู้เรียนจะได้สร้างรถขนของเดินตามเส้นทางของตนเองเพื่อให้สามารถวิ่งได้ด้วยอัตราความเร็วที่มากที่สุด โดยใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟที่มี

อยู่อย่างจำกัด และมีการชนของได้ตามที่กำหนด ผู้สอนอาจทบทวนความรู้ที่เรียนมาเกี่ยวกับการประกอบวงจร โดยผู้สอนอาจใช้คำถามดังนี้

- 1.3.1. ส่วนประกอบของรถชนของเดินตามเส้นมีอะไรบ้าง
- 1.3.2. ขั้นตอนการทำงานของวงจรสามารถทำได้อย่างไร สามารถอธิบายการทำงานของวงจรในแต่ละสถานะ
- 1.3.3. การทำงานของเซนเซอร์มีการทำงานอย่างไร และมีผลต่อการทำงานของรถชนของเดินตามเส้นอย่างไร
- 1.4. ผู้เข้สอนนำเข้าสู่กิจกรรมว่านอกจากวงจรรวมที่ของดิจิทัลทำหน้าที่ตามการทำงานของ AND Gate , OR Gate, NOT Gate เป็นต้น ยังมีอุปกรณ์ที่ต่อจากเอาต์พุตต่าง ๆ ของวงจรดิจิทัลเหล่านี้เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข ผู้สอนควรชี้ให้เห็นถึงส่วนประกอบหลักของรถชนของเดินตามเส้นทาง ว่าสามารถทำงานได้โดย มีอินพุต คือ เซ็นเซอร์ ที่รับค่าลอจิก 0 และ 1 มีวงจรรวมดิจิทัลเพื่อประมวลผลการทำงาน และเอาต์พุตคือ มอเตอร์ที่หมุนตามสัญญาณที่ได้รับ
- 1.5. ผู้สอนสอบถามความรู้เดิมของผู้เรียน ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทางด้วยคำถามดังต่อไปนี้
 - 1.5.1. การใช้ถ่านหลายก้อนมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทางหรือไม่ การทำงานของรถชนของเดินตามเส้นทางแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
 - 1.5.2. การออกแบบแบบใดที่ทำให้การเคลื่อนที่ของรถชนของเดินตามเส้นทางเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วสูงสุด
 - 1.5.3. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราความเร็วของรถชนของเดินตามเส้นทาง อาจมีหลายคำตอบเช่น น้ำหนัก ขนาดของล้อ รูปทรง ตำแหน่งการวางเซ็นเซอร์
 - 1.5.4. ออกแบบรถชนของเดินตามเส้นทางเพื่อแข่งขันว่ารถคันใดเคลื่อนที่ได้ด้วยอัตราเร็วมากที่สุดจะต้องออกแบบรถของนักเรียนอย่างไร (ความคิดเห็นของนักเรียน)

2. กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

ครูผู้สอนแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน ละความสามารถและเพศจากนั้นครูแจกอุปกรณ์เพื่อสร้างรถชนของเดินตามเส้นทางให้นักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด เพื่อให้นักเรียนประกอบโครงสร้างของรถและวงจรดิจิทัลที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ตามเส้นทางซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าล้อเพลลา เซ็นเซอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างวงจรดิจิทัล โดยในขั้นตอนนี้ครูอาจต้องอธิบายหลักการทำงานของชิ้นส่วนแต่ละอย่าง

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาหรือความต้องการ

- 2.1. ผู้สอนกำหนดปัญหาให้แต่ละกลุ่มดังนี้

- 2.1.1. ใช้แหล่งจ่ายไฟไม่เกิน 6 โวลต์
- 2.1.2. ใช้น้ำมันหล่อลื่นทุกชนิดน้ำมันน้ำหนักรวม 4 ซีต
- 2.1.3. รถต้องเดินตามเส้นทางต่างๆ ที่กำหนด

จากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกแบบหัวข้อการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้รถขนของเดินตามเส้นทางเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดด้วยอัตราความเร็วที่มากที่สุด

- 2.2. ผู้สอนชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบรถ ผู้สอนชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบรถขนของเดินตามเส้นทางมีหัวข้อในการพิจารณา 5 หัวข้อคือ ประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ ขั้นตอนการทำงาน ขั้นตอนการออกแบบและการนำเสนอข้อมูล

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล

- 2.3. ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักการออกแบบรถขนของเดินตามเส้นทางให้เคลื่อนที่ได้ด้วยอัตราความเร็วสูงโดยเฉพาะเรื่องการวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์รูปทรงความสมดุลของรถจากนั้นผู้เรียนวาดแบบรถและอธิบายการประกอบวงจรของรถขนของเดินตามเส้นทางพร้อมทั้งระบุนายการวัสดุ

ขั้นที่ 3 เลือกวิธีการ

- 2.4. ผู้เรียนแต่ละคนนำเสนอรูปแบบรถขนของเดินตามเส้นทางพร้อมทั้งรายละเอียดวัสดุที่ใช้ อุปกรณ์วงจรที่ใช้ในการสร้างให้เพื่อนในกลุ่มฟังจากนั้นสมาชิกในกลุ่มอภิปรายร่วมกันเพื่อเลือกรูปแบบของรถขนของเดินตามเส้นทางของกลุ่มตัวเองมา 1 แบบ พร้อมทั้งบอกเหตุผลจากนั้นผู้เรียนออกแบบวิธีการทดลองและเก็บข้อมูลการทดลองเพื่อผลการทดลองที่ได้มานำเสนอในชั้นเรียนต่อไป

ขั้นที่ 4 การออกแบบและปฏิบัติการ

- 2.5. แต่ละกลุ่มใช้ปรกรณ์วัสดุที่ได้ออกแบบมาสร้างรถขนของเดินตามเส้นทางโดยให้เวลาสร้างจำนวน 4 ชั่วโมงทุกกลุ่มต้องใช้วัสดุที่ใช้ในการสร้างรถขนของเดินตามเส้นทางตามแบบที่กำหนด

ขั้นที่ 5 ทดสอบ

- 2.6. แต่ละกลุ่มนำรถของเล่นเดินตามเส้นทางที่สร้างเสร็จแล้วทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่พร้อมคำนวณอัตราความเร็วของรถ

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแก้ไข

- 2.7. แต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขรถขนของเดินตามเส้นทางของตนเองเพื่อให้การเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยมีเวลาปรับปรุงแก้ไข 30 นาที ผู้เรียนบันทึกวิธีการปรับปรุงแก้ไขในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 7 ประเมินผล

- 2.8. แต่ละกลุ่มนำรถขนของเดินตามเส้นทางมาทดสอบอีกครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเคลื่อนที่พร้อมคำนวณหาค่าอัตราความเร็วของรถจากนั้นประเมินผลการทดสอบการวิ่งของรถขนของเดินตามเส้นทางว่าดีขึ้นหรือไม่อย่างไร
- 2.9. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประเมินประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางอัตราความเร็วของรถที่ได้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ประเมินชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. กิจกรรมรวบยอด

- 3.1. ผู้สอนให้ผู้เรียนร่วมสรุปประเด็นและความรู้ที่ได้จากการสร้างรถขนของเดินตามเส้นทางโดยผู้สอนใช้คำถามดังต่อไปนี้
- 3.1.1. การประกอบวงจรดิจิทัลของรถขนของเดินตามเส้นทางเป็นอย่างไร
 - 3.1.2. การติดตั้งเซ็นเซอร์มีผลต่อการทำงานของรถขนของเดินตามเส้นทางอย่างไรบ้าง
 - 3.1.3. รูปทรง ตำแหน่งอุปกรณ์ มีผลต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทางอย่างไรบ้าง
 - 3.1.4. การประกอบวงจรดิจิทัลทำให้เกิดผลอย่างไรต่อการเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง
 - 3.1.5. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อความเร็วของรถขนของเดินตามเส้นทางและมีผลอย่างไร

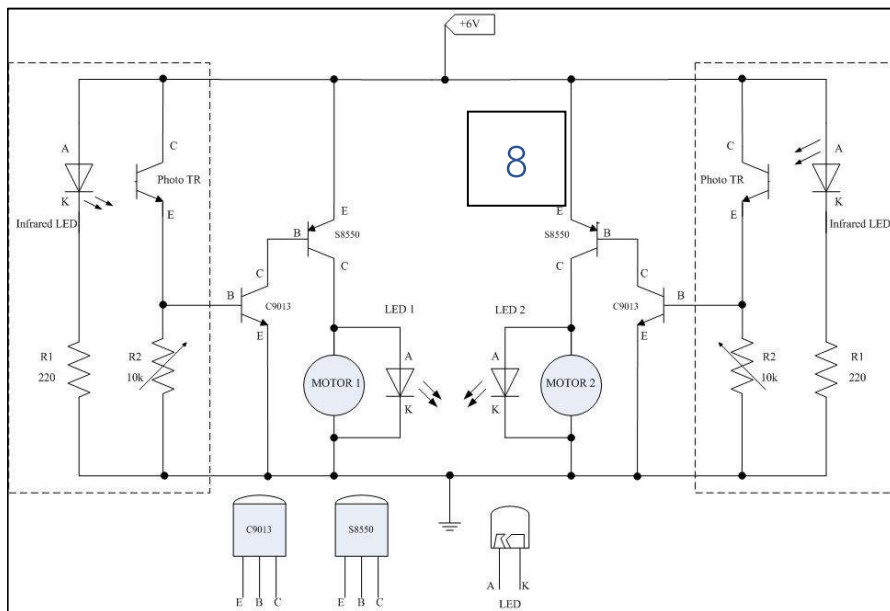
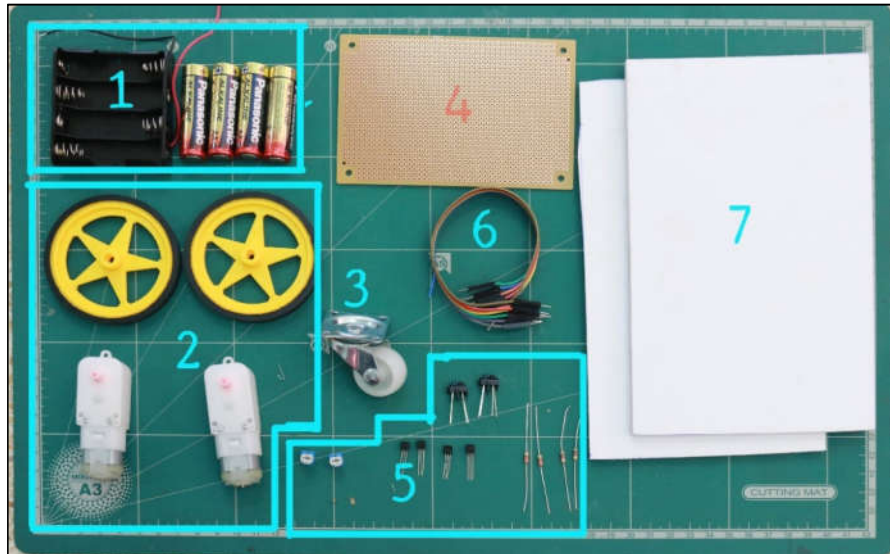
เกณฑ์การประเมินในการสังเกต

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
<p>1 การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามกระบวนการเทคโนโลยี</p> <p>1.1 การกำหนดปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> ระบุปัญหาหรือความต้องการ เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ 	<p>รู้ปัญหาหรือความต้องการได้ตรงกับหัวข้อที่กำหนดและเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการอย่างครบถ้วนสมบูรณ์</p>	<p>ระบุปัญหาหรือความต้องการได้ตรงกับหัวข้อที่กำหนดและเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการได้เป็นส่วนใหญ่</p>	<p>ระบุปัญหาหรือความต้องการได้ตรงกับหัวข้อที่กำหนดแต่เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการเป็นส่วนน้อย</p>	<p>ระบุปัญหาหรือความต้องการได้ไม่สมบูรณ์และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาไม่สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการ</p>
<p>1.2 การเลือกวิธีการ</p> <ul style="list-style-type: none"> เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการนำไปสร้างได้ นำไปสร้างได้จริง วัสดุที่เลือกใช้เหมาะสมกับชิ้นงานที่สร้าง 	<p>เลือกวิธีการแก้ไขได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการนำไปสร้างได้จริงวัสดุที่เลือกใช้เหมาะสมกับชิ้นงานที่สร้างขึ้น</p>	<p>เลือกวิธีการแก้ไขได้สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการนำไปสร้างได้จริงวัสดุที่เลือกใช้เหมาะสมกับชิ้นงานที่สร้างได้เป็นส่วนใหญ่</p>	<p>เลือกวิธีการแก้ไขได้สอดคล้องเป็นบางส่วนนำไปสร้างได้จริงแต่เลือกวัสดุไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่สร้าง</p>	<p>เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาไม่สอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการนำไปสร้างได้จริงแต่วัสดุที่เลือกใช้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่สร้าง</p>

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1.3 การออกแบบและปฏิบัติ ได้ภาพร่าง 3 มิติที่สอดคล้องกับวิธีการแก้ไขปัญหาหรือความต้องการ	ได้ภาพร่าง 3 มิติสอดคล้องกับวิธีการแก้ไขปัญหาหรือตอบสนองความต้องการแสดงรายละเอียดรูปร่างขนาดประกอบภาพด้านหน้าด้านข้างด้านบนแสดงขนาดความกว้างความยาวความสูงและหน่วยในการวัดขนาด	ได้ภาพร่าง 3 มิติสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการแต่ขาดรายละเอียดไป 1 องค์ประกอบ	ได้ภาพร่าง 3 มิติสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการแต่ขาดรายละเอียดไป 2 องค์ประกอบ	นายภาพร่าง 3 มิติที่ไม่สอดคล้องกับวิธีการแก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการ
1.4 สร้างชิ้นงานจากภาพร่างโดยวางแผนในการทำงานและปฏิบัติตามตามกระบวนการอย่างเหมาะสม	สร้างชิ้นงานโดยมีการวางแผนในการทำงานและปฏิบัติตามตามกระบวนการทำได้อย่างเหมาะสม	สร้างชิ้นงานโดยมีการวางแผนในการทำงานเป็นส่วนใหญ่และปฏิบัติตามตามกระบวนการทำงานได้	สร้างชิ้นงานโดยไม่มีการวางแผนในการทำงานและปฏิบัติตามตามกระบวนการทำงานได้บางส่วน	สร้างชิ้นงานโดยไม่มีการวางแผนในการทำงานและปฏิบัติตามได้แต่ไม่เป็นกระบวนการ

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1.5 การปรับปรุงแก้ไข	ใช้งานหรือวิธีการใช้งานได้ดีไม่ต้องปรับปรุงแก้ไข	ใช้งานหรือวิธีการที่นำมาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำมาใช้งานได้	ใช้งานหรือวิธีการที่นำมาปรับปรุงแก้ไขแล้วใช้งานได้เป็นบางส่วน	ใช้งานหรือวิธีการที่นำมาปรับปรุงแก้ไขแล้วยังคงใช้งานไม่ได้
2 การเคลื่อนที่ของรถขนของเดินตามเส้นทาง	สามารถวิ่งได้ตามเส้นทางและได้อัตราเร็วมากที่สุด	สามารถวิ่งได้ตรงตามเส้นทางและวิ่งได้อัตราความเร็วปานกลาง	สามารถวิ่งตรงตามเส้นทางและได้อัตราความเร็ว น้อย	ไม่สามารถวิ่งได้ตรงตามเส้นทาง
3 การนำเสนอข้อมูล	รูปแบบการนำเสนอสื่อความหมายเรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลด้วยรถขนของเดินตามเส้นทางให้ผู้อื่นเข้าใจถูกต้อง ชัดเจนอธิบายเหตุผลของแนวคิดเรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลด้วยรถขนของเดินตามเส้นทางได้	รูปแบบการนำเสนอสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ชัดเจนอธิบายเหตุผลของแนวคิดเรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลด้วยรถขนของเดินตามเส้นทางได้ ถูกต้องบางส่วน	รูปแบบการนำเสนอสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ไม่ ชัดเจนอธิบายเหตุผลของแนวคิดเรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลด้วยรถขนของเดินตามเส้นทาง ได้ถูกต้อง บางส่วน	รูปแบบการนำเสนอสื่อความหมายไม่ถูกต้องไม่ชัดเจน อธิบายเหตุผลของแนวคิดเรื่อง การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลด้วยรถขนของเดินตามเส้นทางไม่ได้

วิธีการประกอบ



ส่วนประกอบ

- หมายเลข 1 ริงแบตเตอรี่ขนาด AA พร้อมแบตเตอรี่ จำนวน 4 ก้อน
- หมายเลข 2 มอเตอร์ พร้อมล้อ จำนวน 2 อัน
- หมายเลข 3 ล้ออิสระ 1 ล้อ
- หมายเลข 4 แผ่นทองแดงอนุกรมประสงค์ จำนวน 1 แผ่น
- หมายเลข 5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- หมายเลข 6 สายไฟนำสัญญาณ
- หมายเลข 7 แผ่นพลาสติก ขนาด 20 x 12 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น
- หมายเลข 8 รูปวงจรถ่ายงานรถขนของเดินตามเส้นทาง

ขั้นตอนการประกอบ

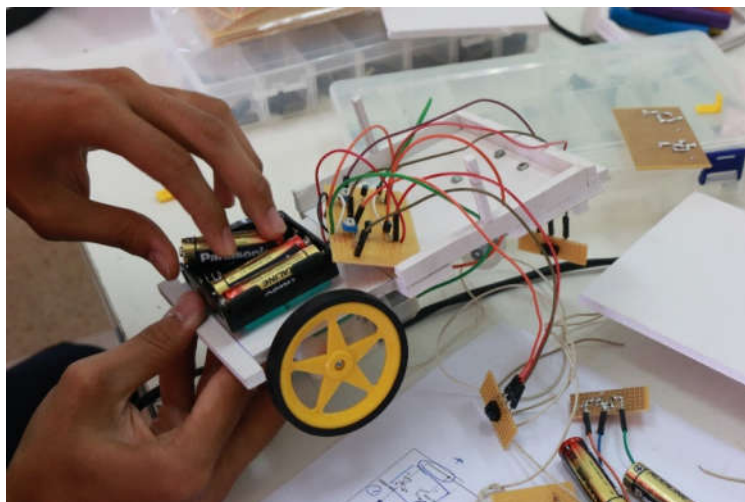
1. นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบตามรูปวงจรถ่ายงานของรถขนของเดินตามเส้นทาง และ ส่วนของเซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นทาง และทดสอบการทำงาน



2. ตัดแผ่นพลาสติกตามรูปทรงที่ได้ออกแบบไว้



3. นำมอเตอร์ พร้อมล้อ และล้ออิสระ ติดตั้งบนแผ่นพลาสติก



- นำถ่านใส่รถที่ประกอบพร้อมทดสอบการทำงาน และปรับแต่งเพื่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่



เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

1. อธิบายการต่อวงจรดิจิทัลของรถชนของเดินตามเส้นทางได้อย่างไร

1. อ่านแบบวงจรตามที่ได้กำหนด.....
2. ใส่อุปกรณ์และดันให้ติดรบนอยู่บนแผ่นวงจรเอกประสงค์.....
3. ดัดขาอุปกรณ์ให้ถ่างออกเล็กน้อย จากนั้นบัดกรีขาอุปกรณ์ด้วยหัวแร้งและตะกั่วลงบนแผ่นวงจร พร้อมตรวจสอบลักษณะรอยบัดกรี.....
4. ตัดขาอุปกรณ์ให้เรียบร้อย พร้อมทดสอบการทำงาน.....

2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการปฏิบัติการกิจของรถชนของเดินตามเส้นทาง

1. อุปกรณ์ตรวจจับเส้น (เซ็นเซอร์) / ตำแหน่ง / ความไว.....
2. ความเร็วในการเคลื่อนที่ / ตำแหน่งของล้อ / โครงสร้างของรถ.....
3. จุดรับน้ำหนักของรถ.....
4. ประสิทธิภาพการ ทำงานของอุปกรณ์.....
5. อื่น ๆ.....

3. อธิบายหลักการการทำงานของรถชนของเดินตามเส้นทาง

ชุดเซ็นเซอร์ด้านขวาพบพื้นที่สีดำ และชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้ายพบพื้นที่สีขาวการทำงานของวงจรควบคุม จะควบคุมให้มอเตอร์ทางด้านขวาหยุดหมุนและควบคุมมอเตอร์ทางด้านซ้ายให้ทำงานต่อส่งผลให้รถชนของเดินตามเส้นทางค่อย ๆ ชุดเซ็นเซอร์ด้านขวาพบพื้นที่สีดำ และชุดเซ็นเซอร์ด้านซ้ายพบพื้นที่สีขาวการทำงานของวงจรควบคุมจะควบคุมให้มอเตอร์ทางด้านขวาหยุดหมุนและควบคุมมอเตอร์ทางด้านซ้ายให้ทำงานต่อส่งผลให้รถชนของเดินตามเส้นทางค่อย ๆ.....

4. นักเรียนใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในกิจกรรมนี้อย่างไร

การวางแผนการสร้างรถชนของเดินตามเส้นทางให้มีความเร็วที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความเร็วสูงสุด การคำนวณหาว่าความเร็วเฉลี่ย ที่ได้จากการทดลองในเรื่องประสิทธิภาพการเคลื่อนที่

5. นักเรียนใช้กระบวนการเทคโนโลยีนี้ได้อย่างไร

การวิเคราะห์ปัญหาที่ได้จากรัน จากนั้นเริ่มศึกษารวบรวมข้อมูลออกแบบร่างรถชนของเดินตามเส้นทาง จากนั้นเลือกแบบที่เหมาะสม และลงมือปฏิบัติเลือกตามแบบที่ได้วางแผนไว้ พร้อมทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข ในประสิทธิภาพเคลื่อนที่ของรถชนของตามเส้นทาง.....

6. มีการใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นเรื่องใดบ้าง

คำสำคัญที่นักเรียนใช้ค้นความข้อมูลในอินเทอร์เน็ต.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	ศุภชัย ราชผึ้ง
วัน เดือน ปี เกิด	13 กันยายน 2531
สถานที่เกิด	อุตรดิตถ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	401/16 หมู่ 3 ตำบล เกาะขนุน อำเภอ พนมสารคาม จังหวัด ฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	
2547	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์
2550	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์
2552	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2561	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยการอาชีพพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา