การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

DEVELOPMENT OF TRAINING PACKAGE FOR WORK CREATION THROUGH STEAM EDUCATION APPROACH ON ENERGY AROUND US

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา Development of Training Package for Work Creation Through STEAM Education Approach on Energy Around Us
ชื่อ-นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นพดล พรามณี, Ed.D.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทียมยศ ปะสาวะโน, ศษ.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ฉลอง ทับศรี, Ed.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์นฤมล เทพนวล, กศ.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์นพดล พรามณี, Ed.D.)

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพร บุญส่ง, ศษ.ด.)
วันที่ 22 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา
ชื่อ - นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นพดล พรามณี, Ed.D.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา 2) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จากการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะ และ 3) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 26 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

การวิจัยครั้งนี้ได้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา จำนวน 1 ชุด มีรูปแบบการเรียนรู้บูรณาการ แบบการรวมระหว่างการผสมผสานเนื้อหาหลายวิชากับกิจกรรมการเรียนการสอน (Integrated) คือ 1) วิทยาศาสตร์ ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนรูปพลังงาน การเสียดสีของพื้นผิว 2) เทคโนโลยี ด้านการใช้อุปกรณ์ การยึดติดตั้งอุปกรณ์อย่างแม่นยำและปลอดภัย 3) ศิลปะ ด้านการผสมสี การตกแต่ง ความสวยงามของผลงาน 4) วิศวกรรม ด้านการวางแผนสร้างสรรค์ชิ้นงานและแก้ไขปัญหาตามกระบวนการทางวิศวกรรม 5) คณิตศาสตร์ ด้านการคำนวณระยะทาง เวลา การคาดคะเน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดฝึกทักษะนี้มีประสิทธิภาพ 80.76/81.54 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านปฏิบัติงาน นักเรียนได้ปฏิบัติการสร้างสรรค์ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และ 3) ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนโดยใช้แบบประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: สตีมศึกษา ชุดฝึกทักษะ การสร้างสรรค์ชิ้นงาน เซลล์สุริยะ

Thesis Title	Development of Training Package for Work Creation Through STEAM Education Approach on Energy Around Us
Name - Surname	Acting Sub Lt. Meenakan Jampong
Program	Educational Technology and Communications
Thesis Advisor	Mr. Noppadol Prammanee, Ed.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

The objectives of this research were to 1) develop a training package for work creation through STEAM education approach on energy around us, 2) assess achievement in studying science through STEAM education approach, and 3) study the ability level in work creation after studying through STEAM education approach. Research samples were 26 of grade 4 students studying at The Innovation Demonstration School Rajamangala University of Technology Thanyaburi selected by cluster random sampling. Research instrument was a training package for work creation through STEAM education approach on energy around us.

This research resulted in a training package for work creation through STEAM education approach on energy around us. This training package was the integration of 5 fields of study as follows : 1) science included solar energy, electrical energy, energy transformation, and surface friction, 2) technology included uses of tools, equipment fastening safely and correctly, 3) art included combination of colors and decoration of work piece, 4) engineering included planning for work creation and modification on the basis of engineering process, and 5) math included calculation for distance, time, and forecasting.

It was found from this research that 1) the a training package for work creation through STEAM education approach on energy around us showed the effective index at 80.76/81.54 which was higher than the standard index at 80/80, 2) the later studying achievement of the science subject with the training package for work creation through STEAM education approach on energy around us was higher than for former statistically significant difference at 0.05 and the students showed better performance on their practice, and 3) from the authentic assessment by using scoring rubric, the students' ability in work creation after studying through STEAM education approach was at good level.

Keywords: STEAM education, training package, work creation, solar energy

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตาอย่างสูงจาก ดร.นพดล พรามณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทียมยศ ปะสาวะโน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ฉลอง ทับศรี กรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิ และ ดร.นฤมล เทพนวล กรรมการสอบที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน การวัดและประเมินผล 3 ท่าน ที่สละเวลาอันมีค่าในการประเมินคุณภาพของชุดฝึกทักษะและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน อันเป็นผลทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณ ภาควิชาการศึกษา ผู้บริหาร และอาจารย์โรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่ายิ่งในการศึกษาระดับปริญญาโท ผู้วิจัยซาบซึ้งในพระคุณและความเมตตาของท่านเป็นอย่างสูง คุณค่าอันพึงได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับผู้ที่สนใจศึกษาหาความรู้เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาการเรียนการสอน โรงเรียน ชุมชน และสังคมเพื่อความเจริญก้าวหน้าต่อไป

ขอขอบพระคุณ คุณครูพรพรรณ เจนกระบวน คุณครูวัลนพ หลักแวงมล ที่ให้การช่วยเหลือดูแลและให้คำปรึกษาผู้วิจัยมาโดยตลอด และกำลังใจที่ยิ่งใหญ่จาก คุณพ่อเสกสรรค์ คุณแม่ดวงสมร และ มัลลิกา แจ่มพงษ์

ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (4)

กิตติกรรมประกาศ (5)

สารบัญ (6)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (9)

บทที่ 1 บทนำ 10

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 10

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 13

1.3 สมมติฐานการวิจัย 13

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 14

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย 14

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย 15

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 หลักการพัฒนาชุดฝึกทักษะ 18

2.2 การจัดการเรียนรู้รูปแบบสตีมศึกษา (STEAM Education) 23

2.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน(Constructionism) 41

2.4 การประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) 49

2.5 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 51

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 60

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย 63
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 67
3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 67
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย 72
4.1 ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา 72
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 74
4.3 ผลการหาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา 76
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
5.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 77
5.2 สมมติฐานของการวิจัย 77
5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 77
5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 78
5.5 วิธีดำเนินการวิจัย 78
5.6 สรุปผลการวิจัย 79
5.7 อภิปรายผลการวิจัย 81
5.8 ข้อเสนอแนะ 84
บรรณานุกรม 86
ภาคผนวก 93
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย 94
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 106
ภาคผนวก ค ผลประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง 120
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 132
ประวัติผู้เขียน 156

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 27

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบแนวทางการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี 28

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบทักษะการคิด ของ STEM และ STEAM 34

ตารางที่ 2.4 แนวคิดแต่ละองค์ประกอบของสตีมศึกษา (STEAM Education) 35

ตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดช่วงชั้นปี 38

ตารางที่ 2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism 45

ตารางที่ 3.1 ประเด็นที่ประเมินและระดับคะแนนรูบริค 68

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E_1) 73

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลัง (E_2) 74

ตารางที่ 4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา 74

ตารางที่ 4.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านปฏิบัติงานด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา 75

ตารางที่ 4.5 ระดับความสามารถประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค) 76

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 15
ภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 30
ภาพที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง STEM และ STEAM 33
ภาพที่ 3.1 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 1 64
ภาพที่ 3.2 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 2 64
ภาพที่ 3.3 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 3 65
ภาพที่ 3.4 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 4 65
ภาพที่ 3.5 ออกแบบหางเสือเรือโดยใช้เครื่องพิมพ์ชนิด 3 มิติ (3D Printer) 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในขณะนี้อยู่ในช่วงเวลาที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม และส่งผลกระทบอย่างรุนแรงมากขึ้นกว่าที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงเข้าสู่เศรษฐกิจโลก รวมกลุ่มการค้าเสรีอาเซียนกับจีน ญี่ปุ่น และอินเดีย สังคมวัตถุนิยม ปัญหาวิกฤติพลังงาน การจัดการเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยใช้ความรู้ การคิดค้นนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ บนพื้นฐานการผลิตและการบริโภค ซึ่งต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์สุขที่ยั่งยืนของประเทศไทย (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556, น. 7) จะต้องให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างทุนของประเทศที่มีอยู่ให้เข้มแข็งและมีพลังเพียงพอในการขับเคลื่อนกระบวนการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะการพัฒนาคนหรือทุนมนุษย์ให้เข้มแข็ง พร้อมที่จะรับการเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคศตวรรษที่ 21 และการเสริมสร้างปัจจัยแวดล้อมที่เอื้อในการพัฒนาคุณภาพของคน ทั้งในเชิงสถาบัน ระบบ โครงสร้างของสังคมให้เข้มแข็ง สามารถเป็นภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (กลุ่มพัฒนานโยบายอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556, น. 4) แนวนโยบายพัฒนาและนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อการพัฒนาคุณภาพของคน เพิ่มโอกาสทางการศึกษา และการเรียนรู้ตลอดชีวิต จึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ โดยเร่งรัดกระจายอำนาจการบริหารและจัดการศึกษาไปสู่สถานศึกษา เขตพื้นที่การศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการระดมทรัพยากรจากแหล่งต่างๆ และการลงทุนเพื่อการศึกษา ตลอดจนบริหารจัดการ และใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2553) ในยุทธศาสตร์ที่ 3 ของแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 11 ได้ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา ถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรมเพื่อการพัฒนาสังคมและประเทศ โดยมุ่งส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาทั้งด้านการวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศ เน้นการวิจัยและพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการพัฒนาการศึกษาและในเชิงพาณิชย์ (กลุ่มพัฒนานโยบายอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2556)

ในปัจจุบันมนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อพัฒนาให้ทันกับความก้าวหน้าด้านต่างๆ ของโลก ทั้งด้านเศรษฐกิจ เทคโนโลยี เพื่อให้มีศักยภาพในการดำรงชีวิตเป็นประชากรที่มีคุณภาพ ในการพัฒนาสังคม

สร้างบุคลากรที่จะทำการขับเคลื่อนและการพัฒนาประเทศ มุ่งที่จะเข้าสู่สังคมเศรษฐกิจฐานความรู้ การพัฒนาคนให้มีความรู้จึงเป็นเรื่องสำคัญ เทคโนโลยีจึงต้องอาศัยการลงทุนด้านวิจัย พัฒนาผลิตภัณฑ์ และมีระบบดำเนินการทรัพย์สินทางปัญญาที่ดีพอ (หัสชัย สิทธิรักษ์, 2555) สำหรับแนวการศึกษาที่เหมาะสมกับยุคปัจจุบัน ระดับนานาชาติกำลังสนใจในการศึกษาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมเป็นอย่างมาก (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557) ความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นมีบทบาทสำคัญทั้งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน การดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ ด้านเครื่องมือ เครื่องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิต หรือการทำงานต่างๆ ล้วนแล้วแต่เป็นผลมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น. 1)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะต้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ผู้เรียนจึงควรได้รับการพัฒนาและสร้างสรรค์ความเข้าใจว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวกับโลกและธรรมชาติซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้น ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมคิดและลงมือปฏิบัติจริงก็จะเข้าใจ และเห็นการเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นๆ และตลอดชีวิต (เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, 2554, น. 144-159) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงเป็นกิจกรรมที่ท้าทายความคิดและความสามารถของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิดลงมือปฏิบัติสร้างงานตามแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ดังนั้น การจัดกิจกรรมการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงานจึงเป็นกิจกรรมที่ใช้สำหรับส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการแก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี (เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, 2550, น. 126-130)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดเป้าหมายของหลักสูตรในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน และนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษา โดยได้มีการกำหนดวิสัย จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจน เพื่อให้เป็นทิศทางในการจัดทำหลักสูตร การเรียนการสอนในแต่ละระดับ นอกจากนั้นได้กำหนดโครงสร้างเวลาเรียนขั้นต่ำของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ในแต่ละชั้นปีไว้ในหลักสูตรแกนกลาง และเปิดโอกาสให้สถานศึกษาเพิ่มเติมเวลาเรียนได้ตามความพร้อมและจุดเน้น อีกทั้งได้ปรับกระบวนการวัดและประเมินของผู้เรียน เพื่อให้มีความชัดเจนต่อการ

นำไปปฏิบัติ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำขึ้นสำหรับท้องถิ่นและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา และจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง และแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 8)

สถานศึกษาจึงได้มีการจัดการศึกษาโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และมีการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่กระทรวงศึกษาธิการเป็นผู้กำหนด เน้นถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างเต็มตามศักยภาพตั้งแต่เยาว์วัย โรงเรียนหรือสถานศึกษาควรเน้นการจัดการเรียนการสอนให้ทันสมัย และตรงตามความต้องการของชุมชน พร้อมทั้งต้องแก้ไขปัญหาของชุมชนนั้นๆ ด้วย และควรมีการจัดการเรียนการสอนเพื่อสามารถนำความรู้ไปพัฒนา และแก้ปัญหาในท้องถิ่นของตนเองได้ พร้อมทั้งจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสนองต่อนโยบายของรัฐบาลเป็นสำคัญด้วย และมุ่งเน้นปลูกฝังให้นักเรียนมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรในท้องถิ่นของตน และรู้จักใช้พลังงานให้เกิดคุณค่ามากที่สุด โดยสนับสนุนกิจกรรมภายในโรงเรียนในด้านสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์พลังงาน ครูที่อยู่ในสถานศึกษาควรมีส่วนรวมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยบูรณาการเรื่องเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เพื่อเป็นการปลูกฝังจิตสำนึกให้กับนักเรียน (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2551, น. 12)

หลักสูตรโรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พุทธศักราช 2554 ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และความต้องการของชุมชนและท้องถิ่น เพื่อเป็นกรอบและทิศทางในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นผู้สร้างความรู้จากการปฏิบัติ ค้นพบตนเอง รักการประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรม โดยประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง จัดการพลังงาน มีมโนธรรม และแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตร, 2555) และยังได้กล่าวในวิสัยทัศน์ของโรงเรียนอีกว่า หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งพัฒนาผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างความรู้จากการปฏิบัติด้วยตนเอง รักการประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรม โดยประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดการพลังงาน มีมโนธรรม ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

สภาพการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นสิ่งที่ควรจะได้รับการพัฒนาบูรณาการในศาสตร์ต่างๆ และการนำสื่อการสอนเข้ามาใช้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด เพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย แนวทางในการแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง คือ การพัฒนาชุดฝึกทักษะโดยมีรูปแบบการบูรณาการ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรม ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเดิม ส่งผลให้ช่วยเสริมการเรียนรู้ การคิดอย่างเป็นระบบแก่นักเรียน ผนวกกับด้านศิลปะที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการของนักเรียนได้เป็นอย่างดี จึงก่อให้เกิดรูปแบบการเรียนการสอนแบบสตีมศึกษา สตีมศึกษาจึงเป็นตัวกลางแทนสิ่งพิมพ์หรือสื่อประเภทอื่นๆ ที่ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่และมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนอยู่ตลอดเวลา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสิ่งท้าทายให้นักเรียนเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ ในการแก้ปัญหาหลายๆ ปัญหาโดยใช้แนวคิดหรือเพียงวิธีการเดียว สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) ด้านที่ 1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบไปด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ (สถาบันวิจัยการเรียนรู้, 2558) ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดฝึกทักษะในสาระการเรียนรู้อื่นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

1.2.2 เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จากการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

1.2.3 เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.3 ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา อยู่ในระดับดี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวน 26 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การออกแบบเนื้อหา อ้างอิงวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 สตีมศึกษา ในที่นี้ผู้วิจัยได้นิยามขึ้นเพื่อบ่งบอกถึง การใช้เทคนิค วิธีการ ความรู้ในด้านต่างๆ เช่น S = วิทยาศาสตร์ (Science) การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

T = เทคโนโลยี (Technology) การใช้เทคโนโลยีในการคิดแก้ปัญหา การประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวก กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนคิดอย่างเป็นระบบ

E = วิศวกรรม (Engineering) กระบวนการออกแบบวางแผนอย่างเป็นระบบ

A = ศิลปะ (Arts) การใช้ทักษะศิลปะในความคิดสร้างสรรค์ การตกแต่งสีสัน

M = คณิตศาสตร์ (Mathematics) การคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

1.5.2 ชุดฝึกทักษะ หมายถึง ชุดเครื่องมือ ที่ประกอบไปด้วย สื่อนำเสนอเนื้อหา วิชาพลังงานรอบตัวเรา อุปกรณ์ในการทดลอง แบบสอบวัดความรู้ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

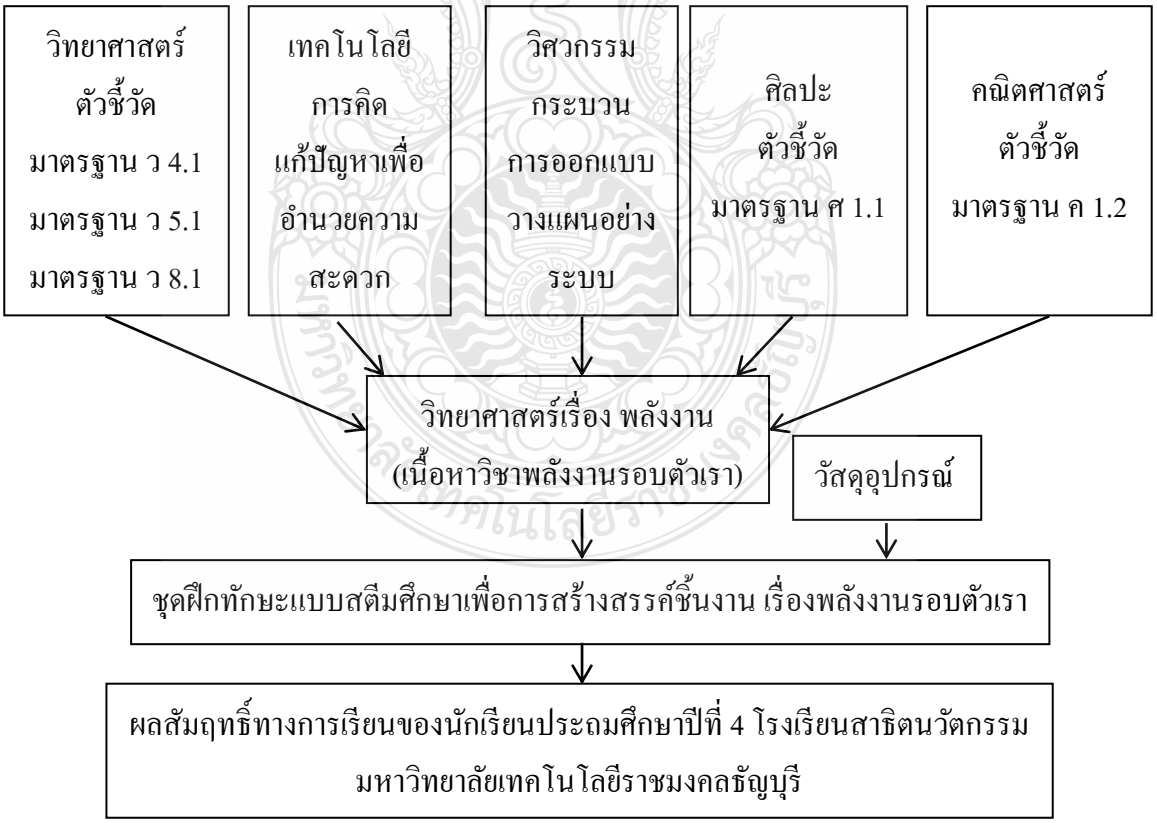
1.5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนจากชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา ทั้งจากผลคะแนนจากการสอบวัดความรู้และผลการประเมินการปฏิบัติงาน

1.5.4 แบบประเมินการปฏิบัติงาน หมายถึง แบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและผ่านการทดลองนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

1.5.5 การสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การค้นพบความรู้ด้วยตนเองที่เกิดจากการจุดประกายความสนใจ ค้นหาข้อมูล ลงมือปฏิบัติ จัดองค์ความรู้ นำเสนอสิ่งที่พบ แล้วถ่ายทอดลงชิ้นงาน

1.5.6 ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา หมายถึง ชุดการเรียนรู้รูปแบบบูรณาการ แบบการรวมระหว่างการผสมผสานเนื้อหาหลายวิชากับกิจกรรมการเรียนการสอน (Integrated) ที่รวมทั้ง 5 ศาสตร์ คือ 1) วิทยาศาสตร์ (Science) 2) เทคโนโลยี (Technology) 3) วิศวกรรม (Engineering) 4) ศิลปะ (Arts) และ 5) คณิตศาสตร์ (Mathematics)

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน วิชาพลังงานรอบตัวเรา

1.7.2 ได้แนวทางการส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การสอนที่เน้นทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลและทักษะการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1.7.3 นักเรียนมีทักษะการสร้างสรรค์ชิ้นงาน จากการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน วิชาพลังงานรอบตัวเรา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

2.1 หลักการพัฒนาชุดฝึกทักษะ

2.1.1 ความหมายของชุดฝึกทักษะ

2.1.2 หลักในการสร้างชุดฝึกทักษะ

2.1.3 การจัดรูปแบบและขั้นตอนการสร้างชุดฝึกทักษะ

2.1.4 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ

2.1.5 สรุป

2.2 การจัดการเรียนรู้รูปแบบสตีมศึกษา (STEAM Education)

2.2.1 ประวัติและความเป็นมาของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.2.2 การนิยามความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.2.3 จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.2.4 รูปแบบของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

2.2.5 การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education)

2.2.6 กิจกรรมสตีมศึกษา ช่วงชั้นที่2 (ป.4 - ป.6)

2.2.7 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)

2.3.1 ความหมายและการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.3.2 ความเป็นมาและแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.3.3 ศักยภาพของเทคโนโลยีตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.4 การประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

2.4.1 การประเมินตนเองแบบรูบริค (Rubric assessment)

2.4.2 ประเภทของแบบประเมินรูบริค

2.4.3 องค์ประกอบของแบบประเมินรูบริค

2.4.4 วิธีการให้คะแนนของแบบประเมินรูบริค

2.4.5 ความสำคัญของแบบประเมินรูบริคต่อการประเมิน

2.5 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2.5.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2.5.2 หลักการที่สำคัญของหลักสูตร

2.5.3 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพัฒนาชุดฝึกทักษะ

2.1.1 ความหมายของชุดฝึกทักษะ

ชุดฝึกทักษะเป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาประเภทหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เพราะครูสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือชี้แนวทางในการสอน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ชุดฝึกทักษะมีชื่อเรียกต่างๆ กันหลายชื่อ เช่น Learning Package, Learning Activity Package, Instructional Package, Instructional Kits หรือ Self – Instructional Unit ซึ่งมีความหมายใกล้เคียงกันจนสามารถใช้แทนกันได้นักวิชาการนั้นอาจใช้คำที่ต่างกันไป เพื่อความเหมาะสมในการฝึกทักษะและปฏิบัติ (สุกัญญา มณีโชต, 2555, น. 47) โดยมีผู้ให้ความหมายของชุดฝึกทักษะไว้ดังนี้

สุภานันท์ ชาทอง (2551) ได้กล่าวถึงชุดฝึกทักษะว่า สื่อการเรียนที่ประกอบกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่ครูจัดให้กับนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติ ทำให้เกิดความคล่องแคล่ว แม่นยำเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและมีทักษะเพิ่มมากขึ้น ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความสนใจและยังช่วยแก้ปัญหาข้อบกพร่องทางการเรียนด้วยการฝึกฝนจากชุดฝึกที่ครูสร้างขึ้น

เฉลียว เพชรแก้ว (2550) ให้ความหมายของชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ หมายถึงเครื่องมือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะมีวิธีการคิดจากการปฏิบัติ ให้เกิดความชำนาญได้อย่างแม่นยำ ถูกต้อง คล่องแคล่วและเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

ปราโมทย์ จันทร์เรือง (2552) ให้ความหมายของชุดฝึกทักษะว่า สื่อที่ช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเพื่อให้นักเรียนฝึกวิธีการคิด ฝึกปฏิบัติ ฝึกทักษะด้วยตนเองให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถคิดวิเคราะห์ได้ โดยมีครูเป็นผู้แนะนำช่วยเพิ่มพูนความรู้ให้กับนักเรียนและเจตคติตามจุดประสงค์การเรียนรู้และตามจุดมุ่งหมาย

โดยภาพรวมแล้วชุดฝึกทักษะเป็นวิธีการหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่ได้แนวคิดหลาย ๆ แนวมาใช้ร่วมกันเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติ และเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เกิดความสนใจเมื่อได้ปฏิบัติจริง มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถวิเคราะห์ได้ โดยให้ครูเป็นผู้แนะนำ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อ้างอิงแนวคิดของชุดการสอน ศึกษาความหมายชุดการสอน แนวคิดและหลักการของชุดการสอน ประเภทของชุดการสอน องค์ประกอบของชุดการสอน ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน แล้วนำมาสร้างเป็นชุดการสอนที่ผู้วิจัยขอใช้คำว่าชุดฝึกทักษะใช้ตลอดงานวิจัยเล่มนี้

2.1.2 หลักในการสร้างชุดฝึกทักษะ

ชุดฝึกทักษะเป็นเครื่องมือสำหรับนักเรียนให้ได้ทดลองฝึก และทำซ้ำเพื่อให้การเรียนเรียนรู้โดยบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพครูจะต้องมีความรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับชุดฝึกทักษะอย่างถ่องแท้เพื่อที่จะสามารถแนะนำนักเรียนได้อย่างเหมาะสม สำหรับชุดฝึกทักษะนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการเรียน ชุดการสอน ชุดการเรียนการสอน ชุดฝึกทักษะ ที่ช่วยให้ผู้วิจัยได้ตัดสินใจว่าจะสร้างชุดฝึกทักษะไว้หลายท่านดังนี้

คาร์ดาเรลลี่ (Cardarelli, 1973) ได้กำหนดโครงสร้างของชุดการเรียนการสอนรายบุคคลว่าต้องประกอบด้วย

1. หัวข้อ (Topic)
2. หัวข้อย่อย (Sub Topic)
3. จุดมุ่งหมายหรือเหตุผล (Rational)
4. จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Objective)
5. การสอนก่อนเรียน (Pretest)
6. กิจกรรมและการประเมินตนเอง (Activities and Self – Evaiuation)
7. การทดสอบย่อย (Quiz หรือ Formative Test)

ดวน (Duane, 1973) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการเรียนการสอนรายบุคคล 6 ประการ คือ

1. มีจุดมุ่งหมายและเนื้อหา
2. บรรยายเนื้อหา
3. มีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. มีกิจกรรมให้เลือกเรียน
5. มีกิจกรรมที่ส่งเสริมเจตคติ
6. มีเครื่องมือวัดผลก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน

สุภานันท์ ชาทอง (2551, น. 28) ได้สรุปหลักการสร้างชุดฝึกไว้ว่า ต้องคำนึงถึงหลักจิตวิทยา คือ สร้างชุดฝึกให้เหมาะสมกับวัยและระดับสติปัญญาของนักเรียน มีหลายๆ รูปแบบ หลายๆ กิจกรรม เนื้อหาที่นำมาใช้ในชุดฝึกต้องไม่ยากจนเกินความสามารถของเด็ก เปิดโอกาสให้เด็กได้ใช้แสดงความคิดเห็นในการตอบคำถามมากกว่าเน้นเรื่องความรู้ความจำเท่านั้น สร้างให้ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์หรือความคิดแบบอเนกนัยแก่นักเรียน มีความเชื่อมั่น มีความเที่ยงตรงสามารถใช้ฝึกและวัดผลได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และชุดฝึกต้องมีประสิทธิภาพมีความเชื่อมั่นจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

จากหลักการสร้างชุดฝึกดังกล่าว สรุปได้ว่า การสร้างชุดฝึก ควรมีหลักในการสร้างดังนี้

1. การสร้างชุดฝึกต้องยึดหลักการสร้างตามทฤษฎี และมีจิตวิทยาในการสร้างเพื่อให้เหมาะสมกับวัยและความแตกต่างระหว่างบุคคล

2. มีจุดมุ่งหมายที่ฝึกทักษะด้านใดด้านหนึ่ง กำหนดชัดเจนแน่นอน

3. เรียงลาดับเนื้อหาจากง่ายไปหายาก ตรงตามจุดประสงค์ มีคำชี้แจงง่ายๆ สั้นๆ อ่านแล้วเข้าใจ พร้อมทั้งมีตัวอย่างประกอบ

4. ชุดฝึกมีรูปแบบหลากหลาย เพื่อเร้าความสนใจและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์หรือความคิดแบบอเนกนัยของนักเรียน

5. ชุดฝึกควรมีภาพประกอบ เพื่อดึงดูดความสนใจและใช้เวลาไม่ควรเกิน 40 นาที

6. ชุดฝึกต้องมีประสิทธิภาพ มีความเชื่อมั่นจะช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ของนักเรียนพัฒนาดีขึ้น

สรุปได้ว่า ชุดฝึกทักษะ ควรมีรายละเอียดที่ชัดเจน เพื่อจะให้นักเรียนใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังมีรายละเอียดดังนี้ ชื่อชุดฝึกทักษะ วัตถุประสงค์ ข้อแนะนำการใช้ชุดฝึกทักษะ การทดลองก่อนเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ การทดลองหลังเรียน และต้องเหมาะสมกับนักเรียน

2.1.3 การจัดรูปแบบและขั้นตอนการสร้างชุดฝึกทักษะ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวถึงแนวทางการจัดรูปแบบกิจกรรมให้เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือทำโครงการ รูปแบบนี้สำหรับกิจกรรมสะเต็มที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมาก ครูสามารถจัดหาครูที่ปรึกษาให้นักเรียนได้ปรึกษาเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนได้

ส่วนแนวการสร้างและขั้นตอนต่างๆ มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ดังนี้

บัทส์ (Butts, 1978) ได้เสนอหลักการสร้างชุดฝึกทักษะไว้ดังนี้

1. ก่อนที่จะสร้างจะต้องกำหนดโครงร่างคร่าวๆ ก่อนว่า จะเขียนเกี่ยวกับเรื่องอะไร วัตถุประสงค์อะไร

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำ

3. เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาที่สอดคล้องกัน

4. แจ้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นกิจกรรมย่อยๆ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของนักเรียน

5. กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในกิจกรรมแต่ละตอนให้เหมาะสม

6. กำหนดเวลาที่ใช้ในกิจกรรมแต่ละตอนให้เหมาะสม

7. กำหนดการประเมินผลว่าจะประเมินก่อนหรือหลังเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการผลิต ชุดฝึกทักษะ เป็น 10 ขั้น คือ

1. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการ ตามที่เห็นเหมาะสม

2. กำหนดหน่วยการเรียนรู้ แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็น หน่วยการเรียนรู้ โดยประมาณเนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์หรือหนึ่งครั้ง

3. กำหนดเรื่องครูจะต้องถามตนเองว่า ในการสอนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ควรให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนอะไรบ้าง แล้วกำหนดออกมาเป็น 4-6 หัวเรื่อง

4. กำหนดมโนทัศน์และหลักการมโนทัศน์ และหลักการที่กำหนดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิด สาระ และหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้เพื่อเป็นแนวทางการจัดเนื้อหามาสอนให้สอดคล้องกัน

5. กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวเรื่องเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเงื่อนไขและเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

6. กำหนดกิจกรรมการเรียน ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมซึ่งจะเป็นแนวทางการเลือก และการผลิตสื่อการสอน กิจกรรมการเรียน หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่นักเรียนปฏิบัติ เช่น การอ่าน บัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพ ทำการทดลอง ทางวิทยาศาสตร์ เล่นเกม ฯลฯ

7. กำหนดแบบประเมิน ต้องประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ครูทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมมาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

8. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการเรียนการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวเรื่องแล้วก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ

9. หาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ เพื่อเป็นการประกันว่าชุดฝึกทักษะที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจะต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นล่วงหน้า โดยคำนึงถึงหลักการที่วางไว้ การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนบรรลุผล

10. การใช้ชุดฝึกทักษะ ชุดฝึกทักษะที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แล้วสามารถนำไปสอนนักเรียนได้ตามประเภทของชุดฝึกทักษะและตามระดับการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนในการใช้ ดังนี้

10.1 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อพิจารณาพื้นความรู้เดิมของนักเรียน

10.2 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

10.3 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียน (ขั้นตอน)

10.4 ขั้นสรุปผลการสอน เพื่อสรุปมโนทัศน์และหลักการที่สำคัญ

10.5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป

2.1.4 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพไว้ว่า การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสอนขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น และการทดสอบประสิทธิภาพจริง เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ ให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้นักเรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำประเมินสุดท้ายได้ดี และทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข จะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เช่น 60/60 สำหรับแบบกลุ่ม โดยหมายความว่า เมื่อเรียนจากชุดการสอนแล้วนักเรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติ หรืองานได้ผลเฉลี่ย 60% และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 60%

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ โดยการใช้

สูตรที่1

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} x\ 100 \text{ หรือ } \frac{\bar{X}}{A} x100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ระหว่างเรียน ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนนักเรียน

สูตรที่*2*

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} x100 \text{ หรือ } \frac{\bar{F}}{B} x\ 100$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วยผลการสอนหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนนักเรียน

จากการคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยการนำคะแนนรวมแบบฝึกปฏิบัติ หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดียวและคะแนนสอบหลังเรียน มาเข้าตารางแล้วจึงคำนวณหาค่า E_1/E_2

2.15 สรุปการสร้างชุดฝึกทักษะการเรียนรู้ควรจะมีการวางแผน กำหนดเนื้อหา จุดมุ่งหมาย สื่อการเรียนการสอน เวลาที่ใช้พร้อมทั้งมีการวัดและประเมินผล แล้วทำการทดลองใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำชุดฝึกทักษะไปใช้สอนจริง ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยึดขั้นตอนและหลักการสร้างชุดฝึกทักษะของ บัทส์ (Butts, 1978) และ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกทักษะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ต่อไป

2.2. การจัดการเรียนรู้รูปแบบสตีมศึกษา (STEAM Education)

คำว่า “สตีม” หรือ “STEAM” เป็นคำย่อจากพยัญชนะขึ้นต้นภาษาอังกฤษของทั้ง 5 ศาสตร์เข้ามาเชื่อมต่อกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Art) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งหมายถึง องค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้ง 5 ที่มีความเชื่อมโยงกัน เพราะในชีวิตจริงนี้มนุษย์เราไม่ได้อาศัยวิชาความรู้เพียงจากด้านหนึ่งด้านใดเท่านั้นต้องอาศัยองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน

2.2.1 ประวัติและความเป็นมาของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ก่อนที่จะมาเป็นสตีมศึกษานั้นได้มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)ก่อน ซึ่งสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการต่อยอดจากรูปแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์

(Engineering) คณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เรียกว่า STEM ซึ่งแต่เดิม STEM นั้นไม่ได้เป็นรูปแบบการเรียนรู้แต่อย่างใด ซึ่งเป็นเพียงการกล่าวถึงและอ้างอิงโครงการเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) เท่านั้น แต่สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของ STEM ว่ามีผลและความหมายอย่างไร (National Research Council, 2012, p. 5) ในการอ้างอิงดังกล่าวนั้น STEM คือ กลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ต่อมาประเทศสหรัฐอเมริกาเองพบว่า ความสามารถของประเทศตัวเองไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลายๆ ด้านเหมือนที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกกลับมีความก้าวหน้ามากขึ้น (ศุภนิช เจริญสุข, 2559) โดยดูจากผลคะแนนเฉลี่ย ด้านวิทยาศาสตร์จากการประเมินผลของนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Program for International Student Assessment) และผลการทดสอบด้านคณิตศาสตร์ระดับสากล TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) เมื่อนำผลคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ปีพ.ศ. 2549 ซึ่งอยู่ในลำดับที่ 29 ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 489 เมื่อเทียบกับคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ปีพ.ศ. 2546 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 491 ในลำดับที่22 (OECD's Book, 2003) และคณิตศาสตร์ ปีพ.ศ. 2546 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 518 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับคะแนนคณิตศาสตร์ ปีพ.ศ. 2538 ที่ 518 โดยคณิตศาสตร์ของในหลายๆ ประเทศกลับเพิ่มขึ้นอย่าง เช่น ฮ่องกง (Hong Kong SAR) จาก 557 เป็น 575 เพิ่มขึ้น 18 จุด ประเทศลัตเวียจากที่เคยมีคะแนนต่ำกว่าสหรัฐอเมริกา 499 กลับสูงขึ้นถึง 533 เพิ่มขึ้น 34 จุด อังกฤษเองก็ได้พัฒนาจาก 454 เป็น 531 เพิ่มขึ้น 47 จุด (National Center for Education Statistics, 2559) ซึ่งอาจเป็นสัญญาณแสดงถึงการจัดการศึกษา นอกจากนั้นนักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง วัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิศวกรรมเองก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน ดังนั้น นโยบายการศึกษาแบบ STEM Education จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยคาดหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการสอบต่างๆ ให้สูงขึ้น (ศุภนิช เจริญสุข, 2559) องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD พบว่า มีประเทศทางด้านอุตสาหกรรมอย่างน้อย 17 ประเทศ มีนักเรียนที่ผลการสอบด้านคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนของสหรัฐอเมริกา โดยพิจารณาข้อมูลย้อนหลังไปอีก 2 ปี (2552) จะพบว่า 8 ใน 10 ตลาดแรงงานต้องการมากที่สุด เป็นกลุ่มที่สำเร็จการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี และมีแนวโน้มในด้านค่าตอบแทนมากกว่ากลุ่มสาขาอื่นๆ (สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

ผู้บริหารระดับสูงรวมถึงประธานาธิบดีโอบามา ได้ใช้เหตุปัจจัยดังกล่าวปฏิรูปยกเครื่องการจัดการศึกษาของสหรัฐเพื่อให้สอดคล้อง ขานรับการเรียนรู้ ศตวรรษที่ 21 ดังที่ประธานาธิบดีโอบามาได้กล่าวไว้ตอนหนึ่งในปี 2553 เกี่ยวกับ STEM นี้ว่า "...การเป็นผู้นำในวันพรุ่งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการที่เราให้ความรู้แก่นักเรียนของเราในวันนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์" (Katelyn Sabochik, 2553) สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Office of Science and Technology Policy: OSTP) ได้แจ้ง แผนงานการศึกษาของรัฐบาลที่ได้มีกำหนดไว้เพื่อสนับสนุนการเสริมสร้างทักษะของครูและการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ STEM ซึ่งเป็นกิจกรรมที่รวบรวมโดย OSTP และเป็นหนึ่งในแผนงานริเริ่มของรัฐบาลประธานาธิบดีโอบามา ที่สัญญาไว้ว่าจะเพิ่มความสามารถในการเรียนของนักเรียนอเมริกันให้อยู่ในระดับต้นจนถึงระดับกลางในวิชาด้าน STEM และเป็นการเตรียมนักเรียนเพื่อรองรับงานและอาชีพในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ในประเทศอื่นๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจ STEM Education เช่นกัน เช่น ในประเทศจีน อินเดีย เป็นต้น โดยในปี 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโท หรือปริญญาเอก โดยจำนวนบัณฑิตที่จีนจะผลิตนั้นมีจำนวนเกินครึ่งของที่ทุกประเทศรวมกันผลิต (ศุภนิช เจริญสุข, 2559) ด้านของประเทศไทย พลเอก ประยุทธ จันทรโอชา นายกรัฐมนตรี ได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา โดยมุ่งหมายเพื่อจะให้ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทย โดยต้องการเพิ่มมูลค่าด้านเกษตรกรรมให้สูงขึ้นต่อเศรษฐกิจจนเป็นประเทศอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ประยุทธ จันทรโอชา, โทรทัศน์ "คืนความสุขให้คนในชาติ", 2559) และด้านกระทรวงศึกษาธิการได้กล่าวถึงนโยบายส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแนวทางการศึกษาที่ได้บูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์วิชาต่างๆ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ความรู้ทางด้านวิศวกรรม และความรู้ด้านคณิตศาสตร์รวมเข้าด้วยกัน ให้แก่นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อรองรับการพัฒนาประเทศ (ชัยยศ อิ่มสุวรรณ์, 2559)

นั่นหมายความว่า การใช้ STEM เป็นฐานเพื่อเป็นเป้าหมายตอบโจทย์ด้านเศรษฐกิจส่วนในประเทศไทยเมื่อพิจาณาด้านความพร้อมของหลักสูตรทั้ง 4 กลุ่มวิชา ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีเพียงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ

เทคโนโลยี ส่วนวิศวกรรมศาสตร์นั้นปรากฏสอดแทรกอยู่ในวิชาเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์เท่านั้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) การที่จะสร้างความชัดเจน ต่อเนื่องและสอดคล้องในแต่ละด้านนั้น ครูจะต้องวางแผนเพื่อนำไปจัดกระบวนการเรียนการสอน ในด้านความพร้อมของสื่อ บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน ขณะนี้ส่วนที่เกี่ยวข้องที่รับไปดำเนินการก็คือ สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับหลักสูตร การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นั้นก็ได้มีการเตรียมการศึกษาและวางแผนการใน STEM Education แล้วมีการอบรม เพื่อให้ความรู้แก่บุคลากรในสถาบัน การจัดประชุมหรือการร่วมประชุมวิชาการนานาชาติ การเชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้ การศึกษาและวางแผนการวิจัย เพื่อให้ STEM Education นั้นเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ แผนการพัฒนาครูประจำการที่ดี ชัดเจน จะมีส่วนช่วยให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูเข้าใจ และสามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิในระดับอุดมศึกษาก็ควรมีบทบาทในการพัฒนาครูประจำการด้วย ได้แก่ การใช้ระบบพี่เลี้ยง (Mentoring System) เพื่อช่วยให้ครูในชุมชนของตนมีความรู้ และความเข้าใจที่ถูกต้องกระตุ้นให้ครูสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัย เป็นมิตรแนะนำให้ครูสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นโดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำ ให้ความช่วยเหลือครูในเรื่องของการวางแผนจัดการหลักสูตร ตลอดจนให้กำลังใจเพื่อให้ครูมีความมั่นใจและมีเจตคติที่ดีต่อ STEM Education (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

2.2.2 การนิยามความหมายของสตีมศึกษา (STEM Education)

การจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มุ่งจัดการเรียนรู้ให้เด็กเรียนรู้กับการจัดการกับปัญหาต่างๆ ต้องเรียนรู้ที่จะเพิ่มการฝึกปฏิบัติให้มาก ลดการสอน จำให้น้อยลง ทำงานคนเดียวให้น้อย ทำงานเป็นทีมให้มาก รู้จักการแก้ปัญหา ตัดสินใจ ในชั้นเรียนที่สอนสิ่งที่นักเรียนทุกคนจะต้องปฏิบัติในห้องเรียน เป็นสิ่งที่นักเรียนช่วยกันคิดไม่ใช่เกิดจากคำสั่งของครู เมื่อเกิดปัญหาต่างๆ ขึ้น นักเรียนจะช่วยกันหาแนวทางในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ท่าทีของครูจะต้องเป็นทั้งเพื่อนผู้ร่วมคิดและคอยให้กำลังใจ (พรชัย ภาพันธ์, 2550) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้เด็กมีความสามารถในการปรับตัว พัฒนาทักษะทางสังคมและอารมณ์ สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และคิดในเชิงบวกเป็นไปในทางสร้างสรรค์ สร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ เพื่อขับเคลื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เป้าหมายในการพัฒนาเด็กไทยให้มีความสามารถระดับนานาชาติภายในปี 2570 (IPST Thailand, 2556)

การบูรณาการหลากหลายด้านนั้นจึงเป็นกลยุทธ์หลักในการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับแผนการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่จะทำการสนับสนุนการศึกษาเพื่อสร้างโอกาส และพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานทางการศึกษา (Supports) สำหรับในอนาคต (ปัณญานัตย์ วิเศษสมวงศ์, 2556) พัฒนาความรู้และทักษะที่หลากหลายมีคุณภาพสอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ทักษะชีวิตและการทำงาน	ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี
- ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม - การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา - การสื่อสารและการร่วมมือ	- ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว - ความคิดริเริ่มและการชี้นำตัวเอง - ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม - การเพิ่มผลผลิตและรับผิดชอบ ตรวจสอบได้ - ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ	- ความรู้พื้นฐานด้านสารสนเทศ - ความรู้พื้นฐานด้านสื่อ - ความรู้พื้นฐานด้านไอซีที

ที่มา : (เครือข่าย P21, 2554)

ซึ่งแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่นๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 3 ศาสตร์ ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีและเปรียบเทียบทักษะไว้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบแนวทางการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญการความแม่นยำ
ใช้คณิตฯ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตฯ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทย์ฯ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา		พยายามหาและใช้โครงการในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการเหตุผลซ้ำ ๆ

ที่มา : (Vasquez, J., A., Sneider, C. and Comer, M., 2013)

โดยแนวปฏิบัติ (practice) ทางวิทยาศาสตร์นี้ มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ และทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์

และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ วิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นนวัตกรรมนำไปสู่เทคโนโลยีใหม่ต่อไป

2.2.3 จุดมุ่งหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทยในฐานะเป็นแกนหลักด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้วางยุทธศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. เพื่อการยกระดับการพัฒนาหลักสูตร สื่อ และกระบวนการการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ใช้ง่ายและมีคุณภาพตามมาตรฐานสากล

2. การขับเคลื่อนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเชิงบูรณาการและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้การเรียนรู้ที่เป็นนวัตกรรม

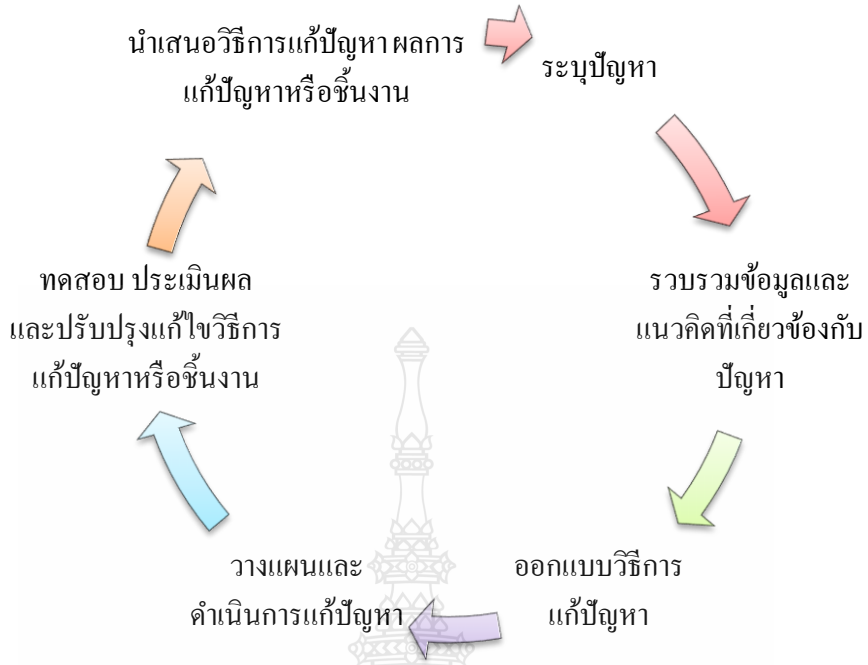
3. การพัฒนากำลังคนและเครือข่ายสนับสนุนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

4. การสื่อสารประชาสัมพันธ์เชิงรุก เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

5. การพัฒนาระบบการบริหารจัดการและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศขององค์กรให้เป็นองค์กรแห่งคุณภาพและยกระดับคุณภาพบุคลากร โดยใช้ระบบสมรรถนะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

2.2.4 รูปแบบของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยอาศัยกระบวนการเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีได้หลากหลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลักๆ ต่อไปนี้ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : National Research Council, (2009)

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ

โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม อาจมีขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ แต่โดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้สำหรับครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาครูจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่

1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
3) ความรู้เดิมของนักเรียน

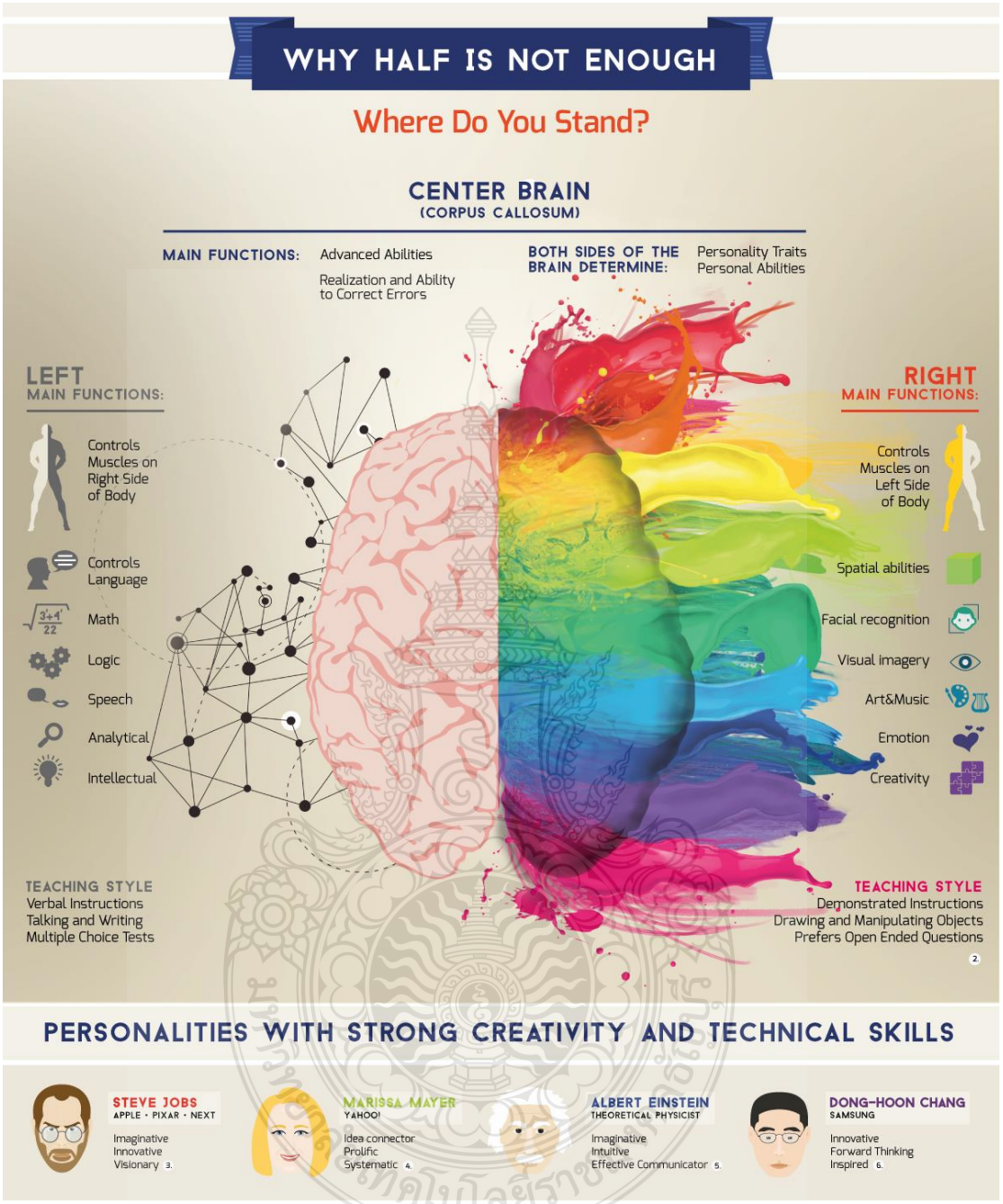
2.2.5 การประยุกต์สะเต็มศึกษา (STEM Education) สู่สตีมศึกษา (STEAM Education)

การเรียนแบบบูรณาการนั้นเป็นสิ่งที่ครูได้รู้จักและคุ้นเคยอย่างดี แต่การจัดการเรียนรู้แบบองค์รวมตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มาตรา 23 ได้มุ่งไปที่การบูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการจัดการเรียนรู้ และทักษะต่างๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละวัย แต่ละระดับการศึกษา โดยเชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์, 2547) การจัดการบูรณาการแบบสตีมศึกษา บูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลักโดยครูอาจกำหนดหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นนำเนื้อหาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับประเด็นที่จะศึกษานั้นมาผสมผสานเชื่องโยงกัน โดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้แตกต่างกันในมิติต่างๆ เช่น ทางกายภาพ ทางสติปัญญา (IQ) ความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) ความฉลาดทางจริยธรรม (MQ) ด้านความสามารถในการฟันฝ่าปัญหาและอุปสรรค์ (AQ) ที่เป็นกระบวนการคิดระบบตรรกะ การคำนวณของสมองซีกซ้าย ทั้งนี้ทีมงานวิจัยด้านการคิดจาก University of Toronto ได้ให้เหตุผลของกระบวนการใช้สมองไว้ว่า คนแต่ละคนจะมีความสามารถในการใช้สมองแตกต่างกัน บางคนมี

ความสามารถจากสมองซีกขวามากกว่า จึงทำให้เก่งด้านการใช้จินตนาการ ส่วนบางคนนั้นสมองซีกซ้ายมีส่วนควบคุมมากกว่าซึ่งจะเด่นทางด้านตรรกะ การคำนวณ แต่เราควรพัฒนาให้มนุษย์รู้จักใช้สมองทั้งสองซีก เพราะสมองแต่ละส่วนก็นั้นความสำคัญไม่แพ้กัน (Rex Jung, [n.d.]) แต่ปัจจุบันเรากลับใช้สมองทั้งสองซีกไม่สมดุลกัน หากเราเรียนด้วยวิธีที่เป็นอย่างแบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ จินตนาการและความคิดเชิงสร้างสรรค์และกระบวนการคิดก็จะเสื่อมถอยลง การพัฒนาสมองจึงต้องได้รับความร่วมมือปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง สมองซีกขวานั้นเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการอย่างศิลปะ (ART) จึงเป็นส่วนที่สำคัญในการกระตุ้นและนำความความสามารถของสมองซีกขวาออกมา ผู้วิจัยเห็นความสำคัญในด้านดังกล่าวจึงได้ต่อยอดแนวคิดจาก STEM ไปสู่ STEAM แม้ว่าประเทศสหรัฐอเมริกาเคยเป็นผู้นำในแนวทางการจัดการศึกษาเหล่านี้มาตลอด แต่กระทรวงศึกษาธิการเปิดเผยเมื่อ ปี ค.ศ.2009 ว่า 28% ของนักเรียนมัธยมต้น แสดงความประสงค์ที่จะเลือกเรียนใน 4 ด้านนี้จริง แต่ 57% ของนักเรียนเหล่านี้ได้เลิกสนใจในเรื่องเหล่านั้นไป เมื่อสำเร็จการศึกษา มีเพียง 16% ของนักเรียนมัธยมปลาย ที่มีความถนัดทางคณิตศาสตร์ และสนใจในการยึดอาชีพใน 4 สาขาวิชาดังกล่าว (Edudemic Connecting Education & Technology, 2015)

ดังนั้น สตีมศึกษา (STEAM) คือ การจัดการศึกษาบูรณาการความรู้ 5 ด้าน คือ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ การนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 5 ด้าน กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) นั้น จึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน



ภาพที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง STEM และ STEAM

ที่มา : (University of Florida, 2014)

มหาวิทยาลัยฟลอริด้า (University of Florida) ได้จัดทำภาพข้อมูล (Infographic) ที่แสดงการศึกษาจากการที่เรียนรู้ “ครึ่งสมอง” (Half-brain education) ว่านั้นไม่เพียงพอต่อการประสบความสำเร็จในชีวิต ยกตัวอย่างบุคคลที่มีบุคลิกภาพระดับโลก เช่น สตีฟ จอบส์ และ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ที่ได้ใช้ลักษณะพิเศษ จากสมองทั้ง 2 ซีก ในการสร้างสรรค์ผลงานระดับโลก การเพิ่ม

ศิลปะ (Arts) เข้าไปใน STEM นั้นเป็นพื้นฐานของการสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ นับเป็นการหล่อหลอมสิ่งที่นักเรียนสงสัยใคร่รู้ (Curiosity) และช่วยให้เขาพัฒนาความคิดเชิงพิจารณ์ เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา (University of Florida, 2014) ศิลปะ (Art) นับเป็นศาสตร์ที่สำคัญและทำให้ STEM ให้กลายเป็น STEAM ในที่สุด ผู้วิจัยจึงนำทักษะการคิดที่เกิดจากศาสตร์ของ STEM และ STEAM เปรียบเทียบให้เห็น ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบทักษะการคิด ของ STEM และ STEAM

ศาสตร์	STEM	STEAM
วิทยาศาสตร์ (Science)	กระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)	กระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)
เทคโนโลยี (Technology)	การประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวก	การประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวก
วิศวกรรม (Engineering)	กระบวนการแก้ปัญหา, กระบวนคิดอย่างเป็นระบบ	กระบวนการแก้ปัญหา, กระบวนคิดอย่างเป็นระบบ
ศิลปะ (Arts)	-	ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) สงสัยใคร่รู้ (Curiosity) ความคิดเชิงพิจารณ์ (Critical thinking)
คณิตศาสตร์ (Mathematics)	การคำนวณ, การต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์	การคำนวณ, การต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

ที่มา : ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. (2557)

การนำสตีมศึกษา (STEAM) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เข้ามาบูรณาการการเรียนรู้ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงอุดมศึกษาให้สอดคล้องกับทักษะอาชีพที่จำ เป็นในทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และส่งเสริมให้ภาคเอกชน ชุมชน มีส่วนร่วมในการกำหนดหลักสูตรและพัฒนาทักษะ/สาขาวิชาชีพที่เชื่อมโยงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม(จิระพันธ์ กัลลประวิทย์, 2556) และการพัฒนาประเทศ รวมทั้งการพัฒนาระบบ/กลไกการประกันคุณภาพการศึกษาให้เป็นมาตรฐานสามารถใช้เป็นกลไกในการรับรองคุณวุฒิกับนานาชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดแต่ละองค์ประกอบของสตีมศึกษาตามแผนยุทธศาสตร์ของโรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังตารางที่ 2.4

แนวคิดแต่ละองค์ประกอบของสตีมศึกษา (STEAM Education) ตามแผนยุทธศาสตร์โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ 2.4 แนวคิดแต่ละองค์ประกอบของสตีมศึกษา (STEAM Education)

Science	Technology	Engineering	Art	Mathematics
- วิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) วิทยาศาสตร์ ถือได้ว่าเป็นเครื่องมืออันนี้ที่ทำให้มนุษย์เข้าใจธรรมชาติมากยิ่งขึ้น - ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการปรับปรุง Science K-12 Framework ใหม่ โดยมีการรวมแนวความคิดของ Technology และ Engineering เข้าไปด้วย และได้ยกระดับความสำคัญของ engineering design ให้เท่าเทียมกับ scientific inquiry	- เทคโนโลยี เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงาน เพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือเพื่ออำนวยความสะดวกของมนุษย์โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยี (Engineering design หรือ Design process) และการจัดการเรียนรู้จะอยู่ บนพื้นฐานของ problem based หรือ project-based learning - ในประเทศสหรัฐอเมริกาจะมีสมาคมนักการศึกษาเทคโนโลยี และวิศวกรรม (International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA) กำหนดมาตรฐานวิชาเทคโนโลยีให้ครูได้ใช้สอนในทิศทางเดียวกัน	- วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรม ความจำเป็นของมนุษย์หรือสร้างสิ่งต่างๆ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นๆ - ในสหรัฐอเมริกาเอง พบว่า วิชาวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังไม่ได้ปรากฏเป็นที่ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่จะถูกแฝงเข้าในวิชาเทคโนโลยีมากกว่า	- ศิลปะ เป็นวิชาที่แสดงถึงการถ่ายทอดผลงานทัศนศิลป์ที่ออกมาจาก ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ โดยใช้กระบวนการถ่ายทอดความรู้ กระบวนการคิด และการฝึกปฏิบัติ - ในสหรัฐอเมริกา ผลงานวิจัยของ ดร.ฟรานซิส โรเชอร์ แห่งมหาวิทยาลัยวิสคอนซิน พบว่า ศิลปะ จะช่วยทำให้สมองของมนุษย์มีการรับรู้ได้เร็วขึ้น	- คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีความสำคัญ และมีความชัดเจนในตัวอยู่แล้วด้วยธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่มีทฤษฎีชัดเจน ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นตัวเชื่อมทั้งสามสาขาวิชาเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

สรุป สตีมศึกษา (STEAM) จึงเป็นการต่อยอดจากสะเต็มศึกษาเดิม ที่มีการบูรณาการหลักสูตรแบบข้ามสาระวิชา (Transdisciplinary curriculum) เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Integrated) (สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์, 2557) แทนการแยกสอนเป็นทีละวิชาจากเพียง 4 ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยเพิ่มขึ้นอีก 1 ด้าน คือ ศิลปะ (Art) เข้าไป เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาสมองซีกขวาในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับทักษะอาชีพที่จำเป็นในทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้วยวิธี) เพื่อประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง (Real-world application)

2.2.6 กิจกรรมสตีมศึกษาช่วงชั้นที่ 2 (ป.4 – ป.6)

วัตถุประสงค์ ทดลองและอธิบายปัจจัยการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ออกแบบและสร้างของเล่นไฟฟ้าจากวัสดุที่เหมาะสม คำนวณต้นทุนการผลิตของเล่น

สาระสำคัญ ของเล่นในปัจจุบันมีหลากหลายชนิด บางชนิดสามารถพัฒนาใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ของเล่นนั้นเคลื่อนที่ได้ด้วยพลังงานไฟฟ้า กิจกรรมนี้ต้องการให้นักเรียนรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า การต่อไฟฟ้าและนำความรู้มาใช้ในการออกแบบของเล่นไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ได้ด้วยพลังงานไฟฟ้า

ประโยชน์ที่ได้รับ นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานไฟฟ้าในชีวิตจริงผ่านการสร้างชิ้นงานอย่างง่ายๆ

2.2.7 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้เป็นสาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักวิทยาศาสตร์ และกระบวนการ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาเรื่อง พลังงาน อยู่ในกลุ่มสาระที่ 5

2.2.7.1 มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน

สาระที่ 5 , พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1, เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ สำหรับการเรียนการสอน เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ในเริ่มเรียนเบื้องต้นในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และ 3 ใน

เบื้องต้น ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หัวข้อที่บทที่5 ได้ทำการปรับเปลี่ยนดับแปลงพลังงานแสง เป็นพลังงานไฟฟ้า หรือที่เรียกกันว่า พลังงานโซล่าเซลล์ และเรื่องการใช้ไฟฟ้านั้นจะส่งผลต่อระดับชั้นอื่นๆ ตามตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดช่วงชั้นปี

ตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดช่วงชั้นปี

ตัวชี้วัดชั้นปี									ตัวชี้วัดช่วงชั้น
ป. 1	ป. 2	ป. 3	ป. 4	ป. 5	ป. 6	ม. 1	ม. 2	ม. 3	ม. 4 - ม. 6
	1. ทดลองและอธิบายได้ว่าไฟฟ้าเป็นพลังงาน 2. สำรวจและยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอื่น	1. บอกแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใช้ผลิตไฟฟ้า 2. อธิบายความสำคัญของพลังงานไฟฟ้าและเสนอวิธีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย	1. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิด 2. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสงที่ตกกระทบวัตถุ 3. ทดลองและจำแนกวัตถุตามลักษณะการมองเห็นจากแหล่งกำเนิดแสง	1. ทดลองและอธิบายการเกิดเสียงและการเคลื่อนที่ของเสียง 2. ทดลองและอธิบายการเกิดเสียงสูง เสียงต่ำ 3. ทดลองและอธิบายเสียงดัง เสียงค่อย 4. สำรวจและอภิปรายอันตรายที่เกิดขึ้นเมื่อฟังเสียงดังมาก ๆ	1. ทดลองและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย 2. ทดลองและอธิบายตัวนำไฟฟ้าและฉนวน ไฟฟ้า 3. ทดลองและอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ 2. สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนความร้อนและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 3. อธิบายการดูดกลืนการคายความร้อน โดยการแผ่รังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. ทดลองและอธิบายการสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 2. อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ 3. ทดลองและอธิบายการดูดกลืนแสงสี การมองเห็นสีของวัตถุ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. อธิบายงานพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น 2. อธิบายการเกิดคลื่นเสียงบีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดช่วงชั้นปี (ต่อ)

ตัวชี้วัดชั้นปี									ตัวชี้วัดช่วงชั้น
ป. 1	ป. 2	ป. 3	ป. 4	ป. 5	ป. 6	ม. 1	ม. 2	ม. 3	ม. 4 - ม. 6
			1. ทดลองและอธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสสองชนิด 5. ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 6. ทดลอง และอธิบายแสงขาวประกอบด้วยแสงสีต่างๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	4. สำรวจและอภิปรายอันตรายที่เกิดขึ้นเมื่อฟังเสียงดังมากๆ	4. ทดลองและอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรมแบบขนาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 5. ทดลองและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านและนำไปใช้ประโยชน์	4. อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสาร และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน		3. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	3. อธิบายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน 4. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัม คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ และการป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 5. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิสชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน

2.2.7.2 เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สำรวจ ตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิด และทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นนักเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษาและเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.2.7.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เพื่อที่จะทราบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ เพียงใด จำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ในอดีตที่ผ่านมาการวัด และประเมินผลส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการใช้ข้อสอบ ซึ่งไม่สามารถสนองเจตนารมณ์

การเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนคิด ลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการหลากหลายเพื่อสร้างองค์ความรู้ ดังนั้น ครูต้องตระหนักว่า การเรียนการสอนและการวัดประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกัน และจะต้องวางแผนไปพร้อมๆ กัน

2.2.7.3.1 แนวทางการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

2.2.7.3.2 การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้จะบรรลุตามเป้าหมายของการเรียนการสอนที่วางไว้ได้ ควรมีแนวทางดังต่อไปนี้

1) ต้องวัดและประเมินผลทั้งความรู้ความคิด ความสามารถ ทักษะและกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในวิทยาศาสตร์ รวมทั้งโอกาสในการเรียนรู้ของนักเรียน

2) วิธีการวัดและประเมินผลต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

3) ต้องเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินอย่างตรงไปตรงมา และต้องประเมินผลภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่

4) ผลการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนต้องนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

5) การวัดและประเมินผลต้องมีความเที่ยงตรงและเป็นธรรม ทั้งในด้านของวิธีการวัด โอกาสของการประเมิน

2.2.7.4 จุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล

1) เพื่อวินิจฉัยความรู้ความสามารถ ทักษะและกระบวนการ เจตคติ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมของนักเรียน และเพื่อช่วยซ่อมเสริมนักเรียนให้พัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะได้เต็มตามศักยภาพ

2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่นักเรียนเองว่า บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้เพียงใด

3) เพื่อใช้ข้อมูลในการสรุปผลการเรียนรู้และเปรียบเทียบถึงระดับพัฒนาการของการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการเรียนการสอนวิธีการวัดและประเมินผลที่สามารถสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของนักเรียนและครอบคลุมกระบวนการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้

2.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกระบวนการการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ทั้ง 5 ศาสตร์ซึ่งต้องลงมือปฏิบัติ ทดสอบความสามารถ และความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนจึงจะต้องสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงศึกษาทฤษฎีที่สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี และมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานไว้ ดังนี้

เพพอร์ท (Papert, 1990) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology, M.I.T) สหรัฐอเมริกา บิดาแห่งทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้กล่าวว่า ความรู้เกิดจากการสร้างชิ้นงานจะประกอบด้วย การจัดโอกาสให้กับนักเรียนได้มีส่วนร่วม ซึ่งการเรียนรู้ที่ดีไม่ได้จากการหาวิธีการสอนต่างๆ มาให้ครูแต่มาจากการให้โอกาสตลอดจนการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีกว่าแก่นักเรียนในการสร้างความรู้

สตาเกอร์ (Stager, 2001) กล่าวว่า ตามพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึ่ม ครูจะต้องดูแลเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ทั้งการใช้สื่อในการสร้างความรู้ โดยต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวัยของนักเรียนและความปลอดภัยกระบวนการแนวคิดคอสตรัคชั่นนิซึ่ม

ทิศนา แขมมณี (2554, น. 96) กล่าวว่าทฤษฎีนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์ ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้คือ ศาสตราจารย์ ซีมัวร์ เพ เพอร์ท แนวความคิดของทฤษฎีนี้คือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของนักเรียน หากนักเรียนได้มีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

สุรางค์ โคว้ตระกูล (2553) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) แนวคิดของทฤษฎีนี้คือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น หลักการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้ คือ ครูจะต้องทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้แก่นักเรียน ให้คำปรึกษาชี้แนะแก่นักเรียน เกื้อหนุนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นสำคัญ ในการประเมินผลนั้นต้องมีการประเมินทั้งทางด้านผลงานและกระบวนการซึ่งสามารถใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การประเมินตนเอง การประเมินโดยครูและเพื่อน การสังเกต การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมงาน

ณัชชากัญญ์ วิรัตนชัยวรรณ (2558) แนวคิดของทฤษฎีนี้ คือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ไพโรจน์ ชินศิรประภา (2550, น. 25) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้โดยผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และเข้าใจในสิ่งต่างๆ ได้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งสามารถพัฒนาระบบการเรียนรู้ของตนในด้านทักษะการใช้ชีวิตให้มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและที่สำคัญเป็นการส่งเสริมการปลูกฝังให้นักเรียนสามารถคิดวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ ตลอดจนฝึกทักษะการแก้ปัญหา

การทำงานเป็นทีม มีความรับผิดชอบหน้าที่ควบคู่กับกรณีคุณธรรมและจริยธรรม ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบครบองค์ความรู้ในทุกด้านที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตทำให้นักเรียนสามารถพึ่งตนเองได้และมีนิสัยใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างชิ้นงาน เรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น หลักการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้ คือ ครูจะต้องทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้แก่นักเรียน ให้คำปรึกษาชี้แนะแก่นักเรียน เกื้อหนุนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของนักเรียน ด้านการใช้สื่อ เทคโนโลยี วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ในหลายๆ ด้านตามที่นักเรียนมีความชอบและความสนใจในการเรียนวิชาต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นความถนัด ความรู้ ความสามารถของนักเรียนเป็นหลัก

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่มีพื้นฐานแนวคิดให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและเหมาะสมกับนักเรียน โดยอาศัยสื่อวัสดุเทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ออกมาเป็นรูปธรรมจึงเกิดการเรียนรู้ ส่วนครูเป็นผู้มีหน้าที่ผู้สร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ตลอดจนอำนวยความสะดวก ชี้แนะ ส่งเสริม สนับสนุน กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการคิดและการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากที่สุด

2.3.1 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างชิ้นงาน

2.3.1.1 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน กำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้น

ขั้นที่ 1 จุดประกายความสนใจ เป็นขั้นตอนที่ครูสร้างความรู้สึกอยากรู้อยากเรียนทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าความสำคัญและประโยชน์ของสิ่งที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 วางแผนการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการเรียนรู้ของกลุ่มโดยร่วมกันกำหนดขอบเขต แนวทาง วิธีการเรียนรู้ ประเด็นเนื้อหาย่อย แนวทางการบันทึกและสรุปผลการเรียนรู้พร้อมทั้งจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ลงมือเรียนรู้ตามแผน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือศึกษาปัญหากำหนดแนวทางปัญหา ทดลองแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้เพื่อแสวงหาและค้นพบความรู้ ข้อคิดแนวทางการปฏิบัติด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้มาร่วมกันวิเคราะห์และอภิปราย เปรียบเทียบเชื่อมโยงความสัมพันธ์ประเมินค่า สรุปความคิดรวมยอด คุณค่าความสำคัญ แนวคิดแนวทางการปฏิบัติและสรุปขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง โดยครูให้คำแนะนำเพิ่มเติมกับนักเรียน

ขั้นที่ 5 จัดทำชิ้นงานเพื่อรายงานผลการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้ข้อค้นพบข้อสรุปที่ได้จากการเรียนรู้มานำเสนอในรูปแบบต่างๆ ตามความสนใจ พร้อมทั้งบอกเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ แสดงความรู้สึกต่อชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานมาแสดงเพื่อแลกเปลี่ยนการเรียนรู้และประเมินซึ่งกันและกัน รวมทั้งวางแผนต่อยอดเรียนรู้ตามความสนใจ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง มีจุดเน้นสำคัญอยู่ที่ทำให้นักเรียนเรียนด้วยความรู้สึกอยากรู้อยากเรียน เป็นเจ้าของการเรียนรู้ที่แท้จริง มีโอกาสได้วางแผนการเรียนรู้ กำหนดขอบเขตแนวทางการเรียนรู้ของตนเอง ลงมือเรียนรู้ตามแผนและควบคุมกำกับการเรียนรู้ของตนเอง นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเรียนรู้มาวิเคราะห์อภิปรายวิพากษ์วิจารณ์เชื่อมโยงความสัมพันธ์สรุปความรู้ของตน แล้วจัดทำชิ้นงานเพื่อรายงานผลการเรียนรู้และกระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ ตามสนใจ ทำให้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับเป็นรูปธรรมชัดเจน รวมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ประเมินปรับปรุงผลการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.2 การพัฒนานักเรียนในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ โรงเรียนบ้านสันกำแพง ได้ส่งบุคลากรไปร่วมอบรมแนวคิดการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาโดยใช้โปรแกรม Microworlds Pro ที่ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน จังหวัดลำปาง ทำให้บุคลากรของโรงเรียนบ้านสันกำแพงมีแนวคิดและตระหนักถึง โดยนำมาขยายผลให้แก่ตัวแทนนักเรียน จำนวน 40 คน ตั้งแต่ปีการศึกษา 2542 ล่าสุดปีการศึกษา 2552-2554 จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project based Learning) ตามแนวทฤษฎี Constructionism แต่ละห้องเรียนมีครูประจำชั้น 1 คน และผู้ช่วยครู 1 คน ร่วมกันจัดกิจกรรม โดยในปีการศึกษา 2554 ได้สรุปเป็น Best Practice 5 ขั้นตอน ตามแนวทฤษฎี Constructionism (5 Steps to Constructionism) ดังนี้

ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด (Sparkling)

ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า (Searching)

ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying)

ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้ (Summarizing)

ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing)

นำไปใช้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้และกิจกรรมบูรณาการ เน้นการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือเพื่อการเรียนรู้ สรุปองค์ความรู้ นำเสนอผลงานโดยจัดนิทรรศการนำเสนอผลงานแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียนทุกภาคเรียน ทั้งนี้ครู นักเรียน ชุมชน กรรมการสถานศึกษา ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการประเมินผลการประกวดโครงงานของนักเรียน (โสภาพรรณ ชื่นทองคำ, 2558) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism

กระบวนการ	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
1. จุดประกายความคิด (Sparkling) ครูใช้กิจกรรม วิธีการ หรือสื่อ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ เห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ	- ใช้กิจกรรม หรือวิธีการเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน - ใช้สื่อการเรียนนำเสนอความรู้ หรือ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้มีส่วนร่วมในกิจกรรม - จัดสภาพแวดล้อมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งใหม่ - เตรียมใบความรู้ สื่อการเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้	ใช้ทักษะการสังเกต สำรวจ พิจารณาหรือค้นคว้า - ให้ความสนใจในกิจกรรม - ศึกษาหาความรู้ ทำความเข้าใจจากสื่อที่ครูนำเสนอ - ทำความเข้าใจในเนื้อหาสาระเรื่องราวต่างๆ ด้วยตนเอง - สนทนา/สอบถามจากเพื่อน/ครู
2. สะกิดให้ค้นคว้า (Searching) ใช้กิจกรรม หรือหัวข้อ เรื่องราว ที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า หาคำตอบด้วยตนเอง	- จัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน - กำหนดหัวข้อที่ควรศึกษาหาความรู้ - เล่าเรื่องที่ควรศึกษา หาข้อมูลเพิ่มเติม	- ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร Internet และสิ่งแวดล้อมรอบตัว - สัมภาษณ์ สอบถามจากภูมิปัญญาท้องถิ่น - พยายามที่จะหาคำตอบด้วยตนเอง จากหลายๆ วิธี

ตารางที่ 2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism (ต่อ)

กระบวนการ	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
	- แนะนำแหล่งเรียนรู้ แหล่งศึกษาค้นคว้า - ใช้คำถามนำ เพื่อให้นักเรียนอยากค้นพบ หาคำตอบด้วยตนเอง	
3. นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติ เรียนรู้ด้วยตนเองทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะ และเรียนรู้การแก้ปัญหาด้วยตนเอง	- เตรียมใบงาน สื่อเพื่อให้นักเรียน ฝึกปฏิบัติ - แนะแนวทางการทำงานกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วม - แบ่งกลุ่มนักเรียนหรือ แบ่งหน้าที่ให้มีส่วนร่วมในการฝึกปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการช่วยเหลือ - จัดการแข่งขัน เพื่อให้เกิดทักษะ และความรู้ ความเข้าใจจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม - ดูแลการปฏิบัติงานและชมเชยเมื่อปฏิบัติได้ดี - สร้างปัญหากระตุ้นหรือเร้าให้คิด หรือให้ลงมือปฏิบัติ - ท้าทายความคิดของนักเรียนให้อยากพิสูจน์ หรือหาคำตอบ - ใช้เกมหรือการแข่งขันให้สนุกกับการแก้ปัญหา - ใช้คำถามกระตุ้นหรือเร้าให้ตอบ - เตรียมใบงานหรือแบบฝึกหัดเพื่อฝึกแก้ปัญหา	- ทดลองหรือสร้างสิ่งใหม่โดยอาจสร้างตามตัวอย่างในคู่มือ - ทดลองทำในสิ่งที่ตนเองต้องการ - ร่วมกิจกรรมกลุ่ม พยายามคิด หาแนวทางหรือวิธีแก้ปัญหาหลายๆ วิธี - ทดลองปฏิบัติหลายๆ วิธี / หลายๆครั้ง - อาสาสมัครในการทดลองปฏิบัติ หรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง - กล้าแสดงออก เชื่อมั่นในตนเองสามารถปฏิบัติได้ - เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มในการฝึกปฏิบัติ หรือแก้ปัญหาร่วมกัน

ตารางที่ 2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism (ต่อ)

กระบวนการ	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
	- เตรียมสถานการณ์จำลองเพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง - ชื่นชมวิธีแก้ปัญหาของนักเรียน ให้เป็นตัวอย่างที่ดี	
4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้จนสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ	- ใช้คำถามทบทวนเรื่องราวที่นักเรียนได้เรียนรู้ หรือเปิดโอกาสนักเรียนร่วมกันอภิปรายให้ได้ข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับเนื้อหาสาระที่ได้เรียนรู้ - ตรวจสอบความพร้อมของนักเรียนในการเตรียมเนื้อหาสาระ ความมั่นใจที่จะพูดนำเสนอ - เติมเต็มเนื้อหาสาระให้ครอบคลุม มาตรฐานการเรียนรู้ หรือวิธีปรับปรุงผลงานเพื่อนำไปพัฒนา ผลงานต่อไป - เตรียมคำถามที่จะต้องกระตุ้นให้ นักเรียนอยาก พัฒนางานต่อไปอีก	- ทบทวนวามรู้ประสบการณ์กิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ - จำแนก จัดกลุ่ม วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้ - เก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปความรู้ที่ได้รับ เขียนสรุปเป็นแผนผังความคิด (Mind Mapping) ในเรื่องที่ศึกษา - ตรวจสอบองค์ความรู้ของตนเองให้ครบถ้วน
5. นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing) - ฝึกนักเรียนให้วางแผนในการนำเสนอความรู้ ผลงานของตนเองอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยเทคนิควิธี	- บอกวัตถุประสงค์และวิธีการในการนำเสนอให้ชัดเจนแก่นักเรียน- กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ผล การนำเสนอองค์ความรู้ร่วมกับนักเรียน	- เตรียมผลงานของตนเองมาจัดแสดงเตรียมตัวที่จะพูดนำเสนอผลงาน - กล้าแสดงออก เชื่อมั่นในตนเองสามารถนำเสนอผลงานจากการปฏิบัติงานของตนเอง

ตารางที่ 2.6 บทบาทของครูและนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism (ต่อ)

กระบวนการ	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
ต่างๆ เช่น การแสดงละคร บทบาทสมมุติ นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ - ฝึกนักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงาน ความคิด วิธีการ และข้อเสนอแนะ	- เตรียมสื่อและอุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยี เช่น จอ LCD คอมพิวเตอร์ เครื่องฉายภาพพร้อม และอุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกในการนำเสนอของนักเรียน - เตรียมบอร์ดสำหรับติดผลงานนักเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปราย ซักถามจากการนำเสนอผลงาน - ตั้งใจฟังและดูความสามารถของนักเรียน ขณะนำเสนอผลงาน - ให้ความสำคัญกับผู้นำเสนอผลงานช่วยควบคุมดูแลให้นักเรียนคนอื่นมีมารยาทการฟัง - สรุปผลการประเมินแจ้งให้ผู้นำเสนอทราบ - ชมเชยเมื่อนักเรียนนำเสนอผลงานได้ดี เพื่อเป็นแรงจูงใจให้นักเรียนพัฒนาตนเองต่อไป	- ทบทวนเนื้อหา องค์ความรู้ ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลงานของตนเองให้ชัดเจน - ช่วยกันคัดเลือกผลงานที่ดีเพื่อเป็นแนวในการพัฒนาผลงานให้คนอื่นๆ - ซักถาม แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน - ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเมื่อมีข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุง พัฒนาผลงานต่อไป - รวบรวม สรุปข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อนๆ เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาผลงาน - พัฒนาผลงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ที่มา : (ทิศนา แขมมณี, 2554)

2.4 การประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

การประเมินจากสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) คือ การประเมินความสามารถแท้จริงของนักเรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงาน เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหา หรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น. 18)

2.4.1 การประเมินตนเองแบบรูบริค (Rubric assessment)

นิตโก้ (Nitko, 1983, น. 267-258) กล่าวว่า การประเมินศักยภาพของนักเรียนโดยให้ลงมือปฏิบัตินั้น ไม่มีคำเฉลยหรือคำตอบถูกที่แน่ชัดลงไปเหมือนแบบทดสอบเลือกตอบ การประเมินผลงานแต่ละชิ้นของนักเรียนที่ได้ลงมือปฏิบัติ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินคุณภาพของงานอย่างเป็นปรนัย ซึ่งเป็นการยากที่จะทำได้ อย่างไรก็ตามได้มีการค้นพบการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนที่ เรียกว่า รูบริคขึ้นมา เพื่อกำหนดแนวทางในการตัดสินอย่างยุติธรรมและปราศจากความลำเอียง Rubric จะมีความชัดเจนในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเพียงพอ ถึงขนาดที่ผู้ประเมิน 2 คน สามารถใช้รูบริคเดียวกันประเมินชิ้นงานของนักเรียนชิ้นเดียวกัน แล้วให้คะแนนได้ตรงกัน ซึ่งระดับของความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมินงานที่ประเมินอย่างเป็นอิสระจากกัน เรียกว่า มีความเชื่อถือได้ (Reliability)

2.4.2 ประเภทของแบบประเมินรูบริค

สายฝน เสกขุนทด (2543, น. 32) ได้แบ่งประเภทของรูบริคออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- รูบริคแบบภาพรวม (Holistic Rubric) เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนโดยพิจารณาภาพรวม โดยวัดจากเนื้อหาและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนทั้งหมด ใช้วัดทุกจุดประสงค์ที่ครูกำหนดไว้ และรวมอยู่ในแบบประเมินรูบริคฉบับเดียว ซึ่งการวัดและประเมินแบบนี้เป็นการกำหนดเกณฑ์แบบองค์รวม โดยไม่แยกให้คะแนนตามแต่ละองค์ประกอบย่อย
- รูบริคแบบวัดจุดประสงค์เฉพาะเรื่อง (Analytic rubric) เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่มีลักษณะแยกสิ่งที่ต้องการประเมินออกเป็นองค์ประกอบหรือมิติย่อยๆ ซึ่งจะใช้วัดในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยมีเนื้อหาที่ใช้วัดเฉพาะ และแต่ละองค์ประกอบจะมีการบรรยายคุณภาพ

นิตโก้ (Nitko, 1983, p. 266) ได้กล่าวว่า การให้คะแนนแบบ Holistic Rubrics ใช้ได้ง่าย และใช้เพียงไม่กี่ครั้งต่อนักเรียนหนึ่งคน ซึ่งเป็นการประเมินภาพรวมของทุกคุณลักษณะในการปฏิบัติงาน ส่วนการให้คะแนนแบบ Analytic Rubrics จะใช้บ่อยครั้ง โดยจะประเมินแยกในแต่ละคุณลักษณะของงาน ซึ่งการประเมินแบบนี้จะมีประโยชน์เมื่อต้องการจะวินิจฉัยหรือช่วยเหลือนักเรียนว่า มีความรู้ความเข้าใจในแต่ละส่วน หรือในแต่ละคุณลักษณะของการปฏิบัติงานนั้นๆ หรือไม่ ซึ่งมีส่วนให้ครูได้ช่วยเสริมสร้างหรือพัฒนาการเรียนรู้ในแต่ละคุณลักษณะของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

2.4.3 องค์ประกอบของแบบประเมินรูบริค ประกอบด้วย

- ช่วงชั้นของความสามารถ (Scale) หมายถึง การกำหนดช่วงความสามารถ เพื่อใช้ในการวัดและประเมินค่าความสามารถ ซึ่งนิยมกำหนดไว้เป็นคะแนนตัวเลข เกรด หรือคำพรรณนาจากระดับความสามารถสูงสุดไปต่ำสุด ช่วงชั้นความสามารถอาจมีตั้งแต่ 3-66 ช่วงชั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของครูว่า ต้องการแบ่งให้ละเอียดมากน้อยเพียงใด รวมทั้งขึ้นอยู่กับระดับความลึกซึ้งของเนื้อหาด้วย แต่สำหรับผู้ที่เริ่มต้นสร้างรูบริค ควรเริ่มจากแบบ 4 ช่วงชั้น

- มีคำอธิบาย (Description) รูบริคต้องมีคำอธิบายหรือดัชนีชี้วัดในแต่ละช่วงชั้นของความสามารถ ซึ่งต้องเป็นคำอธิบายให้เห็นว่าในแต่ละช่วงชั้นนั้นต้องมีความสามารถแบบใด มีคุณลักษณะ มีคุณภาพแบบใด โดยคำอธิบายหรือดัชนีชี้วัดนี้ต้องชัดเจน เหมาะสม และมีความเป็นไปได้ และที่สำคัญดัชนีชี้วัดต้องอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับความสามารถได้อย่างชัดเจน ไม่คลุมเครือ

- มีการกำหนดถึงสาระ ทักษะ หรือสิ่งที่ต้องการจะวัดและประเมินผล คือ การกำหนดว่า จะทำการวัดผล ประเมินผลในสิ่งที่ครูได้กำหนดไว้ว่า อะไรคือสิ่งที่นักเรียนควรจะรู้ และสามารถทำได้

- การวัดและประเมินผลแบบวัดองค์ความรู้แบบภาพรวม (Holistic) หรือแบบวัดเฉพาะเจาะจง (Analytic) ในการวัดและประเมินผลทั้งสองแบบต่างมีข้อดี และข้อด้อย การนำไปใช้จึงขึ้นอยู่กับว่าครูต้องการจะวัดอะไร (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ อ้างถึงใน Nitko, 2544)

2.4.4 วิธีการให้คะแนนของแบบประเมินรูบริค

นิตโก้ (Nitko, 1983, pp. 264-268) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) ไว้ว่า เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่ถูกพัฒนาโดยครูหรือผู้ประเมินที่ใช้วิเคราะห์ผลงาน หรือกระบวนการที่นักเรียนได้พยายามสร้างขึ้น แบบประเมินรูบริคต้องมีความชัดเจนในการกำหนดเกณฑ์ การให้คะแนนอย่างเพียงพอถึงขนาดที่ผู้ประเมิน 2 คน สามารถใช้แบบประเมินรูบริค

เดียวกัน ประเมินชิ้นงานของนักเรียนชิ้นเดียวกัน แล้วให้คะแนนได้ตรงกัน และระดับของความสอดคล้องใน การให้คะแนนของผู้ประเมิน 2 คน ที่ประเมินอย่างเป็นอิสระจากกัน จึงจะเรียกว่า ความเชื่อถือได้ (Reliability)

2.4.5 ความสำคัญของแบบประเมินรูบริคต่อการประเมิน

ไวเนอร์ และโคเฮน (Wiener & Cohen, 1994) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบประเมิน รูบริค ไว้ว่ามีประโยชน์อย่างมากต่อการประเมิน ทั้งนี้เพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้การคาดหวังของครูที่มีต่อผลงานของนักเรียนบรรลุผลสำเร็จได้โดย นักเรียนจะเกิดความเข้าใจ และสามารถใช้แบบประเมินรูบริคต่อการประเมินและพัฒนาชิ้นงานของตน

2. ช่วยให้ครูเกิดความกระจ่างชัดยิ่งขึ้นว่าต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนหรือพัฒนาการอะไรบ้าง

3. ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุคุณลักษณะจากงานที่เป็นตัวอย่างได้ โดยใช้รูบริคตรวจสอบ

4. ช่วยให้นักเรียนสามารถควบคุมตนเองในการปฏิบัติงานเพื่อสู่ความสำเร็จได้

5. เป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการปฏิบัติงานต่างๆ ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

6. ช่วยให้บุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครอง ผู้สนับสนุน ผู้นิเทศ ได้เกิดความเข้าใจเกณฑ์ในการตัดสินผลงานนักเรียนที่ครูใช้

7. ช่วยในการให้เหตุผลประกอบการให้เกรดนักเรียนได้ช่วยเพิ่มคุณภาพผลงานของนักเรียน (รณชัย บุญลือ, 2547, น. 52-53)

2.5 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งพัฒนานักเรียนให้ผู้สร้างความรู้จากการปฏิบัติ ค้นพบตนเอง รักการประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรม โดยประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดการพลังงาน มีมโนธรรม ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

2.5.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งพัฒนานักเรียนให้ผู้สร้างความรู้จากการปฏิบัติ ค้นพบตนเอง รักการประดิษฐ์คิดค้นนวัตกรรม โดยประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดการพลังงาน มีมโนธรรม ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จึงกำหนดเป็นจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีมโนธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ รู้จักและเห็นคุณค่าในตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักศาสนา ยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรอบรู้ มีความสามารถในการสร้างความรู้และนวัตกรรม โดยประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี การจัดการพลังงาน มีทักษะชีวิต มีจิตวิทยาศาสตร์และจิตวิศวกรรม

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองท้องถิ่น ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึกสาธารณะ รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สามารถดำเนินชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข

6. มีความสามารถด้านภาษาในการสื่อสารเพื่อเตรียมความพร้อมสู่ความเป็นพลเมืองโลก

2.5.2 หลักการที่สำคัญของหลักสูตร

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีหลักการที่สำคัญตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของท้องถิ่นและประเทศชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐาน ของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของชุมชน

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างที่เน้นการปฏิบัติเพื่อสร้างความรู้และนวัตกรรม โดยปรับสาระการเรียนรู้ เวลา และกระบวนการการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเรียนรู้กับการปฏิบัติ

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Actived Learning) ที่หลากหลาย

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

7. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นให้นักเรียนค้นพบความสามารถ ความถนัด และความสนใจของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ และสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถจัดการพลังงาน

8. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นเตรียมความพร้อมสู่ความเป็นพลเมืองโลก

9. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นการจัดการศึกษาความร่วมมือ ระหว่างโรงเรียน ชุมชน ผู้ปกครอง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2.5.3 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนวัตกรรมเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้และผลงานหรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ค้นพบความสามารถ ความถนัด การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีด้านต่างๆ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมและผลงาน มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

6. ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิศวกรรม เป็นความสามารถในการปฏิบัติโดยใช้ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนิษฐา เวชรังษี (2550) ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างชิ้นงานของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโยนิโสมนสิการ จำนวน 29 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย และได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโยนิโสมนสิการ ใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest ผลการวิจัยที่ได้คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนอยู่ในระดับเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คารม พลีดี (2554) ศึกษาเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ทฤษฎีของเวียร์ และทฤษฎีการ

สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน กับนักเรียน จำนวน 30 คนโดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดกิจกรรมฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนการใช้ชุดกิจกรรม และแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อชุดกิจกรรม โดยแบ่งชุดกิจกรรมทั้งหมด 4 ชุด ดังนี้ 1) แรงและแรงลัพธ์ (3 ชั่วโมง) 2) แรงเสียดทาน (3 ชั่วโมง) ความดันอากาศ (3 ชั่วโมง) 4) แรงดันน้ำและแรงลอยตัว (3 ชั่วโมง) รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยได้คือ ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย 91.50/88.21 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด (4.84)

ชลาธิป สมาหิโต (2558) ได้กล่าวถึง การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของระดับการศึกษาปฐมวัย สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการข้ามสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี(Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยจะเน้นให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกัน โดยในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้สะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาปฐมวัย สามารถจัดสอนโดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 4 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นการตั้งคำถาม ขั้นการสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอบคำถามที่ตั้งขึ้น และขั้นนำเสนอ และสามารถจัดในรูปแบบหน่วยหรือโครงงานก็ได้

พรรณี คล้ายชม (2554) ศึกษาเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เรื่อง My Family โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุตรดิตถ์ เขต 1 จำนวน 22คน ด้วยวิธีการสุ่มเฉพาะเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ได้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เรื่อง My Family โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 4 หน่วย แต่ละหน่วยใช้เวลา 4-6 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ 20 ชั่วโมง ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพเท่ากับ 91.15/87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้ศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้ผลผลการวิจัยปรากฏดังนี้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็ม

ศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .01โดยสรุป นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติดังนั้น ควรสนับสนุนให้ครูได้นาแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาต่อไป

ภัสสร ติดมา (2558) ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 48 คน ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่และนักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล วางแผนการทำงาน เลือกใช้ สร้างและปรับปรุงแบบจำลองอวัยวะให้สมบูรณ์ขึ้นได้ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มาขึ้นได้

ระพีพร ชูเสน (2553) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนบ้านท่าบ่อ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2552 โดยจำแนกนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแผนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องร่างกายของเรา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 88.17/85.67 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01

เลิศรารี รอดกำเนิด (2559) ศึกษาเรื่อง ผลการจัดประสบการณ์แบบโครงการโดยใช้แนวคิดสตีมศึกษาผสานการใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงครามที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย กับนักเรียน 37คน ใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดประสบการณ์แบบโครงการ 3 โครงการ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์แบบโครงการโดยใช้แนวคิดสตีมศึกษาผสานแหล่งเรียนรู่ในท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง จากการบันทึกการสังเกตพฤติกรรมความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เด็กมีความเข้าในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นทั้ง 9 มโนทัศน์

ศศิธร จันทมฤก (2558) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์และวัฏจักรการสืบสอบหาความรู้เพื่อสร้างจิตวิทยาศาสตร์ของเด็กอนุบาล ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอน คือ การเรียนรู้เกิดขึ้นจากความสงสัย ความอยากรู้อยากเห็นของเด็กอันนำไปสู่การสืบสอบหาความรู้ ก่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถสร้างเป็นความรู้ของตนเอง การเรียนรู้อาศัยประสบการณ์ตรงของนักเรียนได้ลงมือทำ ได้สำรวจตรวจสอบในแหล่งการเรียนรู้และได้แสวงหาความรู้ที่หลากหลาย การเรียนรู้อาศัยประสบการณ์เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ผ่านการคิดทบทวน ไตร่ตรองและสะท้อนความคิด นำไปสู่การเรียนรู้เชิงนามธรรมที่ส่งผลต่อความคิดและการปฏิบัติ เครื่องมือที่ใช้ประเมินการเรียนรู้ คือ แบบประเมินมิติคุณภาพจิตวิทยาศาสตร์เด็กอนุบาล (Rubric Scoring) ผลการทดลอง คือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Dowey (2013) ได้ศึกษาเจตคติ ความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา : ศึกษาเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและเรียนในหลักสูตรสะเต็ม (STEM Disciplines) โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอก (พื้นฐานครอบครัว, โรงเรียน, เพื่อน และชุมชน) และปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างตามวิธีของ Likert ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีชาติพันธุ์ Asian/Filipino มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่นๆ ตามมาด้วยชาวลาตินอเมริกัน และ

ยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กาลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

Han และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้วและมีการปรับปรุงทุกๆ 6 เดือน เป็นเวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนก็ได้เข้าร่วมรับการพัฒนาสู่ครูมืออาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และส่งผลทำให้ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

Scott (2012) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ว่า นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมเรียนแบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่านักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมเรียนแบบ STEM และนักเรียนกลุ่มที่ได้เข้าร่วมนี้ยังแสดงความคิดเห็นอีกว่า หากพบเราได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาและผ่านการฝึกหรือให้รับผิดชอบทำโครงงานสักชิ้น เขาสามารถแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ จึงเป็นการบ่งบอกว่านักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับ STEM

Tseng and others (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ไขปัญหาของนักเรียนได้ นักเรียนเกิดกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การเลือกใช้เครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวก และการคำนวณตามแนวของสะเต็มศึกษา ซึ่งหากนำมาประยุกต์เพิ่มเติมในความคิดสร้างสรรค์ การต่อยอดประสบการณ์ด้วยศิลป์โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติ การแก้ไขปรับปรุง สร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ทำการเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 3 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 26 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินชิ้นงานจากชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ดังนี้

3.2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานงานแสง

3.2.2 แบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

3.3.3 แบบหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานงานแสง

ข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก เรื่อง พลังงานงานแสง รายวิชาวิทยาศาสตร์ ป.4 จำนวน 10 ข้อ ที่ได้ผ่านการหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธี KR - 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson)

1. ขั้นตอนการสร้าง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานงานแสง มีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินและการเขียนข้อสอบ

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรมของบทเรียนที่สร้างขึ้น

1.3 เขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

2. ขั้นการหาคุณภาพของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยนำแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาว่า ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดคะแนนความคิดเห็น ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุ

2.2 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยนำผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน มาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งข้อสอบที่จะนำไปใช้ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 ไปใช้เป็นแบบประเมินระหว่างเรียนกับแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 วิเคราะห์ค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบแต่ละข้อ โดยนำแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการคัดเลือกแล้วไปประเมินกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหา เรื่อง พลังงานงานแสง มาแล้ว จำนวน 18 คน จากนั้นนำผลที่ได้จากการประเมินนักเรียนมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน จากนั้นจึงวิเคราะห์หาค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบแต่ละข้อ โดยใช้เทคนิค 30 % (Gronlund & Linn, 1990, p. 249) และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป จากผลการประเมินผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่นำมาใช้เป็นแบบประเมิน

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่น โดยนำข้อสอบที่ผ่านการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไปประเมินกับนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหา เรื่อง พลังงานงานแสง มาแล้ว

1 ห้องเรียน จำนวน 18 คน และนำผลที่ได้จากการประเมินนักเรียน มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินโดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ ปรับปรุงและคัดเลือกข้อสอบ ที่ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

2.5 นำแบบประเมินที่ผ่านการหาประสิทธิภาพทุกขั้นตอนไปใช้ในกระบวนการวิจัยต่อไป

3.3.2 สร้างแบบประเมินตามสภาพจริง(แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูบริค (Scoring Rubric)
2. ค้นคว้าและรวบรวมคุณลักษณะที่จะทำให้งานแต่ละชิ้นดีและมีคุณภาพ
3. นำคุณลักษณะที่ได้มาคัดเลือกและทำการกำหนดเกณฑ์ขึ้น
4. ระบุระดับคุณภาพของแต่ละเกณฑ์ โดยเขียนบรรยายลักษณะของชิ้นงานที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดก่อน ลดหลั่นกันจนถึงผลงานที่มีคุณภาพต่ำสุด
5. นำแบบวัดที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้เกณฑ์ผู้เชี่ยวชาญเห็นสอดคล้องกันตั้งแต่ .60 ขึ้นไป
6. นำแบบประเมินรูบริคที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยและครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแบบประเมินการปฏิบัติงาน

3.3.3 แบบหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น. 11) มีขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) โดยการทดลองกับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน จากนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน เพื่อค้นหาปัญหาและแนวทางในการแก้ไข
2. ดำเนินการทดลองแบบกลุ่มเล็ก (1:10) หลังจากค้นพบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองกับกลุ่มเล็ก ผู้วิจัยนำชุดฝึกทักษะไปปรับปรุงแก้ไข และนำมาทดลองกับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 คน จากนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย จากกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน โดยวัดจากคะแนนก่อนเรียนและคะแนนระหว่างเรียน หากคะแนนยังไม่ถึงเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ให้ทำการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. ดำเนินการทดลองกลุ่มใหญ่แบบภาคสนาม (1:100) ผู้วิจัยนำชุดฝึกทักษะไปใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน โดยวัดจากคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนหลังเรียน ซึ่งจะต้องได้คะแนนตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 หรือสูงกว่า

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาปัญหาการเรียนการสอนจากครูผู้สอน และนโยบายการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษา เพื่อนำไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในระหว่างเรียนนั้นได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละหน่วย การวิจัยครั้งนี้เป็นการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ซึ่งดำเนินการทดลองตามแบบแผนและวัดก่อน-หลังการทดลอง มีลักษณะการทดลอง ดังนี้

3.4.1 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสตีมศึกษา โดยผู้วิจัยยึดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551

3.4.2 ทำการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.3 ทำการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.4.4 ทำการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.5 ทำการสร้างแบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

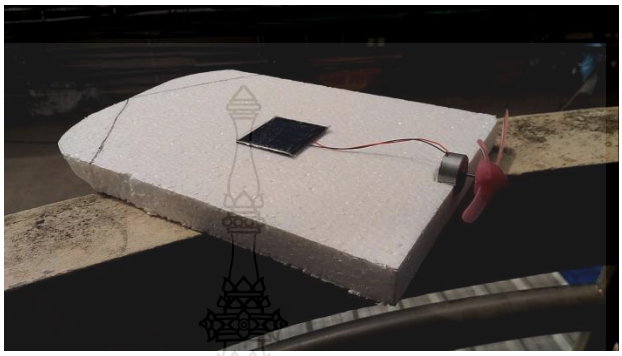
3.4.6 ทำการตรวจสอบแบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.7 ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะ หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.8 ทำการสร้างชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา และทำการทดลองการทำงานของชุดฝึกทักษะด้วยตนเอง ทำการแก้ปัญหาโดยปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ดังนี้

3.4.8.1 ผู้วิจัยได้ออกแบบและทำการทดลองขั้นต้นเพื่อทดสอบการทำงานของแผงโซล่าเซลล์และมอเตอร์ไฟฟ้า พบว่าสามารถทำงานได้ดีเมื่ออยู่กลางแสงพระอาทิตย์ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 1

3.4.8.2 ผู้วิจัยได้ทำการทดลองแล่นบนผิวน้ำเพื่อทดสอบการทำงานความเร็วและทิศทางของเรือพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเรือเครื่องที่ช้าและไร้ทิศทาง ผู้วิจัยจึงทดลองเพิ่มหางเสือเพื่อบังคับทิศทางด้วยไม้ไอศกรีมทำให้บังคับทิศทางได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 2

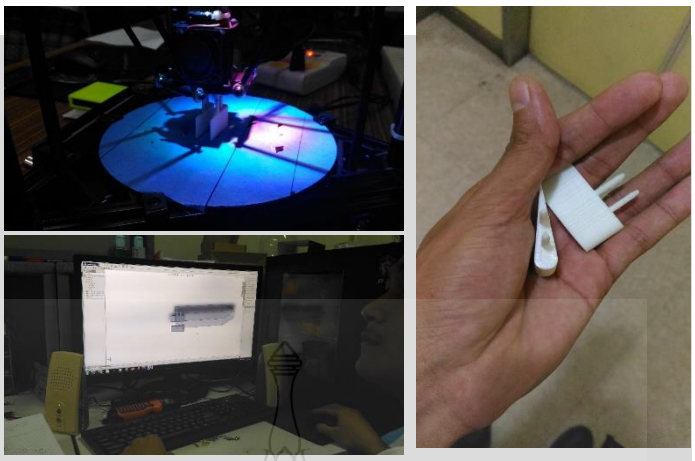
3.4.8.3 ผู้วิจัยได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ ว่าเรือมีขนาดใหญ่เกินกำลังการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้า แนะนำให้ลดขนาดของเรือ เพื่อลดแรงต้านทาน และเพิ่มแก่นใบพัดเรือ เพื่อให้ใบพัดอยู่ใต้น้ำ จะทำให้ลดการวักน้ำของใบพัดเรือซึ่งเป็นสาเหตุให้เรือหมุนเสียทิศทาง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง และทดลองอีกครั้ง พบว่า เรือแล่นเร็วขึ้นเล็กน้อยและเคลื่อนที่ไปในทางตรงมากขึ้น ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 3

3.4.8.4 ผู้วิจัยได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ว่า ใบพัดเรือมีขนาดใหญ่เกินกำลังการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้า แนะนำให้ลดขนาดของใบพัดเรือ ส่วนเชื่อมต่อของแกนเรือกับมอเตอร์นั้นให้ใช้ปลอกสายไฟชนิดหนาจะทำให้ลดการแกว่งของใบพัดได้ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง และทดลองอีกครั้งพบว่า เรือแล่นเร็วขึ้นอย่างมากแต่ทิศทางยังไม่ตรง ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 เรือพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 4

3.4.8.5 ผู้วิจัยขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี ซึ่งให้คำแนะนำเกี่ยวกับหางเสือเรือ และออกแบบหางเสือเรือใหม่โดยใช้เครื่องพิมพ์ชนิด 3 มิติ (3D Printer) โดยสามารถบังคับทิศทางเรือและเสียบเข้าออกกับตัวลำเรือ ซึ่งทำจากโฟมได้ตามความต้องการ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ออกแบบหางเสือเรือโดยใช้เครื่องพิมพ์ชนิด 3 มิติ (3D Printer)

3.4.9 นำชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.4.10 ทำการตรวจสอบผลชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

3.4.11 ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน

3.4.12 ทำการทดลองนำชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 26 คน โดยมีกระบวนการตามแผนการจัดการเรียนรู้ คือ ระบุปัญหาเพื่อให้เกิดการการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง การจุดประกายความสนใจ การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา ลงมือปฏิบัติ จัดองค์ความรู้ การทดสอบและประเมินผล นำเสนอสิ่งที่พบ ถ่ายทอดลงชิ้นงาน ตามแนวคิด Consturctionism

3.4.13 ทำการประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในระหว่างการทำกิจกรรม

3.4.14 ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้วยแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.4.15 นำผลการทดสอบทั้งหมดมาวิเคราะห์ผล

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขออนุญาตถึงงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. วางแผนเก็บข้อมูล โดยปรึกษากับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. ดำเนินการทดลอง วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานงานแสง โดยใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาใช้ในระหว่างการเรียนการสอน โดยในการวิจัยจะดำเนินการสอนในกลุ่มที่ใช้ในการทดลอง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 5 แล้วทำการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของแผนและเครื่องมือ จึงนำไปใช้กับกลุ่มที่ใช้ในการศึกษาผลการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4

4. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยให้นักเรียนทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานงานแสง นำผลคะแนนมาวิเคราะห์

5. ทำการปรับปรุง ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

6. ดำเนินการทดลอง วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานงานแสง โดยใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

7. นำผลคะแนนที่ได้จากแบบประเมิน มาวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ในการดำเนินการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การวิเคราะห์แบบประเมินรูบริคแบบประเมินการปฏิบัติงาน

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินรูบริค โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ การประเมินเป็นภาพรวม การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ ซึ่งแบบแยกองค์ประกอบนั้นแบบได้อีก 2 แบบ คือ การประเมินโครงงานและแบบประเมินการปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยเลือกใช้แบบประเมินการปฏิบัติงาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, น. 23) เพื่อใช้ในการประเมินขั้นตอนการทดลองการสร้างและการนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีประเด็นที่ประเมินและระดับคะแนน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเด็นที่ประเมินและระดับคะแนนรูบริค

ความสามารถ	ระดับคะแนน
1. วิธีดำเนินการทดลอง	
1.1 ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการ ขั้นตอน และการใช้เครื่องมือได้	1
1.2 กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ	2
1.3 กำหนดวิธีการและขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่เหมาะสม	3
1.4 กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	4
2. การปฏิบัติการทดลอง	
2.1 ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	1
2.2 ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	2
2.3 ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ	3
2.4 ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	4
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน	
3.1 ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด และทำอุปกรณ์เครื่องใช้แตกหักเสียหาย	1
3.2 ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง	2
3.3 มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่อง การใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	3
3.4 มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย	4

ตารางที่ 3.1 ประเด็นที่ประเมินและระดับคะแนนรูบริค (ต่อ)

ความสามารถ	ระดับคะแนน
3. การนำเสนอ	
3.1 ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลและการนำเสนอ	1
3.2 ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลองและการนำเสนอจึงปฏิบัติได้	2
3.3 บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	3
3.4 บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุม บันทึกการนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	4

1.2 นำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ย ดังนี้ (Best, 1978, p. 1820)

ดีเยี่ยม	มีค่าเท่ากับ	3.50 - 4.00	คะแนน
ดี	มีค่าเท่ากับ	2.59 - 3.49	คะแนน
พอใช้	มีค่าเท่ากับ	1.50 - 1.49	คะแนน
ปรับปรุง	มีค่าเท่ากับ	1.00 - 1.49	คะแนน

2. สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ

2.1.1 ค่าร้อยละ (Percentage)

2.1.2 ค่าเฉลี่ย (Average)

2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.3 สถิติที่ใช้ในการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมิน

2.4 สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.5 สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.7 สถิติพื้นฐาน

1. ร้อยละ (Percentage)

จากสูตร $\text{ร้อยละ} = \frac{\text{คะแนนที่ได้}}{\text{คะแนนเต็ม}} \times 100$

2. ค่าเฉลี่ย (Average)

จากสูตร $\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$

เมื่อ X_i แทน ข้อมูลแต่ละตัว

N แทน จำนวนของข้อมูล

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

จากสูตร $S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N} - \left(\frac{\sum X_i}{N}\right)^2}$

เมื่อ X_i แทน ข้อมูลแต่ละตัว

N แทน จำนวนของข้อมูล

2.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากสูตรต่อไปนี้ (นพพร ธนะชัยขันธ์, 2552, น. 13)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนให้

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.9 สถิติที่ใช้ในการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมิน โดยใช้เทคนิค 25% ของจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดเพื่อแบ่งเป็นกลุ่มสูง (U) และกลุ่มต่ำ (L) จากสูตรต่อไปนี้ (นพพร ธนะชัยขันธ์, 2552, น. 22)

$$p = \frac{R_U + R_L}{2f}$$

$$r = \frac{R_U - R_L}{f}$$

เมื่อ p หมายถึง ค่าความยากง่าย

r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก

R_U หมายถึง จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

f หมายถึง จำนวนผู้ที่เข้าสอบในกลุ่มสูง

2.9 สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงของแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson สูตรที่ 20 หรือ KR - 20 (นพพร ธนะชัยขันธ์, 2552, น. 16) ดังนี้

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

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเที่ยงของแบบประเมิน

k แทน จำนวนข้อของแบบประเมิน

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมของผู้เข้าสอบแต่ละคน

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

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา โครงงาน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E1)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลัง (E2)

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

4.2.2 การแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านปฏิบัติงานด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

4.3 ผลการหาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

4.1 ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

การหาประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอนตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนแบบกลุ่มย่อย จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาข้อบกพร่องและให้ได้สื่อการสอนที่สมบูรณ์

หลังจากนั้นได้นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง

จังหวัดปทุมธานี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบยกชั้น (Cluster sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 26 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาที่สร้างขึ้นปรากฏ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E_1) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	รวมคะแนนที่ได้	คะแนนเฉลี่ย	E_1
แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 1	26	10	211	8.11	81.15
แบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 2	26	10	209	8.03	80.38
				เฉลี่ย	80.76

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E_1) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 80.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 ที่กำหนดไว้ โดยแบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 1 เรื่อง พลังงานแสงและแหล่งที่มา คะแนนเต็ม 10 คะแนน รวมคะแนนที่ได้ 211 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.12 คิดเป็นร้อยละ 81.20 และแบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 2 เรื่อง การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ คะแนนเต็ม 10 คะแนน รวมคะแนนที่ได้ 209 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.03 คิดเป็นร้อยละ 80.38 แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรกที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลัง (E_2) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	รวมคะแนนที่ได้	คะแนนเฉลี่ย	E_2
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน เรื่อง พลังงานแสง	26	10	212	8.15	81.54

จากตารางที่ 4.2 พบว่า จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน เรื่อง พลังงานแสง จำนวน 26 คน คะแนนเต็ม 10 คะแนน ได้คะแนนรวม 212 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.15 คิดเป็นร้อยละ 81.54 แสดงว่า การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลังที่กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาผลการหาประสิทธิภาพจากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่า การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีประสิทธิภาพ 80.76/81.54

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

	คะแนน	N	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	10	26	5.12	1.36	10.64	0.000
หลังเรียน	10	26	8.15	0.88		

จากตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 5.12) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 1.36) และจากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 8.15) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.88) เมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ได้ 10.64 มีค่าความน่าจะเป็นซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ โดยใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านปฏิบัติงานด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา ได้จากใบกิจกรรมการทดลองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยให้นักเรียนปฏิบัติงานในการวัดระยะทาง จับเวลาเข้าถึงปลายทาง และคำนวณการหาความเร็วที่ได้ แล้วบันทึกผลการทดลองลงใบกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งนักเรียนได้ทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง และทำการเปรียบเทียบคะแนนของแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองจากใบกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านปฏิบัติงานด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ครั้งที่ทดลอง	ระยะทางในการทดลอง เวลาที่ใช้		จากสูตร S / t =V
	ระยะทาง (S)	เวลา (t)	ความเร็ว (V)
การทดลองครั้งที่ 1	255 cm	19.28 วินาที	17.69 cm/s
การทดลองครั้งที่ 2	255 cm	13.36 วินาที	24.67 cm/s
การทดลองครั้งที่ 3	255 cm	9.78 วินาที	27.69 cm/s

จากตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ในการวัดระยะทางเท่ากันที่ได้ 255 เซนติเมตรเท่ากันทุกกลุ่ม แต่ผลการทดลองด้านเวลาทั้ง 3 การทดลองที่ทำการทดลองนั้น ได้เวลาไม่เท่ากัน ซึ่งเปรียบเทียบทั้ง 3 การทดลองพบว่า การทดลองทั้ง 3 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยการใช้เวลาลดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยในการทดลองของชิ้นงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ปฏิบัติการแก้ไขปรับปรุงสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.3 ผลการหาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา

การหาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนผ่านการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยใช้แบบการประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) แสดงผลในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระดับความสามารถประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่เรียนผ่านชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความสามารถ
1. วิธีดำเนินการทดลอง	3.15	0.55	ดี
2. การปฏิบัติงานทดลอง	3.15	0.68	ดี
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน	3.07	0.49	ดี
4. การนำเสนอ	3.00	0.57	ดี
รวมเฉลี่ย	3.09	0.57	ดี

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับความสามารถจากแบบประเมินความสภาพจริง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ที่เรียนผ่านชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีค่าเฉลี่ยระดับความสามารถโดยรวมระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 309) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.67) ดังนั้น ระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนผ่านการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยใช้แบบประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) อยู่ในระดับดี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยผลของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

5.1.2 เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จากการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

5.1.3 เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.2.1 การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

5.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5.2.3 ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา อยู่ในระดับดี

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน

5.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 26 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จากการใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 คือ แบบประเมินชิ้นงานจากชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ดังนี้

5.4.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานงานแสง

5.4.2 แบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

5.4.3 แบบหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

5.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาปัญหาการเรียนการสอนจากครูผู้สอน และนโยบายการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษา เพื่อนำไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ ในระหว่างเรียนนั้นได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละหน่วย การวิจัยครั้งนี้เป็นการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ซึ่งดำเนินการทดลองตามแบบแผนและวัดก่อน-หลังการทดลอง มีลักษณะการทดลอง ดังนี้

5.5.1 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสตีมศึกษา โดยผู้วิจัยยึดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551

5.5.2 ทำการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

5.5.3 ทำการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

5.5.4 ทำการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

5.5.5 ทำการสร้างแบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

5.5.6 ทำการตรวจสอบแบบประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

5.5.7 ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะ หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

5.5.8 ทำการสร้างชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา และทำการทดลองการทำงานของชุดฝึกทักษะด้วยตนเอง ทำการแก้ปัญหาในเบื้องต้น โดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

5.5.9 นำชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

5.5.10 ทำการตรวจสอบผลชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลมาปรับปรุงแก้ไข

5.5.11 ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วจึงนำชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเราทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 26 คน

5.5.12 ทำการประเมินตามสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในระหว่างการทำกิจกรรม

5.5.13 ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้วยแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เรื่อง พลังงานแสง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

5.6 สรุปผลการวิจัย

5.6.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E_1) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา พบว่า ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E_1) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 80.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 ที่กำหนดไว้ โดยแบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 1 เรื่อง พลังงานแสง และแหล่งที่มา คะแนนเต็ม 10 คะแนน รวมคะแนนที่ได้ 211 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.12 คิดเป็นร้อยละ 81.20 และแบบฝึกหัดท้ายหน่วยที่ 2

เรื่อง การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ คะแนนเต็ม 10 คะแนน รวมคะแนนที่ได้ 209 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.03 คิดเป็นร้อยละ 80.38 เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดพบว่า การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรกที่กำหนดไว้ตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.6.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลัง (E_2) ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา พบว่า จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน เรื่อง พลังงานแสง จำนวน 26 คน คะแนนเต็ม 10 คะแนน ได้คะแนนรวม 212 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 8.15 คิดเป็นร้อยละ 81.54 แสดงว่า การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 สอดคล้องตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 5.12) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$ = 5.12) และจากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 8.15) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.88) เมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติทดสอบ t พบว่า ค่า t ได้ 10.64 มีค่าความน่าจะเป็นซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ โดยใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเราสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.6.4 จากการประเมินระดับคุณภาพการปฏิบัติงาน (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่เรียนผ่านชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน คุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ที่เรียนผ่านชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพโดยรวมระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 3.09) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.67) ดังนั้นประสิทธิผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนผ่านการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยใช้แบบการประเมินการปฏิบัติงาน (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) อยู่ในระดับดี สอดคล้องตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.7 อภิปรายผลการวิจัย

5.7.1 ผลจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ได้ทำการหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา โดยวัดจากคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนหลังเรียน ซึ่งจะต้องได้คะแนนตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดถือว่าชุดฝึกทักษะที่มีความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามรูปแบบแผนที่วางไว้ ได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา ตลอดทั้งได้วิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา กำหนดระดับพฤติกรรมที่มุ่งหวัง อีกทั้งยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาและเป็นไปตามสมมติฐาน สามารถอภิปรายได้ดังนี้

5.7.1.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ของการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีประสิทธิภาพ 80.76/81.54 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ระพีพร ชูเสน (2553) ได้ทำการที่ทำการศึกษา การพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนบ้านท่าบ่อ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2552 โดยจำแนกนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแผนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ร่างกายของเรา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 88.17/85.67 อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณี คล้ายชม (2554) ที่ได้ศึกษาเรื่องการสร้างชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เรื่อง My Family โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุตรดิตถ์ เขต 1 จำนวน 22 คน ด้วยวิธีการสุ่มเฉพาะเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ได้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เรื่อง My Family โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 4 หน่วยแต่ละหน่วยใช้เวลา 4 - 6 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ 20 ชั่วโมง ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพเท่ากับ 91.15/87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5.7.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหลังจากที่ได้เรียนจากการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ที่เรียนผ่านชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพโดยรวมระดับดีเยี่ยม ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 3.09) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.67) ดังนั้น ประสิทธิผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนผ่านการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา โดยใช้แบบประเมินความสภาพจริง (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric) อยู่ในระดับดีเยี่ยม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วงนุช แหยมแสง (2553) ได้กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริงจะประเมินความสามารถที่แท้จริงไม่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบท่องจำ จะทำให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการประยุกต์ ทักษะเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน ความสามารถในการบูรณาการสิ่งที่เขาได้เรียนรู้มา เน้นความคิดสร้างสรรค์ เน้นความสามารถในการทำงานอย่างร่วมมือร่วมใจเพื่อความสำเร็จ และสอดคล้องกับ ศศิธร จันทมฤก (2558) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์และวัฏจักรการสืบสอบหาความรู้เพื่อสร้างจิตวิทยาศาสตร์ของเด็กอนุบาล ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอน คือ การเรียนรู้เกิดขึ้นจากความสงสัย ความอยากรู้อยากเห็นของเด็กอันนำไปสู่การสืบสอบหาความรู้ ก่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถสร้างเป็นความรู้ของตนเอง การเรียนรู้อาศัยประสบการณ์ตรงของนักเรียนได้ลงมือทำ ได้สำรวจตรวจสอบในแหล่งการเรียนรู้และได้แสวงหาความรู้ที่หลากหลาย การเรียนรู้อาศัยประสบการณ์เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ผ่านการคิดทบทวน ไตร่ตรองและสะท้อนความคิด นำไปสู่การเรียนรู้เชิงนามธรรมที่ส่งผลต่อความคิดและการปฏิบัติ เครื่องมือที่ใช้ประเมินการเรียนรู้ คือ แบบประเมินมิติคุณภาพจิตวิทยาศาสตร์เด็กอนุบาล (Rubric Scoring) ผลการทดลองคือ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนจิตวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.7.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ โดยใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้ศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย

จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ได้ผลผลการวิจัยปรากฏดังนี้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยสรุป นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ดังนั้น ควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาต่อไป

5.7.1.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านปฏิบัติงานด้วยการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา การจัดการเรียนรู้และกระบวนการวัดผลมีความสอดคล้องกัน สามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ได้เหมาะสม ตรงกับสภาพผู้เรียน และความพร้อมทางด้านสื่อ วัสดุอุปกรณ์ มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ร่วมกันคิดและทำงานงานร่วมกันจนสามารถแก้ไขปัญหา ลงมือปฏิบัติมีการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม การสร้างสรรค์ชิ้นงานอาศัยวิธีการเหมาะสม ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ในการวัดระยะทางเท่ากันที่ได้ 255 เซนติเมตรเท่ากันทุกกลุ่ม แต่ผลการทดลองด้านเวลาทั้ง 3 การทดลองที่ได้นั้นได้เวลาไม่เท่ากัน ซึ่งเปรียบเทียบทั้ง 3 การทดลองพบว่า การทดลองทั้ง 3 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยการใช้เวลาลดน้อยลงตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยในการทดลองของชิ้นงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ปฏิบัติการแก้ไขปรับปรุงสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของขนิษฐา เวชรังสี (2550) ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโยนิโสมนสิการ จำนวน 29 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย และได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโยนิโสมนสิการ ใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest ผลการวิจัยที่ได้คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนอยู่ในระดับเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับ ภัสสร ติดมา (2558) ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 48 คน ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ และนักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล วางแผนการทำงาน เลือกใช้ สร้างและปรับปรุงแบบจำลองอวัยวะให้สมบูรณ์ขึ้นได้ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มาขึ้นได้

5.8 ข้อเสนอแนะ

จากผลสรุปและการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

5.8.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.8.1.1 จากผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะเผยแพร่ให้ครูผู้สอนในสถานศึกษาอื่นๆ นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน เพื่อประโยชน์แก่คนจำนวนมากต่อไป ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเผยแพร่พบว่า ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา แก่ครูโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รวมทั้งเพื่อนครูต่างโรงเรียนโดยแจ้งข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์เพื่อแบ่งปันข้อมูลแก่ครูท่านอื่นๆ ที่สนใจ

5.8.1.2 อันตรายที่อาจเกิดจากวัสดุอุปกรณ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในการใช้เครื่องมือตัดขึ้นรูปอุปกรณ์อาจทำให้นักเรียนได้รับบาดเจ็บได้ ผู้วิจัยจึงได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้ใช้กระดาษทรายขัดแทนการใช้มีดตัดในการขึ้นรูปโฟมสำหรับการทดลอง

5.8.1.3 เนื่องจากพื้นที่การทดลองจะต้องเป็นแหล่งน้ำและอยู่ภายในโรงเรียน ผู้วิจัยจึงไม่สามารถพานักเรียนออกจากโรงเรียนได้ ผู้วิจัยจึงสำรวจและจัดหาสระน้ำแบบชนิดพับเก็บได้เพื่อทำการทดลองในครั้งนี้

5.8.1.4 เนื่องจากการทดลองครั้งนี้จะต้องใช้แสงอาทิตย์ในการทดลอง ผู้วิจัยจึงควรศึกษาเวลาการส่องแสงของแสงอาทิตย์ และสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา

5.8.1.5 การสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนใช้เวลานานและมีรายละเอียดจำนวนมาก ครูผู้สอนเพียงคนเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง ผู้วิจัยจึงต้องจัดการเวลาให้เหมาะสมต่อจำนวนนักเรียน

5.8.2 ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย ครั้งต่อไป

5.8.2.1 ควรมีการศึกษาประสิทธิผลของการเรียนการสอนในระยะยาวจากการเรียนการสอนโดยชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5.8.2.2 นำชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา นี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ ต่างสถานศึกษาเพื่อติดตามผลการทดลอง และตรวจสอบผลการพัฒนา ว่าการเรียนการสอนโดยการใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา จะยังให้ผลดีเช่นเดิมหรือไม่

5.8.2.3 ควรมีการศึกษาเชิงเปรียบเทียบในการจัดการเรียนการสอนระหว่างการใช้ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา กับรูปแบบการสอนอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น เปรียบเทียบกับการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ TGT เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างทางเลือกให้แก่ครูผู้สอนที่จะนำนวัตกรรมในรูปแบบต่างๆ ที่มีการทดลองใช้และพัฒนาแล้วไปใช้พัฒนานักเรียน เพื่อผลความก้าวหน้าทางการศึกษาต่อไป

5.8.2.4 ควรชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในเนื้อหาวิชาอื่นๆ เช่น ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาไปในแนวทางที่หลากหลาย มีประสิทธิภาพ และมีจำนวนมากขึ้นต่อไป

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. (น. 8). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

กลุ่มพัฒนานโยบายอุดมศึกษา. (2556**). แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 11 พ.ศ.2555 – 2559**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขนิษฐา เวชรังสี. (2550). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโยนิโสมนสิการ**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตร. (2555). หลักสูตรโรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีพุทธศักราช 2555. ใน**หลักสูตรโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**. ปทุมธานี: โรงเรียนสาธิตนวัตกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

คารม พลีดี. (2554). **การสร้างชุดกิจกรรมฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ทฤษฎีของเวียร์และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์).

จิระพันธ์ กัลลประวิทย์. (2556). การพัฒนาคนตลอดช่วงชีวิต. ใน**แผนการศึกษาเพื่อพัฒนาคนตลอดช่วงชีวิต**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2544). **เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)**. สืบค้นจาก http://www.watpon.com/Elearning/mea5.htm

เฉลียว เพชรแก้ว. (2550). **ครูยุคใหม่กับการสอนเชิงรุก. การพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง คลื่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. (176). [ม.ป.พ.].

ชลาธิป สมาหิโต. (2558). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาปฐมวัย. **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์**, **30**(2), 102.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย**, **5**(1), 11.

ชัยยศ อิ่มสุวรรณ์. (10 มีนาคม 2559). ศธ.เปิดทางวิศวะ-วิทย์-เทคโนฯสอบครู. **เดลินิวส์**, 21.

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์. (2554). การพัฒนาชุดสื่อสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**, **23** (1), 126-130, 144-159).

ณัชชากัญญ์ วิรัตนชัยวรรณ. (2558). **นวัตกรรมเทคโนโลยีและสารสนเทศทางการศึกษา**. สืบค้นจาก http.//www.learners.in.th/blogs/posts/386486

ทิศนา แขมมณี. (2554). **องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพพร ธนะชัยขันธ์. (2552). **สถิติเบื้องต้นสำหรับการวิจัย** 1. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

ประยุทธ จันทรโอชา. (04 มีนาคม 2559). **คืนความสุข ให้คนในชาติ**. กรุงเทพฯ: สถานีโทรทัศน์รวมการเฉพาะกิจแห่งประเทศไทย.

ปราโมทย์ จันทร์เรือง. (2552). **หลักการและแนวทางการพัฒนาหลักสูตร**. ลพบุรี: สถาบันราชภัฏเทพสตรี.

ปัณญานัตย์ วิ เศษสมวงศ์. (2556). **ศูนย์ข่าวอาเซียน**. สืบค้นจาก http://www.aseanthai.net/ewt_news.php?nid=522&filename=index_2

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2556). **แผนพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษา ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559)**. (น.7) .กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **รายงานข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวอชิงตัน**. (ฉบับที่ 12) สืบค้นจาก http://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (มกราคม – กุมภาพันธ์ 2557). สะเต็มกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **นิตยสาร สสวท.**, **42** (186), 3.

สถาบันวิจัยการเรียนรู้. (2558). **ลักษณะของห้องเรียนในศตวรรษที่ 21 สาระน่ารู้**. สืบค้นจาก http://www.lri.co.th/knowledge_detail.php?knowledge_id=281

พรชัย ภาพันธ์. (2550). การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่ครูต้องกลับมาทบทวน. **วิชาการ, 10**(3), 40-47.

บรรณานุกรม (ต่อ)

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักบริหาร, 33**(2), 49-56.

พรรณี คล้ายชม. (2554). การสร้างชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เรื่อง My Family โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุตรดิตถ์ เขต 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์)

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).

ไพโรจน์ ชินศิรประภา. (2550). **สนุก สุขใจ ได้ปัญญา = Constructionism 1**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิไทยคม.

ภัสสร ติดมา. (2558). **การพัฒนาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

รณชัย บุญลือ. (2547). **การสร้างแบบประเมินทักษะขั้นพื้นฐานการบรรเลงฆ้องวงใหญ่**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

ระพีพร ชูเสน. (2553). **การพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี).

วงนุช แหยมแสง. (2553). การประเมินตามสภาพจริง:ประยุกต์ใช้ร่วมกับการประเมินผลระหว่างเรียนและการออกแบบย้อนกลับ. **วารสารรามคำแหง**, **27**(1), 126.

วิทยา มานะวาณิชเจริญ. (2559). **ชั้นเรียนประถม - ประสมศาสตร์ประสานศิลป์ อารัมภบท – STEM vs. STEAM** สืบค้นจาก http://taamkru.com/th/ชั้นเรียนประถม-ประสมศาสตร์ประสานศิลป์-อารัมภบท

ศศิธร จันทมฤก. (2558). **การพัฒนารูปแบบการเรียนสอนตามแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์และวัฏจักรการสืบสอบหาความรู้เพื่อเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ของเด็กอนุบาล**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศุภนิช เจริญสุข. (2559). **STEM Education**. สืบค้นจาก https://suppanit.wordpress.com/

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. (2557). **รู้จักสะเต็ม**. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. (น. 1). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **สสวท.เปิดโฉมร่างแผนยุทธศาสตร์ 5 ปี ตั้งเป้าเด็กไทยเทียบชั้นนานาชาติปี 2570**. สืบค้นจาก https://www.facebook.com/notes/ipst-thailand/สสวท.เปิดโฉมร่างแผน ยุทธศาสตร์ -5-ปี-ตั้งเป้าเด็กไทยเทียบชั้นนานาชาติ ปี-2570/511408492228877/

_____. (2557). **สะเต็มศึกษา Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education)**. (น. 18, 23). กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.

สายฝน เสกชุนทด. (2543). การวิเคราะห์การวัดผลและประเมินผลของอาจารย์สถาบันราชภัฏราชนครินทร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สถาบันราชภัฏราชนครินทร์).

สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). รัฐบาลอเมริกันเน้นการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์. สืบค้นจาก http://www.ostc.thaiembdc.org/stnews_Dec11_1.html

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). **สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล พ.ศ. 2552**. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.

_____. (2553). **แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559)**. : ฉบับสรุป. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์. (2547). **การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดเสมียนนารี กรุงเทพมหานคร**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

สุกัญญา มณีโชต. (2555). **การพัฒนาชุดฝึกทักษะการเขียนเชิงสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา ของกิลฟอร์ด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม).

บรรณานุกรม (ต่อ)

สุภานันท์ ชาทอง. (2551). **การศึกษาทักษะทางการเขียนเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกความคิดแบบอเนกนัย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2553). **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภาพรรณ ชื่นทองคำ. (2558). แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism. สืบค้นจาก https://sites.google.com/site/hxngreiynkhruhaemm/-constructionism-5

หัสชัย สิทธิรักษ์. (2555). **แนวโน้มทิศทางประชาคมโลก**. สืบค้นจาก https://www.gotoknow.org/posts/164732

Best, John w. (1978). **Research in Education**. (pp. 1820) (3rd. ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Butts, D., D. (1978). **The Teaching of Science : A Self Directed Planning Guide**. NY: Harper and Roe.

Cardarelli, Sally M. (1973). **Individualized Instruction Programmed and Material**. NY: McGraw-Hill.

Cohen, H., J. (1994). Developmental and service needs of school-age children with Human Immunodeficiency Virus infection: a descriptive study. **Pediatrics, 94**, 914-918.

Dowey, A., L. (2013). **Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines**. (Ed.D's Thesis, The University of California.

Duane, Janes E. (1973). **Individualized Instruction-Programmed and Materials**. NJ: Education Technology Publication.

Edudemic Connecting Education & Technology. (2015). **STEM vs. STEAM: Why The "A" Makes a Difference**. Retrieved from : http://www.edudemic.com/stem-vs-steam-why-the-a-makes-all-the-difference

บรรณานุกรม (ต่อ)

Han, S., Capraro, R. and Capraro, M., M. (2014). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. **International Journal of Science and Mathematics Education, 12**(2).

Katelyn Sabochik. (2010). **Changing the Equation in STEM Education**. Retrieved from : https://www.whitehouse.gov/blog/2010/09/16/changing-equation-stem-education

National Center for Education Statistics, [n.d.]. **Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)**. Retrieved from : https://nces.ed.gov/timss/TIMSS03Tables.asp?Quest=2&Figure=3

National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards, **Hanover Research**, (pp. 5), Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press. Board on Science Education.

_____. (2012). **Engineering in K-12 Education**: Understanding the Status and Improving the Prospects. Washington, DC: **The National Academies Press and Industry Scoreboard 2003**. Paris: OECD Publications Service.

Nitko, Anthony J. (1983). Educational Test and Measurement : An Introduction. NY: Harcourt Brace Jovanovich.

OECD's Book. (2003). Human resources in science and technology. **OECD Science, Technology**. [n.p.].

Papert, S. (1990). Introduction, What is Logo? And who need it? In Logo philosophy and implementation. LCSI.

Rex Jung. [n.d.]. Basic training for brain development. Retrieved from : http://pirun.ku.ac.th/~b5511303216/5511303216/page/Article.html

Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S. **Journal of STEM Education, 13**(5), 30–39.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Stager, S., G. (2001). **Constructionism as a high-tech intervention strategy for at-risk learners. Innational computing conference. Buildig on the future**. Chicago: IL. Retrieved from : https://pdfs.semanticscholar.org/5419/fe175f5096c44ad41dec71f59c9d132c8877.pdf

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment. **International Journal of Science and Mathematics Education, 23**, 87–102.

University of Florida. (2014). **STEM vs. STEAM Info graphic**. Retrieved from : http://www.americansforthearts.org/by-program/reports-and-data/legislation-policy/naappd/stem-vs-steam-infographic

Vasquez, J., A., Sneider, C., and Comer, M., (2013). Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. **STEM Lesson Essentials** Portsmouth. NH: Heinemann.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์เข้าเก็บข้อมูล

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประนอม พันธ์ไสว
   อาจารย์สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
   ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (การวัดและประเมินผลการศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ดร.สุรัตน์ ขวัญบุญจันทร์
   อาจารย์สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
   ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา)
   มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
3. ดร.วฤษาย์ เลิศศิริ
   ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ โรงเรียนธัญญสิทธิศิลป์
   วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม)
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นางสาวพรพรรณ เจนกระบวน
   ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
   โรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (มัธยมวัดหัตสารเกษตร)ในพระราชูปถัมภ์ฯ
   ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร)
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. นายสุขุม จูสนิท
   ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนธัญญสิทธิศิลป์
   ครุศาสตรมหาบัณฑิต (บริหารการศึกษา)
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
   ในพระบรมราชูปถัมภ์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย (ต่อ)

6. นายโชคทวี ชาญชาติ
   ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (มัธยมวัดหัตสารเกษตร)ในพระราชูปถัมภ์ฯ
   ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (บริหารการศึกษา) มหาวิทยาลัยรามคำแหง
7. นางทิพวรรณ์ อ่วมทอง
   ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนธัญญสิทธิศิลป์
   ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์)
8. นางสาวนาตยา ปาลพันธุ์
   ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
   โรงเรียนธัญญสิทธิศิลป์
   ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (บริหารการศึกษา) มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
9. นายวัลนพ หลักแวงมล
   ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
   วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม งานบัณฑิตศึกษา โทร. 025493209

ที่ ศธ 0578.02/ ๑๑๑๕ **วันที่** ๒๒ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประนอม พันธ์ไสว

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ที่ ศธ 0578.02 / 0648 .2

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๑ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นายโชคทวี ชาญชาติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมินกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมินกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 / 0648 1

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๑ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นางทิพวรรณ์ อ่วมทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 /

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๑ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นางสาวพรพรรณ เจนกระบวน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 / 0648

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๑ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นายสุขุม จูสนิท

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 / [illegible]

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๔ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน ดร.วฤษาย์ เลิศศิริ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 / 0649

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๑๑ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นางสาวนาตยา ปาลพันธุ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

ที่ ศธ 0578.02 / [illegible]

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต.คลองหก อ.คลองหลวง
จ.ปทุมธานี 12110

๒๒ กันยายน 2559

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยด้านเนื้อหา

เรียน นายวัลนพ หลักแวงมล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมินกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รับอนุมัติจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถอย่างดียิ่ง จึงขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้แก่ ว่าที่ร้อยตรีมินกาญจน์ แจ่มพงษ์ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 02 5493209
โทรสาร 02 5493209

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม งานบัณฑิตศึกษา โทร. 025493209
ที่ ศธ 0578.02 / ๑๑๒๕ วันที่ ๒๔ กันยายน 2559
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาปริญญาโทเข้าเก็บข้อมูล

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เนื่องด้วย ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กำลังจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา โดยมี ดร.นพดล พรามณี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะฯ จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ นักศึกษาปริญญาโท เข้าทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในงานวิจัยดังกล่าว โดยนักศึกษาจะเป็นผู้ติดต่อประสานงานเกี่ยวกับวันและเวลาเข้าเก็บข้อมูลต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ดร.นพดล พรามณี)
หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ พลังงานรอบตัวเรา เวลา 3 ชั่วโมง

เรื่อง พลังงานแสง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์ : ความเป็นมาของแสงอาทิตย์ ทดลองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ว 5.1 ป.4/1 ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิด

ป.4/3 ทดลองและจำแนกวัตถุตามลักษณะการมองเห็นจากแหล่งกำเนิดแสง

ป.4/5 ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 8.1 ป.4/1 ตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็น หรือเรื่อง หรือสถานการณ์ที่จะศึกษาตามที่กำหนดให้และตามความสนใจ

คณิตศาสตร์ : การคำนวณ การอ่านและการเขียนบันทึกกิจกรรมที่ระบุเวลา และการนำเสนอ

ค 2.1 ป.1/2 บอกช่วงเวลา จำนวนวันและชื่อวันในสัปดาห์

ป.3/4 บอกเวลาบนหน้าปัดนาฬิกาอ่านและเขียนบอกเวลาโดยใช้จุด

ศิลปะ : ทักษะพื้นฐานการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างงานวาดภาพระบายสี โดยใช้เส้น รูปร่าง รูปทรง สี และพื้นผิว งานโครงสร้างเคลื่อนไหวอย่างง่าย ๆ การถ่ายทอดความคิด

ศ 1.1 ป.5/3 นำความรู้ที่ได้จากการสังเกตมาวาดภาพระบายสีภาพธรรมชาติตามความรู้สึกของตนเอง

ป.5/4 นำเสนอภาพวาดพร้อมบรรยายความรู้สึก

เทคโนโลยี : เข้าใจวิธีการทำงานเพื่อสร้างชิ้นงานตามที่กำหนด ใช้เครื่องมือถูกต้องตรงกับลักษณะงาน

ง 2.1 ป.2/2 สร้างของเล่นของใช้อย่างง่าย โดยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ รวบรวมข้อมูล ออกแบบ โดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพร่าง 2 มิติ ลงมือสร้าง

2. สาระสำคัญ

พลังงานแสงมากจากดวงอาทิตย์ซึ่งความเข้มของรังสีของดวงอาทิตย์จึงมีความสัมพันธ์กันกับอุณหภูมิและอากาศ จึงมีการนำพลังงานแสงมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างมากมาย โดยสามารถนำมาสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) ผู้เรียนสามารถนำพลังงานแสงไปใช้ในการสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

1.1) ผู้เรียนสามารถอธิบายแหล่งที่มาของพลังงานแสงได้ (S)

1.2) ผู้เรียนสามารถยกตัวอย่างเทคโนโลยี ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (S,T)

1.3) ผู้เรียนสามารถคำนวณระยะทางของเรือพลังงานอาทิตย์ (M)

2) ผู้เรียนสามารสร้างสรรค์เรือพลังงานแสงอาทิตย์

2.1) ผู้เรียนสามารถสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์ (S,T,E,A,M)

2.2) ผู้เรียนมีทักษะการนำเสนอการนำพลังงานแสงไปใช้ในการสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์ (S,T,E,A,M)

4. สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา

1) พลังงานแสงและแหล่งที่ของแสง

2) การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

3) การคำนวณระยะทางของเรือพลังงานอาทิตย์

4) การสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

5. แนวการจัดการเรียนรู้

1) การระบุปัญหา (identify a challenge)

1.1) ครูใช้คำถามนำเข้าสู่เนื้อหาโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างพลังงานที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

1.2) ครูตั้งคำถามอนาคตของจากสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานในปัจจุบันจะเป็นอย่างไร?

1.3) ครูยกตัวอย่างแหล่งพลังงานต่างๆ ให้นักเรียน

1.4) จากนั้นครูนำอภิปราย เกี่ยวกับประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้คำถามกระตุ้นความคิดดังนี้

1.4.1) ถ้าไม่มีแหล่งพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ โลกนี้จะเป็นอย่างไร

1.4.2) ถ้าไม่มีแสงจากดวงอาทิตย์นักเรียนจะมองเห็นสิ่งต่างๆ อย่างไร

2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

2.1) นักเรียนร่วมกันค้นหาจากแหล่งความรู้อาทิ ใบความรู้ หนังสือเรียน ห้องสมุด เกี่ยวกับประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ ในชีวิตประจำวัน โดยจำแนกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.1) พลังงานที่เกิดจากแสง เช่น การสังเคราะห์แสงของพืช ความสว่าง

2.1.2) พลังงานที่เกิดจากความร้อน เช่น การตากผ้า การถนอมอาหารด้วยการตาก การผลิตเกลือสมุทร

2.2) ครูสรุปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

3) การวางแผนและพัฒนา (plan and develop)

3.1) ครูแสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเข้าสู่เนื้อหาการใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยให้นักเรียนสังเกตแหล่งจ่ายไฟฟ้าบนเครื่องคิดเลข

3.2) จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คน ทำกิจกรรมที่1เรือพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

3.2.1) แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า 2 โวลต์ จ่ายกระแสได้ 100 มิลลิแอมป์ 1 แผง

3.2.2) โฟม

3.2.3) มอเตอร์ไฟฟ้า

3.2.4) ใบพัด

3.2.5) แกนเหล็ก

3.2.6) กระดาษทราย

3.2.7) อุปกรณ์ยึดแกนเหล็ก

3.2.8) เทปสองหน้า

3.3) ครูสอนวิธีการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ

4) การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate)

4.1) ครูทำการประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียนในขณะที่ทำการประกอบอุปกรณ์ พร้อมตกแต่งให้เกิดความสวยงาม

4.2) ให้นักเรียนทำการทดลองปล่อยเรือในที่สถานที่ต่างๆ และทำการจับเวลาโดยแบ่งสถานที่ดังต่อไปนี้

4.2.1) ห้องเรียน

4.2.2) ลานหน้าเสาธง

4.3) ให้นักเรียนจดระยะทางที่ได้หลังจากจับเวลา ลงใบกิจกรรมที่ 1

4.4) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้เกี่ยวกับการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์

4.5) ครูให้นักเรียนทำแบบวัดความรู้เรื่องพลังงานแสง จำนวน 10 ข้อ เป็นเวลา 20 นาที

5) การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution)

5.1) ครูเก็บข้อสอบพร้อมแจกกระดาษและมอบหมายให้นักเรียนวาดภาพ สิ่งประดิษฐ์ในอนาคตที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ตามความคิดของนักเรียน พร้อมเขียนบรรยาย

6. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1) ภาระงาน

1.1) การสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

1.2) การนำเสนอ

2) **ชิ้นงาน**

2.1) เรือพลังงานแสงอาทิตย์

2.2) สื่อประกอบในการนำเสนอ

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1) ชุดสไลด์ภาพ แหล่งพลังงานรอบตัวเรา

2) ชุดสไลด์ภาพ ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

3) อุปกรณ์กิจกรรมเรือพลังงานแสงอาทิตย์

4) ใบกิจกรรมเรื่อง เรือพลังงานแสงอาทิตย์

5) ใบความรู้เรื่อง เรือพลังงานแสงอาทิตย์

6) ห้องสมุด

8. การวัดผลและประเมินผล

8.1) วิธีการ

8.1.1) ประเมินจากเรือพลังงานแสงอาทิตย์

8.1.2) ประเมินจากการนำเสนอ

8.1.3) ประเมินจากพฤติกรรมการทำงาน

8.1.4) ประเมินจากผลการทดสอบ

8.2) เครื่องมือ

8.2.1) แบบประเมินการปฏิบัติงานเรือพลังงานแสงอาทิตย์และการนำเสนอ

8.2.2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานแสง

8.2.3) แบบจัดประสบการณ์ศิลปะตามความสร้างสรรค์

8.3) เกณฑ์

8.3.1) ผ่านเกณฑ์การปฏิบัติงานในระดับ ดี ขึ้นไป

8.3.2) ผ่านเกณฑ์การทดสอบ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงาน (แบบวัดแบบคะแนนรูบริค Scoring Rubric)

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
วิธีดำเนินการทดลอง	กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง เลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองเหมาะสม	กำหนดวิธีการและขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่เหมาะสม	กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ	ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการขั้นตอน และการใช้เครื่องมือได้
การปฏิบัติงานทดลอง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอน และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ	ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์	ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์
ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน	มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลอง และใช้อุปกรณ์ดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย	มีความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง และการใช้อุปกรณ์ แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย	ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดเนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง	ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดและทำอุปกรณ์เครื่องใช้แตกหักเสียหาย
การนำเสนอ	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง บันทึกการนำเสนอเป็นขั้นตอนชัดเจน	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองถูกต้อง แต่การนำเสนอยังไม่เป็นขั้นตอน	ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอจึงปฏิบัติได้	ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลและการนำเสนอ

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

คะแนน	12-16	หมายถึง	ดีเยี่ยม
คะแนน	9-12	หมายถึง	ดี
คะแนน	5-8	หมายถึง	พอใช้
คะแนน	1-4	หมายถึง	ปรับปรุง

แบบประเมินการปฏิบัติงาน

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานของนักเรียนแล้วขีด✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ข้อที่	ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน				รวม
		4	3	2	1	
1	วิธีดำเนินการทดลอง					
2	การปฏิบัติงานทดลอง					
3	ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน					
4	การนำเสนอ					
	รวม					

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

คะแนน 12-16 หมายถึง ดีเยี่ยม

คะแนน 9-12 หมายถึง ดี

คะแนน 5-8 หมายถึง พอใช้

คะแนน 1-4 หมายถึง ปรับปรุง

ใบกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนระยะทางและระยะเวลาที่ได้จากการเคลื่อนที่ของเรือเข้าจุดหมายลงในช่องที่กำหนด

ชื่อกลุ่ม.....

รายชื่อสมาชิก

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ครั้งที่ทดลอง	**ระยะทางในการทดลอง เวลาที่ใช้**		**จากสูตร S / t = V**
	ระยะทาง (S)	**เวลา (t)**	**ความเร็ว (V)**
การทดลองครั้งที่ 1	.....เซนติเมตร	.....วินาที	.....cm/s
การทดลองครั้งที่ 2	.....เซนติเมตร	.....วินาที	.....cm/s
การทดลองครั้งที่ 3	.....เซนติเมตร	.....วินาที	.....cm/s

สรุปผลความเร็วที่ดีที่สุด……

อภิปรายปัญหาและการแก้ไขปัญหาของการทดลอง……..

แบบจัดประสบการณ์ศิลปะตามความสร้างสรรค์

เมื่อนักเรียนมีโอกาสสร้างนวัตกรรมที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคต นักเรียนจะสร้างอะไร

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพตามความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

นวัตกรรมนี้ มีชื่อว่า

.....

สร้างสรรค์ผลงานโดย.....เลขที่.....

โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ค
ผลประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง

แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานแสง
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้น ประถมศึกษาปีที่ 4
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง ให้พิจาณาข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้โดยทำเครื่องหมาย ลงในช่องความคิดเห็นดังนี้

1 หมายถึง **แน่ใจ**ว่าข้อสอบสอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

0 หมายถึง **ไม่แน่ใจว่า**ข้อสอบสอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

-1 หมายถึง **แน่ใจว่าข้อสอบไม่**สอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
1.พลังงานแสงและแหล่งที่มาของแสง	1.1 ความหมายและคุณสมบัติของแสง	1.1 บอกความหมายและคุณสมบัติแสงได้	1.แสงคืออะไร **ก. พลังงานรูปหนึ่งช่วยให้มนุษย์ทำกิจกรรมต่างๆได้** ข. แหล่งกำเนิดพลังงานหลายๆชนิด ค. รังสีที่ได้จากดวงจันทร์ ง. ธรรมชาติอย่างหนึ่ง				
			2.แสงมีการเดินทางในลักษณะใด ก. เคลื่อนที่สลับไปมา ข. เคลื่อนที่เป็นวงกลม ค. เคลื่อนที่เป็นระยะๆ **ง. เคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดทุกทิศทาง**				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
1.พลังงานแสงและแหล่งที่มาของแสง	1.1 ความหมายและคุณสมบัติของแสง	1.1 บอกความหมายและคุณสมบัติแสงได้	3.แสงเดินทางในลักษณะใด **ก. เป็นเส้นตรง** ข. เป็นเส้นโค้ง ค. เป็นเส้นยัก ง. เป็นเส้นคด				
		1.2 อธิบายคุณสมบัติของแสงได้	4.ข้อใดถูกต้อง ก. ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานอย่างเดียวที่เราใช้อยู่ **ข. เรามองเห็นวัตถุได้เพราะแสงสะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ตาเรา** ค. แม้แต่ในที่มืดสนิท เราก็สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ง. เรามองเห็นดวงจันทร์เพราะดวงจันทร์ส่องแสงมาสู่เรา				
	1.2 ประโยชน์ของแสง	1.3 บอกประโยชน์ของแสง	5.แสงมีประโยชน์อย่างไร ก. ช่วยในการสื่อสารของมนุษย์ ข. ช่วยให้ร่างกายอบอุ่น **ค. ช่วยให้มองเห็นสิ่งต่างๆ** ง. ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับสิ่งมีชีวิต				
			6.ข้อใดเป็นการใช้ประโยชน์จากแสง ก. เขื่อน ข. กาวหันวิดน้ำ **ค. สัญญาณไฟจราจร** ง. ทอดไข่เจียว				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
1.พลังงานแสงและแหล่งที่มาของแสง	1.2 ประโยชน์ของแสง	1.4 อธิบายประโยชน์ของแสง	7.พืชใช้ประโยชน์จากแสงอย่างไร ก. มองหาแมลงเพื่อจับมาเป็นอาหาร **ข. สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร** ค. ผสมเกสร ง. ขยายพันธุ์				
	1.3 ประเภทของแหล่งกำเนิดแสง	1.5 บอกความหมายของแหล่งกำเนิดแสง	8.แหล่งกำเนิดแสงคืออะไร ก. บริเวณที่เกิดแสง **ข. บริเวณที่ได้รับแสง** ค. สิ่งที่ทำเกิดแสง ง. วัตถุที่แสงเดินผ่าน				
			9.ข้อใดไม่ถูกต้อง ก. แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ข. การเคลื่อนที่ของแสงเร็วมาก ค. แสงเดินทางเป็นเส้นตรง **ง. แสงเดินทางผ่านสุญญากาศไม่ได้**				
			10.ปรากฏการณ์ใด สามารถใช้อธิบายได้ว่างแสงเดินทางได้เร็วกว่าเสียง **ก. เห็นฟ้าแลบก่อนได้ยินฟ้าร้อง** ข. รู้สึกร้อนเมื่อออกไปยืนกลางแดด ค. ตากผ้ากลางแดดแห้งเร็วกว่าในร่ม ง. จรวดปล่อยเปลวไฟตรงด้านท้ายเสมอ				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
1.พลังงานแสงและแหล่งที่มาของแสง	1.3 ประเภทของแหล่งกำเนิดแสง	1.6 บอกความแตกต่างประเภทของแหล่งกำเนิดแสง	11.ข้อใดไม่ใช่วัตถุที่มีแสงสว่างในตนเอง ก. หิ่งห้อย ข. ดวงอาทิตย์ **ค. ดวงจันทร์** ง. ปลาไหลไฟฟ้า				
			12.แหล่งกำเนิดแสงข้อใดไม่ได้เกิดจากธรรมชาติ ก. ดวงดาว ข. ดวงอาทิตย์ **ค. เทียนไข** ง. หิ่งห้อย				
		1.7 จำแนกประเภทของแหล่งกำเนิดแสง	13.ข้อใดคือแสงที่เกิดจากแหล่งเดียวกันทั้งหมด ก. ดวงอาทิตย์ หิ่งห้อย ดวงจันทร์ **ข. ไฟฉาย เทียนไข หลอดไฟ** ค. ดวงจันทร์ ดวงดาว ตะเกียง ง. หิ่งห้อย ดาวฤกษ์ ปลาไหลไฟฟ้า				
			14.แหล่งกำเนิดแสงข้อใดเกิดขึ้นจากฝีมือมนุษย์ **ก. ตะเกียง คบเพลิง แสงเลเซอร์** ข. หิ่งห้อย ไฟฉาย เห็ดเรืองแสง ค. ดวงดาว ฟ้าแลป หลอดไฟ ง. เทียนไข ปลาไหลไฟฟ้า ดวงอาทิตย์				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
2.การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	2.1 แหล่งพลังงานจากดวงอาทิตย์	2.1 บอกแหล่งพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์	15.พลังงานใดที่ไม่ได้มาจากดวงอาทิตย์ ก. พลังงานแสง ข. พลังงานไฟฟ้า **ค. พลังงานเสียง** ง. พลังงานความร้อน				
			16.แสงเดินทางจากดวงอาทิตย์มาสู่โลกใช้เวลากี่นาที ก. 30 นาที ข. 16.5 นาที ค. 59 นาที **ง. 8.3 นาที**				
		2.1 อธิบายแหล่งพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์	17.การมองดูดวงอาทิตย์ผ่านฟิล์มดำ จะเห็นดวงอาทิตย์ลักษณะใด ก. มองเห็นดวงอาทิตย์เหมือนเดิมทุกประการ **ข. มองเห็นดวงอาทิตย์มีแสงสว่างลดลง** ค. มองเห็นดวงอาทิตย์เล็กลง ง. มองไม่เห็นดวงอาทิตย์				
	2.2 การเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า	2.2 บอกพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า	18.วัสดุชนิดใด ที่นำมาใช้ทำแผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) ก. แผ่นโลหะ **ข. แผ่นซิลิคอน** ค. แผ่นอะลูมิเนียม ง. แผ่นทองแดง				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
2.การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	2.2 การเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า	2.2 บอกพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า	19.การเลือกเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) เพื่อนำไปใช้ในดาวเทียมและยานอวกาศควรมีคุณสมบัติตามข้อใด ก. น้ำหนักเบา ใช้งานได้มาก ข. รับพลังงานแสงได้มาก ค. เป็นแผ่นแข็งและบาง **ง. ทนต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์**				
		2.3 อธิบายการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า	20.คือใดอธิบายคุณสมบัติของ เซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) ได้ถูกต้อง ก. อุปกรณ์ที่สามารถนำพลังงานแสงมาใช้ในเวลากลางคืน ข. อุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานแสงมาใช้ได้ตามธรรมชาติ **ค. อุปกรณ์ที่สามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า** ง. อุปกรณ์ที่สามารถนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน				
			21.หากปิดแผงเซลล์สุริยะ แล้วมอเตอร์ไม่ทำหมุน สรุปได้ว่าอย่างไร **ก. แผงเซลล์สุริยะไม่สามรถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้** ข. แผงเซลล์สุริยะไม่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ค. แผงเซลล์สุริยะไม่สามรถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นระบบดิจิตอลได้ ง. แผงเซลล์สุริยะไม่สามรถเปลี่ยนพลังงานกลเป็นดิจิตอลได้				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
2.การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	2.3 ประโยชน์ของเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)	2.4 บอกประโยชน์ของเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)	22.ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) ก. แหล่งงานสะอาด ข. สร้างไฟฟ้าได้ทุกขนาด ค. พลังงานที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย **ง. ดูดซับความร้อน**				
			23.เหตุใดเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) จึงมีประโยชน์ในพื้นที่ห่างไกล ก. ราคาถูก **ข. ไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากโรงงาน** ค. ผลิตไฟฟ้าได้ตลอด24ชม. ข. ดูแลรักษาง่าย				
		2.4 คำนวณการสร้างเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)	24.แผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)ราคา 129 บาท นักเรียนมีเงิน 1,000 บาท สามารถซื้อแผงโซล่าเซลล์ได้มากที่สุดจำนวนกี่แผง ก. 6 แผง **ข. 7 แผง** ค. 8 แผง ข. 9 แผง				

สาระการเรียนรู้ / เนื้อหา	จุดประสงค์ทั่วไป	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบชนิดเลือกตอบ	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				1	0	-1	
2.การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	2.3 ประโยชน์ของเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)	2.4 คำนวณการสร้างเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)	25.หากต้องการความเร็วสำหรับเรือพลังงานไฟฟ้าให้มีความเร็วมากขึ้น ควรเพิ่มอุปกรณ์ใด **ก. แผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์)** ข. หางเสือ ค. ขนาดเรือ ข. ความยาวของแกนใบพัด				

.....

(.....)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพด้านนวัตกรรม

ชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง ให้พิจาณาข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้โดยทำเครื่องหมาย ลงในช่องความคิดเห็นดังนี้

1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านโดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่อง ความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ใน การนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร				
2. ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา				
3. ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยของนักเรียน				
4. ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและปัญหา				
5. ความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน				
6. ความเหมาสมของกระบวนการความคิดสร้างสรรค์				
7. ความเหมาะสมกับความสนใจของนักเรียน				
8.ความเหมาะสมของการบูรณาการ				
9. ความเหมาะสมของเนื้อหา				
10. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคุณลักษณะทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คุณภาพด้านวัดและประเมินผลของชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา (IOC)

ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นพร้อมข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยได้การนำไปพิจารณาปรับปรุง จนได้ผลการประเมินคุณภาพด้านวัดและประเมินผลดังตาราง

คุณลักษณะ	ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ประเมิน			∑ R	IOC	แปรผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1.พลังงานแสงและแหล่งที่มาของแสง	1	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	2	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
	3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	4	-1	1	-1	-1	-0.33	ตัดทิ้ง
	5	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	6	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	7	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	8	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	9	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
	10	-1	1	0	0	0.00	ตัดทิ้ง
	11	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	12	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	13	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	14	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์	15	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	16	1	-1	1	1	0.33	ตัดทิ้ง
	17	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
	18	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	19	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	20	-1	0	1	0	0.00	ตัดทิ้ง
	21	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	22	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	23	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	24	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
	25	-1	1	1	1	0.33	ตัดทิ้ง

(

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคุณลักษณะทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คุณภาพด้านนวัตกรรม ของชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา (IOC)

ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นพร้อมข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยได้การนำไปพิจารณาปรับปรุง
จนได้ผลการประเมินคุณภาพด้านนวัตกรรมดังตาราง

รายการความคิดเห็น	ความคิดเห็น					ΣR	IOC	แปรผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
2. ความสอดคล้องเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา	1	1	0	0	1	3	0.60	ใช้ได้
3. ความสอดคล้องเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	1	1	0	1	0	3	0.60	ใช้ได้
4. ความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและปัญหา	0	1	1	1	0	3	0.60	ใช้ได้
5. ความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1.80	ใช้ได้
6. ความเหมาสมของกระบวนการความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
7. ความเหมาะสมกับความสนใจของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8.ความเหมาะสมของการบูรณาการ	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
9. ความเหมาะสมของเนื้อหา	1	1	0	0	1	3	0.60	ใช้ได้
10. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้

ผลคะแนน ทั้ง 5 ท่าน ได้ 5 คะแนน = 1.00 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้
ผลคะแนน ทั้ง 5 ท่าน ได้ 4 คะแนน = 0.8 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้
ผลคะแนน ทั้ง 5 ท่าน ได้ 3 คะแนน = 0.6 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้
ผลคะแนน ทั้ง 5 ท่าน ได้ 2 คะแนน = 0.4 ค่าความเที่ยงตรงต่ำกว่า0.50 ยังใช้ไม่ได้ ต้องปรับปรุง
ผลคะแนน ทั้ง 5 ท่าน ได้ 1 คะแนน = 0.2 ค่าความเที่ยงตรงต่ำกว่า0.50 ยังใช้ไม่ได้ ต้องปรับปรุง

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ชุดกิจกรรมสตีมศึกษา ช่วงชั้นที่ 2

เรือพลังงานแสงอาทิตย์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

เป็นชุดวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน วิชาพลังงานรอบตัวเรา เรื่องพลังงานแสง ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างเรือโดยใช้เซลล์สุริยะ (โซล่าเซลล์)เป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ขับเคลื่อน ผ่านการทำงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมการศึกษา การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า การกำหนดทิศทาง ระยะทาง เวลา และการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ การยึดติดตั้งอุปกรณ์อย่างแม่นยำ และคำนึงถึงความปลอดภัย ใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับด้านต่างๆ ดังนี้

วิทยาศาสตร์: พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าและการเปลี่ยนรูปพลังงาน การเสียดสีของพื้นผิว

เทคโนโลยี: การใช้อุปกรณ์ การยึดติดตั้งอุปกรณ์อย่างแม่นยำและปลอดภัย

ศิลปะ: การผสมสี การตกแต่ง ความสวยงามของผลงาน

วิศวกรรมศาสตร์: การวางแผนและแก้ไขปัญหามตามกระบวนการทางวิศวกรรม

คณิตศาสตร์: การคำนวณระยะทาง เวลา การคาดคะเน และการปรับทิศทาง

วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	
1	แผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) แรงดัน 2 โวลต์ กระแส 100 มิลลิแอมป์	1	แผง
2	มอเตอร์ไฟฟ้า	1	ชุด
3	แผ่นโฟม ขนาด 7*3 นิ้ว	2	แผ่น
4	กระดาษทรายขัดโฟม	2	แผ่น
5	แกนเหล็ก	1	แท่ง
6	ใบพัดเรือขนาดเล็ก	1	ชิ้น
7	ปลอกสายไฟยึดแกนเหล็ก	1	ชิ้น
8	หางเสือ	2	ชิ้น
9	เทปกาวสองหน้า	2	แผ่น
10	แม่สี	3	สี
11	พู่กัน	1	ด้าม

เรือพลังงานแสงอาทิตย์

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เวลา 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์

1) ผู้เรียนสามารถนำพลังงานแสงไปใช้ในการสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

1.1) ผู้เรียนสามารถอธิบายแหล่งที่มาของพลังงานแสงได้ (S)

1.2) ผู้เรียนสามารถยกตัวอย่างเทคโนโลยี ในการนาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (S,T)

1.3) ผู้เรียนสามารถคำนวณระยะทางของเรือพลังงานอาทิตย์ (M)

2) ผู้เรียนสามารสร้างสรรค์เรือพลังงานแสงอาทิตย์

2.1) ผู้เรียนสามารถสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์ (S,T,E,A,M)

2.2) ผู้เรียนมีทักษะการนำเสนอการนำพลังงานแสงไปใช้ในการสร้างเรือพลังงานแสงอาทิตย์

วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	
1	แผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) แรงดัน 2 โวลต์ กระแส 100 มิลลิแอมป์	1	แผง
2	มอเตอร์ไฟฟ้า	1	ชุด
3	แผ่นโฟม ขนาด 7*3 นิ้ว	1	แผ่น
4	กระดาษทรายขัดโฟม	1	แผ่น
5	แกนเหล็ก	1	แท่ง
6	ใบพัดเรือขนาดเล็ก	1	ชิ้น
7	ปลอกสายไฟยึดแกนเหล็ก	1	ชิ้น
8	หางเสือ	2	ชิ้น
9	เทปกาวสองหน้า	2	แผ่น

ทักษะสตีมศึกษา (STAEM)

Science : พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าและการเปลี่ยนรูปพลังงาน การเสียดสีของพื้นผิว

Technology : การใช้อุปกรณ์ การยึดติดตั้งอุปกรณ์อย่างแม่นยำและปลอดภัย

Art : การผสมสี การตกแต่ง ความสวยงามของผลงาน

Engineering : การวางแผนและแก้ไขปัญหาตามกระบวนการทางวิศวกรรม

Mathematics : การคำนวณระยะทาง เวลา การคาดคะเนและการปรับทิศทาง

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1) ในนักเรียนแบ่งกลุ่ม 2-3 คน

2) รับแจกอุปกรณ์และอธิบายการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และฟังคำชี้แจงและโจทย์เงื่อนไขจากครูผู้สอน

3) ให้นักเรียนวิเคราะห์อุปกรณ์ที่ได้รับ และลงมือประดิษฐ์เรือพลังงานแสงอาทิตย์

4) ตกแต่งสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนพร้อมตั้งชื่อสิ่งประดิษฐ์

5) ให้นักเรียนทดลองนำสิ่งประดิษฐ์ลองเพื่อที่ทดลอง เพื่อวิเคราะห์จุดสมดุล

6) ปรับปรุงแก้ไขสิ่งประดิษฐ์ เพื่อเตรียมการแข่งขัน

7) ทำการแข่งขัน โดยหาให้นักเรียนคำนวณหาความเร็วสิ่งประดิษฐ์ของตนเองแล้วจดบันทึก

อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.1 หางเสือปรับทิศทาง ปริ้นด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ภาพที่ ง.2 กระดาษทรายแต่งโฟม

ภาพที่ ง.3 ใบพัด

ภาพที่ ง.4 แกนเหล็ก

ภาพที่ ง.5 ปลอกสายไฟ ชนิดหนา

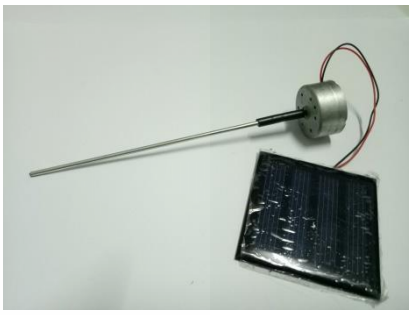
ภาพที่ ง.6 มอเตอร์ไฟฟ้า ต่อเข้ากับแผงเซลล์สุริยะ(โซล่าเซลล์) แรงดัน 2 โวลต์ กระแส 100 มิลลิแอมป์

อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.7 น้ำยาล้างทำความสะอาดหัวบัดกรี

ภาพที่ ง.8 ตะกั่วบัดกรี

ภาพที่ ง.9 หัวแร้งบัดกรี



ภาพที่ ง.10 ต่ออุปกรณ์ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า

ภาพที่ ง.11 แผ่นโฟม ขนาด 7 x 3 นิ้ว

ภาพที่ ง.12 พู่กัน

อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.13 ส่วนขับเคลื่อน

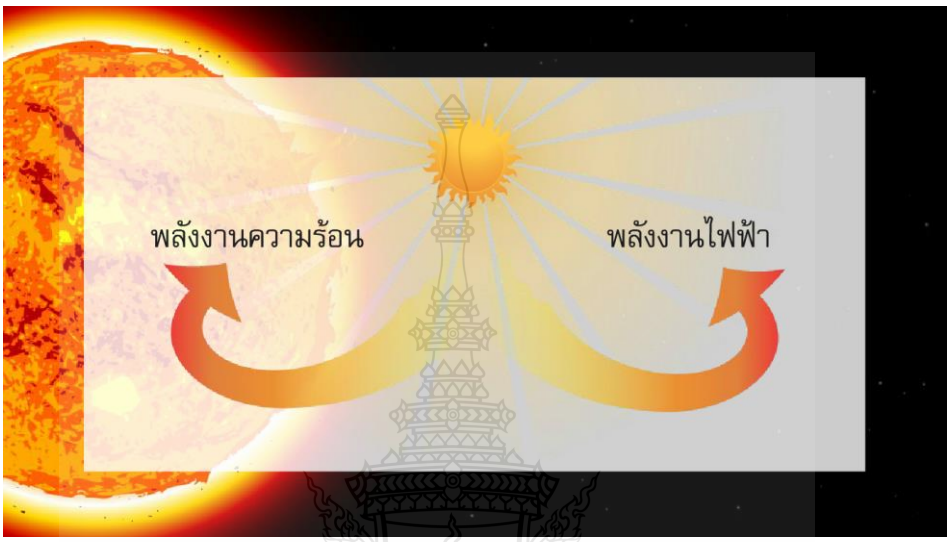
ภาพที่ ง.14 เทปกาวสองหน้า

ภาพที่ ง.16 จานผสมสี

ภาพที่ ง.17 ปืนกาวร้อน

ภาพที่ ง.18 กล่องอุปกรณ์

ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา



ภาพที่ ง.19 ตัวอย่างสื่อการสอน พลังงานจากดวงอาทิตย์

ภาพที่ ง.20 ตัวอย่างสื่อการสอน ตัวอย่างแผงเซลล์สุริยะ

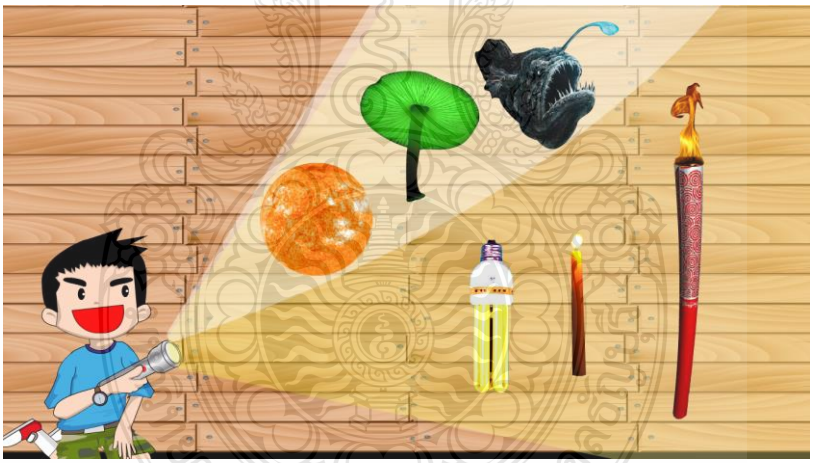
ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.21 ตัวอย่างสื่อการสอน แผงเซลล์สุริยะที่ถูกใช้แต่ละอุปกรณ์

ภาพที่ ง.22 ตัวอย่างสื่อการสอน แสงจากธรรมชาติ

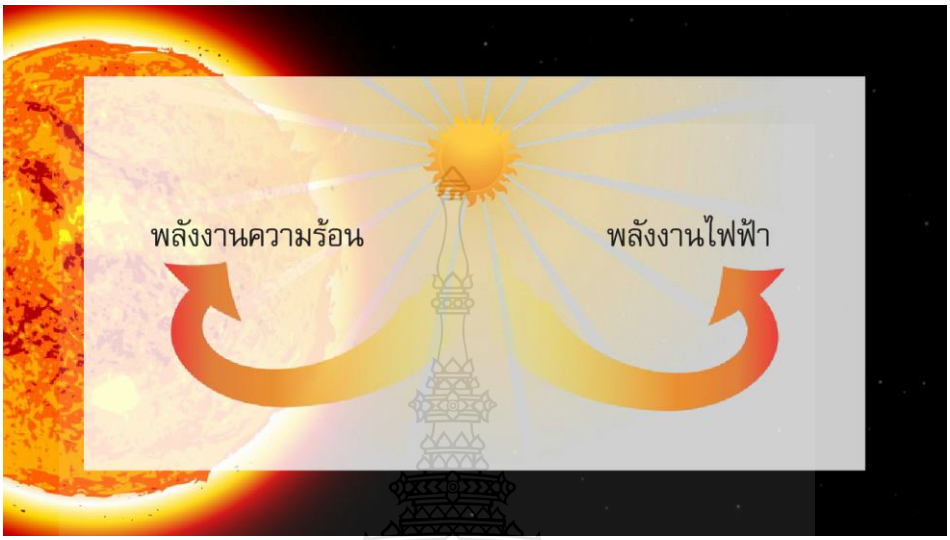
ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.23 ตัวอย่างสื่อการสอน การสังเคราะห์แสงของพืช



ภาพที่ ง.24 ตัวอย่างสื่อการสอน การจำแนกชนิดของแสง

ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา



ภาพที่ ง.25 ตัวอย่างสื่อการสอน พลังงานจากดวงอาทิตย์

ภาพที่ ง.26 ตัวอย่างสื่อการสอน ตัวอย่างแผงเซลล์สุริยะ

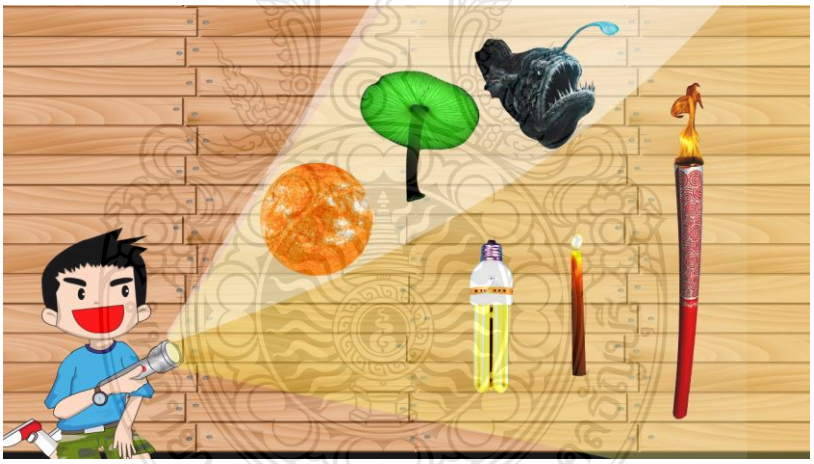
ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.27 ตัวอย่างสื่อการสอน แผงเซลล์สุริยะที่ถูกใช้แต่ละอุปกรณ์

ภาพที่ ง.28 ตัวอย่างสื่อการสอน แสงจากธรรมชาติ

ตัวอย่างสื่อการสอนประกอบชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา

ภาพที่ ง.28 ตัวอย่างสื่อการสอน การสังเคราะห์แสงของพืช



ภาพที่ ง.29 ตัวอย่างสื่อการสอน การจำแนกชนิดของแสง

ภาพการทดลองชุดฝึกทักษะของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่ปี 4

ภาพที่ ง.30 สำรวจและจัดเตรียมสถานที่สำหรับการทดลอง

ภาพที่ ง.31 นักเรียนดูสื่อประกอบการสอน เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการทดลอง

ภาพที่ ง.32 นักเรียนดูสื่อประกอบการสอน เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการทดลอง

ภาพที่ ง.33 นักเรียนดูสื่อประกอบการสอน เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการทดลอง

ภาพที่ ง.34 ครูแจกชิ้นงานพร้อมให้เวลาสำหรับการวางแผนเพื่อปรับแต่งชิ้นงาน

ภาพที่ ง.35 นักเรียนลงมือปฏิบัติทำการปรับแต่งชิ้นงานที่ได้วางแผนไว้

ภาพที่ ง.36 ดำเนินการใช้เครื่องมือที่มีให้ในการจัดการกับชิ้นงาน

ภาพที่ ง.37 ดำเนินการใช้เครื่องมือที่มีให้ในการจัดการกับชิ้นงาน

ภาพที่ ง.38 นักเรียนช่วยเหลือและให้คำปรึกษาระหว่างกัน

ภาพที่ ง.39 นักเรียนช่วยเหลือและให้คำปรึกษาระหว่างกัน

ภาพที่ ง.40 ทำการทดลองการทำงานของการแปลงแสงเป็นไฟฟ้า และดูความสมดุลเบื้องต้น

ภาพที่ ง.41 ทำการทดลองการทำงานของการแปลงแสงเป็นไฟฟ้าและดูความสมดุลบนผิวน้ำเบื้องต้น

ภาพที่ ง.42 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

ภาพที่ ง.43 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

ภาพที่ ง.44 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.45 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.46 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.47 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.47 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.48 เรียนรู้การผสมสี ตกแต่งชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์

ภาพที่ ง.49 ตัวอย่างชิ้นงานเตรียมพร้อมทดลองจริง

ภาพที่ ง.50 ฟังกติกาและวิธีการทดลอง

ภาพที่ ง.51 เริ่มการทดลองพร้อมจดบันทึก

ภาพที่ ง.52 เริ่มการทดลองพร้อมจดบันทึก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์
วัน เดือน ปี เกิด	10 พฤศจิกายน 2533
ที่อยู่	9/13 หมู่ที่ 5 ตำบลพระยาบันลือ อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13230
การศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนช่างฝีมือทหาร กรมยุทธศึกษาทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ศึกษาศาสตรบัณฑิต (คอมพิวเตอร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2557	โรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์ (มัธยมวัดหัตถสารเกษตร) ในพระราชูปถัมภ์ฯ
พ.ศ. 2557-2559	ภาควิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2559 ถึงปัจจุบัน	คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทรศัพท์	08-0600-0793
อีเมล์	meenakan_j@rmutt.ac.th